

# Cinématique de l'épaule et ratio rotateurs médiaux/ rotateurs latéraux

Florent DANIELI  
Années Scolaires 2008-2011

Selon le code de la propriété intellectuelle, toute reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur est illégale.

Ministère de la Santé et des sports  
Région Bretagne  
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DE RENNES

# Cinématique de l'épaule et ratio rotateurs médiaux/ rotateurs latéraux

Travail Personnel présenté par :  
Florent DANIELI  
en vue de l'obtention du Diplôme d'État  
de Masseur-Kinésithérapeute  
Années scolaires 2008-2011

# Sommaire

Introduction .....	1
Partie I théorique : Le conflit sous-acromial .....	2
I.Anatomie et biomécanique des syndromes sous-acromiaux .....	2
A.La zone de conflit.....	2
1.L'espace sous-acromial.....	2
2.La coiffe des rotateurs .....	3
B.Le temps des conflits : l'élévation du bras .....	4
1.Le rythme scapulo-huméral .....	4
2.Stabilisation dynamique de l'articulation gléno-humérale .....	6
3.Quelques définitions supplémentaires.....	8
II.Physiopathologies .....	8
A.Etiologies du conflit sous acromial.....	9
1.Facteurs anatomiques .....	9
2.Facteurs vasculaires.....	10
3.Facteurs dynamique.....	11
4.La théorie dégénérative .....	11
B.Description clinique .....	11
1.Description clinique des signes de conflits .....	12
2.Evolution des lésions.....	12
3.Description clinique des tendinopathies.....	12
4.Description clinique des tendinopathies rompues .....	13
III.Rééducation du syndrome sous-acromial par recentrage de la tête humérale .....	14
A.Kinésithérapie analytique (concept Sohier) [11] .....	14

B.Rééducation musculaire du syndrome sous-acromial par recentrage actif de la tête humérale .....	15
1.Renforcement de la coiffe des rotateurs .....	16
2.Les suppléances musculaires .....	18
Partie II : partie évaluation .....	24
I.Le sport.....	24
II.Matériel et méthode .....	25
A.Outil de mesure .....	25
B.Population.....	25
C.Critère d'inclusion et d'exclusion .....	25
III.Test.....	26
IV.Analyse et résultats .....	26
A.Comparaison entre le bras dominant et le bras non dominant.....	27
B.Comparaison entre les deux groupes.....	27
V.Discussion .....	27
VI.Conclusion.....	33
Bibliographie .....	34
Annexes .....	39

## **Résumé :**

Le conflit sous-acromial est un conflit entre les tendons de la coiffe des rotateurs et la voule coraco-acromiale au cours du mouvement d'élévation du bras. Ce conflit est du à de multiples causes. Plusieurs étiologies sont recensées, mais c'est une affection multifactorielle. Ceci va être responsable de tendinopathies, de douleurs d'épaule voir de ruptures tendineuses. Plusieurs traitements musculaires à ce conflit sont possibles. Les auteurs s'accordent sur le fait qu'il faut recentrer la tête humérale et maintenir ce recentrage musculairement, mais les groupes musculaire et les modalités de renforcement ne sont pas les mêmes.

Certaines populations sont plus exposées que d'autres aux conflits sous-acromiaux. En effet, dans notre étude, les résultats obtenus vont dans le sens que les nageurs ont un ratio de force rotateur médiaux/rotateurs latéraux supérieur aux sédentaires et au ratio physiologique. Cet équilibre musculaire étant l'une des étiologies à ce conflit, les nageurs sont plus soumis aux conflits.

Ce mémoire est consacré à l'étude des syndromes sous-acromiaux, et au ratio de forces des rotateurs.

## **Mots clés :**

- Syndromes sous-acromiaux / « impingement syndrom »
- Conflits sous-acromiaux / « shoulder impingement »
- Coiffe des rotateurs / « rotator cuff »
- Tendinopathies de la coiffe / « rotator cuff tendinopathy »
- Rééducation de l'épaule / « shoulder physical therapy »
- Recentrage articulaire / « articular centring »
- Déséquilibre musculaire / « muscle imbalance »
- Ratio des rotateurs / « rotators ratio »
- Force musculaire des rotateurs / « rotators strenght »

## Introduction

Les Troubles-Musculo-Squelettiques (TMS) sont aujourd'hui un problème de santé public, tant sur le plan professionnel qu'au niveau de la pratique sportive. Les TMS sont définis comme un ensemble d'affections des tissus mous péri-articulaires (muscle, tendons, micro-vascularisation, nerfs) des membres et du tronc survenant chez le travailleur. Ce sont donc des pathologies d'hypersollicitation de l'appareil locomoteur, qui se rencontrent dans tous les secteurs d'activité [1] Les TMS constituent actuellement les pathologies professionnelles les plus répandues dans les pays industrialisés. Notamment les pathologies d'épaules, l'épaule étant la région corporelle la plus touchée après le poignet.

Au départ je me suis plutôt intéressé aux TMS et à leurs préventions. Puis, après avoir entendu plusieurs interventions présentant des techniques de rééducation par recentrage actif de la tête humérale, je me suis mis à étudier plus précisément les syndromes sous-acromiaux. La question que je me suis posée au départ était la suivante : "un déséquilibre musculaire établi est-il un facteur favorisant l'apparition d'une TMS? ».

L'épaule possède des particularités biomécaniques, en effet c'est un groupe de cinq articulations permettant une grande mobilité dans l'espace. En contrepartie, cette grande mobilité fait que c'est aussi l'articulation la moins stable du corps. Ceci engendre des TMS d'épaule, une atteinte qui a été évaluée à 25,6% en 2000 avec une évolution de 51,5% depuis 1995 pas la caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés [2]. En 2002, un patient souffrant d'un TMS de l'épaule coûtait, en moyenne, 26 289 euros [1]

Cela m'a amené à poser la problématique suivante : « En quoi un déséquilibre de force des rotateurs d'épaule est-il en lien avec les syndromes sous acromiaux? ». Suite à cette problématique, les hypothèses posées sont, qu'un déséquilibre de force des rotateurs d'épaule favorise un conflit sous acromial, qu'un mauvais recentrage de la tête humérale en hauteur induit un conflit sous acromial, et que la pratique d'un sport (ici la natation sera étudiée) augmentent le ratio de force rotateurs médiaux/rotateurs latéraux. Pour y répondre, j'ai développé deux axes de recherche. Le premier porte sur la description des techniques de recentrage de la tête humérale. Le deuxième porte sur l'influence de la natation sur ce déséquilibre.

Ce travail s'est d'abord appuyé sur une recherche bibliographique, abordant les points anatomiques et biomécaniques essentiels pour ce type de pathologies. Nous ferons le point également sur la physiopathologie, la clinique des conflits supérieurs, et les différents traitements.

Ensuite nous nous sommes attachés à mettre en lien les différents traitements. Toutes les techniques de recentrage ont le même objectif, qui est de stabiliser la tête humérale afin de réduire les conflits. Les principes sont par contre différents pour chacun. En effet, les groupes musculaires choisis pour effectuer ce recentrage sont variables, certains utilisant la suppléance musculaire. La modalité de la contraction peut également varier, celle-ci pouvant être volontaire ou involontaire.

La natation comme d'autres sports se pratique essentiellement au niveau force avec les rotateurs médiaux. Le ratio de force des rotateurs peut donc être modifié par rapport à une population sédentaire et donc comme il est dit précédemment, certains sports peuvent prédisposer aux conflits supérieurs de la tête humérale.

L'objectif de ce travail va être de confirmer ou de réfuter les hypothèses posées afin de tenter de répondre à la problématique de ce sujet.

## **Partie I théorique : Le conflit sous-acromial**

Neer est le premier à avoir introduit la notion de syndrome sous-acromial, en 1972, en introduisant le concept « d'impingement syndrom ».

### **I. Anatomie et biomécanique des syndromes sous-acromiaux**

#### **A. La zone de conflit**

##### **1. L'espace sous-acromial**

L'espace sous-acromial correspond à la zone exigüe comprise entre la tête humérale et la voûte acromio-coracoïdienne. Cette voûte est une structure continue, rigide et inextensible. Elle est composée d'arrière en avant de l'acromion, du ligament acromio-coracoïdien et de l'apophyse coracoïde. Elle surplombe la coiffe des rotateurs avec laquelle elle développe des rapports étroits par le biais de la bourse séreuse sous-deltaïdienne, véritable espace de glissement nécessaire au bon fonctionnement articulaire. La bourse permet donc de protéger les tendons et de favoriser leur glissement. Ce plan de glissement constitue l'articulation subdeltaïdienne (ou fausse articulation de De sèze) liée à la scapulo humérale. [3 ; 4]

## 2. La coiffe des rotateurs

La coiffe des rotateurs est un ensemble fonctionnel composé de quatre muscles insérés sur la scapula. Ces muscles étant, d'avant en arrière, le subscapulaire, le supra-épineux, l'infra-épineux et le petit rond. Leurs tendons se rejoignent pour former une nappe tendineuse qui s'insère sur les tubercules huméraux et qui adhère à la capsule articulaire. Elle tient son nom de « coiffe » car observée de profil elle évoque les coiffes d'antant.

Le subscapulaire s'étend de la fosse subscapulaire au tubercule mineur de l'humérus. Il renforce notamment la capsule antérieure et le ligament gléno-huméral moyen. Sa face antérieure est séparée du dentelé antérieur par une bourse séreuse et sa face supérieure est séparée de l'apophyse coracoïde également par une bourse séreuse. Ce muscle est un rotateur médial.

Le supra épineux à pour origine les 2/3 médiaux de la fosse supra épineuse et se dirige vers la face supérieure du tubercule majeur de l'humérus. Le tendon du supra-épineux passe notamment sous la voûte acromio-coracoïdienne dont il est séparé par la bourse séreuse sous-deltoïdienne. C'est un muscle abducteur.

L'infra-épineux naît dans les 3/4 médiaux de la fosse infra-épineuse, et se dirige sur la facette postéro-supérieure du tubercule majeur. Avec le muscle petit rond, ils sont les seuls rotateurs externes.

Le petit rond à pour origine la partie supéro-latérale de la fosse infra-épineuse et s'insère sur la facette postérieure du tubercule majeur. Le petit rond est situé sous l'infra-épineux. Ces muscles ne sont donc pas tous rotateurs, et la dénomination coiffe des rotateurs n'est pas forcément adaptée. Ils sont tous innervés par des nerfs issus des racines C5 et C6. Enfin, comme nous allons le voir par la suite, ils ont une fonction motrice plus importante qui est leur fonction de recentrage de la tête humérale. [5 ; 6 ; 7]

Image de l'épaule vue de profil [8]. (cf annexes)

Le renforcement tendineux des tendons de la coiffe est de manière général supérieur dans les zones de contraintes maximales [6], pourtant il existe plusieurs zones de faiblesse, notamment au niveau du supra-épineux :



- Une zone de fragilité existe à la jonction du subscapulaire et du supra-épineux : c'est l'intervalle des rotateurs. Le mouvement d'extension associé à la rotation médiale distend de façon considérable cette zone. [5]
- Il y a la présence d'une zone hypovascularisée appelé « zone critique » sur le tendon du supra-épineux, à un centimètre de son insertion et principalement dans ses couches profondes. Cette zone correspond à une zone d'anastomose des artéριοles provenant du corps musculaire et du tubercule majeur. [9]
- Il existe une importante variation du module d'élasticité entre les parties antérieures, moyenne et postérieures du tendon du supra-épineux ainsi qu'entre ses couches superficielles et profondes : cela génère des frottements qui fragilisent le tendon. [5]

La coiffe des rotateurs est donc une structure fragile contenue dans un espace étroit : l'espace sous acromial.

## **B. Le temps des conflits : l'élévation du bras**

### **1. Le rythme scapulo-huméral**

L'abduction physiologique est associée à une flexion de 30° à 45°, elle s'effectue ainsi dans le plan de la scapula (obliquement en dehors et en avant). La capsule est alors relâchée et les contraintes sur la coiffe sont minimales. Ce plan n'est pas constant pendant le mouvement en raison de la bascule de la scapula et de la rotation de la clavicule. [9]

Kapandji [10] découpe ce mouvement en 3 phases :

➤ **De 0 à 90°** : Le mouvement s'effectue dans la gléno-humérale, les muscles mis en jeu sont le deltoïde et le supra-épineux. Ces 2 muscles agissent simultanément, du début à la fin de l'abduction. Le deltoïde est un muscle étendu, il a des portions d'emblée abductrices, d'autres d'abord adductrices et qui deviennent abductrices au cours de l'abduction, et encore d'autres (en minorité), qui demeurent adductrices tout au long du mouvement et qui sont inhibées grâce à l'innervation réciproque de Sherrington. Le deltoïde peut assurer seul toute l'amplitude du mouvement avec un maximum d'activité à 90°, il en va de même pour le supra-épineux en cas de paralysie isolée du deltoïde. En temps normal, le supra-épineux améliore la puissance et l'endurance de l'abduction, il joue également un rôle dans la stabilisation de la tête (ce point sera détaillé par la suite). Le mouvement s'arrête autour de 90° lors de la butée du tubercule majeur contre la cavité glénoïdale,

une rotation externe automatique est alors réalisée par les muscles infra-épineux et petit rond afin d'effacer le tubercule majeur vers l'arrière. Ce blocage mécanique apparaît plus tôt si l'abduction n'est pas réalisée dans le plan de la scapula.

➤ **De 90 à 150°** : Mise en jeu de la ceinture scapulaire : la contraction du dentelé antérieur et des faisceaux supérieurs et inférieurs du trapèze entraîne une sonnette latérale de l'omoplate de 60° ce qui oriente la glène en haut. Il se produit alors un mouvement de rotation longitudinale, mécaniquement lié, dans les articulations sterno-costo-claviculaire et acromio-claviculaire, qui participent chacune pour 30°. Le mouvement est limité vers 150° par la résistance des muscles grand dorsal et grand pectoral.

