

## Master 2<sup>nd</sup>e année mention STAPS : EOPS

ENTRAÎNEMENT ET OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE SPORTIVE

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2022-2023

### MEMOIRE

**TITRE** : TRAVAIL DE MOBILITÉ EN ROTATION INTERNE ET EXTERNE DES  
ÉPAULES AVEC LA MÉTHODE LIFTOFF CHEZ DES RUGBYMANS U16 ET U19.

**PRÉSENTÉ PAR** : ALEXANDRE LAPLACE

**SOUS LA DIRECTION DE** : MR YOHAN ROUSSEL

**SOUTENU LE** 16/05/2023

**DEVANT LE JURY** : M. GARCIN

STAPS : EOPS (Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive)



« La Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

## Master 2<sup>nd</sup>e année mention STAPS : EOPS

ENTRAÎNEMENT ET OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE SPORTIVE

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2022-2023

### MEMOIRE

**TITRE** : TRAVAIL DE MOBILITÉ EN ROTATION INTERNE ET EXTERNE DES  
ÉPAULES LA MÉTHODE LIFTOFF CHEZ DES RUGBYMANS U16 ET U19.

**PRÉSENTÉ PAR** : ALEXANDRE LAPLACE

**SOUS LA DIRECTION DE** : MR YOHAN ROUSSEL

**SOUTENU LE** 16/05/2023

**DEVANT LE JURY** : M. GARCIN

STAPS : EOPS (Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive)

# Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à la participation de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je tiens à remercier l'ensemble des enseignants et salariés de la faculté des sciences du sport et de l'éducation physique de l'université de Lille, pour m'avoir donné l'opportunité de vivre cette expérience professionnelle, mais aussi de participer au bon déroulement de mon cursus universitaire.

Je voudrais remercier spécialement mon directeur de ce mémoire, **M. Yohan Roussel**, pour son investissement, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion sur ce projet.

Un grand merci à **M. Étienne Delforge** qui est le préparateur physique au Lille rugby - IRIS 1924 et en première année de Doctorat, pour son encadrement en tant que tuteur de stage avec son expertise et son investissement. Il a grandement contribué à ma formation professionnelle.

Je souhaite témoigner de toute ma gratitude envers toute l'équipe cadets et juniors du Lille rugby - IRIS 1924 pour leur intégration, leur sympathie et leur travail qui était sérieux lorsque j'intervenais auprès d'eux.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers ma compagne, mère et grand-mère qui m'ont apporté solution, aide et soutien moral tout au long de ma démarche.

# Glossaire

ARE : amplitude en rotation interne

ARI : amplitude en rotation externe

CDG : Centre De Gravité

DMO : Densité Minéral Osseuse

ES : Effect Size

FRE : force en rotation externe

FRI : force en rotation interne

LCA : Ligament Croisé Antérieur

LRC : Lille Rugby Club

MEC : Matrice Extracellulaire

MFB : Myofibroblaste

OTG : Organe Tendineux de Golgi

ROM : Range Of Motion

SNC : Système Nerveux Central

# Sommaire

<b>Glossaire.....</b>	<b>5</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>I - Revue de littérature.....</b>	<b>1</b>
1 - Le rugby.....	1
1.1 - Qu'est ce que le rugby ?.....	1
1.2 - La richesse d'une équipe de rugby.....	2
1.3 - La préparation physique existe-elle encore dans le rugby ?.....	3
2 - La mobilité.....	3
2.1 - Définitions.....	3
2.2 - L'équation de la mobilité.....	5
2.2.1 - Le contrôle moteur.....	6
2.2.2 - La souplesse.....	6
2.2.3 - La force.....	7
2.4 - L'anatomie pour le mouvement.....	7
2.5 - L'immobilisation des tissus.....	9
2.6 - Le concept de bio-tenségrité.....	13
2.7 - L'entraînement de la mobilité.....	14
3 - Les efforts concentriques.....	14
4 - L'épaule.....	15
4.1 - Qu'est ce qu'une épaule ?.....	15
4.2 - La dualité entre mobilité et stabilité.....	16
<b>II - La mobilité de l'épaule au service de la performance au rugby.....</b>	<b>17</b>
<b>III - Problématique, objectif, hypothèses.....</b>	<b>18</b>
3.1 - Problématique.....	18
3.2 - Objectif.....	19
3.3 - Hypothèses.....	19
<b>IV - Lille Rugby Club.....</b>	<b>19</b>
4.1 - La structure.....	19
4.2 - Les participants de l'étude.....	19
4.3 - Matériel, méthodes et protocoles expérimentaux.....	19
4.4 - Traitements statistiques.....	21
<b>IV - Résultats.....</b>	<b>22</b>
<b>V - Discussion.....</b>	<b>24</b>
5.1 - Interprétation des résultats.....	24
5.2 - Application terrain.....	25
5.3 - Limites.....	27
<b>VI - Conclusion.....</b>	<b>30</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>31</b>

<b>Annexes.....</b>	<b>41</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>54</b>
<b>Compétences.....</b>	<b>56</b>

# Introduction

Pour mobiliser efficacement un joueur, nous voulons augmenter son amplitude de mouvement autour d'une articulation. La mobilité est considérée comme faisant partie du socle de base de la performance (Cook & al., 2017), donc incontournable dans son apprentissage, entraînement et développement. Cette qualité physique joue un rôle dans la mobilité cellulaire (Xiao & al., 2020, Karamanou & al., 2018, Peduto & al., 2012). Le travail de mobilité contribuera à réduire les facteurs limitant les amplitudes de mouvements, ce qui pourrait mener sans développement de la mobilité à des séquences de mouvements sportifs défectueux et inefficaces.

La mobilité n'est pas une anatomie descriptive et isolée du mouvement (Boroni, & Myers., 2020), mais une anatomie connectée pour le mouvement (Schultz & Feitis., 2013). La réflexion et l'entraînement sont souvent tournés vers le tissu musculaire, depuis longtemps il est démontré que tous les tissus s'adaptent, dans une moindre mesure (French., 2020 ; Myrick & al., 2019). La mobilité est en majeure partie, un entraînement du tissu conjonctif.

Dans le cadre du rugby, les athlètes adoptent une position se rapprochant fortement du squat lors de la position en mêlée. L'articulation de la hanche doit être elle aussi mobile, pour notamment courir et sauter. L'articulation de l'épaule intervient, dans toutes les phases de jeu nécessitant l'utilisation des membres supérieurs (passport world rugby). Pour sauter en touche ou pour réaliser un plaquage, l'articulation de l'épaule doit à la fois être mobile et stable. Si une articulation ne peut pas exploiter toute sa mobilité et stabilité afin de réaliser un mouvement ou des séquences de mouvements, l'efficacité motrice ne sera pas aussi performante qu'elle ne devrait l'être.

La littérature scientifique actuelle est principalement orientée vers des gains aigus d'amplitude (Behara & Brandon., 2017; Cheatham & al., 2015; Guillot & al., 2019), peu d'études s'intéressent à des gains chroniques (modification structurel) et encore moins à un transfert dans un mouvement ou qualité physique (Guillot et al., 2019). Sur la base des dernières avancées scientifiques, serait-il possible d'obtenir des gains de mobilité à partir d'efforts exclusivement concentrique au niveau de l'épaule chez des rugbymans. Si la réponse est positive, une seconde question s'impose, jusqu'à quand ?

## **I - Revue de littérature**

### **1 - Le rugby**

#### **1.1 - Qu'est ce que le rugby ?**

Le rugby peut se définir comme : *“jeu d'affrontement direct et de fusion, où il convient de donner et de partager dans le rude, soit un grand rendez-vous humain”* Herrero (2007). Il y a deux types d'enseignements au rugby, une dominante qui met l'aspect collectif de combat en avant et la seconde qui privilégie les évitements. Le rugby possède cette fusion de ces logiques, soit d'affronter l'adversaire et d'écarter le jeu au large.

La majorité de l'analyse de l'activité fut rédigée à partir de l'ouvrage de Lemoine & Bureau (2019). Le rugby est une activité avec la manipulation d'un ballon ovale. Le contact peut s'effectuer avec n'importe quelle partie du corps. Le jeu au pied se manifeste principalement pour marquer, en passant la balle au-dessus de la barre transversale de l'en-but (transformation d'essai) ou un dégagement. Cette partie se concentre sur le rugby à 15 joueurs (23 joueurs en comptant la liste des remplaçants). Les joueurs portent une tenue réglementaire qui comporte un maillot, un short et un sous-short, des chaussettes et des chaussures. Une rencontre a une durée de deux fois 35 minutes avec une mi-temps de 10 min fixée pour les U16 et U19. Pour marquer un essai qui vaut 5 points, il faut être muni du ballon et passer la ligne de défense adverse afin d'aplatir le ballon sur la ligne ou derrière la ligne de but. La transformation de l'essai vaut deux points, cela consiste à taper dans le ballon avec le pied dans l'en-but. L'essai de pénalité est attribué à l'équipe adverse, s'ils commettent un jeu déloyal alors qu'un essai aurait dû être marqué, l'équipe subissant cette faute obtient sept points sans transformation. Après une faute, le joueur peut tenter une pénalité en tirant dans l'en-but pour 3 points. Le Drop, permet au joueur de laisser tomber le ballon et de le frapper au pied, pour le passer dans l'en-but afin d'obtenir 3 points.

Lorsqu'un coéquipier est devant le porteur du ballon, cela signifie qu'il y a hors-jeu. Si le ballon touche le sol et part vers l'avant, ou si le ballon est repris par l'adversaire, le jeu continue. Il y a un “en avant” si une partie corporelle est touchée par le joueur qui est hors-jeu (de l'épaule jusqu'au bout des doigts). Cette règle fait l'une des plus grandes caractéristiques de cette discipline sportive, car les passes entre coéquipiers s'effectuent uniquement vers l'arrière. Dubois (2017) (cf annexe 1 et 2), définit et classe les différents types d'efforts spécifiques au rugby, dont les auteurs d'origine sont Virr & al. (2014).

Au fil des années, le règlement du rugby a fortement évolué. Les changements opérés ont modifié la manière de jouer. Aylwin (2019), montre durant une rencontre, que la moyenne de plaquage était de 104 dans les années 70 et 80, elle a plus que triplé en 2019. Cette augmentation est valable aussi pour les rucks, qui sont passés d'une quarantaine à plus de 210 en 2019. C'est un rugby avec des chocs de plus en plus durs et nombreux. Krantz (2019), montre qu'entre 1990 à 2019, le temps de jeu effectif a quasiment doublé. Pour passer de 20 à 40 minutes sur un match qui dure 80 minutes.

## **1.2 - La richesse d'une équipe de rugby**

La composition d'une équipe de rugby à XV (cf annexe 3), comporte 8 joueurs que l'on nomme les avants. Ces joueurs portent le numéro 1 à 8, distingués par des caractéristiques spécifiques (morphologie) et par leurs rôles dans des phases de jeu, pour effectuer les mêlées fermées. Ce sont généralement les plus gros gabarits.

Les piliers sont le numéro 1 (pilier gauche) et le numéro 3 (pilier droit). Dans la mêlée, le pilier droit engage ses deux épaules et se retrouve de ce fait, confronté à deux adversaires (le talonneur et pilier gauche) alors que le pilier gauche n'engage que l'épaule droite. Ensuite, au centre des deux piliers, il y a le talonneur en mêlée. Le talonneur a pour mission de talonner le ballon pour le faire sortir dans son camp. C'est lui qui effectue le lancé en touche, dans la majorité du temps. Les deuxièmes lignes de la mêlée sont les numéros 4 et 5. Durant longtemps, ces joueurs étaient les plus grands de l'équipe. La 3e ligne avec le numéro 6 (troisième ligne du côté fermé) et le numéro 7 (troisième ligne du côté ouvert), qui sont présents en mêlée, touche et dans le jeu offensif. Avec le temps, leurs fonctions sont devenues plus homogènes. Le troisième ligne au centre est le numéro 8, c'est un joueur décisif en défense, et c'est souvent lui le premier plaqueur en défense. Il doit être habile avec le ballon, c'est un leader dans le jeu, il assure aussi une partie de la cohésion de l'équipe.

Derrière les avants, se trouve la charnière avec deux joueurs, un demi de mêlée (numéro 9) et un demi d'ouverture (numéro 10). Le numéro 9 dirige au plus près la mêlée, faisant la liaison entre les avants et les trois-quarts (arrière). Le rôle du numéro 10 est d'orienter à la main ou au pied la ligne des trois-quarts. Les centres portent le numéro 12 et 13. Ils occupent le même poste, pour pouvoir être capable sur la défense d'avoir une force de plaquage et sur l'attaque (en ayant de bons appuis) pour traverser la défense adverse. Ils assurent la communication avec l'ensemble des trois-quarts. Les ailiers sont le numéro 11 à

gauche et le numéro 14 à droite. Ils écartent le jeu et évitent les adversaires en bout de ligne pour conclure les actions. L'arrière portant le numéro 15, est un excellent défenseur qui sait contrôler la largeur du terrain, doté d'une bonne technique de plaquage. Son jeu au pied est une force pour gagner du terrain, trouver des touches ou encore provoquer des duels.

### **1.3 - La préparation physique existe-elle encore dans le rugby ?**

La préparation physique n'a plus la même définition et fonction que dans ses débuts (années 1990). Franck en 2016, définit la préparation physique comme *“la composante de l'entraînement qui permet de développer les qualités physiques du sportif pour les mettre au service de la discipline pratiquée. Elle englobe les domaines de l'optimisation de la performance mais aussi de la récupération et de prévention des blessures.”*(cf annexe 4 et 5).

Dans cette époque moderne remplie de technologies connectées, la préparation de l'athlète n'y a pas échappé. Quel staff sportif ne possède pas une application ou logiciel de tracking des datas ? De la création de tableur Excel, l'utilisation d'un logiciel d'analyse vidéo au recueil de données GPS du match, ces missions sont généralement confiées au préparateur physique. Le champ d'expertise de ce poste, ne se limite plus désormais au “conditionnement physique” (Roquefere., 2017). Sans rappeler les différents pôles de contribution de la performance sportive, comme la préparation mentale et nutritionnelle qui peuvent être exploitées par le préparateur physique en intégré (terrain ou musculation) ou en dissocié (hors du cadre du club). Tout en restant dans son cadre d'expertise et législatif, il veille à l'intégrité physique de l'humain avec la réathlétisation et mitiger le risque de blessure se rapprochant de la kinésithérapie. Roquefere (2017), explique que le métier de préparateur physique est devenu obsolète, qu'aujourd'hui la terminologie “d'optimisateur de performance” serait plus appropriée (cf annexe 6).

## **2 - La mobilité**

### **2.1 - Définitions**

La notion de mobilité est souvent mal définie, elle est souvent confondue avec une autre qualité, qui est la souplesse (Franck., 2022). La souplesse est une composante de la mobilité (cf figure 1) mais elle n'est pas la seule. Au regard de la littérature scientifique et du langage courant, voyons quelques définitions.

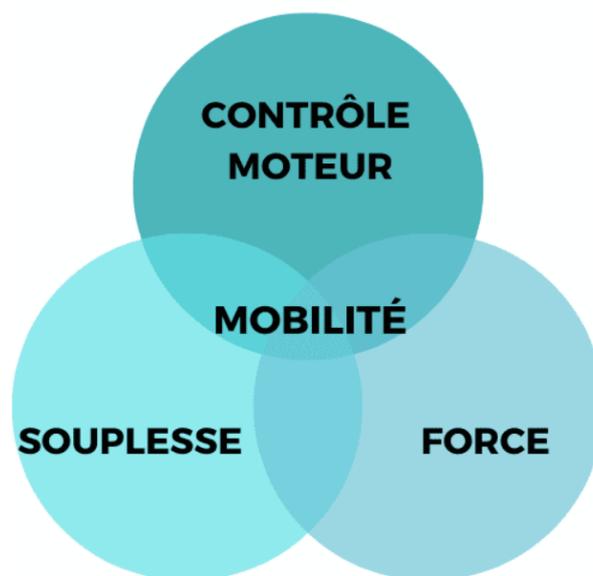
La mobilité pour désigner le mouvement réfère au terme être “mobile”. Ce n’est pas un abus de langage pour désigner la mobilité, c’est la langue française qui veut cela (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales., 2005). Définir la mobilité par le mouvement, serait d’atteindre une ROM (le degré d’amplitude que parcourt une articulation est appelé “range of motion” en anglais) fonctionnelle (spécifique au mouvement que l’on tente d’exécuter) (Schleip & Baker., 2020). Un certain degré d’amplitude est nécessaire pour se mouvoir avec une efficacité propre à l’intention du mouvement.

Le déverrouillage articulaire est généralement perçu comme un travail de mobilité, le terme exact serait mobilisation, qui se traduit par “*mobiliser ses tissus afin de se préparer à l’effort*” (Dovan., 2021). Le dérouillage articulaire à l’échauffement de 15 min travaillant tout le corps et des exercices communs à tout le monde, n’est finalement pas de la mobilité. Ces déverrouillages articulaires s’effectuent généralement avec des auto-massages, étirements ou mobilisations dynamiques sur de grandes amplitudes (Broussal., 2018). Une revue systématique (Cheatham & al., 2015) a évalué l’ensemble des recherches sur l’utilisation du rouleau de massage et a démontré que son utilisation induit des réponses aiguës sur des gains d’amplitude du mouvement pré effort sans impacter négativement les performances musculaires. Konrad & Tilp. (2014), ont obtenu des résultats de gains de ROM en dorsiflexion de cheville sans modification tissulaire, suite à un protocole d’étirement statique de six semaines du mollet. Ces résultats seraient dû à une diminution du signal nerveux, permettant de diminuer certains réflexes. Les chercheurs émettent l’hypothèse que ces gains d’amplitude seraient dû à des adaptations des terminaisons nerveuses nociceptives.

Concernant la terminologie mobilité pour désigner la qualité physique, il n’est plus question d’effectuer une session de quelques minutes sur la totalité du corps, mais de plusieurs dizaines de minutes sur des tissus et fonctions bien spécifiques comme les épaules en rotation interne et externe. Il serait difficile de vouloir développer sa force maximale en faisant 15 minutes de travail le matin au réveil tous les jours (Zatsiorsky & al., 2021). Comme toute qualité physique, cette dernière bénéficiera de cette alternance travail / récupération pour son développement. La prochaine rédaction se concentre plus en détail sur la qualité physique de la mobilité et ses différentes composantes.

## 2.2 - L'équation de la mobilité

Spina (2021), définit la mobilité faisant comme : “la quantité de mouvements actifs et utilisables que possède une personne. Plus une personne est mobile, plus elle est en mesure de maximiser son potentiel de mouvement de manière sûre, efficace et effective”. A travers cette définition, il paraît plus clair de différencier mobilisation et mobilité (cf figure 1). Broussal (2018) propose un protocole de mobilisation comprenant de l’auto-massage, étirement, contrôle moteur (intégration) et transfert dans le mouvement (force). Starrett (2018) également avec sa philosophie de l’intention du mouvement pour obtenir des changements. Finalement, la mobilité serait une combinaison de tous ces paramètres dans une même intention, qui est le mouvement.



*Figure 1 : L'équation de la mobilité (Spina., 2021).*

La mobilité correspond à la capacité d’un individu à générer de la force lors de fin d’amplitude articulaire contrôlée. La collaboration de ces trois qualités unies au sein d’une même intention de mouvement, permet de travailler avec précision des tissus et fonctions ciblés. Isolément chacune de ces qualités travaille la mobilité. La souplesse contribue au développement de la mobilité, mais dire que la souplesse est de la mobilité, ces propos ne serait pas appropriés.

L’analogie de Starrett (2013) à ce sujet est pertinente par rapport aux étirements :

*“Si vous tirez sur les extrémités d’un t-shirt, que se passe-t-il après une minute ?”*

Si les tissus deviennent tout étirés (position), sans pouvoir générer force et contrôle moteur en fin de mouvement (fonction), l'action motrice ne sera pas optimale. Les étirements ne fonctionnent pas seuls, c'est un passeport pour la mobilité. Pour comprendre la somme de l'équation (mobilité), il faut comprendre le rôle de chacune de ces parties (contrôle moteur, souplesse, force).

### **2.2.1 - Le contrôle moteur**

Hess (1943) définit le contrôle moteur comme *“l'interaction permanente entre le sujet, l'environnement (contraintes) et la tâche à accomplir”*. Le sujet dispose de plusieurs systèmes qui sont interactifs et interdépendants. Le terme de contrôle moteur désigne l'ensemble des opérations effectuées par les structures nerveuses impliquées dans la préparation et l'exécution de mouvements coordonnés. Dans des conditions "naturelles", les mouvements sont impliqués dans des tâches de base (comme le maintien de la posture). La tâche de base d'un système de contrôle est de gérer les interactions entre les systèmes favorisant une réponse motrice appropriée à un contexte.

Pour des mouvements volontaires, le système nerveux central (SNC) doit transformer des représentations neurales d'un certain nombre de données, en signaux, mettant en jeu les muscles et / ou les groupes musculaires, déplaçant les différents segments corporels impliqués dans le mouvement. La production d'un mouvement habile (expert) résulte donc de la mise en jeu coordonnée, dans différentes parties du corps.

Purves & al. (2007), définissent le contrôle moteur comme étant la capacité de faire des ajustements posturaux dynamiques et de diriger le corps et les membres, dans le but de faire un mouvement déterminé. La lésion d'une ou plusieurs structures participant au contrôle moteur, peut donc affecter le contrôle postural et du mouvement, augmentant le risque de la blessure (Lepley & al., 2017).

### **2.2.2 - La souplesse**

Selon Prévost l'objectif principal de la souplesse est *“l'augmentation de l'aisance ou de l'amplitude des mouvements durant leur exécution.”* Jeffreys (2020), différencie la souplesse statique et dynamique. La souplesse statique correspond à l'amplitude de mouvement passif, par l'intermédiaire d'une force externe (gravité, poulie, partenaire...). La souplesse dynamique correspond à l'amplitude disponible pendant les mouvements actifs

(contractions musculaires). L'amplitude obtenue avec la souplesse statique est généralement supérieure à la ROM dynamique.

La relation entre ces deux types de souplesse est remise en question. Les transferts direct de la souplesse statique et les performances sportives ne peuvent pas être mises en relation car la force externe obtenant la souplesse passive n'est pas présente au quotidien. Selon Morin (2022), les étirements sont tous actifs, car il y a une intention active du sujet à obtenir du changement des tissus. Même si le sujet est perçu comme passif, les signaux internes (étirements) envoyés aux structures anatomiques ne sont pas passifs.

### **2.2.3 - La force**

Dans le cadre de l'équation de la mobilité, la force qui est l'une de ces composantes, n'est pas de la force maximale (Broussal., 2018). Elle peut se caractériser étant une force en opposition à la gravité et aux tissus limitant le mouvement. Bray & al. (1990) définissent la force comme toute cause capable de modifier la vitesse d'un corps ou de provoquer sa déformation

Après avoir défini les différentes composantes de la mobilité, le prochain sous chapitre va inclure ce concept de mobilité au sein de l'anatomie humaine.

## **2.4 - L'anatomie pour le mouvement**

L'anatomie descriptive isole, muscle, os et tissus conjonctifs comme des entités distinctes, de par leur nom mais aussi leurs fonctions. Une fois les pièces anatomiques séparées pour une analyse descriptive, elles restent séparées dans notre apprentissage (Myers., 2001). Lorsqu'une partie bouge, le corps entier répond et bouge à sa manière. D'après Garcia (2022), *“la dissection présente toujours des variations, contrairement aux livres d'anatomie”*.

Au cours de la vie embryonnaire, tous ces tissus sont issus de la même souche cellulaire (Scarr., 2015). Selon Schultz & Feitis. (2013), cette anatomie doit être pratiquée et étudiée d'un point de vue du mouvement plutôt que des positions anatomiques immobiles. Un seul type de tissu est capable d'unir et répondre à la demande, c'est le tissu conjonctif. Les différents éléments du tissu conjonctif sont en continuité et sont unis au sein du réseau fascial (cf annexe 7 et annexe 8). Ce réseau de fascia constitue les chaînes myo-fascial de Myers (2001).

Myers (2001) définit *“Les chaînes myofasciales font converger l'attention sur le mouvement et la transmission de la force dans le continuum musculaire”* (cf annexe 9). Myers (2001), montre que le réseau fascial ou fibreux ne communique pas seul. Il existe une connexion entre réseau fibreux, circulatoire et nerveux (cf annexe 10 et annexe 11). Le réseau fibreux n'a pas la même communication que le système nerveux (propriocepteurs). Ce réseau fibreux fonctionne avec des contraintes mécaniques (pressions, tensions...). Il n'est pas possible de séparer ces réseaux de communication. La terminologie des chaînes neuro-myofasciale semble appropriée pour l'inclure dans la mobilité par l'intermédiaire du contrôle moteur (Stecco & al., 2020).

Le fascia correspond à l'ensemble des tissus conjonctifs fibreux de collagènes pouvant être considérés comme les éléments d'un réseau de transmission de force et de tension (Faruch-Bilfeld., 2021). Le mouvement du corps humain implique le continuum du fascia. D'après Stecco & al. (2020), les fascias se prolongent avec le périoste, les capsules articulaires et la gaine neurovasculaire. L'ensemble de ces structures peuvent être considérés comme des spécialisations du fascia profond, parce qu'ils représentent les mêmes caractéristiques histologiques.

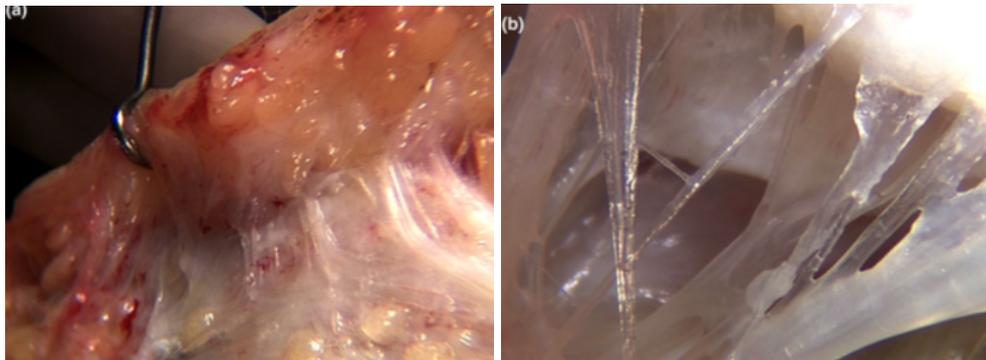
Selon Patel & al. (2018), il existe des régions multi tissulaires caractérisées par des gradients selon la composition et l'organisation des tissus. L'étude montre que ce gradient est possible par un “interface” tissulaire, permettant de passer progressivement des tissus mous aux tissus durs (cf annexe 12).

Ce qui rejoint l'étude citée précédemment, avec la revue de Sensini & al. (2021) présente une méthode d'électrofilage afin d'aider à la régénération des tissus en reconstruisant cette interface tendon/ligament et l'os (enthèse) et la jonction myotendineuse (cf annexe 13). Ces interfaces sont primordiales dans la réduction et la concentration des contraintes. Selon Huiling & al. (2011), le fascia disperse les tensions latéralement aux structures environnantes pour que la traction sur les extrémités du tendon ne soit pas entièrement absorbée par ce dernier. Ce réseau de collagène est un assemblage entrelacé, pour que, quelle que soit la direction, une contrainte mécanique puisse être appliquée. Comme les interfaces ont de petites surfaces (Sensini & al., 2021), il est difficile de connaître leur véritable résistance mécanique sans prendre en compte les tissus environnants. La majorité des blessures peuvent survenir à cette interface.

Selon Renstrom & al. (1985), les blessures les plus fréquentes touchent le fascia. Derwin & al. (2018), appuient cet argument montrant que les blessures des enthèses se produisent généralement au niveau de la coiffe des rotateurs, du ligament croisé antérieur (LCA), du tendon d'Achille et du ligament collatéral médial de la cheville. Suite à une blessure, il y a généralement une phase d'immobilisation. Cette phase engendre une modification fonctionnelle des tissus. Que ce soit une immobilisation liée au sédentarisme ou à une blessure, il y a une perte de mobilité, donc une perte de force, de souplesse et de contrôle moteur.

## 2.5 - L'immobilisation des tissus

Durant une immobilisation et/ou une blessure, la cicatrisation se traduit par un épaissement et une désorganisation des fibres de tissus conjonctifs. Ce phénomène dépend de la qualité du processus et du traitement de la cicatrisation (Schleip., 2020). L'étude de Wong & al. (2016) à partir de la photographie 1, montre en A des fibres de collagène blanches denses et adhérentes au fascia, à contrario la photographie B a un aspect plus fibreux et moins gélatineux. Néanmoins une image ne peut pas représenter le mouvement, le remodelage et cette anatomie dynamique.



*Photographie 1 : représentation d'un tissu sain (A) et cicatriciel (B) (Wong & al., 2016).*

L'immobilisation a un impact négatif sur le contrôle moteur et donc la proprioception. Sherrington (1906) a défini le terme "proprioception" pour "*désigner des récepteurs du corps, localisé dans les muscles, les articulations, les ligaments et les tendons*". Ils répondent aux mouvements du corps humain. La proprioception correspond à la transmission de l'influx nerveux, aux perceptions conscientes ou inconscientes, des différentes positions des parties du corps dans l'espace. Ces tissus contiennent des

récepteurs avec terminaisons nerveuses nociceptives (douleur) et des mécanorécepteurs (contraintes mécaniques) comprenant plusieurs types de récepteurs.

Selon le type de tissus, la quantité de nerfs sensoriels diffère. Les tissus contenant le plus de sensibilité proprioceptive sont les capsules articulaires, qui détectent de légers changements de position du corps dans l'espace, quant à d'autres tissus contenant moins de nerfs sensoriels, ils permettent principalement une transmission des forces (Schleip & Muller., 2012). D'après Willard & al. (2012), montrent que nous avons environ six fois plus de mécanorécepteurs dans les articulations que dans les muscles. Ils sont plus nombreux autour des tissus profonds (proches de la moelle épinière), les muscles oculaires et plantaires. Freeman & Wyke. (2005), proposent une liste des types de mécanorécepteurs (cf annexe 14), comprenant les corpuscules Pacini, les terminaisons de Ruffini et les terminaisons de types organes tendineux de Golgi (OTG). Les mécanorécepteurs permettent de transcrire des déformations mécaniques en signaux électriques ce qui correspond à la mécanotransduction (Tschumperlin., 2011). L'articulation possède un potentiel de perception dans les déplacements angulaires. Lepart & al. (1994) ont identifié la proprioception articulaire montrant que ces récepteurs ne répondent qu'à des amplitudes de mouvements extrêmes lors de la stimulation de la capsule articulaire (contrainte mécanique profonde).

Lepart & al. (1994), montrent qu'après une lésion, il y a une perturbation du mécanisme de proprioception entraînant dans une boucle une perturbation des mécanorécepteurs. Cette perturbation peut entraîner une tension excessive et constante de la capsule articulaire, des ligaments et de tous les tissus en périphérie. La fin de la boucle pourrait amener à des pathologies chroniques voir une nouvelle blessure, si un traitement inapproprié est effectué (cf annexe 15). Myers (2001), démontre l'importance du système proprioceptif dans la prise d'information et dans le mouvement. L'étude de Salles & al. (2015) met en évidence qu'un programme d'exercices de musculation améliore les capacités neuromusculaires mais aussi proprioceptive. Un déficit de proprioception augmente le risque de blessure. Il est supposé que l'entraînement musculaire améliore les déficits de proprioception.