➤ **De 150 à 180°** : Mise en jeu des spinaux avec inclinaison latérale du rachis, redressement du rachis dorsal et hyperlordose lombaire.

De nombreux éléments sont donc sollicités au cours de la réalisation de ce mouvement complexe : les cinq articulations de l'ensemble articulaire de l'épaule et le rachis. Mais en réalité, cette description est très schématique car elle correspond à ce que l'on observe lorsqu'on réalise une mobilisation passive analytique. En pratique, tous ces éléments interviennent dès le début du mouvement mais pas dans les mêmes proportions suivant le secteur d'amplitude dans lequel on se situe. Ainsi, toutes ces articulations entrent en scène selon un rythme bien précis : le rythme scapulo-huméral (cf. tableau ci dessous [8]).

abduction	Scapulo-humérale			Scapulo-thoracique		
secteurs	amplitude		fraction	amplitude		fraction
0° → 30°	+ 25°	= 25°	5/6	+ 5°	= 5°	1/6
30° → 90°	+ 40°	= 65°	2/3	+ 20°	= 25°	1/3
90° → 120°	+ 20°	= 85°	1/3	+ 40°	= 65°	2/3
120° → 180°	Inclinaison latérale du rachis (ou extension, si le mouvement est bilatéral)					

Si une seule de ces articulations est défaillante et que le rythme scapulo-huméral n'est pas respecté, l'élévation du bras peut devenir source de conflit sous acromial [11].

## 2. Stabilisation dynamique de l'articulation gléno-humérale

### a. Rôle de la coiffe des rotateurs

La différence des rayons de courbure de la tête humérale et de la glène génère l'existence de

plusieurs centres de rotation de l'articulation gléno-humérale en abduction. En conséquence, les mouvements de la tête humérale sur la glène se décomposent en rotation, roulement et translation. Ce phénomène se traduit par des forces en compression (prédominantes entre 60 et 90°) qui stabilise l'articulation et des forces de cisaillement (prédominantes entre 0°-60° et 90°-120°) qui déstabilise l'articulation. L'articulation gléno-humérale est également une articulation à grand secteur de mobilité et à très haute vélocité. Tous les éléments de l'instabilité sont donc réunis. Le rôle de la coiffe est d'assurer le recentrage de la tête face à la glène assurant ainsi l'équilibre entre les forces de compression et de cisaillement. Le principe est identique pour les rotations. Les muscles de la coiffe sont les éléments principaux de stabilisation, les éléments capsulo-labrales n'intervenant que dans les secteurs extrêmes. [3 ; 6]

Pour ce faire, les muscles de la coiffe adaptent en permanence leur longueur et leur contraction de façon à assurer ce recentrage quelque soit la position de la gléno-humérale. [6] Ce sont des coaptateurs qui s'opposent à la force de translation ascensionnelle générée par le groupe de muscles composé de la longue portion du triceps, le court biceps, le coraco-brachial, le deltoïde, le grand pectoral. [3]

Le tendon de la longue portion du biceps s'insère sur le tubercule supra-glénoïdien puis se dirige dans la gouttière bicipitale en faisant un angle droit, ceci lui permet de participer à la contention transversale de la tête, il fait donc partie de la coiffe des rotateurs pour certains auteurs.

Mais l'action de recentrage de ces muscles est très complexe, elle est tridimensionnelle et ne tient donc pas qu'à leur disposition par rapport à la tête :

- Lors de l'écartement du bras, le supra-épineux tire le tubercule majeur vers le dedans, la tête glisse alors vers le bas tandis qu'elle roule dans le sens des aiguilles d'une montre. Il s'agit du phénomène de roulement-glissement de la tête humérale qui associe un mouvement angulaire d'écartement (roulement) à un mouvement linéaire d'abaissement (glissement). Le supra-épineux lutte ainsi efficacement contre l'ascension de la tête [8].
- Les muscles infra-épineux, petit rond et subscapulaire (coiffe basse) sont préférentiellement activés et exercent ainsi une force verticale descendante importante, (grâce à leurs faisceaux inférieurs), qui contre les forces ascensionnelles. Si ces muscles ne se contractent pas lors de l'élévation, on enregistre une augmentation de la pression sous-acromiale de 61% [5].
- Ces mêmes muscles sont responsables du recentrage de la tête en rotation : le subscapulaire ajuste la position de la tête en rotation interne, l'infra-épineux et le petit rond la

repositionnent en rotation externe [12].

- Les tendons échangent des fibres entre eux, ce qui permet la transmission des tensions aux tendons adjacents lors de la contraction d'un muscle et par la même une répartition harmonieuse des tensions autour de la tête et donc un centrage correct de celle-ci. Ceci explique également les mécanismes de compensation observés lors de certaines ruptures [5].
- La coiffe recouvre la capsule ce qui assure son étanchéité. La dépression physiologique articulaire, qui participe à la stabilisation de l'articulation, est dépendante de l'étanchéité de la capsule. L'intégrité de la coiffe est donc garante de la fonction de stabilisation de la capsule [6].
- Les tendons échangent des fibres avec la capsule articulaire, ainsi les courts rotateurs peuvent piloter la tête lors de leur contraction, par l'intermédiaire de la capsule [13]. Le supra-épineux, ainsi accolé à la capsule, participe à sa suspension et est également sustentateur de la tête. Ainsi, ce muscle est à la fois abaisseur et élévateur de la tête humérale. Ceci nous donne un aperçu de la complexité du fonctionnement de l'épaule.

Enfin, la coiffe ne joue pas qu'un rôle de stabilisation active. Elle réalise avec la voûte acromio-coracoïdienne, et la bourse séreuse, un contre appui nécessaire à l'élévation du bras par le deltoïde. L'ensemble sert alors de cale et de butée visco-élastique passive.

### ***b. Biomécanique du muscle deltoïde***

Le deltoïde est un muscle capital de l'épaule. Tout d'abord, il forme le seul muscle latéral. Puis, globalement, ce muscle assure la sustentation de l'humérus et sa défaillance (neurologique ou dégénérative) entraîne une subluxation inférieure de la tête. Par ailleurs, il est considéré comme le principal responsable des forces ascensionnelles qui s'exercent sur la tête, lors de l'élévation du bras. Cependant, il se réfléchit sur le tubercule majeur au niveau de sa portion moyenne, entre 0 et 60° d'abduction, ce qui crée une force d'appui exerçant une poussée orienté vers le bas et le dedans. L'augmentation du volume musculaire au cours de la contraction, prolonge ce phénomène au delà de l'amplitude précitée, la masse deltoïdienne repoussant la tête humérale. [8 ; 14]  
De plus, à partir de 90° d'abduction, son moment d'action passe par la cavité glénoïde ce qui augmente la stabilité de l'humérus en assurant le roulement/glisement de la tête. [9]

### 3. Quelques définitions supplémentaires

#### a. *Les voies de passages*

Elles définissent les libertés de mobilité vers le zénith, en fonction du passage du tubercule majeur sous la voule coraco-acromial.

Elles sont au nombre de trois selon Sohier [9] :

- la voie antérieure qui associe flexion, abduction et rotation médiale,
- la voie postéro-latérale qui associe l'abduction à la rotation latérale,
- et le placement de la main dans le dos (extension, adduction et rotation médiale).

Cette dernière apparait peut physiologique et particulièrement contraignante pour les muscles de la coiffe.

Ces voies de passage se reflètent à la réalité tridimensionnelle de l'épaule. Elles restent très individualisées selon la pathologie et le morphotype du patient.

On doit les rechercher dès les première séances, pour permettre une mobilisation passive ou active la plus indolore et le plus physiologique possible.

#### b. « *zéro position* »

Il correspond à l'alignement de l'axe huméro-scapulaire et du cône formé par les tendons des muscles de la coiffe et du bras. L'humérus doit être dans le prolongement de l'épine de la scapula. Il se situe bras à 45° en avant du plan frontal et bras à 165° d'élévation antérieure, l'humérus en légère rotation latérale, coude tendu. C'est la position de stabilité articulaire maximale. Dans cette position, l'articulation scapulo-humérale perd toute rotation active, tous les muscles participant à la stabilisation de l'articulation. De plus, la congruence des surfaces articulaires est maximale, ainsi que le verrouillage ligamentaire. [9]

### I. **Physiopathologies**

Il existe 3 types de conflits :

- le conflit antéro-interne qui intervient entre l'apophyse coracoïde d'un coté et de l'autre coté le tubercule mineur associé à l'insertion du subscapulaire.
- Le conflit postéro-supérieur qui est un conflit entre la face profonde des tendons supra et infra épineux d'une part, et d'autre part le bord postéro-supérieur de la glène, le bourrelet et le ligament gléno huméral inférieur.
- Le conflit sous-acromial, qui le plus souvent va impliquer le tendons du supra-épineux et la voule acromiale. Ce conflit est décrit anatomiquement précédemment et dans cette étude nous nous

intéresserons uniquement à ce conflit.

### **A. Etiologies du conflit sous acromial [15 ; 9]**

Il existe plusieurs étiologies au conflit sous-acromial. La prédominance de l'une ou de l'autre diffère selon les différents auteurs.

Pour certaines étiologies on parle plus « d'hypothèse » étiologique ou de théorie car rien n'a été encore prouvé et certains voient les choses différemment que d'autres.

#### **1. Facteurs anatomiques**

Les facteurs anatomiques sont modifiables en ayant recours à la chirurgie.

Plusieurs facteurs anatomiques peuvent être responsables d'un conflit sous-acromial. Tout d'abord des facteurs anatomiques liés à la voûte sous-acromiale :

- La forme de l'acromion

La classification de Bigliani différencie l'acromion en trois catégories :

1. L'acromion plat de type I (17% de la population générale)
2. Acromion courbe de type II (43%)
3. Et l'acromion crochu de type III (40%)

70 80% des ruptures de coiffe surviendraient suite à la présence d'un acromion de type III.

- L'importance de la pente de l'acromion.

Plus cette pente est importante, plus le risque de conflit est important.

Cette pente d'inclinaison s'accroît avec l'âge, de façon graduelle et constante, augmentant les risques d'irritation tendineuse.

- Les changements dégénératifs de l'acromion.

Le caractère long et horizontalisé de l'acromion favorise et intensifie ces changements dégénératifs. En effet, l'arche coraco-acromiale se rapproche alors au-dessus de la tête de l'humérus et le ligament coraco-acromial risque de développer des phénomènes d'enthésopathies au niveau de son attache sur l'acromion. Effectivement, son insertion sur l'apophyse coracoïde est large et celle sur l'acromion étroite, augmentant ainsi les forces de tensions transmises. Peu de changements dégénératifs apparaissent d'ailleurs au niveau de l'apophyse coracoïde et des phénomènes de conflits coracoïdiens se manifestent de manière plus transitoire.

- Le développement d'ostéophytes.

Il réduit encore l'espace sous-acromial. Certains auteurs [6] pensent que ce phénomène n'est pas à l'origine du conflit mais qu'il lui est secondaire, un véritable cercle vicieux se met alors en place : le conflit entraîne la formation d'ostéophytes ce qui l'amplifie. L'arthrose acromio-claviculaire joue également un rôle important dans la genèse des conflits, en particulier antéro-supérieurs.

- Les divers traumatismes qui surviennent tout au long de la vie (fractures, luxations...).

Ils peuvent également altérer l'anatomie de la voûte. La luxation de l'articulation acromio-claviculaire peut être à l'origine de l'apparition prématurée d'arthrose. Un cal vicieux peut se développer à la suite d'une fracture de l'acromion, de la coracoïde ou encore du quart externe de la clavicule (ces fractures sont rares mais complexes).

On peut également retrouver d'autres facteurs anatomiques en cause :

- L'extrémité supérieure de l'humérus et la glène peuvent également être le siège de fractures dont les complications (cals vicieux et arthrose prématurée) réduisent l'espace sous-acromial. Les luxations de l'articulation gléno-humérale sont fréquentes, elles sont aussi à l'origine du développement précoce d'arthrose. De plus, elles sont responsables d'une certaine laxité ligamentaire, la tête humérale est donc moins bien stabilisée.

Remarque : dans certaines pathologies, l'hyperlaxité ligamentaire est primitive.

- La capsule doit être suffisamment souple pour que la tête soit bien mobile et bien centrée. Les décentrages antéro-supérieurs peuvent être liés à une rétraction de la partie postérieure de la capsule.
- En présence d'une hypercyphose dorsale, la couverture de l'acromion est amplifiée ce qui génère un contact plus précoce entre la voûte et la coiffe des rotateurs. Un déficit de bascule postérieure de l'omoplate aura les mêmes conséquences.

## **2. Facteurs vasculaires**

Comme vu précédemment dans la description anatomique de la coiffe des rotateurs, il existe une zone hypovascularisée au niveau du tendon du supra épineux qui majore la fragilité de cette coiffe et donc le risque d'atteinte tendineuse.

## **3. Facteurs dynamique**

Les facteurs dynamiques contribuent largement à la genèse des conflits sous-acromiaux.

- Tout d'abord, un déséquilibre entre les actions ascensionnelle du deltoïde et stabilisatrice des muscles de la coiffe induit ce type de conflit de même qu'une rupture complète de la coiffe.
- La cinétique de la scapula est également un facteur. Certains auteurs ont démontrés, chez les patients atteints d'un syndrome sous-acromial une diminution de l'activité du dentelé antérieur lors de l'élévation antérieure. Ceci se traduit par une sonnette latérale moindre, une majoration de la projection antérieure et de la rotation médiale de la scapula.
- Enfin un surmenage professionnel ou sportif peut entrainer un déséquilibre musculaire entre rotateur médiaux et latéraux et génère donc un conflit sous-acromial. Nous allons nous intéresser plus particulièrement à ce facteur dans cette étude.

#### 4. La théorie dégénérative [16]

C'est la théorie selon laquelle les lésions tendineuses seraient en rapport avec une dégénérescence du tendon lié à l'âge. L'incompétence de la coiffe due à la diminution des performances tendineuses va être responsable d'un syndrome sous-acromial.