La lésion perturbe et entraîne des dommages aux mécanorécepteurs. S'il n'y a pas de stimulation de ces mécanorécepteurs, il y a en quelque sorte une perte de fonction de ces derniers. Leur stimulation permet un contrôle musculaire correct de la stabilité de

l'articulation et se réalise via un chargement mécanique. En cas de lésion et/ou immobilisation, il y a une diminution du seuil de sensibilité des terminaisons nerveuses libres (nocicepteurs) (cf annexe 16) (Lepart & al., 1994 ; Stecco & al., 2020 ; Schleip., 2020). Dans une revue sur la prise en charge de personnes atteintes de douleur sous-acromiale (Garçon., 2021), il en ressort que cette douleur n'est pas purement mécanique, mais des facteurs psychosociaux et musculaires généraux peuvent être à l'origine de cette dernière. Selon le type de tissus, la quantité de nerfs sensoriels diffère. Les tissus contenant le plus de sensibilité proprioceptive sont les capsules articulaires, qui détectent de légers changements de position du corps dans l'espace, quant à d'autres contenant moins de nerfs sensoriels, ils permettent principalement une transmission des forces (Schleip & Muller., 2012).

French (2020) explique que l'immobilisation d'une articulation empêche une bonne diffusion de l'oxygène et des nutriments essentiels à travers l'articulation. Le mouvement permet de donner les éléments nécessaires au bon fonctionnement du tissu. Les fascias contiennent environ deux tiers d'eau de leur composition totale, lorsqu'une contrainte mécanique est appliquée dessus (étirement ou compression), telle une éponge, une partie des fluides qu'ils contiennent fuie dans les conduits environnants et sont remplacés par de nouveaux fluides provenant du réseau vasculaire à proximité (Stecco & al., 2007). L'utilisation d'une charge externe (rouleau de massage et contraction) permet de réhydrater les tissus avec de nouveaux fluides (Chaitow., 2009).

L'état actuel des recherches indique que le cartilage humain subit une atrophie lorsque la contrainte mécanique est supprimée (immobilisation postopératoire, paraplégie...). Ce même constat se retrouve dans la perte de densité minérale osseuse (DMO). Il y a une corrélation positive entre la DMO, la force et la masse musculaire. Les athlètes les plus entraînés en résistance ont une DMO plus élevée que des personnes sédentaires de même âge. Myrick & al. (2019), ont montré une hypertrophie du LCA de 10% chez 17 footballeuses après une saison (cf annexe 17). Neuberger & al. (1953), démontrent que les fascias se développent moins rapidement que la masse musculaire, à cause du développement lent du collagène par sa vascularisation moins importante. La durée d'adaptation est relativement longue, environ six mois ou plus selon la structure du programme. Ces différents éléments nous montrent que si la stimulation mécanique est supprimée, il y a une perte de contrôle moteur et une atrophie des tissus (ligaments, DMO, cartilage). Comme la stimulation mécanique est supprimée, aucun signal n'est envoyé aux

tissus, ils font un peu ce qu'ils veulent notamment une désorganisation architecturale des tissus et une prolifération excessive des myofibroblastes.

Les myofibroblastes (MFB) sont un intermédiaire entre la cellule musculaire et le fibroblaste. Les MFB jouent un rôle important dans la mobilité des cellules au sein du tissu conjonctif (cf annexe 18). Darby & al. (2016), montrent qu'ils ont la capacité de sécréter des protéines (collagène) de la matrice extracellulaire. Ils participent aussi à la cicatrisation et la formation de nouveaux tissus. La particularité de ces cellules est d'exprimer l'actine  $\alpha$ -SMA, qui permet d'avoir des propriétés contractiles. Ils sont présents dans le fascia sain, les lames fasciales comme dans le fascia lombaire, le fascia lata et le fascia plantaire. Les MFB sont présents dans tous les tissus conjonctifs. A la différence des cellules musculaires, les MFB ne sont pas stimulés par une terminaison nerveuse mais via des tensions mécaniques. Une prolifération excessive des MFB survient suite à une immobilisation.

Xiao & al. (2020), définissent l'arthrofibrose (contracture articulaire) comme un trouble de l'articulation fibrotique par un excès de production de collagène, pour former du tissu cicatriciel fibrotique avec des adhérences dans la capsule articulaire. Ce phénomène a un fort impact négatif sur les activités du quotidien, par une limitation des mouvements articulaires. L'activation et la prolifération excessive des MFB est l'élément central de cette pathologie et dans la réparation des tissus. Karamanou & al. (2018) ont constaté que les MFB sont plus nombreux dans la capsule articulaire après une immobilisation de cette dernière. Peduto & al. (2012), montrent que les myofibroblastes continuent de proliférer contribuant à une surproduction de tissu cicatriciel (cf annexe 19). Si la cicatrisation est mal entreprise, un processus appelé fibrose survient, ce qui perturbe le fonctionnement des tissus. Durant la régénération des tissus, ce tissu cicatriciel devient inutile, est progressivement éliminé.

D'après l'article de Tomasek & al. (2002), la compréhension du myofibroblaste n'est pas encore véritablement établie, des études plus approfondies pourraient révolutionner le futur de la médecine régénérative. L'immobilisation quelle que soit sa nature, crée une atrophie des tissus et des mécanorécepteurs avec une diminution du seuil de sensibilité des terminaisons nerveuses sensibles à la douleur. Ainsi qu'un surplus de production de myofibroblaste créant une fibrose des tissus. L'entraînement de la mobilité serait de donner du mouvement à nos cellules. La mécanotransduction, définie par Tschumperlin (2011), est la traduction des forces physiques (extérieur-intérieur et intérieur-extérieur) par les cellules

et les tissus, en signaux électriques et biochimiques. Ces forces physiques (ou contraintes mécaniques), peuvent modifier la structure de la matrice extracellulaire (MEC), ce qui peut modifier la prolifération cellulaire. La déformation de la MEC permet de modifier les voies de signalisation intracellulaires et nerveuses.

Les différents chapitres de ce mémoire montrent qu'il y a un continuum tissulaire s'adaptant à la contrainte mécanique (mécanotransduction). Si aucune contrainte n'est appliquée par immobilisation, les tissus perdent de leurs fonctions et capacités. L'ensemble de ces éléments sont unis au sein d'un même concept, nommé la bio-tenségrité.

## **2.6 - Le concept de bio-tenségrité**

Le concept de bio-tenségrité est la faculté d'une structure à répartir et disperser des contraintes équitablement sur elle-même, à laquelle elle se retrouve soumise. Selon Buckminster (1967), la tenségrité est la combinaison de deux mots "tension" et "intégrité". Ce concept de structure tridimensionnelle se retrouve lors de la formation de toile d'araignée ou la conception de trampoline. Une partie de la structure ne subit pas la totalité de la contrainte, mais chaque élément en subit une partie. C'est un ensemble d'éléments mécaniques continus s'adaptant à une compression (environnement et/ou gravité) afin de rester dans un état de stabilité et de rigidité (Clergue., 2020).

Si le tissu est soumis à des contraintes trop importantes, inadaptées ou répétées sans une récupération optimale, alors les structures modifient leurs caractéristiques (stabilité, forme et résistance à la contrainte). Ce qui peut conduire à la blessure ou à une perte de l'efficacité motrice du mouvement. L'architecture de la structure s'en trouve modifiée, ce qui se traduit par un non-alignement des fibres de tissu conjonctif (Stecco & al., 2020 ; Schleip & al., 2020). Ce même principe s'observe, lors de la phase de remodelage suite à une blessure (Frederick., 2018).

El-Labban & al. (1993) proposent un exemple en se basant sur la locomotion humaine. Les tissus de la face latérale de la cuisse sont raides alors que ceux de la face médiale sont plus souples, mais si nous passons notre vie sur un cheval ou en fauteuil par exemple, la tendance serait inversée après un certain temps passé dans cette position. Le fascia de la face interne de la cuisse deviendrait plus développé et plus solide. Ce qui explique pourquoi les danseuses développent des os solides au niveau des pieds (Schleip & al., 2020). A l'inverse les astronautes stimulent moins ces forces de compression sur les os,

à leur retour sur terre, il est commun de voir ces héros en fauteuil roulant. Si nous observons l'os du fémur de deux personnes avec un mode de vie différent, nous verrons avec le temps que les lignes de force divergent entre les sujets. Il y aura un impact sur leur capacité à se mouvoir mais aussi sur leur capacité de production de force. Le non-alignement des fibres se retrouve chez des personnes immobiles (post blessures, sédentaires, etc...), à l'inverse les fibres sont plus alignées chez des personnes actives (Schleip & al., 2020).

Le concept de bio-tenségrité nous renvoie à la phrase "*ce dont tu ne te sers pas, tu le perds*". Si une personne n'explore pas son amplitude articulaire et ses fonctions régulièrement, elle perdra sa mobilité. L'amplitude articulaire n'est finalement qu'une observation macroscopique. Dans le concept de mobilité ce qui est important ce sont les signaux envoyés aux tissus conjonctifs, via des contraintes mécaniques pour obtenir une orientation des fascias dans les axes des forces et un développement de la force des tissus.

## **2.7 - L'entraînement de la mobilité**

Si l'articulation ne peut pas exprimer sa mobilité, comment exprimer avec efficience les autres qualités physiques. Une connaissance de l'anatomie fine est nécessaire pour comprendre qu'il peut y avoir des muscles sur-sollicités et sous-activés (Broussal., 2018). Il y a un "mais", cette vision ne prend pas l'ensemble des tissus comme l'engrenage de la poulie (articulation), mais uniquement les câbles (muscles) (Stecco., 2020). L'entraînement du système musculaire comprend évidemment le tissu conjonctif, mais le muscle reste prioritaire car c'est ce que l'on cherche à développer. L'entraînement de la mobilité serait une inversion des propos précédents, centrant notre attention sur les articulations, ligaments et autres tissus puis secondairement sur les muscles. Sachant qu'il y a une répercussion positive sur le système musculaire via l'entraînement de la mobilité, car comme observé précédemment tous les tissus sont connectés.

## **3 - Les efforts concentriques**

L'ensemble de cette rédaction, recherches et travaux repose sur une interrogation. A savoir s'il serait possible de gagner en mobilité, grâce à la méthode Liftoff qui se base uniquement sur des efforts concentriques. Le travail de mobilité respecte les principes cités précédemment (cf 2.2 l'équation de la mobilité), en travaillant sur la génération de force sur des fins d'amplitudes autour du complexe de l'épaule (cf 4.1 qu'est ce qu'une épaule ?).

La contraction concentrique se définit comme “une contraction musculaire telle que la longueur du muscle diminue, alors que la force développée par le muscle est constante ou augmente.” (Dumortier., 2023) Les efforts concentriques ont été choisis car le protocole est effectué durant l'échauffement (déverrouillage articulaire) de la séance du mardi et vendredi. Il est donc impossible d'avoir des efforts maximaux pour ne pas induire de fatigue, une méthode rapide, simple et surtout ne pas être dépendant de matériel.

Selon les résultats, la démarche serait applicable pour des individus lambdas et de nombreux sports dont les épaules sont fortement sollicitées. Les champs de possibilités d'utilisation de cette méthode sont très larges. L'épaule a la capacité de se mouvoir dans tous les axes et plans du corps, ces efforts concentriques peuvent être sollicités dans ces mêmes plans, selon les besoins du sujet. Cela ferait l'œuvre de multiples thématiques de recherches concernant les gains de mobilité, l'amélioration des performances et dans la mitigation du risque de blessure. Que ce soit sur l'épaule ou sur la hanche. L'articulation coxo-fémorale est une articulation sphérique comme celle de l'épaule. Il serait envisageable de pouvoir réaliser cette démarche sur cette articulation coxo-fémorale.

## **4 - L'épaule**

### **4.1 - Qu'est ce qu'une épaule ?**

L'épaule est un complexe articulaire (complexe de l'épaule) composée de trois os (humérus, omoplates et clavicule), étant reliés par l'intermédiaire de cinq articulations (scapulo-huméral, acromio-claviculaire, sterno-claviculaire, scapulo-thoracique et la subdeltoïdienne) (cf annexe 20), de ligaments (glénohumérales, acromioclaviculaires et coracoclaviculaires) mais aussi de douze muscles principaux autour de l'articulation scapulo-huméral et dix-sept plus insérés sur l'omoplate. Cette rédaction se concentre principalement sur les articulations scapulo-huméral et scapulo-thoracique formant ce complexe de l'épaule (Gauthier & al., 2022).

L'articulation scapulo-humérale se situe entre la tête humérale et la cavité glénoïdale. C'est l'articulation du complexe la plus importante. Elle est de type sphéroïde (permettant des mouvements dans tous les axes). Elle possède quatre ou six muscles selon les auteurs (Lugo & al., 2008), qui sont coaptateurs de l'épaule (le subscapulaire, le supra-épineux, l'infra-épineux, le chef long du biceps, le chef long du triceps et le petit rond). Les muscles

superficiels sont les deltoïdes qui constituent les masses musculaires les plus importantes de cette articulation.

Le labrum glénoïdien est un anneau recouvrant la périphérie de la glène. Deux fonctions sont attribuées au labrum. Il sert de site d'attache aux ligaments gléno-huméraux et le second permet d'augmenter de 50% la profondeur de la cavité. Il existe une zone où le cartilage est plus mince dans la partie centrale de l'articulation. Cette zone décrite est appelée tubercule d'Assaki (nom du chercheur), cela montre pourquoi l'articulation à ces rayons d'amplitude en mouvement et comment cette articulation répartit ces contraintes.

L'articulation scapulo-thoracique se situe entre la face antérieure de la scapula et le grill costal. Elle permet des mouvements de l'épaule au-delà de 120°. Avant ce degré d'amplitude les mouvements sont initiés par l'articulation scapulo-humérale. C'est une articulation de type syssarconse (dans un plan de glissement). A partir de 170° nous pouvons observer une bascule postérieure de l'omoplate par l'intermédiaire du serratus antérieur et du trapèze inférieur (Dovan., 2021) Les muscles majeurs de la mobilisation de cette articulation sont le dentelé antérieur, la partie supérieure et inférieure du trapèze, le petit pectoral et le rhomboïde. Il existe une relation, plutôt un rythme alliant à la fois mobilité et stabilité entre ces deux articulations appelé rythme scapulo thoracique.

#### **4.2 - La dualité entre mobilité et stabilité**

Le rythme scapulo thoracique correspond à la coordination des mouvements de l'articulation scapulo-humérale et scapulo thoracique (Halder & al., 2000). Le rapport entre le mouvement de l'articulation scapulo-humérale et de l'articulation scapulo-thoracique est environ de 2 pour 1 (Inman & al., 1944). Si une pathologie est présente ou non, ce rapport change en cas d'instabilité. Chacun de ces muscles ont une action indépendante mais fonctionne en synergie avec tous les tissus environnants. La coiffe des rotateurs est située près du centre de rotation de l'articulation, et agit en coopération avec les structures ligamentaires et capsulaires.

Certains anatomistes vont considérer que les stabilisateurs statiques de l'épaule sont de l'ordre capsulo ligamentaire. La stabilité active provient du contrôle neuromusculaire de la musculature scapulothoracique et de la coiffe des rotateurs. La force des muscles de la coiffe des rotateurs a tendance à augmenter en fin d'amplitude et à améliorer la stabilité, tandis que la force des faisceaux du deltoïdes et du grand pectoral a tendance à diminuer sa

stabilité (Labriola & al., 2005). Gauthier (2022), décrit la coiffe des rotateurs comme étant un ensemble de ligaments actifs. Ces mots laissent-ils sous-entendre que les ligaments sont passifs ou alors, en commun la coiffe des rotateurs et les ligaments sont actifs. Karduna & al. (1996) parlent d'une certaine laxité ligamentaire pendant les amplitudes moyennes du mouvement, à cette amplitude les forces musculaires dynamiques assurent la stabilité de l'articulation scapulo-humérale. Au moment où l'épaule s'approche des fins d'amplitude, les ligaments se resserrent progressivement, ainsi ils agissent comme des freins stabilisant l'articulation. Selon Salles & al. (2015), ces récepteurs capsuloligamentaires, peuvent être stimulés lors des amplitudes de mouvement extrêmes. Pour Karduna & al. (1996) la fonction des ligaments n'est pas purement mécanique, ils fournissent un important retour d'information dans la mécanosensibilité de l'articulation et dans les réflexes musculaires autour de cette dernière. Dans la présente étude, la position utilisée correspondait à 50 % de la ROM, ce qui suggère que les améliorations ne pouvaient pas être attribuées aux récepteurs

## **II - La mobilité de l'épaule au service de la performance au rugby**

Il existe très peu de données scientifiques concernant la mobilité. Encore moins dans un sport donné. Il existe principalement des routines de mobilisation. La mobilité de l'épaule est principalement mesurée à partir du Shoulder test du functional movement screen (Cook & al., 2010), qui est une batterie de sept tests fonctionnels. Une analyse biomécanique de l'épaule au rugby est nécessaire pour comprendre ses besoins en mobilité. L'articulation de l'épaule (principalement scapulo-humérale), va intervenir dans toutes les phases de jeu, utilisant les membres supérieurs (passport world rugby). Pour générer plus de potentiel élastique lors du lancer en touche avec l'extension du rachis, porter plus haut lors du lift, pour réaliser un plaquage avec efficacité, l'articulation doit à la fois être mobile et stable.

Le complexe de l'épaule intervient dans des gestes spécifiques pour une discipline sportive spécifique, donc elle est entraînée spécifiquement par rapport aux besoins de la discipline. Généralement l'optimisateur de la performance va entraîner l'épaule dans les amplitudes spécifiques à l'activité pour développer des qualités physiques. Comme démontré précédemment, une articulation qui n'explore pas sa mobilité perd en force, souplesse et contrôle moteur dans les secteurs angulaires qui ne sont pas travaillés.

L'objectif de la mobilité est de travailler les tissus en dehors des amplitudes habituellement travaillées. Si un imprévu survient, et que les tissus sont soumis à une amplitude extrême par exemple, avec préalablement un renforcement dans ces amplitudes, la blessure pourra être évitée ou réduite. Le renforcement des fascias semble intéressant car, la majorité des blessures touchent le fascia (Renstrom & al., 1985), en particulier à la coiffe des rotateurs (Derwin & al., 2018).

L'étude de Walch & al. (2021) montre que les blessures à l'épaule sont fréquentes chez les joueurs de rugby professionnel. Elles sont représentées par des luxations de l'articulation scapulo-humérale (1,8 pour 1000 heures de jeu), les entorses acromio-claviculaires (3,7 pour 1000 heures de jeu) et les lésions de la coiffe des rotateurs (1,3 pour 1000 heures de jeu). Ce type de blessure survient lors d'effort de haute intensité. Le plaquage (56 %) correspond à la prédominance des blessures à l'épaule, suivi par la chute sur le moignon de l'épaule (10 %) ou d'un étirement excessif du bras. Cela fait l'œuvre d'une étude à part entière, à savoir si la mobilité peut mitiger le risque de blessure et si blessure il y a, est ce qu'elle serait moins traumatisante avec le travail de mobilité. La mobilité contribuera à réduire toute restriction limitant les mouvements et développer de la force en fin d'amplitude pour améliorer l'efficacité motrice.

### **III - Problématique, objectif, hypothèses**

#### **3.1 - Problématique**

La blessure peut engendrer un manque de mobilité néfaste à la performance voire une récurrence de 44% (Askling & al., 2007). Également la performance peut affecter négativement la mobilité en travaillant dans des amplitudes spécifiques à l'activité. Que ce soit pour la santé ou pour la performance, il est important d'être mobile. Or, la problématique est que peu de protocoles scientifiquement prouvés à ce jour ne permettent de développer la mobilité et encore moins ne s'intéressent à la chronicité de cette dernière. De nombreuses études montrent que le travail de mobilité permet d'augmenter l'amplitude articulaire de manière aiguë (Cheatham & al., 2015). A partir d'un travail concentrique de la mobilité au niveau de l'épaule chez des rugbymans, serait-il possible d'obtenir des gains de mobilité chronique ?

### **3.2 - Objectif**

L'objectif de cette étude est de créer un protocole expérimental comprenant des efforts concentriques en fin d'amplitude durant six semaines, permettant d'avoir une augmentation de la mobilité ou non chez des rugbymans. Si les résultats s'avèrent positifs, les gains obtenus seront mesurés dans le temps (cf figure 2).

### **3.3 - Hypothèses**

- H0 : Le protocole ne permet pas d'engendrer des gains de mobilité chez le rugbyman via des efforts concentriques.
- H1 : Le protocole permet d'engendrer des gains de mobilité chez le rugbyman via des efforts concentriques.

## **IV - Lille Rugby Club**

### **4.1 - La structure**

Le Lille Rugby Club – Iris 1924 (LRC) comme son nom l'indique, est un club bientôt centenaire. Son histoire remonte encore plus loin, la première date retrouvée est en 1898, le club a d'abord été la section rugby de l'Iris Club Lillois. Le LRC depuis 2018, se localise au Stade des Ormes, au 23 rue de Lompret, à Lomme, commune associée de Lille. Le club a pour projet de diffuser le rugby pour tous et de partager ses valeurs positives dans la ville de Lille et ses environs. Le club s'est vu attribuer le *Label Club Engagé* par la FFR.

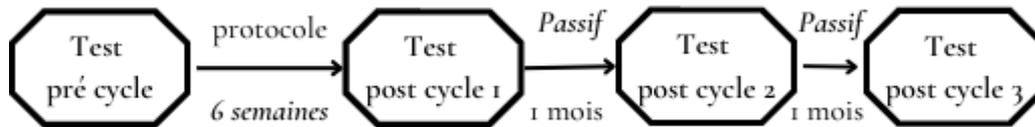
### **4.2 - Les participants de l'étude**

Il sera proposé aux joueurs cadets et juniors du club de participer au protocole. Cette proposition se fera sous forme de questionnaire et de présentation vidéo (déroulement et attentes du protocole), afin d'obtenir un maximum de participants à l'étude. Au total 17 rugbymans ont répondu. L'âge moyen des participants est de  $16 \pm 1,3$  en années, avec une masse (kg) moyenne de  $75,6 \pm 12,4$  et une taille (cm) moyenne de  $175,5 \pm 7$ .

### **4.3 - Matériel, méthodes et protocoles expérimentaux**

Le protocole expérimental évalue un groupe contrôle et un groupe expérimental. Le protocole comprend 6 semaines d'entraînement de la mobilité avec des évaluations pré cycle

et post cycle, suivi d'un mois passif (sans entraînement) pour une seconde évaluation et une troisième évaluation suite à un mois passif. Les évaluations sont toujours effectuées pour le groupe contrôle et expérimental à condition que les résultats des tests post cycle 1 soient significatifs. Les évaluations post cycle sont nécessaires afin d'observer la durée des gains de mobilité dans le temps. La procédure suit la figure suivante :



*Figure 2 : représentation synthétique de l'intervention.*

**Évaluation de la mobilité en amplitude articulaire :** cette évaluation comprend deux tests. Le premier test est une évaluation de l'amplitude articulaire en rotation externe et le second test est en rotation interne de l'épaule allongée. Les angles obtenus seront mesurés par l'application android nommée Angulus, pour observer si l'entraînement de la mobilité amène à des gains d'amplitude ou non. C'est une application de mesure des angles sur les images et vidéos. Angulus a été développé par DPP en collaboration avec des physiothérapeutes (le 26 novembre 2020), pour remplacer les goniomètres. Pour standardiser la mesure des angles, les points de repère seront l'acromion, l'olécrane et le processus styloïde de l'ulna.

Pour mesurer la force développée, un dynamomètre serait idéal, afin d'observer si l'entraînement de la mobilité amène à des gains de force ou non. Cools & al. (2015), ont utilisé un dynamomètre dans la prévention des blessures de l'épaule en rotation interne et externe. Malheureusement ce type de matériel étant inaccessible dans mon cas, l'utilisation d'une balance a été utilisée pour mesurer la force avec une conversion de la masse.

**Réalisation des tests de mobilité :** Le sujet est placé debout contre un mur avec le bras évalué dans l'encadrement d'une porte. En serrant les abdominaux, fessiers et sans compensation, le sujet peut effectuer un effort concentrique sur la plus grande amplitude possible en rotation interne ou externe selon le mouvement évalué. L'amplitude maximale doit être maintenue deux secondes pour valider le test.

**Entraînement de la mobilité :** Le protocole se déroule durant la partie échauffement en musculation le mardi et le vendredi durant le déverrouillage articulaire de la séance vitesse avec les U16 et U19 en ma présence. En amont, une présentation vidéo des évaluations, protocoles, déroulement des 6 semaines et des attendus leurs seront partagés. Le protocole a une durée de 5 min environ (1 min explication et 4 min de pratique), comprenant 4 séries de 30s pour le travail de rotation externe et interne sans récupération (alternance du bras droit et du bras gauche). Le protocole est donc réalisé deux fois par semaine durant l'échauffement avec deux séries par bras de 30s en rotation interne et la même procédure pour la rotation externe.

#### **4.4 - Traitements statistiques**

Afin d'objectiver les résultats obtenus, les moyennes, écart-type et l'effect size (taille de l'effet) sont calculés avec le logiciel Excel. Les données ont été soumises à un traitement statistique, pour permettre de répondre aux différentes hypothèses qui sont pour rappel :

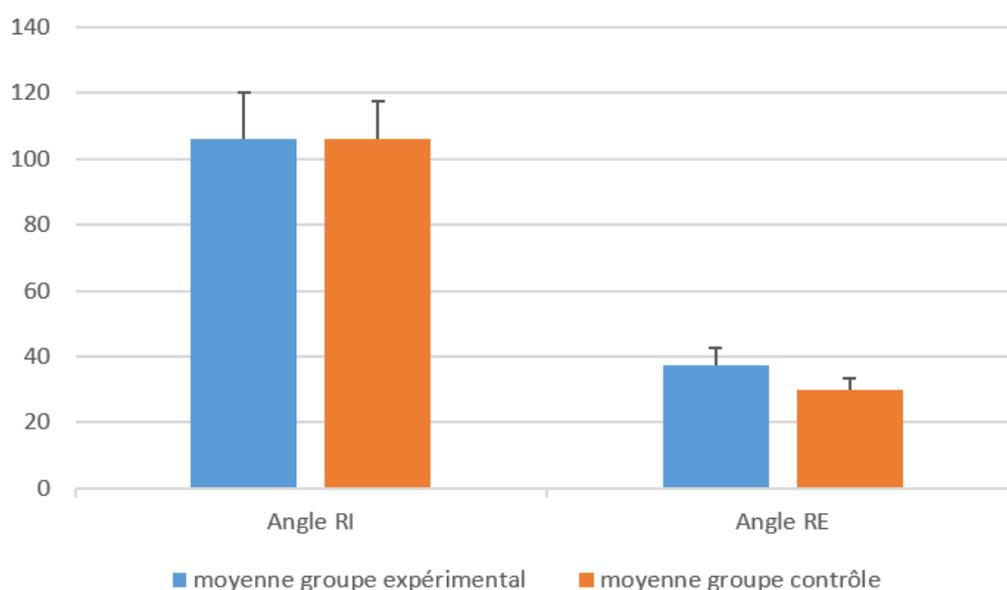
- H0 : Le protocole ne permet pas d'engendrer des gains de mobilité chez le rugbyman via des efforts concentriques.
- H1 : Le protocole permet d'engendrer des gains de mobilité chez le rugbyman via des efforts concentriques.

Les valeurs de l'effect size (ES) de chaque test ont été obtenues avec la progression de la table d'interprétation du d de Cohen (1988). L'interprétation se réalise de la manière suivante : 0,0 - 0,2 "triviale", 0,2 - 0,5 "faible", 0,5 - 0,8 "moyenne", 0,8 - 1,2 "élevé", 1,2 - 2,0 "très élevé", 2 - 4 "immense".

Chacune des statistiques sera réalisée avec le logiciel anastats. Pour pouvoir choisir le test statistique, les données obtenues seront traitées par deux tests de validation avec la normalité de la distribution, le test de Shapiro Wilks et le test l'homogénéité des variances de Levene. Si les conditions sont remplies, le test paramétrique ANOVA sera utilisé, à l'inverse si les conditions ne sont pas remplies le test de Friedman, non paramétrique sera utilisé. Les valeurs sont considérées comme significatives si le p value est  $p < 0,05$  avec un astérisque (\*), si les valeurs ont un  $p < 0,01$ , elles sont très significatives et sont représentées avec deux astérisques (\*\*) sur un graphique.

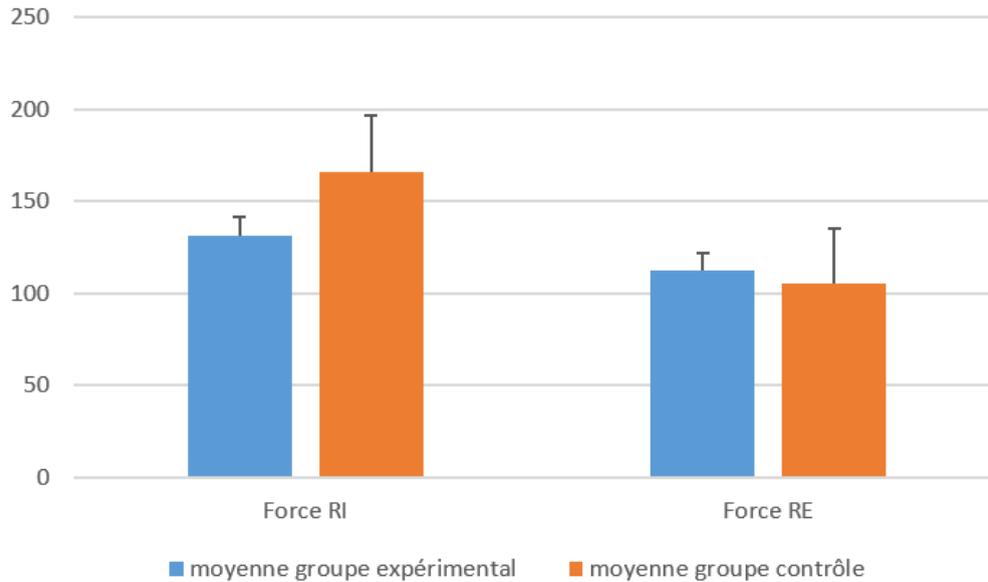
#### IV - Résultats

Les résultats obtenus par le test statistique de Anova sont représentés par les graphiques ci-dessous (cf graphique 1 et graphique 2). Les moyennes et leurs écarts-types sont comparés entre le groupe expérimental et le groupe contrôle après intervention. Les données de chaque sujet sont détaillées et présentées dans les tableaux de l'annexe 21 et l'annexe 20. Les sujets numéro 4, numéro 8 et numéro 14 n'ont pas été retenus, car ils étaient tout simplement absents lors des tests post intervention.