Les arguments jouant en faveur de cette théorie sont principalement les facteurs vasculaires. Avec l'âge il y a une raréfaction des capillaires sanguins au niveau de la zone hypovascularisée et par voie de conséquence une transformation progressive des cellules tendineuses en chondrocytes qui n'ont pas les même propriétés d'élasticité. Les autres arguments en faveur de cette théorie sont les suivant : 1. les lésions sont prédominantes à la face profonde du tendon supra-épineux ou du biceps, 2. on retrouve des lésions du sous épineux et du subscapulaire qui ne sont jamais en contact direct avec l'acromion, 3. il existe une réponse différente aux traumatismes en fonction de l'âge des patient (chez des sujet jeune un traumatisme de l'épaule ne s'accompagne pas de rupture de coiffe contrairement aux sujet ayant 55-65 ans).

### **B. Description clinique**

Tout d'abord, les conflits sous-acromiaux sont classés par Neer, en trois stades selon l'âge et l'usure des structures tendineuses. (cf annexes)

#### **1. Description clinique des signes de conflits**

Les caractéristiques de la douleur (circonstances déclenchantes, mode de début, intensité, localisation, durée), son retentissement sur les mobilités passives et actives selon les différents



plans, et un examen clinique précis démontrent des signes de conflit. Un arc douloureux apparaît entre 60° et 120° d'élévation latérale, plus symptomatique lors de la descente du bras. Une sonnette latérale souvent précoce témoigne de la participation exagérée de la scapulo-thoracique dans ce mouvement. Le test de Neer est le test spécifique à la détection des signes de conflit antéro-supérieur. Dans ce test, le sujet est installé en décubitus dorsal ou en position debout, la main en pronation. L'examineur bloque la scapula d'une main et mobilise le bras en élévation antérieure de l'autre. La douleur est réveillée soit en fin de mouvement (décubitus dorsal), soit entre 60 et 100° (position debout). Le test s'avère positif en cas de conflit antéro supérieur.

## **2. Evolution des lésions**

Les lésions concernent un ou plusieurs tendons de la coiffe. Pour les diagnostiquer il existe des tests tendineux (cf annexes). Le tendon le plus fréquemment atteint est le supra-épineux comme vu précédemment. Ces lésions décrivent différents stades allant de la simple tendinopathie à la rupture du tendon, avec apparition d'omarthrose excentrée [17].

Un traitement médical conservateur va être mis en place en première intention (médication orale, infiltration, kinésithérapie). On a recours à la chirurgie seulement en cas d'échec du traitement de première intention. [18, 19]

## **3. Description clinique des tendinopathies**

Dans le cadre du syndrome sous acromial, on va parler de tendinopathies non rompues non calcifiantes. Mais c'est une entité discutée sur le plan physiopathologique car aucune lésion formelle n'est objectivée par l'iconographie médicale moderne. Ceci rend le diagnostic difficile. [6]. Cette pathologie peut être plus ou moins symptomatique et lorsqu'elle l'est, c'est à des degrés divers :

- Une douleur d'apparition progressive qui survient d'abord lors de l'exécution d'un geste précis et répété, qu'il soit sportif, professionnel ou même de l'activité quotidienne. Puis, elle apparaît globalement lors de l'élévation du bras surtout si elle est contrariée et associée à une rotation interne. Elle est plus forte entre 80 et 120° d'élévation, cet arc douloureux correspond à la zone où les contraintes sur les tendons de la coiffe sont maximales [6]. Elle empêche le patient de se coucher sur l'épaule atteinte et le réveille aux changements de position. Elle est d'abord d'origine mécanique (au stade de l'épaule conflictuelle sans atteinte tendineuse), puis inflammatoire.

Lorsque les lésions concernent le tendon du supra-épineux, la douleur se situe plus particulièrement sur la région externe de l'épaule, au niveau du V deltoïdien avec souvent une recrudescence nocturne. Si les douleurs intéressent le tendon du long biceps, la douleur est plutôt localisée à la

face antérieure de l'épaule et augmente à la supination contrariée.

- Au niveau morphostatique : une attitude spontanée en élévation et antépulsion du moignon de l'épaule.

- Au niveau articulaire :

- une limitation de l'élévation et de la rotation externe de la gléno-humérale,
- une diminution des glissements antéro-postérieurs au niveau de l'articulation acromio-claviculaire,
- un déficit de bascule postérieure de l'omoplate.

- Au niveau musculaire :

- on retrouve des contractures des muscles grand et petit rond, petit pectoral, trapèze supérieur et élévateur de la scapula ;
- une amyotrophie des muscles deltoïde, supra-épineux et infra-épineux ;
- différents déséquilibres musculaires qui seront décrits dans le chapitre consacré à leur évaluation ;
- une diminution de la force d'élévation avec l'impossibilité de tenir un objet à bout de bras.

- Une gêne fonctionnelle plus ou moins importante selon l'intensité de la douleur et des autres signes cliniques.

Enfin, comme dit précédemment, l'iconographie médicale ne montre pas de rupture du tendon. Elle montre parfois des signes de tendinites qui sont discutables en raison de la fréquence des faux positifs à l'IRM. Le diagnostic peut reposer sur une exploration arthroscopique. Celle-ci montre des images de tendinopathies fibrillaires avec un aspect irrégulier de la face superficielle du tendon du supra-épineux, avec, en miroir, la même image sur la face profonde du ligament acromio-coracoïdien. [6].

#### **4. Description clinique des tendinopathies rompues**

Elles correspondent la rupture de la coiffe des rotateurs.

Les ruptures surviennent le plus souvent dans le cadre de l'évolution d'une tendinopathie chronique donc dégénérative. Les ruptures aiguës du tendon antérieurement sain sont rares. Une rupture partielle n'affecte pas la totalité de l'épaisseur du tendon contrairement aux ruptures transfixiantes. Les lésions peuvent être asymptomatiques, leur évolution peut donc passer inaperçue car il n'y a pas une bonne corrélation anatomo-clinique. Le tableau clinique d'une rupture

partielle est donc souvent similaire à celui décrit pour les tendinopathies non rompues car il lui fait naturellement suite. Une rupture totale aboutit au tableau de pseudoparalyse avec mobilisation active en abduction impossible et mobilisation passive réalisable par l'examineur. [18]

Au niveau des examens paracliniques, la radiographie standard est normale ou montre une rupture du cintre omo-huméral (ce point est toutefois discutable, ces ruptures du cintre pouvant correspondre à des décentrages). L'IRM objective la rupture, l'arthrographie est peu utilisée.

## **II. Rééducation du syndrome sous-acromial par recentrage de la tête humérale**

### **A. Kinésithérapie analytique (concept Sohier) [11]**

Le recentrage passif de la tête humérale se fait par kinésithérapie analytique (concept Sohier).

Le but de ce recentrage est de récupérer une cinématique articulaire normale afin d'équilibrer les tensions capsulo-ligamentaires et de lever les contractures des muscles stabilisateurs. Ceci a également une influence au niveau de l'interligne articulaire, le métabolisme des chondrocytes dépendant, pour l'essentiel, de la qualité « biomécanique » des forces qui y transitent.

Le traitement commence donc par des mobilisations spécifiques visant à libérer l'interligne de ces coincements et décentrages dans les trois plans de l'espace. Comme il est dit précédemment, ceci va détendre le périarticulaire et permettre aux forces (roulement-glissement-cisaillement-compression-décompression) de s'exprimer librement. On va donc jouer sur une alternance d'appui du cartilage (la constante d'appui étant délétère pour celui-ci), et sur une alternance contraction-décontraction pour que les tissus articulaires et périarticulaires se réparent dans de bonnes conditions.

Des chercheurs mécano-biologistes insistent sur le caractère obligatoirement cyclique de la distribution des forces pour recréer un état de physiologie normale des chondrocytes.

Fonctionnellement, Sohier appelle cela le « rythme biomécanique fondamental » destiné à créer l'environnement physique idéal. Il s'agit d'un rythme séquentiel qui comporte et répète une phase rigidifiante (augmentation des contraintes d'appui) et une phase dérigidifiante (réduction de ces contraintes). C'est par le choix et la chronologie des muscles qui entrent en action que la dynamique du rythme biomécanique fondamental se produit.

La récupération de ce rythme constitue le deuxième temps du traitement, la base de la rééducation fonctionnelle et neuromotrice. Il implique la liberté de mouvement et une cinématique normale au niveau de la chaîne articulaire et musculaire.

Au niveau application, on peut résumer la kinésithérapie analytique des lésions de coiffe non opérées de la manière suivante :

- Evaluation (qui reprend les composantes classiques)
- Traitement qui comprendra trois périodes principales plus une phase de réentraînement
  - Période d'entretien de l'épaule au cours de laquelle la lésion n'est pas sollicitée : elle débute 10 à 12 jours après le traumatisme, et est constituée de massages, contrôles du relâchement et mobilisations spécifique de recentrage articulaire. On va également enseigner des mouvements globaux, pendulaires, peu amples en voie antérieure prudente et guidée, ou encore scapulo-thoracique, ainsi que des conseils d'hygiène de vie.
  - Période d'essai au cours de laquelle la lésion est progressivement sollicitée : débute environs trois semaines après le traumatisme, reprend la thérapie manuelle réalisée pendant la période précédente, et ajoute en progression des exercices sollicitant la lésion en traction, en frottement, en allongement et en irritation.
  - La période de récupération fonctionnelle : 4 à 6 semaines après le traumatisme. Elle comprend la récupération musculaire. D'abord analytiquement, puis globalement lors de l'élévation du bras en contrôle postural du rachis et de la scapula. Elle comprend également des exercices d'assouplissement capsulaires.
  - Enfin une phase de réentraînement à l'effort peut éventuellement être entreprise mais tardivement. Elle sera déconseillée aux plus de 50ans.

## **B. Rééducation musculaire du syndrome sous-acromial par recentrage actif de la tête humérale**

Selon la Haute Autorité de Santé (HAS), dans le cadre de pathologies non opérées de la coiffe des rotateurs, l'utilisation de techniques de renforcement est recommandée. Mais il est signifié qu'il y a une absence d'essais randomisés sur la kinésithérapie des pathologies de la coiffe en France, et qu'en ce qui concerne les technique de recentrage, de renforcement des muscles abaisseurs ou de rééducation du rythme scapulo huméral, les résultats cliniques obtenus doivent faire l'objet d'études comparatives. Il n'y a donc pas de prédominance d'une technique de renforcement par rapport à une autre et aucune modalité n'a démontrée sa supériorité. [20 ; 21]

### **1. Renforcement de la coiffe des rotateurs**

#### *a. Renforcement des rotateurs latéraux par la méthode CGE (complexe générale de l'épaule) [22 ; 23]*

Le rééquilibrage musculaire fait par renforcement des rotateurs latéraux fait suite à une phase de correction des défauts de cinématique et de récupération de la mobilité, notamment la mobilité scapulo-thoracique et acromio-claviculaire en renforçant le trapèze inférieur et en étirant le petit pectoral.

Le but de ce protocole de renforcement est de retrouver un bon équilibre dynamique de l'articulation scapulo-humérale en utilisant la force de recentrage inférieur de l'infra-épineux qui s'oppose de plus au déséquilibre en rotation médiale générateur de spin.

Le protocole CGE se présente de la manière suivante :

Lors de la première phase du protocole, la tonification est effectuée par électro stimulation jusqu'à disparition complète des douleurs. Une électrode est placée dans la fosse supra-épineuse et l'autre en dessous de l'épine sur le muscle infra-épineux. L'électro-stimulation permet de débiter un renforcement musculaire sans mettre les tendons en tension. Le bras est positionné soit le long du corps, soit à 60° d'abduction de façon à trouver une position de stimulation confortable. Ce renforcement électro-assisté est poursuivi jusqu'à disparition des phénomènes douloureux.

Dans la seconde phase du protocole, le travail actif contre résistance des rotateurs latéraux est débuté coude au corps dans une très faible amplitude n'excédant pas les 20° de rotation latérale, afin de ne pas entraîner trop de phénomène de cisaillement des faisceaux tendineux. Les patients réalisent des séries de 10 contractions de 5 secondes. Suivant leurs capacités et la phase de progression le nombre de séries varie de 3 à 10.

Aucune réaction inflammatoire ne doit être tolérée après les séances. Dans le cas où une réaction douloureuse apparaît, il faut interrompre cette tonification et reprendre la stimulation électrique.

La dernière phase du protocole, consiste à restaurer la force de compression générée par la coiffe des rotateurs. Pour cela, l'activation de la coiffe des rotateurs est utilisée par la réalisation de compressions articulaires. Cet exercice peut être réalisé soit manuellement à partir de l'horizontale jusqu'au zénith, soit avec l'utilisation de flexibarre. La co-contraction étant ischiémante pour les muscles, les exercices doivent-êtr courts.

Le sevrage de la rééducation est toujours progressif, en passant de 3 fois, à 2 fois puis à 1 fois par semaine de façon à s'assurer de la stabilité du résultat.

#### ***b. Travail de la vigilance musculaire [24]***

Trois kinésithérapeutes de ville ont défini et évalué un protocole de prise en charge des syndromes sous-acromiaux. C'est un traitement qui se veut plus étiologique que

symptomatologique. Il vise à la reprogrammation de l'activité physiologique de l'épaule avec, d'une part des techniques de décoaptations pour récupérer la mobilité articulaire naturelle, et d'autre part des techniques de recentrage actif pour retrouver la motricité naturelle.

Selon les praticiens, les muscles extrinsèques sont des muscles plutôt volitionnels alors que les muscles d'ajustement posturaux sont les muscles intrinsèques en l'occurrence les muscles de la coiffe. Le protocole va donc s'axer sur la reprogrammation et le recentrage actif des muscles de la coiffe des rotateurs. Cette reprogrammation se faisant sur le mode automatique qui va faire d'abord percevoir inconsciemment au patient cette activité par un feedback. Une fois l'activité programmée elle pourra s'effectuer sur un mode feedforward.