*Graphique 1 : Comparaison de l'amplitude articulaire (degré) post intervention entre le groupe expérimental et contrôle.*

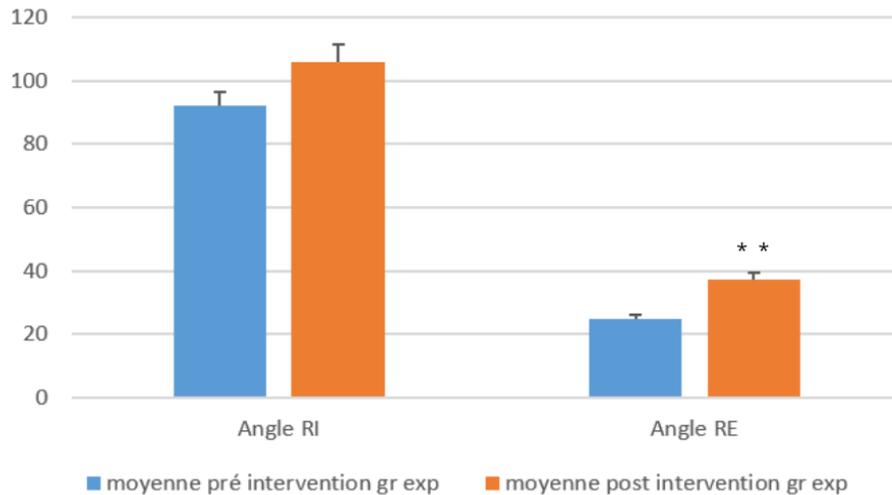
Pour les mesures d'angles (degré) en rotation interne et externe de l'articulation gléno-humérale, le test ANOVA montre que les groupes de départ sont homogènes. Le test ne révèle aucune différence significative avant et après intervention (ARI  $p = 0,98$  et ARE  $p = 0,11$ ) entre le groupe expérimental et contrôle (moyenne gr exp ARI  $106 \pm 13,5$  ; ARE  $37,4 \pm 11,2$  et moyenne gr cont ARI  $106 \pm 11,8$  ; ARE  $29,1 \pm 4,1$ ). La taille de l'effet est très élevée pour l'amplitude en rotation interne (1,3) et un effet faible pour l'amplitude en rotation externe (0,3).



*Graphique 2 : Comparaison de la force (N) post intervention entre le groupe expérimental et contrôle.*

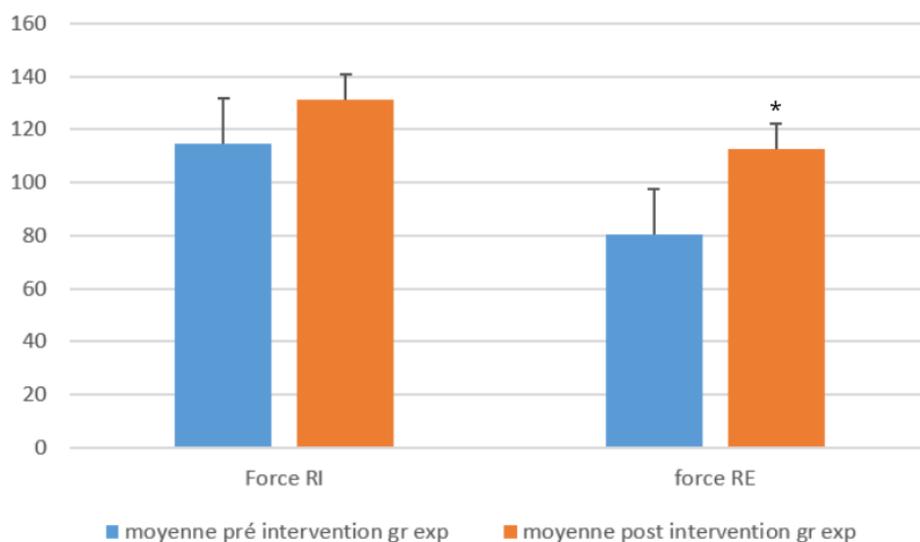
Pour les mesures de force (N) en rotation interne et externe de l'articulation gléno-humérale, le test ANOVA montre que les groupes de départ sont homogènes. Le test ne révèle aucune différence significative avant et après intervention (FRI  $p = 0,24$  et FRE  $p = 0,7$ ) entre le groupe expérimental et contrôle (moyenne gr exp FRI  $132 \pm 30,4$  ; FRE  $112,8 \pm 34,3$  ; moyenne gr cont FRI  $163 \pm 43$  ; FRE  $105 \pm 42,2$ ). La taille de l'effet est faible pour la force en rotation interne (0,2) et élevée pour la force en rotation externe (0,9).

Le test statistique ANOVA montre un effet significatif sur le facteur temps, pour le groupe expérimental ou contrôle, afin de déterminer quel groupe a subi cet effet le test T de student doit être utilisé. Il a été comparé les résultats du groupe expérimental avant et après intervention, à partir du test statistique T de student. Les résultats sont représentés par les graphiques ci-dessous (cf graphique 3 et graphique 4). Les moyennes et leurs écarts-types sont comparés pour le groupe expérimental avant et après intervention.



*Graphique 3 : Comparaison de l'amplitude articulaire (degré) pré et post intervention pour le groupe expérimental.*

Les résultats montrent une différence significative, uniquement en amplitude articulaire en rotation externe ( $p=0,006$ ) (moyenne gr exp pré ARI  $92,7 \pm 16$ , ARE  $25,7 \pm 10,8$  ; moyenne gr exp post ARI  $106 \pm 13,5$ , ARE  $37,4,1 \pm 11,2$ ). La taille de l'effet est de 1,7 ce qui signifie qu'il y a un effet très élevé pour la rotation interne et externe en amplitude articulaire.



*Graphique 4 : Comparaison de la force (N) pré et post intervention pour le groupe expérimental.*

Les résultats montrent une différence significative pour le groupe expérimental en force sur la rotation externe ( $p=0,047$ ) (moyenne gr exp pré FRI  $114,7 \pm 15,7$ , FRE  $81,4 \pm 25,5$ ; moyenne gr exp post FRI  $131,4 \pm 30,4$ , FRE  $112,8 \pm 24,5$ ). La taille de l'effet est de  $-0,7$  ce qui signifie qu'il y a un effet trivial pour la rotation interne et externe ( $-1,7$ ) en amplitude articulaire.

L'ensemble de ces résultats montrent que ce protocole de mobilité à partir des efforts concentriques, ne permet pas d'améliorer significativement la force et l'amplitude articulaire à partir de la rotation interne et externe de l'articulation gléno-humérale, en comparant un groupe expérimental et contrôle. Il y a donc un effet temps pour le groupe expérimental concernant certains paramètres évalués. Ce qui signifie que l'hypothèse H1 est rejetée pour la différence entre le groupe expérimental et contrôle.

## **V - Discussion**

### **5.1 - Interprétation des résultats**

En analysant les résultats statistiques des différents tests de mobilité, ils montrent que les groupes étaient homogènes avant de commencer le protocole expérimental, avec aucune amélioration significative, en comparant le groupe expérimental et contrôle quel que soit le paramètre évalué. La taille de l'effet est très divergent au sujet de la comparaison du groupe expérimental et contrôle, elle est très élevée pour l'amplitude en rotation interne (1,3), un effet faible pour l'amplitude en rotation externe (0,3), en force en rotation interne (0,2) et en force en rotation externe, la taille est élevée (0,9). Néanmoins le groupe expérimental a eu une amélioration significative en comparant avant et après intervention, concernant l'angle et la force en rotation externe. Le groupe contrôle s'est également amélioré exclusivement sur le paramètre de force en rotation interne.

Certains facteurs ont pu influencer les résultats obtenus. Notamment l'entraînement rugby et de préparation physique ont pu contribuer aux résultats obtenus. Pour les gains d'amplitude articulaire et de force en rotation externe pour le groupe expérimental, des exercices durant l'échauffement comme des rotations externes à l'élastique, des mouvements de déverrouillage articulaire, des mouvements au dessus de la tête demandant plus ou moins une rotation externe de l'articulation gléno-humérale accompagnés de l'articulation scapulo thoracique, ont pu influencer les résultats. Les gains de force en rotation interne pour le groupe contrôle peuvent s'expliquer par des besoins de force et

d'amplitude, lors des seconds tirages pour les mouvements d'haltérophilie intégrés au service de la préparation physique (Maurelli & al., 2015), sans retirer l'intervention du complexe de l'épaule dans tous les gestes spécifiques à la discipline sportive.

## **5.2 - Application terrain**

Si chacune des composantes de la mobilité était travaillée de manière isolée, les paramètres de l'entraînement (temps de travail, séries, intentions du mouvement...) choisis pour ce type de travail concentrique semble cohérent. Les prochains paragraphes restent des hypothèses basées sur des références scientifiques permettant d'ouvrir à la discussion et à la possibilité d'amélioration de l'entraînement de la mobilité. Les références citées sont basées sur des protocoles destinés à répondre à une problématique appropriée. Bompa & Buzzichelli. (2020), montrent que l'entraînement doit suivre une spécificité pour obtenir les résultats souhaités. Effectuer une relation directe entre l'entraînement de la force maximale et de la mobilité ou de la souplesse, ne serait pas adapté à l'essence même de ce mémoire. Il est tout de même possible de s'inspirer des protocoles de souplesse et force/ hypertrophie pour faire un parallèle avec le protocole de mobilité de ce mémoire.

D'après la revue Hadjidj & Ousmail. (2018) pour l'entraînement de la souplesse, les résultats décrits sont cohérents avec le temps sous tension passé dans le protocole (30s), avec un temps minimum de 10s et un temps maximum de 45s proposé dans l'étude, sans dépasser le seuil de douleur. Ces résultats rejoignent l'étude de Bandy & al. (1994), mesurant les gains des étirements durant six semaines des ischios-jambier avec un temps sous tension de 30s à 60s comparé à un groupe sans entraînement. Plus spécifiquement au contexte de ce mémoire, l'étude Tahran & al. (2020) a obtenu des gains d'amplitude articulaire chez deux groupes d'individus, en comparant deux types d'étirements de l'articulation gléno-humérale en rotation interne durant un protocole de quatre semaines. Les travaux de Prévost soutiennent indirectement les arguments de ce mémoire et des études présentées ci-dessus, car il serait nécessaire d'atteindre une position maximale de maintien de 30s à 1 min 30 pour obtenir des effets d'allongement pour le tissu conjonctif. Selon Starrett en 2013, un temps de travail de 10 à 15 min est suffisant pour obtenir des gains chroniques en mobilité à condition que ce travail soit réalisé régulièrement sur les articulations ciblées, ce qui rejoint le protocole se concentrant exclusivement sur l'articulation gléno-humérale en rotation interne et externe.

Pour l'entraînement de la force, French (2020) montre une multitude d'adaptations neurales et structurelles suite à l'entraînement en résistance. Pour obtenir des premières adaptations des systèmes nerveux, musculaire, conjonctif, endocrinien et cardiovasculaire, ces systèmes ont besoin d'une période d'entraînement de une à quatre semaines d'entraînement (cf annexe 23). Selon les différents types de force et hypertrophie le temps sous tensions varie fortement. Bolliet (2013) propose un temps sous tension de 20s à 40s seconde pour l'hypertrophie fonctionnelle avec un nombre de répétitions de 6 à 8, ce qui se rapproche au plus des temps sous tension du protocole. Ce concept d'hypertrophie fonctionnelle est en étroite relation avec la mode d'entraînement nommé adaptation anatomique (Bompa & Buzzichelli., 2020). Cette méthode a pour but d'améliorer la prolifération du tissu conjonctif à partir d'un temps sous tension situé entre 30s à 70s. Cependant, les auteurs préconisent de prioriser le tempo excentrique de 3s à 5s pour cette méthode sur de grande amplitude.

Concernant la fréquence, le protocole expérimental devait être réalisé deux fois par semaine. Cette fréquence se base sur l'étude de Zaroni & al. (2019) à partir d'une comparaison d'un groupe entraînant un muscle une fois par semaine et un groupe s'entraînant en full body cinq fois par semaine. Les résultats obtenus sont des gains significatifs de la masse musculaire pour le groupe full body mais sans différence de gains en force maximal entre les deux groupes.

Une stimulation des tissus deux fois par semaine semble idéale à partir des délais de récupération d'environ 72h de la synthèse du collagène proposé par Schleip & Baker. (2020) (cf annexe 24). Ce qui rejoint les délais de récupération par Zatsiorsky & Kraemer (2021), proposant un temps de travail pour trois temps de récupération, une stimulation pour 72h de récupération sur les tissus entraînés. Cette alternance travail et récupération suit le principe de surcharge progressive à partir de la règle de l'adaptation (Bompa & Buzzichelli., 2020).

Néanmoins il est nécessaire de s'interroger sur la difficulté des séances du protocole pour obtenir ce pic de synthèse du collagène car il n'y a eu aucun suivi à ce sujet concernant l'intensité. Durant les consignes données au sujet, il devait effectuer une intention de gagner en amplitude articulaire en "forçant" la rotation durant une à deux secondes, sans déclencher quelconque douleur. Ce qui correspond à l'ampleur de la tension (cf annexe 25) qui est la combinaison du temps sous tension et de l'intention du mouvement (Morgan & al., 2019), il

est possible de gagner en force et en masse musculaire avec une intention du mouvement. L'étude de González-Badillo & al en 2014 a étudié la comparaison de deux groupes au développé couché dont un groupe effectué ces mouvements à vitesse maximale et l'autre groupe à la moitié de la vitesse. Les résultats montrent des gains de force supérieurs chez le groupe ayant déplacé sa charge avec une intention de vitesse maximale. Même si le contexte de ces études reste loin du protocole proposé, le concept "esprit-muscle" issu de la culture bodybuilding permet d'activer davantage un muscle plutôt qu'un autre, si une intention et focalisation lui est attribué. Calatayud & al en 2016 ont obtenu pour résultats des activations significativement plus élevées entre un groupe focalisé triceps et un groupe focalisé pectoraux au développé couché comparé à un groupe contrôle sans focalisation. Cependant aucune différence significative a été relevée sur la focalisation triceps ou pectoraux, lorsque les charges ont passé la barre de 60% de la répétition maximale. D'après ces études nous pouvons en déduire qu'il faudrait se focaliser sur l'intention de gagner en rotation articulaire pour potentiellement améliorer sa mobilité.

L'ensemble de ces données montrent que le protocole expérimental respecte les principes de l'entraînement de la souplesse et de la force. Même si tout cela reste bien entendu des hypothèses, certaines limites de l'étude ne sont pas tout de même à exclure.

### **5.3 - Limites**

Durant les six semaines d'intervention, certains imprévus sont survenus. Comme l'intervention fut réalisée sur une population jeune et dépendante des parents, au niveau des moyens de locomotion, les sujets de l'étude arrivaient fréquemment après le protocole ou tout simplement ils étaient dans l'impossibilité de se déplacer. Suite à un suivi des présences, douze séances auraient dû initialement être réalisées mais uniquement en moyenne  $5 \pm 2$  séances ont été réellement faites par chaque sujet.