La technique qui va être utilisée est la méthode de KABAT (facilitation neuro-motrice proprioceptive). Ceci va permettre de reproduire l'intégralité des mouvements de l'épaule autour de deux diagonales. On partira des mouvements les plus faciles vers les mouvements les plus difficiles.

Durant ces mouvements, on va fixer l'attention du sujet sur le déplacement global du membre supérieur, et pendant ce temps les muscles de la coiffe vont fonctionner activement, sans que le patient ne s'en rende compte, sur un mode automatique. C'est le mouvement cible.

Les techniques doivent respecter la règle de l'indolence, on va donc adapter nos résistances manuelles. Il existe trois type de mouvements, ceux dits en « schémas de base » qui opposent de grands bras de levier mais provoquent peu de rotation sur l'épaule, ceux dits en « schémas brisés » ou « changement de pivot » qui opposent des bras de levier plus courts mais produisent plus de rotation, et les « pivots d'insistance » qui produisent essentiellement des rotations en isométrique. Les différentes techniques vont être choisies et adaptées en fonction du bilan.

Dans le protocole, les techniques de reprogrammation sont précédées de techniques de décoaptation et de mobilisation passive manuelle spécifique. Il est important de ne pas oublier les articulations scapulo-thoraciques et claviculaires.

Les techniques de recentrage actif débutent avec les mouvements les plus faciles pour le patient et on se rapproche progressivement des gestes les plus difficiles, c'est-à-dire des objectifs de rééducation déterminés par le diagnostic kinésithérapique. On termine éventuellement la rééducation par des exercices très spécifiques d'un geste sportif ou professionnel, surtout si celui-ci est à l'origine du conflit.

### *c. Le rééquilibrage musculaire [25]*

On va pouvoir également effectuer un renforcement musculaire afin de corriger un déséquilibre entre rotateurs médiaux et rotateurs latéraux et recentrer la tête humérale.

Il faut préalablement déterminer la valeur du ratio rotateur médiaux/rotateurs latéraux (nous verrons cela en deuxième partie). Certains auteurs trouvent une diminution de celui-ci, chez les patients atteints de syndrome sous-acromial pendant que d'autres y voient une augmentation. Ce renforcement musculaire n'a pas de modalité préférentielle pour le moment. Certains auteurs préconisent le renforcement en excentrique car il améliore la force musculaire et la résistance à l'étirement du complexe musculo-tendineux. le rééquilibrage musculaire peut également être utilisé en prévention primaire.

## **2. Les suppléances musculaires**

Afin de recentrer la tête humérale on va pouvoir utiliser les muscles non impliqués dans ce conflit qui ont une composante d'abaissement et recentrage de la tête, afin de compenser le déficit des muscles de la coiffe impliqués dans le syndrome sous-acromial.

### *a. Le renforcement des abaisseurs selon Leroux [26 ; 27]*

Cette technique peut être utilisée quel que soit le stade évolutif des lésions de la coiffe. La reprogrammation du mouvement d'élévation antéro-latérale de l'épaule par sollicitation préférentielle des abaisseurs a pour objectif théorique de décharger les muscles coaptateurs de la tête humérale contre la glène, essentiellement la « cale élastique » que représente le muscle supra-épineux, qui s'oppose à la composante élévatrice du muscle deltoïde.

Le but de cette rééducation est donc de mettre en jeu le couple de rotation deltoïde – abaisseur long (grand pectoral, grand dorsal) susceptible de maintenir la tête humérale en position de recentrage articulaire et ainsi de protéger ou suppléer la coiffe lors du mouvement d'abduction. Or, ces abaisseurs longs sont mis en jeu de façon physiologique lors d'une abduction seulement à partir d'un angle de 50 à 60°.

Le deltoïde quand à lui n'est pas à renforcer. Selon Leroux, ceci aggraverait le conflit et les douleurs dues à sa force élévatrice.

L'objectif de la reprogrammation est donc de faire travailler ces muscles dès les premiers degrés d'abduction, amplitude avec laquelle ils ne sont pas habitués à travailler. Il s'agit donc d'un recentrage rotatoire tridimensionnel de la tête humérale par rapport à la glène.

Il faut y associer une stabilisation dynamique de la scapula afin de rétablir un rythme scapulaire harmonieux.

Les abaisseurs longs étant également rotateur médiaux il est possible que l'amélioration

fonctionnelle de cette rééducation soit due autant au recentrage horizontal, lié au renforcement de ces rotateurs médiaux qu'au recentrage supéro-inferieur. Ce décentrage horizontal intervient en cas de déséquilibre de la balance rotateur médiaux-rotateur latéraux.

Au niveau pratique, Leroux commence par une lutte contre l'attitude antalgique en enroulement de l'épaule et un recentrage passif de la tête humérale.

Le recentrage actif débute par un recentrage statique. Il fait appel à un travail des abaisseurs longs dès les premiers degrés d'abduction. Le bras est positionné dans le plan de la scapula. Ce travail isométrique des abaisseurs longs privilégie la composante d'abaissement de ces muscles en supprimant leur composante d'adduction. Leroux précise qu'il faut éviter le mouvement de « piston », correspondant à une poussée dans l'axe longitudinal du bras. En progression, on peut placer le membre supérieur dans diverses amplitudes d'abduction. On peut également solliciter une adduction résistée au niveau du coude pour faire intervenir les composantes rotatoires du grand pectoral et du grand dorsal. Lorsque l'abaissement volontaire est acquis, le kinésithérapeute peut ne plus soutenir le membre supérieur du patient, demandant ainsi à celui-ci de tenir la position du membre dans l'espace et de faire intervenir le couple deltoïde/abaisseur.

Une fois cette étape assimilée, on va passer à l'abaissement actif dynamique. On va donc associer l'abaissement de la tête à de l'abduction active. Au début, le mouvement va être assisté et le bras de levier va être réduit par la flexion de coude. L'abduction va être poursuivie tant que la tête humérale reste en position de recentrage. Le mouvement est arrêté dès qu'une ré-ascension de la tête se produit. L'assistance va être faite par le membre sain à l'aide d'un bâton par exemple. Ensuite on va pouvoir introduire l'abduction active contre simple pesanteur.

Pour finir on va effectuer un recentrage automatique par des exercices proprioceptifs en CCF, et une réadaptation au soulevé de charge. L'ambition reste restreinte en fonction de caractère dominant du membre lésé, des activités de la vie journalière, professionnelle, ou sportive, du patient.

Les résultats de cette méthode rééducative ont été évalués par méthode radiographique appréciant l'abaissement de la tête humérale et le mouvement de sonnette interne de la scapula lors de la manœuvre de recentrage. Lors de la contraction des abaisseurs longs on retrouve une augmentation de l'espace sous acromial, et un mouvement de sonnette interne. [28 ; 29]

D'autres auteurs font, parallèlement à ce travail de recentrage par les abaisseurs longs, un rééquilibrage musculaire des muscles déficitaires, afin d'obtenir un ratio dans les normes. [30]

#### ***b. Le renforcement des abaisseurs selon Dauzac [13]***



Dauzac propose un protocole qui inclut le renforcement des muscles atteints complété par l'intervention de muscles suppléants. Le mouvement recherché va alors être le mouvement d'élévation tout en ouvrant l'angle omo-huméral.

Préalablement à ce mouvement d'élévation on va pouvoir travailler l'apprentissage du placement de la ceinture scapulaire. Ceci conditionnera l'efficacité des mouvements. Le but est de solliciter l'abaissement actif du moignon de l'épaule afin de favoriser l'ouverture active de l'angle scapulo huméral, et d'éviter ainsi l'ascension de la ceinture scapulaire dans les mouvements d'élévation du bras. Cette élévation serait source de compression dans l'espace sous-acromial. Le placement de la ceinture scapulaire est donc important. Pour intégrer le mouvement de sonnette interne, on va demander une retropulsion du moignon alors que le bras est légèrement écarté. La position assise favorise cette prise de conscience. Ce mouvement de sonnette interne permettra également d'atteindre la « zéro position » qui est la position recherchée pour effectuer cet abaissement.

On va pouvoir également travailler l'apprentissage de la poussée humérale externe. Le patient réalise un « allongement » de l'humérus. Cela aide au recrutement du deltoïde et de la coiffe dans son ensemble. Le fait d'apprendre au patient à conserver ces contractions tout au long du mouvement, réentraîne la coiffe dans son rôle propre de « tenseur capsulaire ».

Ensuite le mouvement d'élévation va pouvoir être recherché dans le plan de fonction, en évitant toute manœuvre de force pour ne pas avoir de réaction douloureuse. Ce mouvement va pouvoir être pratiqué en décubitus, en latérocubitus ou en position assise utilisé en dernier temps pour diminuer le tonus du trapèze inférieur.

Partant de cette position d'élévation on va pouvoir réaliser un abaissement actif du moignon de l'épaule et une adduction du bras contre résistance. Ceci permet de solliciter les muscles suppléants que sont le grand pectoral et le grand dorsal, de limiter le travail excentrique de la coiffe et d'éviter tout accrochage des tendons de la coiffe avec les reliefs osseux.

Dauzac propose également d'autres suppléances musculaires. La première est l'élévation du bras avec point fixe distal du triceps brachial peut aider l'élévation gléno-humérale en limitant les contraintes au niveau de la coiffe.

La seconde est l'intervention du long biceps intervenant dans la stabilité de la tête humérale : il limite son ascension, contrôle son déplacement lors de la rotation externe, et aide à la rotation interne. Pour favoriser le contrôle de la tête humérale, on peut demander un recrutement du biceps brachial, avant de débiter l'élévation, et tout au long du mouvement.

Enfin Dauzac proscrit les mouvements d'élévation dans le plan frontal strict et les mouvements extrêmes répétés.

### *c. Le recentrage en CCF [31]*

Thierry Stevenot a expérimenté une manœuvre de recentrage en chaîne cinétique fermée (CCF) sur 56 épaules. Cette expérimentation n'a aucun poids scientifique, car il a juste réalisé une étude de cas, mais c'est une idée de technique nouvelle qui peut être intéressante.

La sollicitation du membre supérieur en CCF permet de participer au recentrage d'une tête humérale décentrée. Dufour dit « que la chaîne cinétique fermée tend à aligner les segments dont les extrémités sont résistantes ».

La manœuvre se résume de la manière suivante : le kinésithérapeute empaume la base du pouce de la main du sujet avec sa main omo-latérale (le sujet serre lui aussi la base du pouce du kinésithérapeute) et élève le membre supérieur du sujet dans le plan de la scapula jusqu'à ce qu'il se trouve dans le prolongement de la partie sous-cutanée de l'épine de la scapula, éventuellement un peu en dessous si la position est douloureuse ou inconfortable pour le sujet. Puis le kinésithérapeute plaque le dos de la main du sujet contre son thorax afin d'offrir un point fixe distal. Le membre supérieur est toujours au-dessus de l'horizontale, les muscles de la coiffe travailleront donc en course interne. La main controlatérale du praticien est posée sur l'épaule à recentrer, le pouce posé sur l'extrémité proximale de l'humérus, la face palmaire des derniers doigts est posée sur la fosse infra-épineuse. Dans cette position le kinésithérapeute tient fermement la main du sujet et lui demande de tirer sur la main « comme pour raccourcir le membre supérieur sans fléchir le coude ni surélever l'épaule ». La contraction est maintenue environ 3 secondes ; durant cette contraction le praticien perçoit simultanément la contraction de l'infra-épineux (et du petit rond) par l'intermédiaire des derniers doigts, et l'abaissement-recentrage de l'extrémité proximale de l'humérus par l'intermédiaire du pouce. Cette manœuvre est répétée 2 ou 3 fois selon la qualité de la réalisation, l'ensemble durant moins d'une minute au total (phase de repos comprise).

La CCF permet un recentrage de la gléno humérale tout d'abord car les muscles de l'épaule n'ont pas à supporter l'ensemble du poids du membre supérieur, puis les actions musculaires vont être différentes, enfin les forces exercées sur l'épaule vont centrer la glène et la tête humérale l'une par rapport à l'autre, et permettre une transmission correcte des forces entre humérus et scapula. Au niveau des actions musculaires, on retrouve tout d'abord une synergie des muscles péri-

articulaires. Le croisement entre les deux grandes portions que sont le triceps et le biceps avec la coiffe (travaillant dans sa globalité) à hauteur de l'articulation permet une grande stabilité musculo-tendineuse avec compression-recentrage des surfaces articulaires et donc stabilisation. En même temps que ces muscles réalisent un recentrage-abaissement de la tête sur la glène ou une élévation de la glène sur la tête, l'ensemble de la musculature péri-articulaire profonde réalise un ensemble de forces centripètes de recentrage multidirectionnel qui affine le recentrage. Cela est particulièrement visible avec la longue portion du triceps qui s'enroule sur la tête humérale à partir d'environ 100° d'élévation. C'est aussi bien sûr le cas de la longue portion du biceps, qui cravate la tête humérale en se dirigeant vers le tubercule supra glénoïdien et le labrum.

La technique est réalisée avec l'humérus parallèle à la partie sous-cutanée de l'épine de la scapula puisque dans cette position, l'angle entre la glène et l'humérus est supérieur à 90°. Dans ce cas toute force de compression dans l'axe de l'humérus aura pour conséquence le glissement vers le bas et l'arrière de la tête humérale, qui va donc se recentrer jusqu'à se loger dans la dépression à concavité supérieure qui se situe juste sous le tubercule glénoïdien.

Egalement, le travail de la musculature dans cette situation, c'est-à-dire de la coiffe dans sa globalité permet de diminuer les forces de cisaillement intra-tendineuses du supra-épineux.

Au lieu de travailler en traction, on peut également travailler en poussée contre une résistance forte ou un point fixe. Or, il a été montré qu'en poussée l'intensité des contractions est plus forte. On va donc commencer en traction sur une épaule douloureuse avant de travailler en poussée.

Cette manœuvre répétée participe au recentrage gléno-huméral, à la rééducation proprioceptive et au début du renforcement musculaire.

Ce renforcement musculaire va être fait également en CCF. Thierry Stevenot a, pour ce faire créé un appareil de renforcement. Il permet le travail contre résistance en traction (abaisseurs, coiffe, longues portions) et en poussée (longues portions, coiffe+++, deltoïde) tout en réalisant un recentrage gléno-huméral, grâce à un réglage précis de la poignée résistante dans la position idéale déterminée par le kinésithérapeute selon les mêmes principes que ceux décrits plus haut.

#### ***d. Le renforcement du deltoïde [32 ; 33]***

Selon Olivier Gagey, lors de douleurs d'épaule il ne faut pas examiner que la coiffe des rotateurs (l'anatomie et le système ligamentaire sont important), et il faut également analyser le

deltoïde.

Des études ont montrée que de 0 à 60° d'élévation du membre supérieur, les ligaments ne sont pas mis en tension. L'épaule doit tout de même être stabilisée. Ces éléments de stabilisation sont : le labrum, le vide intra-articulaire et la voûte sous-acromiale qui est congruente avec l'extrémité supérieure de l'humérus.

Cette congruence va être renforcée par « deux coiffes », que sont la coiffe des rotateurs et le deltoïde. Comme vu précédemment, la coiffe des rotateurs a pour rôle de recentrer la tête humérale contre la glène. C'est une armature fibreuse qui a des propriétés visco-élastiques permettant de réaliser ce recentrage. La coiffe est également responsable de la rotation latérale active ce qui explique une perte d'élévation complète sur des épaule présentant une simple perte de rotation latérale sans autres lésions.

De même, comme vu précédemment, le deltoïde permet également le recentrage de cette tête humérale. Il a été montré que le deltoïde exerce une force orientée vers le bas. C'est le principe de la poulie, le deltoïde s'enroule autour de la tête humérale et exerce cette force par sa portion moyenne qui est multipennée. Il peut stabiliser la tête de l'humérus jusqu'à 60°. Ceci explique que beaucoup d'épaules fonctionnent bien ou sont bien tolérées malgré une rupture de coiffe, le deltoïde doit avoir un volume suffisant et prendre appui sur la tête de l'humérus afin de l'abaisser, le labrum doit également être intact.

Olivier Gagey fait l'hypothèse d'un protocole de renforcement du deltoïde sans tenir compte de la douleur. Cet hypothèse peut être un point de départ à une technique de rééducation nouvelle. Le repos n'étant pas une solution et la nécessité d'avoir un volume musculaire suffisant afin que celui-ci puisse prendre appui de 0 à 60° sur la tête, il faut renforcer ce muscle même si cela est douloureux.

Pour ce faire, on va proposer des exercices d'autorééducation au patient pendant quelques séances afin qu'ils continuent chez eux. Ces exercices peuvent être par exemple « des pompes sur une chaise », la « manœuvre de la poule » ou encore la « manœuvre de la nage ». Ils doivent être réalisés en dessous de 90°.

## **Partie II : partie évaluation**

Dans les facteurs dynamiques d'un syndrome sous-acromial, nous avons noté qu'un surmenage professionnel ou sportif peut entraîner un déséquilibre musculaire entre rotateurs médiaux et latéraux ce qui génère un conflit sous acromial. Dans un premier temps, nous allons

étudier l'influence d'un sport sur ce ratio RM/RL, puis dans un second temps nous allons tenter d'expliquer à l'aide de la littérature, du rôle que peut jouer ce ratio par rapport au décentrage supérieur de la tête humérale.

### **Influence d'un sport sur la balance des rotateurs**

Dans cette partie, nous avons tenté d'évaluer le ratio RM/RL chez des nageurs en comparaison à des sujets non sportifs. Cela présente plusieurs intérêt, tout d'abord d'évaluer l'influence d'un sport sur ce ratio, puis d'apprécier quels sont les modifications de ce ratio (augmentation, diminution, et rapport excentrique/concentrique).

Le ratio de la force reflète pour beaucoup la stabilité de l'épaule. Selon des auteurs, l'instabilité est due à une diminution de force des rotateurs médiaux alors que pour d'autres il est due à une diminution de force des rotateurs latéraux [34]. Il a été défini que ce ratio doit être compris entre 1.1 et 1.6 [35]. Il est supérieur à 1 car physiologiquement les rotateurs internes sont plus forts que les rotateurs externes.

#### **I. Le sport**

La natation est un sport non traumatique ce qui fait qu'elle est souvent préconisée lors d'activité physique. Cependant, les nageurs sont souvent confrontés à diverses atteintes du à la sur-utilisation du membre. Selon les auteurs, entre 40 et 80% des nageurs de compétition, ont présenté au moins une fois dans leur carrière, des douleurs d'épaule. [36] En effet, ceci c'est vérifié au club de natation de Cesson (club dans lequel l'étude a été réalisée) ou plus de la moitié des nageurs interrogés ont déjà eu des douleurs d'épaule antérieures et notamment des tendinopathies.

On peut soupçonner qu'un déséquilibre musculaire soit un des facteurs responsable de ces tendinopathies. En effet, en natation il existe 4 nages principales que sont le crawl la plus souvent pratiquée), la brasse, le dos crawlé et la nage papillon. Dans ces quatre nages, on retrouve deux phases, une de propulsion et une de retour à la position de propulsion. La phase de propulsion est faite contre la résistance de l'eau et dans les quatre nages cette phase se fait en rotation médiale. La phase de retour, qui est effectuée en rotation latérale demande beaucoup moins de force car elle ne se fait pas contre la résistance de l'eau.

Au final, pour des nageurs s'entraînant 15 à 20h par semaines, on devrait retrouver une prédominance de force des rotateurs médiaux par rapport aux rotateurs latéraux. C'est ce que nous allons tenter de vérifier au travers de ces mesures.

## **II. Matériel et méthode**

### **A. Outil de mesure**

L'outil de mesure utilisé est un dynamomètre à capteur électronique de pression, le microfet<sup>2</sup>. Cet appareil permet de nous donner la force de contraction en Newtons (N) ainsi que le temps de contraction. Aucune étude ne montre la fiabilité de cet appareil pour la mesure de la rotation médiale et de la rotation latérale. Cependant, une étude faite sur un autre type de dynamomètre à capteur de pression, montre que la validité de cet appareil pour ces mesure contre « gold standard » est très satisfaisante et que la reproductibilité intra-juge est excellente. [37]

### **B. Population**

Nous avons posés plusieurs questions pour sélectionner les sujets correspondant aux critères d'inclusion ou d'exclusion. On s'est renseignés sur l'âge, le poids, la taille, le sexe, la latéralité, les douleurs d'épaules, les pathologies actuelles d'épaules, le nombre d'année de pratique sportive, le nombre d'heure d'entraînement par semaine, ainsi que sur la pratique d'un sport antérieurement. Les sujets de l'étude sont répartis en deux groupes bien distincts, un groupe de non-nageurs et un groupe de nageurs (de niveau national).

Le groupe 1 de non nageurs est composé de 13 étudiants en première année de l'école de kinésithérapie de rennes (6 filles et 7 hommes). La moyenne d'âge est de  $22,54 \pm 1,56$  ans. Ils font figure de groupe témoin et leurs résultats seront comparés à ceux des sportifs.

Le groupe 2 comprend quand à lui 13 nageurs de niveau national (7 hommes et 6 filles). Les nageurs appartiennent au club de l'OC Cesson natation. La moyenne d'âge est de  $17,31 \pm 2,10$  ans et ils nagent tous depuis plus de 10 ans.

### **C. Critère d'inclusion et d'exclusion**

Pour les non nageurs, les critères d'inclusion sont le respect des critères d'exclusion et l'accord du sujet.

Les critères d'exclusions sont des douleurs d'épaule lors des 48 dernières heures, des pathologies actuelles de l'épaule, une pratique sportive actuelle impliquant une activité des membres supérieures plus d'une fois par semaine (volley, hockey, basket, handball, natation...) (bien que tout les sports incluent dans une certaine mesure cette activité).

Pour les nageurs, les critères d'inclusions sont le respect des critères d'exclusion et l'accord du sujet.

Les critères d'exclusions sont des douleurs d'épaule lors des 48 dernières heures, des pathologies actuelles de l'épaule.

### **III. Test**

Le protocole concerne la comparaison des ratios entre les non sportifs et les sportifs, puis la comparaison entre le bras dominant et le bras non dominant chez les sujets.

Chaque test consiste en la prise de 12 mesures. 3 valeurs pour les RI et 3 pour les RE, ceci pour chacune des épaules. Il s'agit d'une contraction isométrique à dominante concentrique maximale de 3 secondes. Cela permet une mesure de la force maximale et la répétition de la mesure sans que le muscle ne présente une fatigue trop rapide.

Entre les mesures d'une même fonction, le sujet a 5s de repos. Entre les mesures des RI et des RE, ainsi qu'entre le changement de bras on accordera 30s de repos au sujet.

Une contraction supplémentaire peut être réalisée si le sujet effectue des compensations jugées trop importante.

### **Installation**

Le sujet est installé en position assise, genoux et hanches à 90° de flexion. Les pieds sont posés au sol et le sujet regarde devant lui. Le membre supérieur du sujet à tester est placé coude au corps à 90° de flexion, épaule en position neutre et pronosupination en position neutre.

Le dynamomètre est fixé par le kiné sur un mur immobile, de manière à ce que le poignet du sujet puisse exercer la pression sur l'outil. Le dynamomètre étant placé entre le processus styloïde radial et le processus styloïde ulnaire de façon à ce qu'il n'y ait pas de compensations à la rotation par les fléchisseurs ou les extenseurs de poignet.

Lors des rotations médiales, les jambes du sujet sont placées de part et d'autre du mur, sans le toucher, afin de ne pas s'y appuyer et de s'y aider. Lors des rotations latérales, le sujet est placé latéralement au mur selon la latéralité à tester.

### **IV. Analyse et résultats**

Afin de pouvoir analyser les résultats, nous avons commencé par calculer le ratio de chaque épaule pour chaque sujet. Pour ce faire, nous avons pris la meilleure valeur des deux dernières mesures de chaque mouvement (RM bras droit, RL bras droit, RL bras gauche, RM bras gauche). La première mesure n'a pas été retenue car celle-ci est considérée comme une mesure d'essai ou le sujet se familiarise avec la position et l'instrument de mesure.

Une fois la mesure de chaque mouvement sélectionnée, nous avons calculé le ratio RM/RL des deux épaules.

A partir de là, les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel « R ». Les moyennes ont été utilisées ainsi que les écarts-types. Les données ont été comparées à l'aide du T-test. Le seuil de significativité a été fixé à  $p < 0,05$ .

#### **A. Comparaison entre le bras dominant et le bras non dominant**

Nous avons ensuite comparé dans les deux groupes s'il y avait une différence entre le bras dominant et le bras non dominant. Pour les nageurs, la valeur moyenne de leur ratio pour le bras dominant est de  $1,72 \pm 0,41$  et celle du bras non dominant est de  $1,60 \pm 0,25$ . Au T-test on obtient 0,369 ce qui montre que la différence n'est pas significative. Pour le groupe 2, la moyenne de leur ratio est de  $1,47 \pm 0,19$  pour le bras dominant et de  $1,41 \pm 0,2$  pour le bras non dominant. Là également on retrouve une différence non significative avec un T-test à 0,422.

#### **B. Comparaison entre les deux groupes**

La comparaison entre les deux groupes s'est faite entre les épaules dominantes et les épaules non dominantes.

Nous avons comparés à l'aide du T-Test les valeurs de ratios moyens entre les deux groupes du bras dominant et du bras non dominant. On retrouve une Pvalue de 0,068 pour la comparaison des bras dominant, ce qui n'est donc pas significatif. L'intervalle de confiance à 95% est  $[-0,02 ; 0,51]$ . Pour les bras non-dominant on retrouve une Pvalue de 0,047, ce qui est significatif. L'intervalle de confiance est de  $[0,00 ; 0,37]$ .

La moyenne du ratio des nageurs pour le bras dominant est supérieure à la limite du ratio physiologique. Elle ne l'est pas pour le bras non dominant.

(cf annexes pour l'histogramme et les boîtes à moustaches illustrant les résultats)

### **V. Discussion**

Cette étude ne montre pas de différences significatives entre les épaules d'un même sujet. Ceci semble logique puisque la nage est un sport bilatéral. De plus, la latéralité ne signifie pas que l'on est plus fort musculairement au niveau de l'épaule.

Puis, on note une augmentation du ratio RM/RL chez le nageur comparé à des sujets sédentaires. Cette augmentation est significative au niveau du bras non dominant mais ne l'est pas au niveau du bras dominant. Cela peut s'expliquer par les facteurs de biais présents dans cette étude. L'augmentation du ratio dans les deux cas semble également logique puisque la natation est un sport qui utilise en force principalement les rotateurs médiaux, et que ceux-ci sont sur-utilisés en comparaison au non sportif. Etant donné que les ratios pour certains sujets nageurs sont supérieurs



au ratio physiologique et que ce dernier reflète la stabilité d'épaule, il n'est pas étonnant de voir que beaucoup de nageurs sont soumis, à un moment ou à un autre, à des syndromes sous-acromiaux (la moitié des sujets testés ont déjà fait un syndrome sous-acromial auparavant).

Quoiqu'il en soit, cette étude présente des biais. Le premier biais est que l'échantillon sur lequel les tests ont été faits n'est pas assez conséquent. Il faudrait faire les tests sur un plus grand nombre de personnes pour obtenir une étude plus représentative. De plus la moyenne d'âge des deux groupes est relativement différente.

Le second biais que l'on peut noter est que lors de la mesure les sujets compensent. Bien que les consignes soient claires, toutes les compensations ne sont pas contrôlables. Celles-ci peuvent être une inclinaison ou une rotation de tronc, un décollement du coude du corps ou encore un appui prépondérant sur l'un des pieds au sol. Et par rapport à cela, les étudiants non sportifs, étant par ailleurs en école de kinésithérapie, connaissent mieux que les nageurs les compensations et se contrôlent plus.