Les efforts exclusivement concentriques ne sont probablement pas idéal pour le travail de mobilité. L'objectif du travail de mobilité en préparation physique, plus précisément dans la mitigation du risque de blessure, c'est d'augmenter la capacité des tissus à être fort dans de plus grande amplitude. Si l'imprévu survient, une extrême extension et abduction de l'épaule par exemple, l'athlète s'étant préparé et entraîné à ce type de contrainte, la blessure sera potentiellement moindre. Ce type de travail proposé dans le protocole de ce mémoire se retrouve loin des contraintes rencontrées sur le terrain en termes

de régime de contraction et de vitesse d'exécution. En dehors du contexte de ce protocole, Cometti (2005) montre que le régime de contraction exclusivement concentrique ne permet pas d'obtenir les meilleurs gains d'hypertrophie, contrairement à la combinaison égale du régime concentrique et excentrique. Pour le travail de la mobilité, il serait peut-être intéressant de combiner plusieurs régimes de contractions au sein de la même série ou séance comme peut le suggérer Cometti. O'Sullivan & al., (2012) montrent à travers leur revue systématique, à partir de six études, des amplitudes de mouvement améliorées avec des protocoles d'entraînements excentriques chez des personnes non pathologiques. Certaines études comparent l'entraînement en étirement passif et excentrique, sans différences significatives entre les deux groupes. Au sujet de la réhabilitation, le régime de contraction excentrique est bien souvent utilisé pour la synthèse de collagène, afin d'améliorer l'alignement des fibres et d'améliorer la résistance à l'étirement, lors de la phase de cicatrisation remodelage dans le cadre de tendinopathie (Lagniaux., 2013). Stanish & al. (1986) sont les précurseurs à démocratiser ce type de prise en charge pour les tendinopathies d'achille. Ce travail excentrique est sous maximale et dans un premier temps à vitesse lente, puis les modalités évoluent selon les capacités de l'individu à l'instant présent. L'objectif du travail excentrique est d'augmenter le seuil lésionnel (cf annexe 26) (Quinio., 2012). Le régime excentrique permet de travailler davantage le contrôle moteur que d'autres contractions musculaires. Lepley & al en 2017 montrent que l'exercice excentrique améliore l'excitabilité corticale en utilisant des mécanismes neuronaux uniques par rapport au régime concentrique et isométrique. L'excentrique permet des niveaux plus importants d'excitabilité corticale, pour compenser l'inhibition au niveau spinal, ce qui permet d'améliorer les déficits de contrôle moteur.

Évoquée précédemment, l'intensité de l'entraînement n'a pas été prise en compte. L'intensité peut être mesurée à partir d'un pourcentage de charges par rapport à la charge maximale soulevée une fois, en cotation d'une perception de l'effort ou d'un nombre de répétition en réserve à l'échec (Schoenfeld., 2019 ; Bompa & Buzzichelli., 2020). Morgan & al en 2019, préconisent une perception de l'effort à partir de l'échelle de Borg (1970), pour la force et l'hypertrophie. Cette perception de l'effort est située entre 5 et 10 pour avoir des adaptations positives de ces qualités. D'un point de vue planification de l'entraînement et programmation de séance de mobilité, la prise en compte de la variable intensité est pertinente dans la charge de l'entraînement.

L'équation de la mobilité de Spina en 2021, comprend la souplesse, force et contrôle moteur. La composante du contrôle moteur durant cette étude n'a pas été évaluée. D'après Hess en 1943, le contrôle moteur correspond à l'interaction permanente du sujet, l'environnement et la tâche à accomplir. A partir de critère quantitatif des capacités du sujet, dans un environnement standardisé, il aurait été possible d'évaluer une tâche donnée. Cette tâche évaluée pourrait être un geste technique comprenant les membres supérieurs liés à la discipline du rugby et/ou à un mouvement spécifique de musculation (développé vertical, rotation externe à l'élastique...). Cette idée d'évaluation ajoute de nouvelles limites car il n'existe pas de mouvement qui isole uniquement l'articulation de scapulo-humérale au rugby mais plutôt des chaînes musculaires (Myers., 2001). Le contrôle moteur comprend une réception et un traitement de l'information sous contrainte temporelle (relation entre vitesse et précision cognitive mais aussi motrice). Une partie de contrôle moteur serait mesurable sans matériel par des paramètres observables à l'œil en excluant les paramètres non observables.

Les travaux de Bernstein (1983), au sujet du contrôle moteur montre qu'il est compliqué pour le système nerveux central d'un débutant de contrôler chaque unité motrice en même temps et en permanence durant une action donnée. Il y aurait comme un mécanisme inhibiteur ou mécanisme de simplification de la tâche, réduisant les degrés de liberté de coordination des différents systèmes. La capacité d'un individu à contrôler plusieurs variables simultanément est un signe d'expertise. Selon Bernstein, un gel de rigidification serait présent chez les non-experts de la tâche pour limiter les degré d'amplitude du mouvement et simplifier la difficulté de la tâche. Avec la répétition, ces degrés se libèrent pour parfaire le mouvement. La répétition serait l'une des clés du contrôle moteur, Vereijken & al., (1992) montrent des gains d'amplitude de mouvement chez cinq sujets à partir d'un simulateur de ski avec la répétition des essais sur le simulateur. Les études de Bernstein et de Vereijken montrent que le travail de contrôle moteur permet d'augmenter l'amplitude de mouvement sur une tâche spécifique. Indirectement le contrôle moteur a été évalué via l'amplitude articulaire mais pas sur une tâche spécifique liée à la discipline du rugby.

## **VI - Conclusion**

En reprenant la problématique citée dans l'introduction, il est mis en évidence que la réponse obtenue ne peut être que partielle. D'un côté les résultats obtenus ne sont pas significatifs et d'un autre côté le protocole n'a pas été effectué dans son intégralité. Le protocole de mobilité suivait les principes généraux du développement de la souplesse et de la force avec une influence du contrôle moteur (avec les répétitions des séances).

La mobilité reste à explorer par la littérature scientifique, pour définir concrètement ce qu'est la mobilité et intégrer toutes ses composantes car pour le moment la mobilité est surtout étudiée partiellement. Davantage de recherches sont nécessaires pour qu'une méthodologie de l'entraînement de la mobilité soit valide. Une fois un consensus établi concernant la définition et l'entraînement de la mobilité, il sera possible d'étudier sa chronicité dans le temps.

Si des résultats s'avèrent concluants cela permettrait aux entraîneurs et préparateurs physiques d'envisager des perspectives dans de nouvelles méthodes d'optimisation de la performance. Notamment l'étude Guillot & al en 2019, mettent en avant la nécessité d'étudier plus profondément le sujet, afin de déterminer si la mobilité a un impact sur la force ou non.

En dehors du cadre de ce mémoire, plusieurs études montrent que les blessures touchent la plupart du temps le fascia. Dans une optique de mitiger le risque de blessure ou pour une réathlétisation, le travail de mobilité comme évoqué durant ce mémoire pourrait être pertinent.

La revue de littérature de ce mémoire nous permet de comprendre et connaître les besoins de mobilité pour ce type de public et son importance par une analyse de l'activité et en définissant ce qu'est la mobilité. Ce travail semble aussi intéressant dans le cas des athlètes de l'IRIS ne travaillant pas la mobilité mais travaillant chacune des composantes de la mobilité isolément. Même si les joueurs n'avaient pas de problématiques en particulier aux épaules, le protocole de six semaines de mobilité aurait pu contribuer à leurs performances sportives d'une certaine manière, à condition qu'il y ait une significativité dans les résultats.

# Références bibliographiques

Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. (2007). Acute First-Time Hamstring Strains during High-Speed Running. *The American Journal of Sports Medicine*, **35**(2), 197-206. DOI: [10.1177/0363546506294679](https://doi.org/10.1177/0363546506294679).

Angulus : Mesure des angles sur les images / vidéos, 2020. <https://apkgk.com/fr/com> [consulté le 07/01/2023].

Bandy, W., & Irion, J. M. (1994). The Effect of Time on Static Stretch on the Flexibility of the Hamstring Muscles. *Physical therapy*, **74**(9), <https://doi.org/10.1093/ptj/74.9.845>.

Behara, B., Bert JH. (2017). Acute Effects of Deep Tissue Foam Rolling and Dynamic Stretching on Muscular Strength, Power, and Flexibility in Division I Linemen. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **31**(4), 888-892. DOI: [10.1519/JSC.0000000000001051](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001051).

Bernstein, N. A. (1984). *Human Motor Actions : Bernstein Reassessed*. Angleterre : édition Elsevier Science.

Bolliet, O. (2013). *Approche moderne du développement de la force*. Paris : éditions 4 Trainer.

Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2020). *Périodisation : Théorie et méthodologie de l'entraînement*. Paris : éditions 4Trainer.

Borg, G., (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*, **2**(2), 92-98. doi : [10.2340/1650197719702239298](https://doi.org/10.2340/1650197719702239298).

Boroni, B., Myers, T. (2020). A Review of the Theoretical Fascial Models : Biotensegrity, Fascintegrity, and Myofascial Chains. *Cureus*, [10.7759/cureus.7092](https://doi.org/10.7759/cureus.7092). DOI: [10.7759/cureus.7092](https://doi.org/10.7759/cureus.7092).

Bray, A. (1990). *Theory & Practice of Force Measurement*. Angleterre : éditions Academic.

Broussal Derval, A. (2018). *L'art du mouvement*. Paris : éditions 4Trainer.

Cahill, N., Lamb, K., Worsfold, P., Headey, R. & Murray, S. (2013). The movement characteristics of English Premiership rugby union players. *Journal of Sports Sciences*, **31(3)**, 229-237. DOI: [10.1080/02640414.2012.727456](https://doi.org/10.1080/02640414.2012.727456).

Calatayud, J., Vinstrup, J., Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Brandt, M., Jay, K., Colado, J. C., & Andersen, L. B. (2016). Importance of mind-muscle connection during progressive resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, **116(3)**, 527-533. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3305-7>.

Centre national de la recherche scientifique., Centre national de ressources textuelles et lexicales, 2005. <https://www.cnrtl.fr/definition/mobile> [consulté le 07/01/2023].

Chaitow, L., (2009). Research in water and fascia. Micro-tornadoes, hydrogenated diamonds & nanocrystals. *Massage Today*.

Cheatham, SW., Kolber, MJ., Cain, M., Lee, M., (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance : a systematic review. *International Journal Sports Physical Therapy*, **10(6)**: 827–838. <https://europepmc.org/article/med/26618062>.

Clergue, D., *Tenségrité*, 2020. <https://tiandi.fr/tensegrite/> [consulté le 30/11/2022].

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd Edition) (2e éd.). Angleterre : éditions Routledge.

Cometti, G., Les méthodes de développement de la force, 2005. <https://les-methodes-de-developpement-de-la-force.pdf> [consulté le 27/04/2023].

*Contrôle moteur*. <http://stapscrew.free.fr/Controlemoteur.htm> [consulté le 15/12/2021].

Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014). Functional movement screening : The use of fundamental movements as an assessment of function. *International Journal of Sports Physical Therapy*, **9(3)**, 396-409. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

Cook, G., Manolova, A. V. & Debraux, P. (2017). *Un corps athlétique équilibré*. Paris : éditions 4Trainer.

Cunningham, D., Shearer, D. A., Drawer, S., Eager, R., Taylor, N., Cook, C. & Kilduff, L. P. (2016). Movement Demands of Elite U20 International Rugby Union Players. <https://journals.plos.org/plosone/article>.

Darby, Ian A., & al. « The Myofibroblast, a Key Cell in Normal and Pathological Tissue Repair ». *Cellular and Molecular Life Sciences*, vol. 73, n° 6, mars 2016, p. 1145-57. DOI: [10.1007/s00018-015-2110-0](https://doi.org/10.1007/s00018-015-2110-0).

Delaplace, R. (1979). *Rugby de mouvement, rugby total*. Paris : éditions EPS.

Derwin, K. A., Galatz, L. M., Ratcliffe, A. & Thomopoulos, S. (2018). Enthesis Repair. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **100(16)**, e109. DOI: [10.2106/JBJS.18.00200](https://doi.org/10.2106/JBJS.18.00200).

Dovan, M-L., *Créer des changements durables dans la façon dont vos clients bougent*, 2021. <https://rehab-u.com/fr/mobility-ebook/> [consulté le 15/11/2022].

Dovan, M-L., *Positions fonctionnelles de l'épaule que vous devez maîtriser*, 2021. <https://rehab-u.com/fr/> [consulté le 15/11/2022].

Dubois, R. (2017). Effets de la charge de travail sur la performance et les caractéristiques physiologiques de rugbymen professionnels. Etude longitudinale. Thèse de doctorat non publiée, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Tarbes.

Dufour, M. & Pillu, M. (2007). *Biomécanique fonctionnelle : Membres - Tête - Tronc*. Paris : éditions ELSEVIER-MASSON.

El-Labban, N. G., Hopper, C., Barber, P. (1993). Ultrastructural finding of vascular degeneration in myositis ossificans circumscripta (fibrodysplasia ossificans). *Journal of oral pathology and medicine*, **22(9)**, 428-31. DOI: [10.1111/j.1600-0714.1993.tb00136.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0714.1993.tb00136.x).

Faruch-Bilfeld., M. (2021). *MUSCLES ET FASCIAS*. Montpellier : de Sauramps Medical.

Franck, C., *La mobilité et son développement*, 2022. <https://la-mobilite> [consulté le 4 novembre 2022].

Franck, C., *La préparation physique : performances, prévention et récupération. e-sporting-coach*. <https://e-s-c.fr/preparation-physique.php> [consulté le 22 décembre 2022].

Frederick, A., C (2018). *Stretch to win*. Paris : éditions 4Trainer.

Freeman, M. A. R., Barry, W. (2005). Articular Reflexes at the Ankle Joint: An Electromyographic Study of Normal and Abnormal Influences of Ankle-Joint Mechanoreceptors upon Reflex Activity in the Leg Muscles. *British Journal of Surgery*, vol. 54, n° 12, décembre 2005, p. 990-1001. DOI: [10.1002/bjs.1800541204](https://doi.org/10.1002/bjs.1800541204).

Gauthier, J., Gelabert, A., Reiss, D. & Panse, B. L. (2022). *L'incontournable de l'anatomie : comprendre le mouvement et le fonctionnement du corps par la physiologie*. Paris : éditions Amphora.

Garçon, T., *Revue et mise à jour des différentes techniques de prise en charge des douleurs sous-acromiales de l'épaule*, 2021. [www.neuroxtrain.com/article](http://www.neuroxtrain.com/article) [consulté le 03/11/2021].

González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, **14**(8), 772-781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>.

Gharisia, O., Lohman, E., Daher, N., Eldridge, A., Shallan, A., & Jaber, H. (2021). Effect of a novel stretching technique on shoulder range of motion in overhead athletes with glenohumeral internal rotation deficits : a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **22**(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04292-8>.

Guillot, A., Kerautret, Y., Queyrel, F., Schobb, W., DI Rienzo, F. (2019). Foam Rolling and Joint Distraction with Elastic Band Training Performed for 5-7 Weeks Respectively Improve Lower Limb Flexibility. *Journal of Sports Science and Medicine*, **18**(1), 160–171. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov>.

Hadjidj, M., Ousmail, M. (2018). Entraînement de la souplesse et exercices d'étirements au cours de saison sportive. *Revue Sciences et Pratiques des Activités Physiques Sportives et Artistiques*. <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/261/7/2/51115>.

Haff, G., Triplett, T. (2020). *L'encyclopédie de la préparation physique*. Paris : éditions 4Trainer.

Halder, A. M., Itoi, E. & An, K. N. (2000). ANATOMY AND BIOMECHANICS OF THE SHOULDER. *Orthopedic Clinics of North America*, **31**(2), 159-176. DOI: [10.1016/s0030-5898\(05\)70138-3](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(05)70138-3).

Herrero, D. (2007). *Dictionnaire amoureux du Rugby*. Paris : éditions Plon.

Inman, V.T., Saunders, M., Abbott, J.B., Leroy, C. « Observations on the function of the shoulder joint ». *The Journal of Bone & Joint Surgery* : January 1944 - Volume 26 - Issue 1 - p 1-30. <https://journals.lww.com/jbjsjournal/>.

Huijing, P. A., Yaman, A., Ozturk, C. & Yucesoy, C. A. (2011). Effects of knee joint angle on global and local strains within human triceps surae muscle : MRI analysis indicating in vivo myofascial force transmission between synergistic muscles. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **33(10)**, 869-879. DOI: [10.1007/s00276-011-0863-1](https://doi.org/10.1007/s00276-011-0863-1).

Karamanou, K., Perrot, G., Maquart, F. X. & Brézillon, S. (2018). Lumican as a multivalent effector in wound healing. *Advanced Drug Delivery Reviews*, **129**, 344-351. <https://europepmc.org/article/med/29501701>.