Enfin, l'état de fatigue des sujets est variable de l'un à l'autre. Celui-ci dépend de la journée passée et des efforts effectués, de l'entraînement déjà effectué (les mesures n'ont pas pu être prises au début de l'entraînement et ont été prises au cours de celui-ci), ou encore de la fatigue des compétitions effectuées le week-end précédent les mesures pour les nageurs.

D'autres études se sont aussi penchées sur l'influence de la natation sur le ratio. Dans une première étude, il est retrouvé une différence significative entre les non nageurs et les nageurs. Les moyennes de ratio étant de 1,75 pour les nageurs et 1,51 pour les sédentaires. Cela va dans le sens de notre étude. Cette étude a été réalisée dans les mêmes conditions que la notre mais avec un dynamomètre à traction et les épaules droites et gauches étaient regroupées [38]. D'autres études ont été réalisées, sur les nageurs et sur d'autres sport, mais celles-ci ont été faites sur appareil d'isocinétisme. Cet appareil a montré son intérêt dans l'évaluation de la force des rotateurs d'épaule [39 ; 40]. Il n'est donc pas possible de comparer à part entière nos résultats avec ceux-ci mais on peut vérifier s'ils vont dans le même sens.

Une étude a été réalisée avec l'isocinétisme chez les nageurs en comparaison avec un groupe sédentaire [36]. Tout d'abord, on ne remarque pas de différence significative entre les deux épaules chez les sédentaires. Chez les nageurs il est retrouvé une différence significative entre le bras dominant et le bras non dominant à 60°/s de vitesse (61,2±10,2 N m pour le bras dominant et 52,8±9,8 N m pour le bras non dominant). Pour expliquer cette asymétrie, un argument a été avancé par rapport à la respiration en crawl. Le nageur doit faire des rotations de tête pour pouvoir respirer, et lorsque celles-ci sont faites du même côté cela peut engendrer une asymétrie. Mais, les nageurs

apprennent à respirer toutes les trois manœuvres, donc à alterner la rotation de tête. Ensuite, ils ont calculé que le ratio moyen chez les non nageurs était augmenté de manière significative (1,69 chez les nageurs et 1,33 pour les sédentaires). Ceci va également dans le sens de notre étude. Il est également noté dans cet article que 36% des nageurs ont montré des signes de conflits sans symptôme fonctionnel et 0% chez les sédentaires. Ceci montrerait aussi qu'un déséquilibre musculaire est un facteur favorisant les conflits et que certains sports ou certaines activités favoriseraient un conflit.

Mc Master, Rupp et Bak n'ont pas comparé leurs mesures, prises sur des nageurs sur isocinétisme, directement avec une population sédentaire, mais ont comparés avec le ratio physiologique (entre 1,1 et 1,6). [35]. Mc Master a réalisé son étude sur 14 hommes et 13 femmes. Le ratio est de 1,88 à 30°/s de vitesse et 2,22 180°/s pour les hommes et 1,58 à 30°/s et 180°/s pour les femmes. On remarque que pour les hommes le ratio est augmenté. Rupp a étudié 10 hommes et 12 femmes. Les ratios mesurés sont entre 1,31 et 1,46 à 60°/s et entre 1,26 et 1,31 à 180°/s. Enfin, Bak a mesuré la force en RM et RL chez 5 hommes et trois femmes. A 30°/s le ratio est de 1,51. Ces deux dernières études ne montrent pas d'augmentation du ratio par rapport au ratio physiologique.

En moyenne, on retrouve tout de même des ratios augmentés chez les nageurs comparé à une population sédentaire. Ces études et la notre se sont intéressées aux mesures en mode concentrique ou isométrique à dominante concentrique. Mais il est intéressant de mesurer les ratios mixtes (RM concentrique/RL excentrique) et fonctionnels (RM concentrique/RL excentrique). [41] Ces ratios sont plus représentatifs du geste sportif. Si le ratio mixte est modifié, cela peut s'avérer préjudiciable par rapport aux lésions tendineuses de l'épaule sportive. Le ratio fonctionnel prend en compte le potentiel de stabilité de l'épaule dans les positions luxantes. Ici c'est le ratio mixte qui nous intéresse. Dans des études prospectives consacrées au volleyball, seule l'augmentation du ratio mixte RM concentrique/RL excentrique apparaît liée au développement de douleurs de l'épaule de type conflit tendineux au cours de la saison suivante. [41] L'augmentation de la force concentrique en rotation médiale ne serait pas compensée proportionnellement par l'action frénatrice des rotateurs latéraux. On retrouve une modification de ce ratio dans plusieurs sports autres que la natation. Notamment dans l'escalade [42], où le ratio mixte moyen est de 0,95 chez les grimpeurs et de 0,78 chez le sédentaire. La différence est significative et la limite supérieure de ce ratio étant définie à 0,90 [41], ceci est un facteur favorisant à l'apparition de conflits. C'est également le cas pour des sport de lancé tel le tennis, le volley et le handball. Une étude a regroupé des sportifs de ces trois sports et a mesuré le ratio mixte qui est de 0,97 pour le bras dominant (donc le bras effectuant le geste sportif) et de 0,84 pour le bras non dominant [43]. En badminton on retrouve aussi une différence significative entre le bras dominant et le non dominant. Le ratio est de 0,91 pour le bras dominant et de 0,77 pour le bras non dominant [44]. D'autre part, on retrouve un ratio

modifié en hockey avec une augmentation du ratio RM concentrique/RL concentrique, l'étude n'ayant pas mesuré la force excentrique [34]. On retrouve dans beaucoup de ces études un développement de la force en rotation médiale due à la pratique sportive et on voit que la force des rotateurs latéraux ne se développe pas proportionnellement (que ce soit en concentrique ou en excentrique). Ceci va être un facteur prédisposant à la survenue d'accidents secondaires, notamment des conflits sous-acromiaux et donc d'instabilité de la tête humérale.

On peut se poser d'autres questions suite à cela. Notamment ce qu'engendrerait une fatigue des rotateurs latéraux.

Dans une première étude, il est dit en introduction que une dysfonction de la coiffe contribue à un syndrome sous-acromial et que des chercheurs ont trouvé qu'une fatigue de la coiffe des rotateurs inclut une migration supérieure de la tête humérale et donc une diminution de l'espace sous-acromial. Cette étude a voulu aller plus loin en utilisant une imagerie fluoroscopique (qui mesure le mouvement dynamique). [45] Cette étude faite sur des patients pathologiques montre une migration supérieure de la tête humérale par rapport à la glène chez des patients présentant un syndrome sous acromial après fatigue des rotateurs latéraux. Avant l'état de fatigue, on retrouve une élévation de 1.6 mm, celle-ci est supérieur de 0.4 mm comparée à une étude faite sur des patients non pathologiques [46] et est similaire à une autre étude faite sur des patients pathologiques. [47]. Cette élévation de la tête avant l'état de fatigue est notable essentiellement dans des amplitudes d'abduction de 45 à 90°. L'hypothèse de cette différence, émise par l'auteur, est que la position de l'humérus chez les patients avec conflit sous-acromial avant fatigue est légèrement supérieure que chez les personnes saines. Après fatigue de la coiffe, l'humérus est positionné plus haut dans la fosse glénoïdale lors de l'élévation qu'avant la fatigue. L'amplitude est différente selon l'angle d'abduction (+1 mm à 0°, +0.3 mm à 45°, +0.6 mm à 45°). L'étude montre une élévation notable à 0°, 45° et 90° d'élévation, comme dans l'étude de Teyhen et al. Les amplitudes d'élévation diffèrent selon les angles et les études, mais les auteurs s'accordent donc à dire qu'une fatigue de la coiffe des rotateurs augmente la migration humérale au cours du mouvement d'élévation. Ceci montre l'importance de la coiffe dans son rôle de stabilisateur dynamique de l'épaule. La migration de la gléno-humérale est donc influencée par une épaule pathologique et par le niveau de fatigue de la coiffe des rotateurs. Les différents auteurs proposent l'hypothèse suivante : « le renforcement musculaire en force et en endurance pourrait limiter la migration supérieure et prévenir les conflits sous-acromiaux ».

Deux autres études se sont également penchées sur les effets d'une fatigue de la coiffe des rotateurs chez 20 sujets sans pathologies d'épaule. Au final, dans les deux études, on retrouve une augmentation de la cinétique scapulo-thoracique après fatigue des rotateurs latéraux. On retrouve

une augmentation des amplitudes de rotation médiale, de rotation latérale de scapula après fatigue musculaire, une bascule postérieure de scapula qui évolue selon l'angle, pas de différence notable d'élévation de la clavicule et une diminution significative de l'amplitude de rotation latérale de l'humérus. L'augmentation de mobilité de la scapula est donc une compensation de la faiblesse des rotateurs latéraux. L'augmentation de la rotation médiale au début du mouvement d'abduction permettrait d'atteindre plus rapidement la « zéro position » et donc une position de stabilité. Cependant, ces troubles de la cinématique ont une répercussion sur la mécanique musculaire de l'épaule et sur la taille de l'espace sous-acromial. [48 ; 49]

Au delà des troubles de la cinématique de la tête humérale après protocole de fatigue, on peut noter que plus l'infra-épineux est fatigué, moins son activation est grande. Donc lors de déséquilibres musculaires avec déficit de force des rotateurs latéraux on peut soupçonner un déficit d'activation de ce muscle et donc un moins bon abaissement de la tête humérale. [50]

Enfin, il est intéressant également de voir l'évolution de ce ratio chez les personnes pathologiques. Codine et al. font une rétrospective sur la littérature et affirment que la variation du ratio RM/RL apparaît comme une constante lors du conflit sous acromial.

En effet, Warner a retrouvé chez dix sujets souffrant de tendinopathie de la coiffe une réduction de la force des rotateurs latéraux avec un ratio RM/RL tendant vers 2. L'étude a été réalisée à l'aide d'un dynamomètre isocinétique. Une autre étude, Forthomme a retrouvé le même déséquilibre chez 10 sujets atteints de syndrome sous-acromial. Par contre elle ne retrouve pas de différence de ratio entre le côté sain et le côté lésé. Enfin, une troisième étude faite sur 16 volleyeurs ayant développé au cours de la saison sportive un syndrome sous-acromial, a montré un déséquilibre du ratio avec une diminution de force des rotateurs latéraux.

Paradoxalement à ces trois études, deux autres études de Leroux et Bak montrent des résultats inversés chez des sujets souffrant de conflit avec une baisse du ratio RM/RL due à une baisse de force des rotateur médiaux. Dans l'étude de Bak, réalisée sur 15 nageurs de compétition dont 7 atteints de conflit, le ratio est de 1.2 coté lésé et de 1.28 coté sain chez les sujets présentant un conflit et de 1.51 chez les sujets témoins. Leroux, quant à lui, a étudié 45 sujets. Dans ces 45 sujets on retrouve 15 sains, 30 atteints de conflit dont 15 opérés d'une acromioplastie sous arthroscopie, et le ratio tend vers 1 du coté lésé et du coté sain chez les sujets atteints de tendinopathies.

On retrouve bien chez les sujets pathologiques, dans les différentes études, des modifications du ratio RM/RL. Ces modifications peuvent être différentes d'une étude à l'autre ainsi que les modalités de chaque étude. Il serait intéressant d'avoir des études homogènes sur le sujet afin d'apprécier si les résultats seraient plus similaires et iraient dans le même sens.

Suivant cela, on peut se demander si une modification de ce ratio est bien à l'origine ou est une conséquence du syndrome sous acromial. Codine, dans son article, a cité Ben Yishay, Forthomme ou encore Leroux, qui ont réalisés des études évaluant la force sur des sujets pathologiques avant et après diminution de la douleur. Il en est ressorti pour certains que la force augmentait au niveau de l'épaule de manière significative après diminution de la douleur et que cette diminution de force serait due à une inhibition douloureuse. Pour Forthomme, il n'y a pas modification de force après la diminution de la douleur. Des études restent donc encore à faire, pour mieux comprendre le rôle de ce ratio dans le syndrome sous acromial. Il apparaît tout de même que le déséquilibre musculaire serait à l'origine d'une instabilité, elle même source de conflit secondaire.

Cette étude répond aux objectifs initiaux.

En effet, les hypothèses initiales étaient :

- un déséquilibre de force des rotateurs d'épaule favorise un conflit sous acromial,
- un mauvais recentrage de la tête humérale en hauteur induit un conflit sous acromial,
- la pratique d'un sport augmente le ratio de force rotateurs médiaux/rotateurs latéraux.

Au travers de la première partie et de la discussion, on a vu qu'un tel déséquilibre était considéré par les auteurs comme étant un des facteurs possibles. Puis, on a vu que chez les sujets atteints de syndromes sous-acromiaux le ratio est modifié (bien que l'on ne sache pas encore si c'est une réellement une cause ou une conséquence). On peut donc soupçonner qu'un lien existe et qu'un déséquilibre établi, même s'il n'est pas la seule cause participe au conflit. Le syndrome sous acromial étant complexe, il résulte d'une association de facteurs. Au travers de la discussion, on a vu également que selon les auteurs, un déséquilibre du ratio entraîne une instabilité de l'épaule et un mauvais recentrage de la tête en hauteur, ce qui peut amener à un syndrome sous-acromial.

Enfin, dans notre étude nous avons montré que la pratique de la natation à haut niveau modifiait ce ratio, même si nos résultats ne sont pas significatifs sur les deux épaules. Les sports sollicitant l'épaule principalement en RM entraînent une augmentation du ratio et prédisposent à des conflits secondaires.

Suite à cela, on peut ouvrir sur la même hypothèse que beaucoup d'auteurs, qui est qu'un renforcement des rotateurs latéraux, en excentrique notamment, dans la natation, permettrait de prévenir les conflits sous-acromiaux.

## **VI. Conclusion**

Un syndrome sous-acromial est une affection complexe. Plusieurs étiologies sont possibles, mais il est plus probable que ce soit dû à une association de causes. Dans celles-ci on retrouve le fait qu'un surmenage professionnel ou sportif peut entraîner une modification du ratio et un syndrome sous-acromial. Ce surmenage peut soit entraîner un déséquilibre par gain musculaire non compensé par le gain de l'antagoniste, mais il peut également entraîner une fatigue des rotateurs latéraux. L'évaluation des nageurs par rapport à une population sédentaire va dans le sens d'une augmentation du ratio dû à une prépondérance en force des rotateurs médiaux, et que ces populations sont donc plus exposées au conflit antéro-supérieur.

## Bibliographie

- [1] ELIS P. *Les TMS*. Bordeaux : Préventique, 2006, p.72.
- [2] MIREUX D. Harmonisation des données de la protection sociale et prévention des troubles musculo-squelettiques en Europe. *Revue médicale de la maladie*, janvier-mars 2002, 33/1, p.67-78.
- [3] NOVE-JOSSERAND L., GODENECHÉ A., NOEL E., et al. *EMC appareil locomoteur: Pathologie de la coiffe des rotateurs*. Paris : Masson, 2008, p.1-17.
- [4] PENINOU G., VAILLANT J. Coiffe des rotateurs, les acteurs du conflit. *Kiné actualité*, 2002, 869.
- [5] MARC T., GAUDIN T., TEISSIER J. Bases biomécaniques de la rééducation des tendinopathies de la coiffe des rotateurs. *Kinésithérapie scientifique*, 2008, 489, p.5-9.
- [6] BLETON R. Tendinopathie de la coiffe des rotateurs : physiopathologie. *Kinésithérapie scientifique*, 2006, 470, p5-12.
- [7] KAMINA P. *Précis d'anatomie clinique*, tome 1. Paris : Maloine, 2005, p.215-228.
- [8] DUFOUR M., PILLU M. *Biomécanique fonctionnelle*. Paris : Masson, 2005, p.291-333.
- [9] FORTHOMME B. Rééducation raisonnée de l'épaule opérée et non opérée : précis pratique de rééducation. Paris : Frison Roche, 2009.
- [10] KAPANDJI A.I. *Physiologie articulaire*. Paris : Maloine, 2005, p.4-75
- [11] HAYE M. Kinésithérapie analytique (concept Sohier) de la rupture de coiffe non opérée : proposition thérapeutique. *Kinésithérapie scientifique*, 2006, 470, p.25-26.
- [12] VIEL E., OGISHIMA H. Rééducation neuro-musculaire à partir de la proprioception : bases kinésiologiques. Paris : Masson, 1977, p.81-115.

- [13] DAUZAC C. Tendinopathie de la coiffe des rotateurs : kinésithérapie. *Kinésithérapie Scientifique*. 2006, 470, p.13-17.
- [14] BILLUART F., MITTON D., SKALLI W., GAGEY O. biomécanique du muscle deltoïde. *Kinésithérapie scientifique*, 2003,437, p.14-20
- [15] MICHENER L.A., McCLURE P.W., KARDUNA A.R. anatomical and biomechanical mechanisms of a subacromial impingement syndrome. *Clinical biomechanics*, 2003, 18, p.369-379.
- [16] NOEL E. *Ceinture scapulaire et pathologies professionnelles : aspects physiopathologiques des tendinopathies non calcifiantes de la coiffe des rotateurs en 2003*. Paris : Masson, 2003, p.18-26.
- [17] XHARDEZ Y. et collaborateurs. Vade-mecum de kinésithérapie et de rééducation fonctionnelle. Paris : Maloine, 2008, p.682-703.
- [18] HAS. Service des bonnes pratiques professionnelles. Recommandations professionnelles : prise en charge chirurgicale des tendinopathies rompues de la coiffe des rotateurs de l'épaule chez l'adulte. [En ligne], mars 2008 ; <http://www.has-sante.fr> ; (page consultée le 28 octobre 2010)
- [19] HAS. Service des bonnes pratiques professionnelles.. Recommandations pour la pratique clinique : Modalité de prise en charge d'une épaule douloureuse chronique non instable chez l'adulte. [En ligne], avril 2005 ; <http://www.has-sante.fr> ; (page consultée le 28 octobre 2010)
- [20] GOUILLY P. Les recommandations de l'HAS dans les tendinopathies de la coiffe des rotateurs. *Kinésithérapie scientifique*, 2006, 470, p.27-28.
- [21] ANAES. Service des recommandations et références professionnelles. Pathologies non opérées de la coiffe des rotateurs et masso-kinésithérapie. [En ligne], avril 2001; <http://www.anaes.fr>; (page consultée le 22 novembre 2009 ).
- [22] MARC T. Rééducation des tendinopathies de la coiffe des rotateurs par la méthode C.G.E. *Kinésithérapie scientifique*, 2006, 470, p.19-21.



- [23] MARC T. coiffe des rotateurs : de la rééducation des abaisseurs au concept global de l'épaule (C.G.E). *Kinésithérapie scientifique*, 2008, 492, p.61-63.
- [24] LEMPEREUR J.-J., CAILLAT-MIOUSSE J.-L., NOEL R. Evaluation statistique d'un protocole de traitement kinésithérapique du syndrome sous-acromial. *Kinésithérapie scientifique*, 2008, 489, p.39-46.
- [25] ALVADO A., CODINE P., HERISSON C. *Membre supérieur et pathologie professionnelle : Thérapie rééducative des affections tendineuses du membre supérieur*. Paris : Masson, 2001, p.128-138.
- [26] LEROUX J.-L. Traitement médical de l'épaule dégénérative. *Kinésithérapie scientifique*, 2008, 489, p.18-22.
- [27] LEROUX J.-L. AZEMA M.-J, BONNEL F, BLOTMAN F. *l'épaule douloureuse et dégénérative : principes thérapeutiques et technologie de rééducation*. Paris : Springer-verlag, 1990.
- [28] BARBIER C., CAILLAT-MIOUSSE J.-L. Etude radiologique préliminaire de l'influence de « l'abaissement actif » de la tête humérale, sur la variation de l'espace sous-acromial. *Les annales de kinésithérapie*, 2000, 27/1, p.12-20.
- [29] AFONSO C., VAILLANT J., SANTORO R. Apprentissage du recentrage actif de la tête humérale : étude radiologique de la hauteur de l'espace sous-acromial. *Les annales de kinésithérapie*, 2000, 27/1, p.21-27.
- [30] CODINE P., HERISSON C. *Ceinture scapulaire et pathologies professionnelles : Mise au point sur la rééducation du conflit sous acromial non opéré*. Paris : Masson, 2003, p.117-122.
- [31] STEVENOT T. Recentrage gléno huméral actif : intérêt d'une manœuvre guidée en chaine cinétique fermée. Congrès JFK, 2011, Marseille.
- [32] GAGEY O. La double coiffe de l'épaule. Congrès JFK, 2011, Marseille.

- [33] BILLUART F., GAGEY O., DEVUN L., et al. Analyse morphologique et biomécanique du muscle deltoïde. *Kinésithérapie, la revue*, 2009, 85-86, p.90-91.
- [34] CHEVALIER R., VAILLANT J., VICARD L. Epaule et hockey : évaluation isocinétique des rotateurs de l'épaule chez le hockeyeur. *Kinésithérapie scientifique*, 2008, 489, p.31-37.
- [35] POCHOLLE M., CODINE Ph. Evaluation de la balance musculaire de l'épaule. *Kinésithérapie scientifique*, janvier 2000, 396, p.6-11.
- [36] OLIVIER N., QUINTIN G., ROGEZ J. Le complexe articulaire de l'épaule du nageur de haut niveau. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 2008, 51, p.342-347.
- [37] CAVAREC F. Evaluation de la force musculaire : fiabilité de trois appareils portatifs. *Kinésithérapie scientifique*, septembre 2010, 513, p.5-11.
- [38] GOBAT L., FAWER M-J., ARNAUD L., et al. Le déséquilibre de la balance musculaire de l'épaule mesuré par isométrie chez des nageurs élites. *Mains libres*, 2006, 2, p.45-54.
- [39] CODINE P., BERNARD P.-L., POCHOLLE M., et al. Evaluation et rééducation des muscles de l'épaule en isocinétisme : méthodologie, résultats et applications. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 2005, 48, p.80-92.
- [40] POCHOLLE M., CODINE P. Apport de l'isocinétisme dans le bilan et le traitement du conflit sous acromial. *Les annales de kinésithérapie*, 1994, 21/3, p.151-156.
- [41] FORTHOMME B., CRIELAARD J.-M., CROISIER J.-L. *exercice musculaire excentrique. Concept d'équilibre agonistes/antagonistes de l'épaule : analyse critique*. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2009, p.61-68.
- [42] WONG E, GABRIEL Y. Strength profiles of shoulder rotators in healthy sport climbers and non climbers. *Journal of athletic training*, 2009, 44/5, p.527-530.
- [43] YILDIZ Y., AYDIN T., SEKIR U., et al. Shoulder terminal range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratio in overhead athletes. *Scandinavian journal of medicine and science in sport*,

2006, 16, p.174-180.

[44] GABRIEL Y., PATRICK C. A study of antagonist/agonist isokinetics work ratios of shoulders rotators in men who play badminton. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, aout 2002, 32/8, p.399-404.

[45] ROYER P.J., KANE E.J., PARKS K.E., et al. Fluoroscopic assessment of rotator cuff fatigue on glenohumeral arthrokinematics in shoulder impingement syndrome. *Journal of shoulder and elbow surgery*, novembre-decembre 2009, 18/6, p.968-975.

[46] CHEN S.-K., SIMONIAN P., WICKIEWICZ T., et al. Radiographic evaluation of glenohumeral kinematics: A muscle fatigue model. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 1999, 8/1, p.49-52.

[47] TEYHEN D., MILLER J., MIDDAG T., et al. Rotator cuff fatigue and glenohumeral kinematics in participants without shoulder dysfunction. *Journal of athletic training*, 2008, 43/4, 352-358.

[48] EBAUGH D.D., McCLURE P.W., KARDUNA A.R. Scapulothoracic and Glenohumeral kinematics following an external rotation fatigue protocol. *Journal of othopaedic and sports physical therapy*, aout 2006, 36/8, p.557-571.

[49] EBAUGH D.D., McCLURE P.W., KARDUNA A.R. Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. *Journal of electromyography and kinesiology*, 2006, 16, p.224-235.

[50] STACKHOUSE S.K., STAPLETON M.R., WAGNER D.A., et al. Voluntary activation of the infraspinatus muscle in nonfatigued and fatigued states. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 2010, 19, p.224-229.

## **Annexes**

**Annexe 1** : image de l'épaule vue de profil

**Annexe 2** : classification des conflits sous acromiaux selon Neer

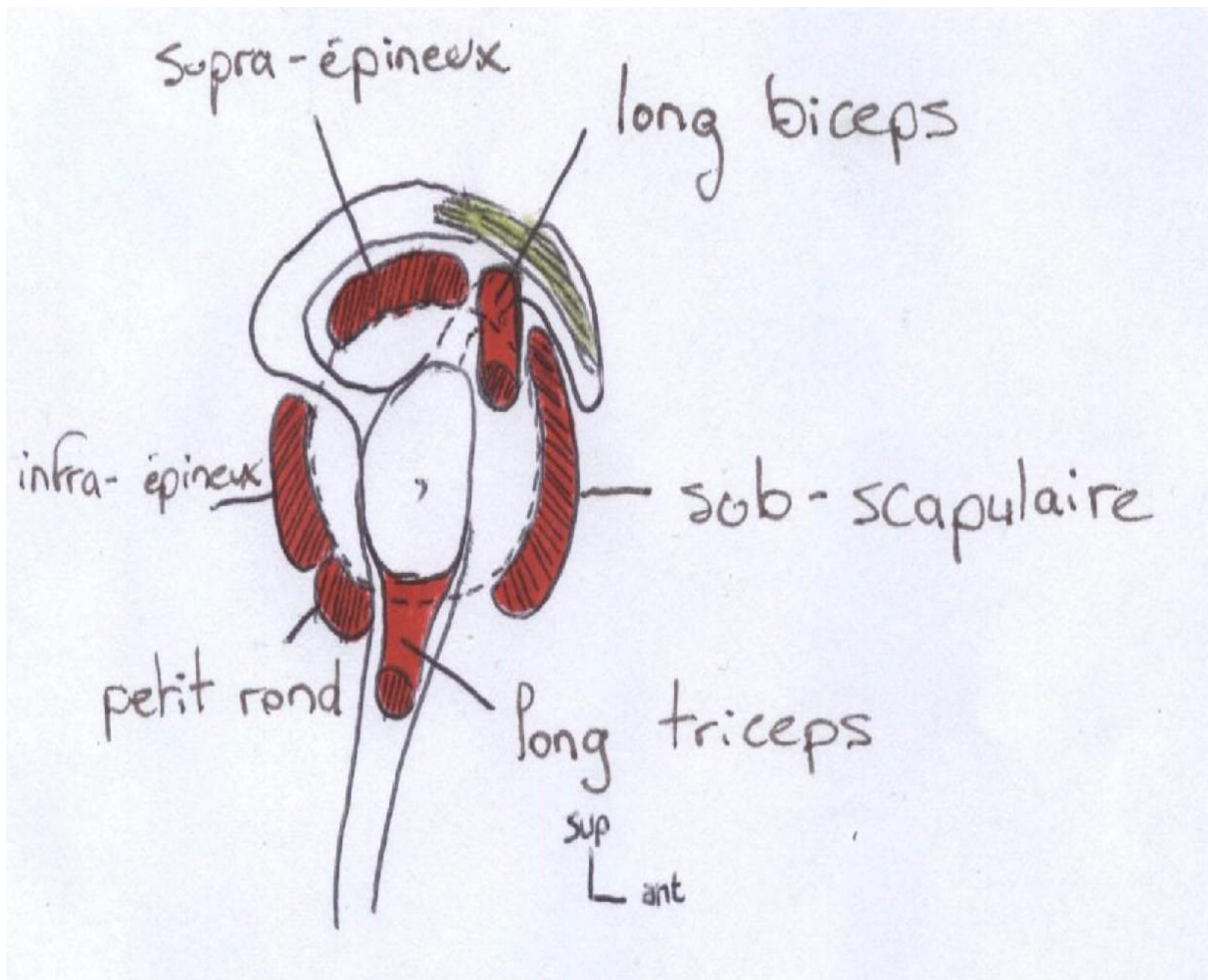
**Annexe 3** : les tests tendineux

**Annexe 4** : histogramme du ratio moyen des deux groupes

**Annexe 5** : boîte à moustache illustrant la différence du ratio moyen entre les deux groupes pour le bras dominant

**Annexe 6** : boîte à moustache illustrant la différence du ratio moyen entre les deux groupes pour le bras non dominant

# Annexe 1



Vue de l'épaule de profil [8]

## Annexe 2 [9]

### Stade 1 (moins de 25 ans) :

- Correspond à une inflammation et à un œdème des bourses séreuses (bursite) et des tendons des muscles de la coiffe (tendinite aiguë),
- Apparaît suite aux traumatismes professionnels ou sportifs répétés,
- Equivaut à une douleur après l'effort cédant après quelques heures de repos,
- N'altère pas les structures tendineuses,
- Est régressif,
- Abouti à une guérison rapide et complète, après traitement conservateur adéquat.