Karduna, Andrew R., & al. « Kinematics of the Glenohumeral Joint: Influences of Muscle Forces, Ligamentous Constraints, and Articular Geometry ». *Journal of Orthopaedic Research*, vol. 14, n° 6, novembre 1996, p. 986-93. DOI: [10.1002/jor.1100140620](https://doi.org/10.1002/jor.1100140620).

Konrad, A. & Tilp, M. (2014). Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures. *Clinical Biomechanics*, **29(6)**, 636-642. DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2014.04.013](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.04.013).

Krantz, N. (2019). *La préparation physique rugby, le développement de la vitesse*. Paris : éditions 4Trainer.

Halder, A. M., Itoi, E. & An, K. N. (2000). ANATOMY AND BIOMECHANICS OF THE SHOULDER. *Orthopedic Clinics of North America*, **31(2)**, 159-176. DOI: [10.1016/s0030-5898\(05\)70138-3](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(05)70138-3).

Lagniaux, F. (2013). Travail excentrique et tendinopathies : exemple des protocoles de Stanish et Alfredson. *Maison des kinés*. <https://www.maisondeskines.com>.

Labriola, J. E., Lee, T. Q., Debski, R. E. & McMahon, P. J. (2005). Stability and instability of the glenohumeral joint : The role of shoulder muscles. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **14(1)**, S32-S38. DOI: [10.1016/j.jse.2004.09.014](https://doi.org/10.1016/j.jse.2004.09.014).

Lacome, M., Piscione, J., Hager, J. P. & Carling, C. (2016). Fluctuations in running and skill-related performance in elite rugby union match-play. *European Journal of Sport Science*, **17**(2), 132-143. DOI: [10.1080/17461391.2016.1220986](https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1220986).

Lemoine, P., Bureau, J. (2019). *Le grand livre du Rugby*. Paris : éditions Hachette.

Lepley, L. K., Lepley, A. S., Onate, J. A., & Grooms, D. R. (2017). Eccentric Exercise to Enhance Neuromuscular Control. *Sports Health : A Multidisciplinary Approach*, **9**(4), 333-340. <https://doi.org/10.1177/1941738117710913>.

Lephart, S. M., Warner, J. J., Borsa, P. A. & Fu, F. H. (1994). Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **3**(6), 371-380. DOI: [10.1016/S1058-2746\(09\)80022-0](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(09)80022-0).

Lugo, Roberto, & al. « Shoulder Biomechanics ». *European Journal of Radiology*, vol. 68, n° 1, octobre 2008, p. 16-24. DOI: [10.1016/j.ejrad.2008.02.051](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2008.02.051).

Maurelli, O., Parietti, B., & Vouillot, M. (2015). *L'haltérophilie au service de la préparation physique et de la performance sport : Principes fondamentaux et applications pratiques*. Paris : éditions amphora.

Morin, S, *La souplesse et l'étirement*, 2022 <https://vimeo.com/741470985> [consulté le 19/11/2022].

Morgan, A., Valdez, A., & Helms, E. (2019). *The Muscle and Strength Pyramid : Training*. Anglais : Independently published.

Myers, T. (2001). *Anatomy Trains : Les méridiens myofasciaux en thérapie manuelle*. Paris : éditions Elsevier Masson.

Myrick, K. M., Voss, A., Feinn, R. S., Martin, T., Mele, B. M. & Garbalosa, J. C. (2019). Effects of season long participation on ACL volume in female intercollegiate soccer athletes. *Journal of Experimental Orthopaedics*, **6**(1). DOI: [10.1186/s40634-019-0182-8](https://doi.org/10.1186/s40634-019-0182-8).

Neuberger, A. & Slack, H. G. B. (1953). The metabolism of collagen from liver, bone, skin and tendon in the normal rat. *Biochemical Journal*, **53**(1), 47-52. DOI: [10.1042/bj0530047](https://doi.org/10.1042/bj0530047).

O'Sullivan, K., McAuliffe, S. P., & DeBurca, N. (2012b). The effects of eccentric training on lower limb flexibility : a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 46(12), 838-845. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090835>.

Passport.world.rugby, 2020. <https://passport.world.rugby/fr/> [consulté le 02/05/2022].

Patel, S., Caldwell, J., Doty, S. B., Levine, W. N., Rodeo, S., Soslowky, L. J., Thomopoulos, S. & Lu, H. H. (2018). Integrating soft and hard tissues via interface tissue engineering. *Journal of Orthopaedic Research*, 36(4), 1069-1077. DOI: [10.1002/jor.23810](https://doi.org/10.1002/jor.23810).

Peduto, L. *Quand la cicatrisation évolue en fibrose*, 2013. Institut Pasteur [consulté le 02/10/2022].

Prévost, P. La souplesse. <http://prevost.pascal.free.fr/public/pdf/Souplesse.pdf> [12/01/2022].

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A.-S., McNamara, J. O., & al. (2007). *Les motoneurones et le contrôle moteur*. Paris : éditions de Boeck Université.

Quinio, M. (2012). LE TRAVAIL MUSCULAIRE EXCENTRIQUE DANS LA PRISE EN CHARGE DE PATIENTS ATTEINTS DE TENDINOPATHIES PATELLAIRES OU ACHILLÉENNES. *Institut de formation régional aux métiers de la rééducation et réadaptation*. <https://kinedoc.org/work/kinedoc/.pdf>.

Reiss, D., Pourcelot, C., Cavern, F. (2023). *Le manuel ultime de la musculation*. Paris éditions Amphora.

Renström, Per., Robert., J. « Overuse Injuries in Sports A Review »: *Sports Medicine*, vol. 2, n° 5, 1985, p. 316-33. DOI: [10.2165/00007256-198502050-00002](https://doi.org/10.2165/00007256-198502050-00002).

Roberts, S. P., Trewartha, G., Higgitt, R. J., El-Abd, J. & Stokes, K. A. (2008). The physical demands of elite English rugby union. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 825-833. DOI: [10.1080/02640410801942122](https://doi.org/10.1080/02640410801942122).

Roquefere, P-Y. (2017). *Coach 3.0*. Paris: éditions Amphora.

Salles, J. I., Velasques, B., Cossich, V., Nicoliche, E., Ribeiro, P., Amaral, M. V. & Motta, G. (2015). Strength Training and Shoulder Proprioception. *Journal of Athletic Training*, 50(3), 277-280. DOI: [10.4085/1062-6050-49.3.84](https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.84).

- Scarr, G. (2015). *Biotenségrité : La base structurelle de la vie*. Vannes : éditions SULLY.
- Schleip, R., Baker, A. (2020). *Fascia & sports*. Paris : éditions TITA.
- Schleip, R. & Müller, D. G. (2013). Training principles for fascial connective tissues : Scientific foundation and suggested practical applications. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, **17(1)**, 103-115. DOI: [10.1016/j.jbmt.2012.06.007](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.06.007).
- Schoenfeld, B. (2019). *Science and Development of Muscle Hypertrophy*. Human Kinetics Publishers.
- Schultz, L R., Feitis, R. D., Salles, D. & Thompson, R. (2013). *The Endless Web : Fascial Anatomy and Physical Reality* (1<sup>re</sup> éd.). Etats-Unis : éditions North Atlantic Books.
- Sensini, A., Massafra, G., Gotti, C., Zucchelli, A. & Cristofolini, L. (2021). Tissue Engineering for the Insertions of Tendons and Ligaments : An Overview of Electrospun Biomaterials and Structures. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **9**. DOI : [10.3389/fbioe.2021.645544](https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.645544).
- Sherrington, C. S. (1906). *The Integrative Action of the Nervous System*. Etats-Unis : éditions Charles Scribner's Sons.
- Spina, A. *Functional Range System*, 2021. <https://functionalanatomyseminars.com> [consulté le 02/05/2022].
- Stanish, W. D., Rubinovich, R., & Curwin, S. (1986). Eccentric Exercise in Chronic Tendinitis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **208(0)**, 65-68. <https://doi.org/10.1097/00003086-198607000-00014>.
- Starrett, K. (2018). *Becoming supple leopard*. Paris : éditions 4Trainer.
- Stecco, C., Gagey, O., Bellonic, A., Pozzuolia, A., Porzionato, A., Macchic, V., Aldegheria, R., De Caroc, R., Delmasb, V. (2007). *Anatomy of the deep fascia of the upper limb*. Second part: study of innervation. Paris : éditions Elsevier.
- Stecco, C., Richard, A. & Delmas, V. (2020). *Atlas fonctionnel du système fascial humain*. Paris : éditions TITA.

Tahran, Ö., & Yeşilyaprak, S. S. (2020). Effects of Modified Posterior Shoulder Stretching Exercises on Shoulder Mobility, Pain, and Dysfunction in Patients With Subacromial Impingement Syndrome. *Sports Health : A Multidisciplinary Approach*, **12**(2), 139-148. <https://doi.org/10.1177/1941738119900532>.

Tomasek, J. J., Gabbiani, G., Hinz, B., Chaponnier, C. & Brown, R. A. (2002b). Myofibroblasts and mechano-regulation of connective tissue remodelling. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, **3**(5), 349-363. DOI: [10.1038/nrm809](https://doi.org/10.1038/nrm809).

Tschumperlin, D. J. (2011). Mechanotransduction. *Comprehensive Physiology*, 1057-1073. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100016>.

Vereijken, B., Whiting, H. T. A., & Beek, W. (1992). A Dynamical Systems Approach to Skill Acquisition. *The Quarterly journal of experimental psychology*, **45**(2), 323-344. <https://doi.org/10.1080/14640749208401329>.

Virr, J.L., Game, A., Bell, G.J., & Syrotuik, D. (2014). Physiological demands of women's rugby union: time-motion analysis and heart rate response. *Journal of Sports Sciences*, **32**, 239-247. DOI: [10.1080/02640414.2013.823220](https://doi.org/10.1080/02640414.2013.823220).

Walch, A., Drion, S., Swan, J., Loursac, R., Servien, E. & Gunst, S. (2021). Le profil isocinétique des muscles rotateurs de l'épaule des joueurs de rugby professionnels ne varie pas en fonction de leur poste. *Journal de Traumatologie du Sport*, **38**(2), 73-77. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2021.02.005>.

Willard, F. H., Vleeming, A., Schuenke, M. D., Danneels, L. & Schleip, R. (2012). The thoracolumbar fascia : anatomy, function and clinical considerations. *Journal of Anatomy*, **221**(6), 507-536. DOI: [10.1111/j.1469-7580.2012.01511.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2012.01511.x).

Xiao, D., Liang, T., Zhuang, Z., He, R., Ren, J., Jiang, S., Zhu, L., Wang, K. & Shi, D. (2020). Lumican promotes joint fibrosis through TGF- $\beta$  signaling. *FEBS Open Bio*, **10**(11), 2478-2488. DOI: [10.1002/2211-5463.12974](https://doi.org/10.1002/2211-5463.12974).

Zaroni, R. S., Brigatto, F. A., Schoenfeld, B. J., Braz, T. V., Benvenuti, J. C., Germano, M. D., Marchetti, P. H., Aoki, M. S., & Lopes, C. R. (2019b). High Resistance-Training Frequency Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **33**(1), S140-S151. DOI : [10.1519/JSC.0000000000002643](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002643).

Zatsiorsky, V., Kraemer, W., Fry, C. (2021). *La force de la science au terrain*. Paris : éditions 4Trainer.

# Annexes

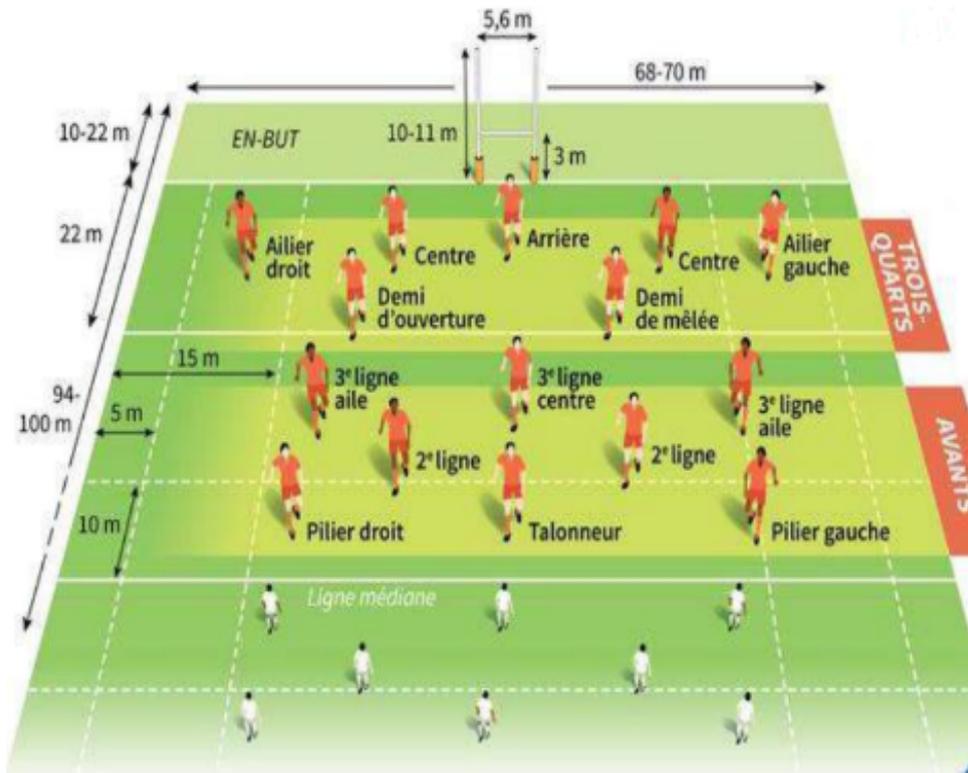
Annexe 1 : principales actions classées selon l'intensité au rugby (Virr & al., 2014).

Types d'effort classifiés en fonction de l'intensité physique associée.	
<b>Efforts de faible intensité</b>	
Debout/immobile	Joueur en position d'attente entre 2 séquences de jeux.
Marche	Déplacement à très faible intensité, avec au moins un appui au sol en permanence.
Jogging	Course lente sans hâte particulière, les bras restent proches du corps et n'oscillent presque pas.
<b>Efforts de course intensifs</b>	
Course à grandes foulées	Course «déterminée» avec une foulée allongée et un swing de bras plus actif, sans que cela corresponde à un effort maximal.
Sprint	Course à haute vitesse ou grande accélération, effort maximal.
<b>Efforts intensifs autres que les efforts de course</b>	
Ruck	Le ruck est une phase de jeu dans laquelle un ou plusieurs joueurs de chaque équipe, sur leurs pieds, physiquement au contact, entourent le ballon au sol. Il fait généralement suite à un plaquage ayant amené le joueur au sol. Il met fin à la situation de jeu courant.
Maul	Un maul commence lorsqu'un joueur portant le ballon est saisi par un ou plusieurs adversaires et qu'un ou plusieurs coéquipiers du porteur du ballon se lient à ce dernier. Un maul implique par conséquent au moins trois joueurs quand il commence, tous sur leurs pieds : le porteur du ballon et un joueur de chaque équipe.
Mêlées	Une mêlée ordonnée est formée dans le champ de jeu quand huit joueurs de chaque équipe (généralement les avants), liés entre eux sur trois lignes entrent en contact avec l'adversaire de façon à ce que les têtes des premières lignes soient imbriquées. Cela crée un tunnel dans lequel un demi de mêlée introduit le ballon afin que les joueurs de première ligne puissent lutter pour la possession du ballon en le talonnant avec l'un de leurs pieds.
Lift	L'action de lift correspond à l'action de soulever en l'air un autre joueur pour lui permettre de récupérer le ballon. Cette action sert notamment lors des phases de touche et de renvoi.
Plaquage	Il y a plaquage lorsqu'un joueur porteur du ballon est simultanément tenu par un ou plusieurs adversaires et mis au sol.
<b>Actions discrètes</b>	
Saut	Impulsion avec les deux pieds qui quittent le sol. Il permet notamment de récupérer le ballon après un coup de pied.
Coup de pied	Coup de pied donné dans le ballon comprenant les coups d'envoi, les pénalités, les drops et les coups de pied dans le jeu courant.