### Stade 2 (25-40 ans) :

- Associé à une fibrose de la bourse séreuse et à la formation de micro-ruptures au sein du tendon (tendinite chronique),
- Equivaut à une douleur pendant l'effort entraînant l'arrêt de l'activité mais cédant au repos,
- N'est plus totalement régressif.

### Stade 3 (plus de 40 ans) :

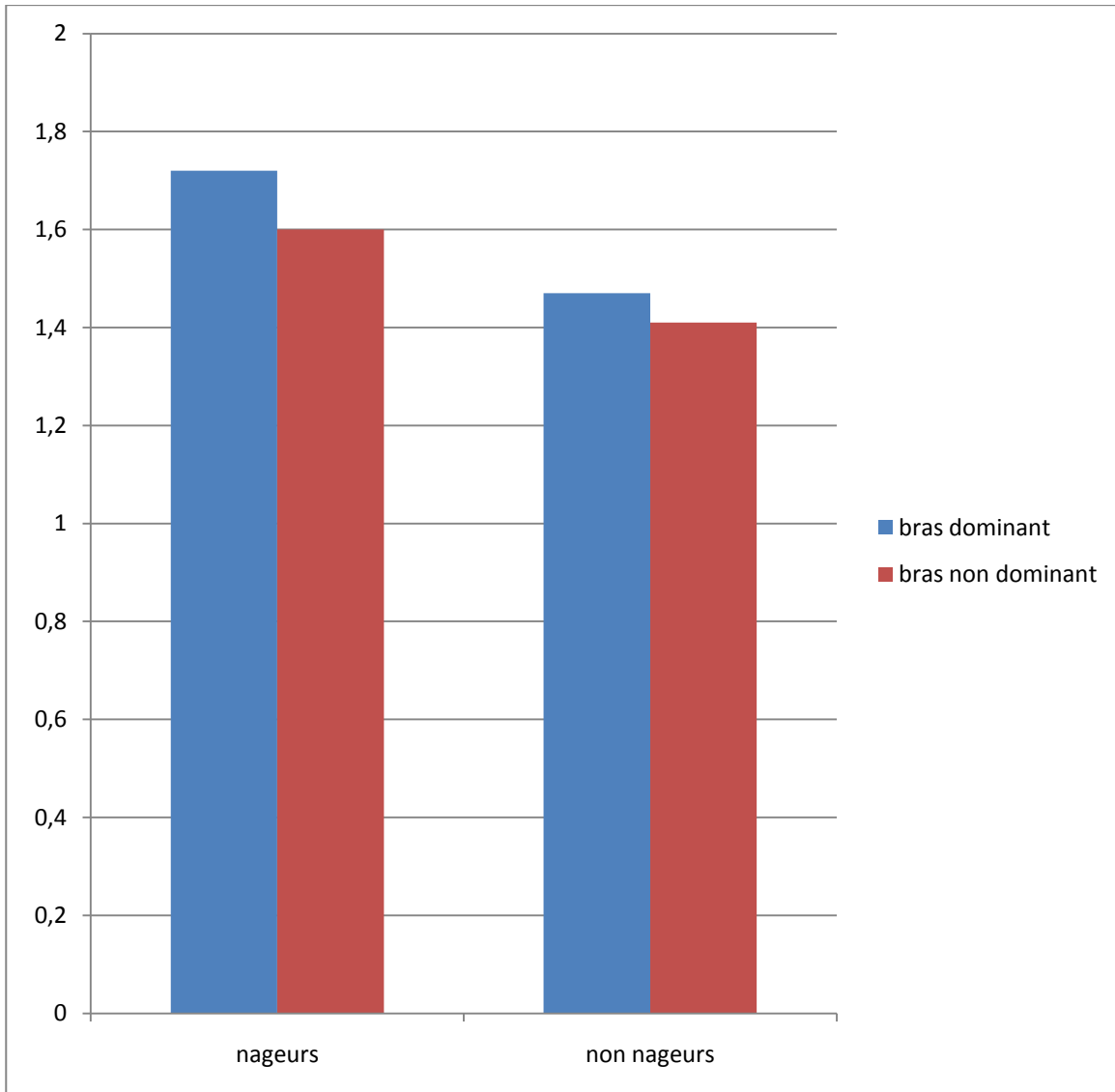
- Démontre une rupture partielle ou totale de la coiffe,
- S'associe à des modifications osseuses (tubercule majeur et acromion) et à des lésions du long biceps,
- Génère une douleur permanente, à prédominance nocturne et exacerbée à l'effort,
- Irréversible et nécessite régulièrement un geste chirurgical (acromioplastie, réparation de la coiffe).

## Annexe 3 [9]

Les tests d'atteintes tendineuses sont :

- le test de Jobe : il explore le supra-épineux. Le bras est en abduction à 90° et en flexion à 30°, la main en hyperpronation (pouce dirigé vers le bas), la résistance s'applique au niveau de l'avant bras lors de l'élévation.
- Le test de patte : il explore l'infra-épineux. Le bras est en abduction à 90° et le coude est fléchi à 90°, la résistance s'exerce au poignet, contre la rotation externe.
- Le lift off test (ou test de Gerber) : il explore le subscapulaire. La main est située dans le dos, le patient doit éloigner l'avant bras du dos, malgré la résistance opposée.
- Le palm up test (ou test de Gillcreest) : il explore le chef long du biceps. L'examineur s'oppose à la flexion du bras à 90°, coude en extension et avant bras en supination.

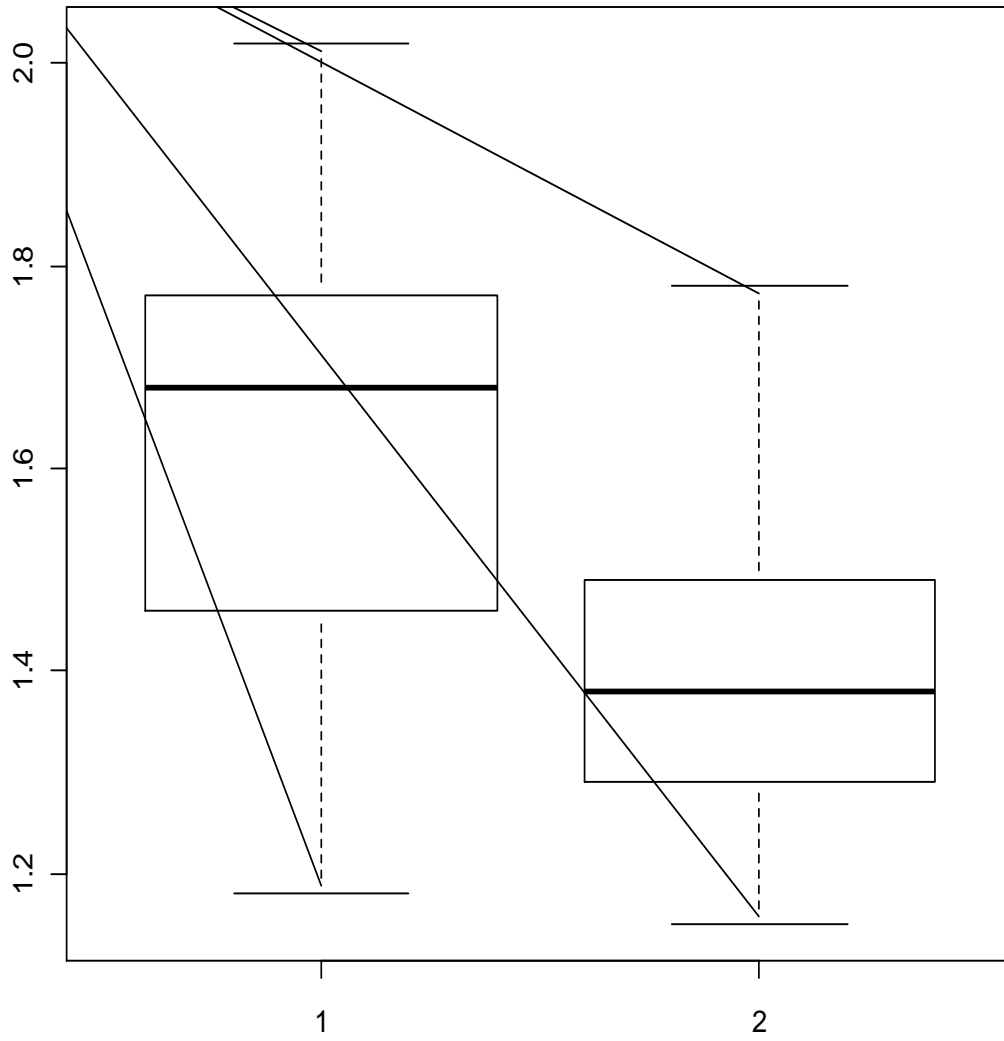
## Annexe 4



Ratios moyens des deux groupes

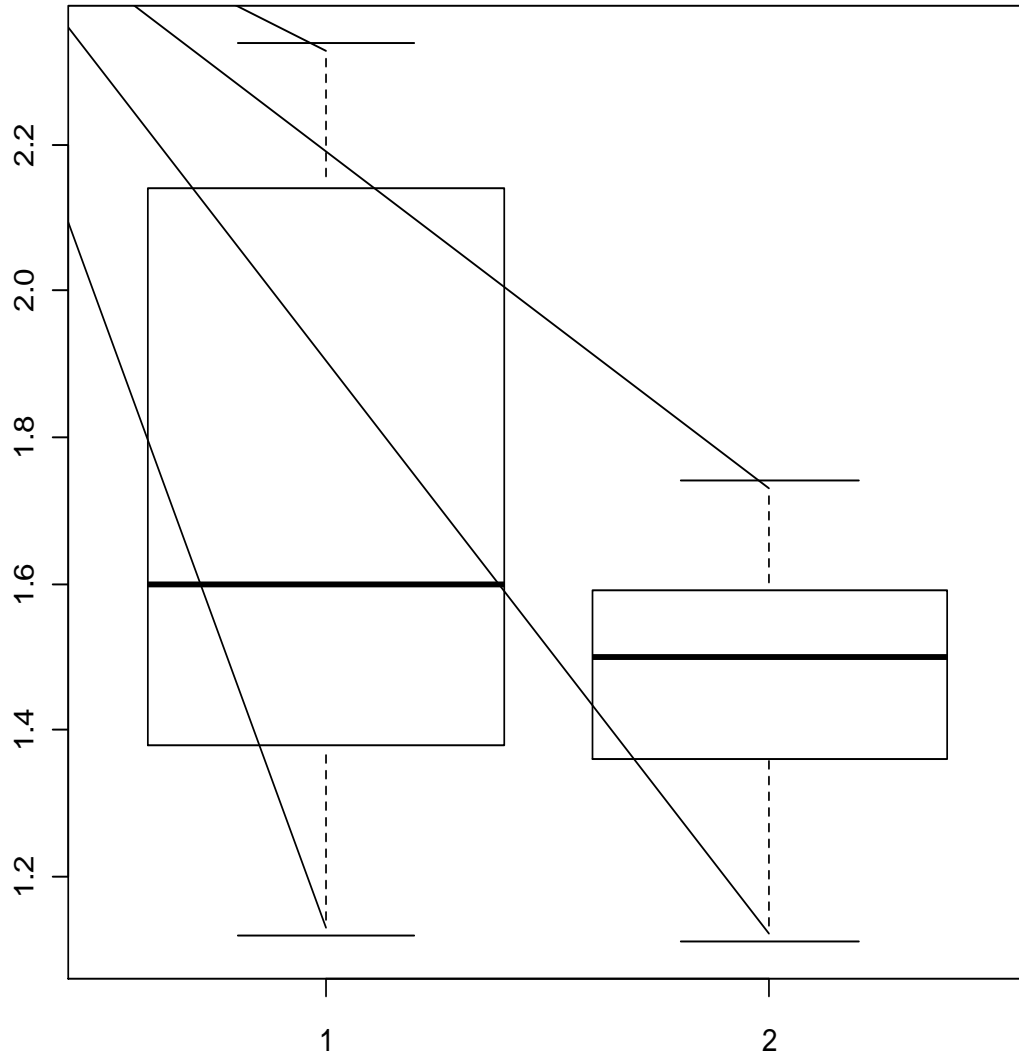


## Annexe 5



Différence du ratio moyen RM/RL entre le groupe 1 et le groupe 2 pour le bras dominant

## Annexe 6



Différence du ratio moyen RM/RL entre le groupe 1 et le groupe 2 pour le bras non dominant