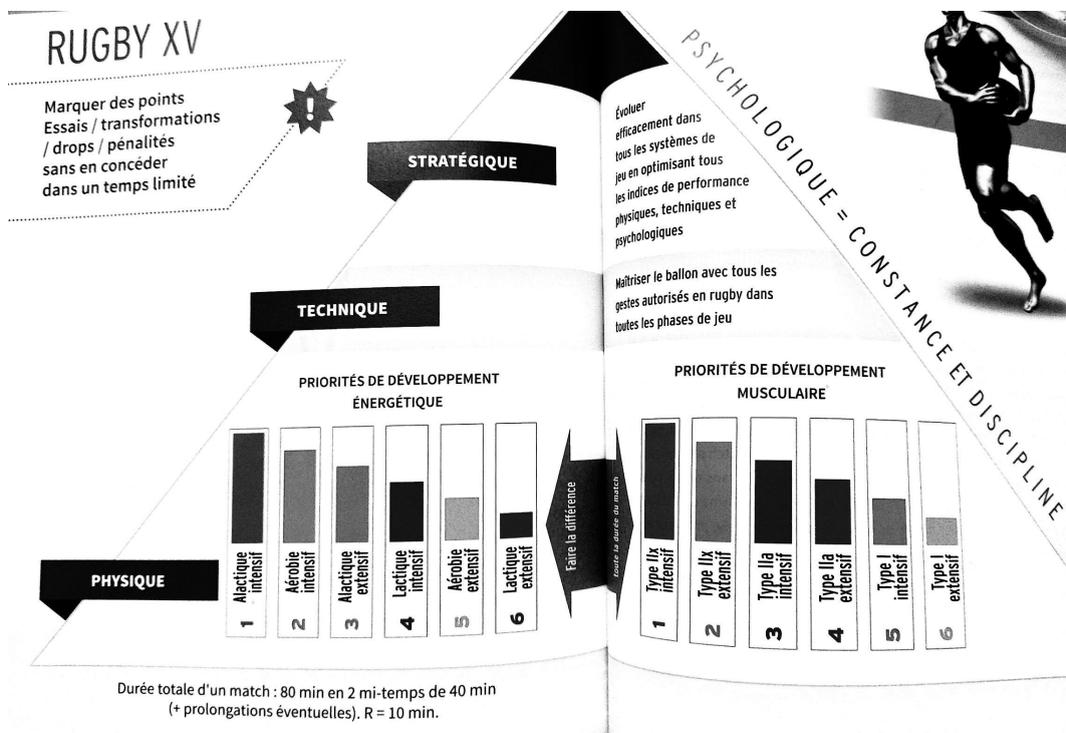
Annexe 2 : Différentes données en fonction des actions lors d'un match de rugby.

Actions	Arrières	Avants	Références
Distances parcourues (m)	4500 à 8000 m	4500 à 8000 m	Cunningham & al. (2016);
	+10%	X	Cahill & al. (2013)
Marche (%)	46%	35%	Roberts & al. (2008)
Course modérée (km.h-1)	6 et 14 km.h-1	6 et 14 km.h-1	Roberts & al. (2008)
Course vitesse élevée (km.h-1)	14 et 19 km.h-1	14 et 19 km.h-1	Cunningham & al. (2016)
	+ de distance	- de distance	
Vitesse maximale (km.h-1)	30.4 km.h-1	26.3 km.h-1	Cahill & al. (2013)
Sprint par match moyenne et distance (m)	23	16	Roberts & al. (2008)
	21 m	12 m	Cunningham & al. (2016)
Accélérations par match - moyenne - temps (s)	19	14	Cunningham & al. (2016)
	0.85 s	0.76 s	Lacome & al. (2014)
Effort de haute intensité - nombre - temps total	82	131	Roberts & al. (2008)
	2 min 57	3 min 11	
Alternance travail / récupération	1.5 à 1.6	1.4	Lacome & al. (2014)

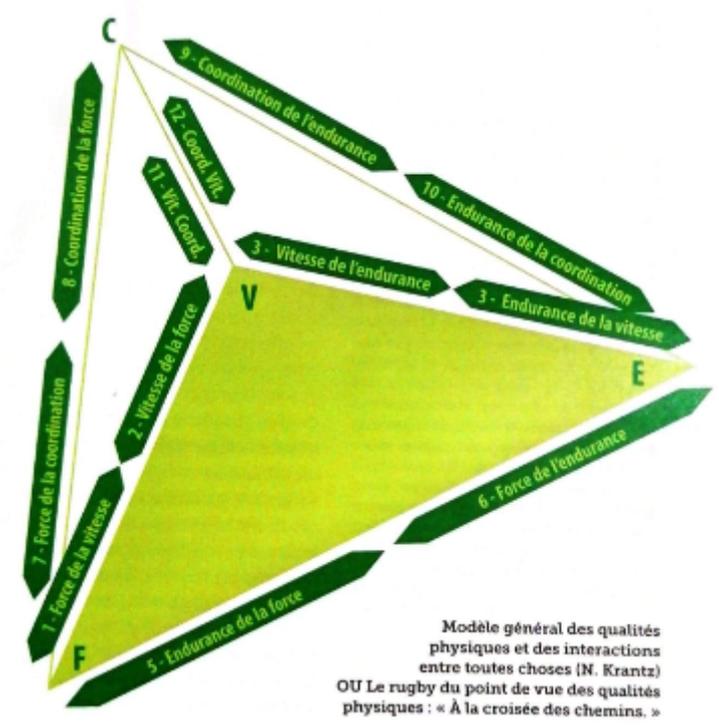
Annexe 3 : Les différents postes et placements des joueurs sur le terrain.



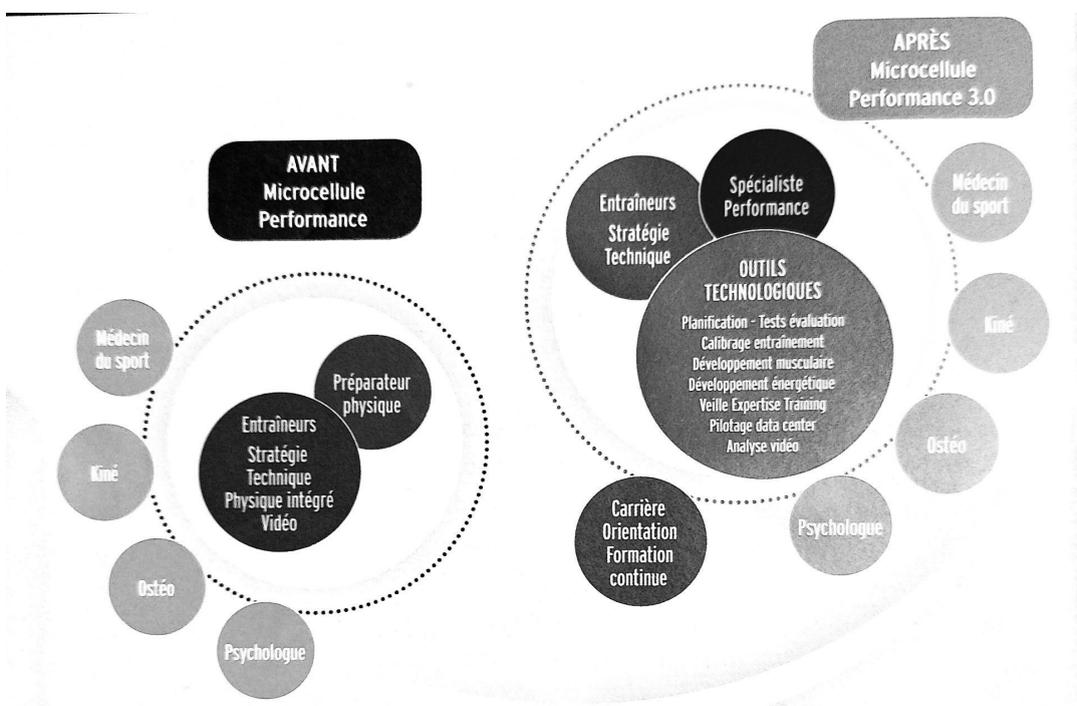
Annexe 4 : pyramide de performance au rugby XV (Roquefere., 2017).



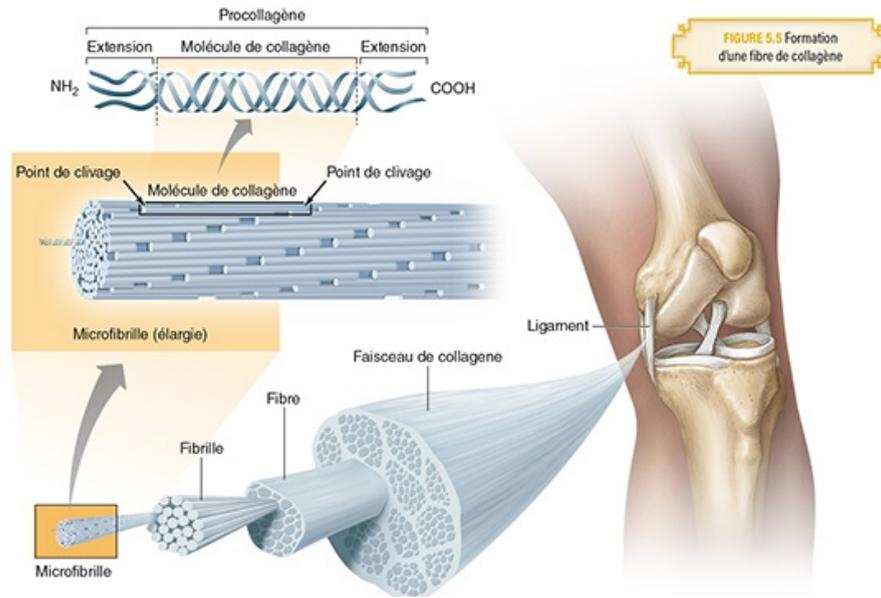
Annexe 5 : modèle général des qualités physique au rugby (Krantz., 2019).



Annexe 6 : évolution dans le temps de la microcellule de performance (Roquefere., 2017).



Annexe 7 : Représentation anatomique d'une fibre de collagène (French., 2020).



Annexe 8 : Les tissus contenant du collagène (Myers., 2001).

Type de tissu	Cellule	Type de fibre (protéines fibreuses insolubles)	Eléments interfibrillaires, substance fondamentale, protéines fixant l'eau
Os	Ostéocyte, ostéoblaste, ostéoclaste	Collagène	Remplacés par des sels minéraux, du carbonate de calcium, du phosphate de calcium
Cartilage	Chondrocyte	Collagène et élastine	Sulfate de chondroïtine
Ligament	Fibroblaste	Collagène (et élastine)	Quantité minimale de protéoglycanes entre les fibres
Tendon	Fibroblaste	Collagène	Quantité minimale de protéoglycanes entre les fibres
Aponévrose	Fibroblaste	Membrane de collagène	Quelques protéoglycanes
Graisse	Adipocyte	Collagène	Plus de protéoglycanes
Aréolaire lâche	Fibroblastes, globules blancs, adipocytes, mastocytes	Collagène et élastine	Beaucoup de protéoglycanes
Sang	Globules rouges et blancs	Fibrinogène	Plasma

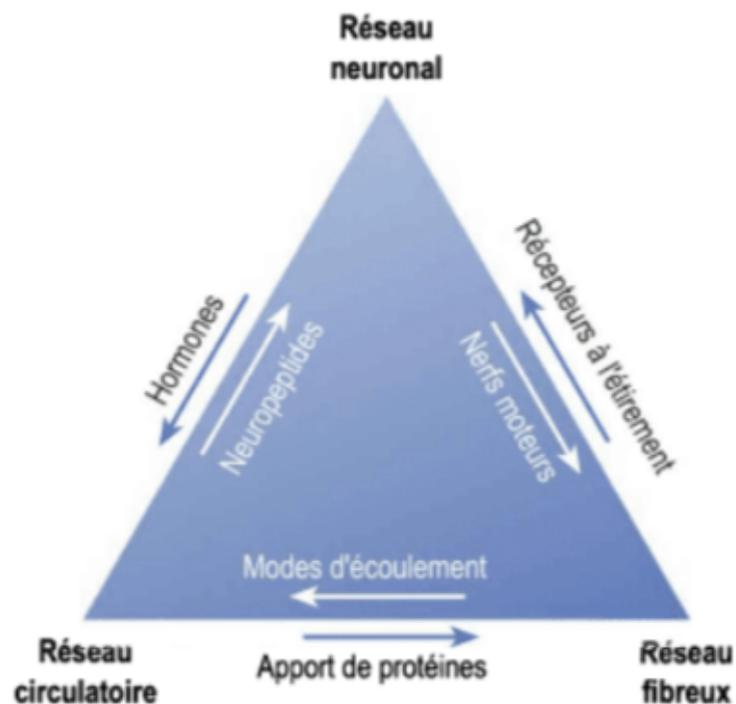
Annexe 9 : Schéma anatomique des chaînes myofasciales (Myers., 2001).



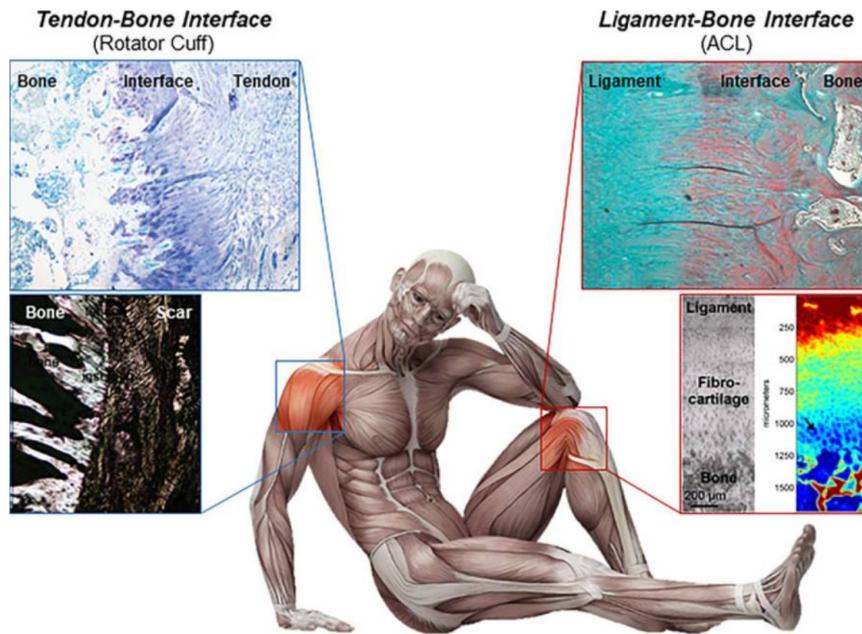
Annexe 10 : Les réseaux de communication inconscients de l'organisme (Myers., 2001).

<b>Variable</b>	<b>Neuronal</b>	<b>Liquidien <i>Tous des réseaux Tous tubulaires</i></b>	<b>Fibreux</b>
Type de tube	Unicellulaire (neurone)	Multicellulaire (capillaire)	Produits cellulaires (fibrille)
Information	Codée numériquement/binaire	Chimique	Mécanique (tension/compression)
Fonction	Stimulation de l'environnement	Équilibre du milieu (mer interne)	Organisation spatiale
Métaphore cellulaire	Méta-noyau	Méta-cytoplasme	Méta-membrane
Vitesse de transmission	Secondes	Minutes/heures	1. Vitesse du son (transmission de force) 2. Jours/années (ajustement/compensation)
Élément	Temps	Matière	Espace
Conscience	Mémoire temporelle	Mémoire émotionnelle	Systèmes de croyance

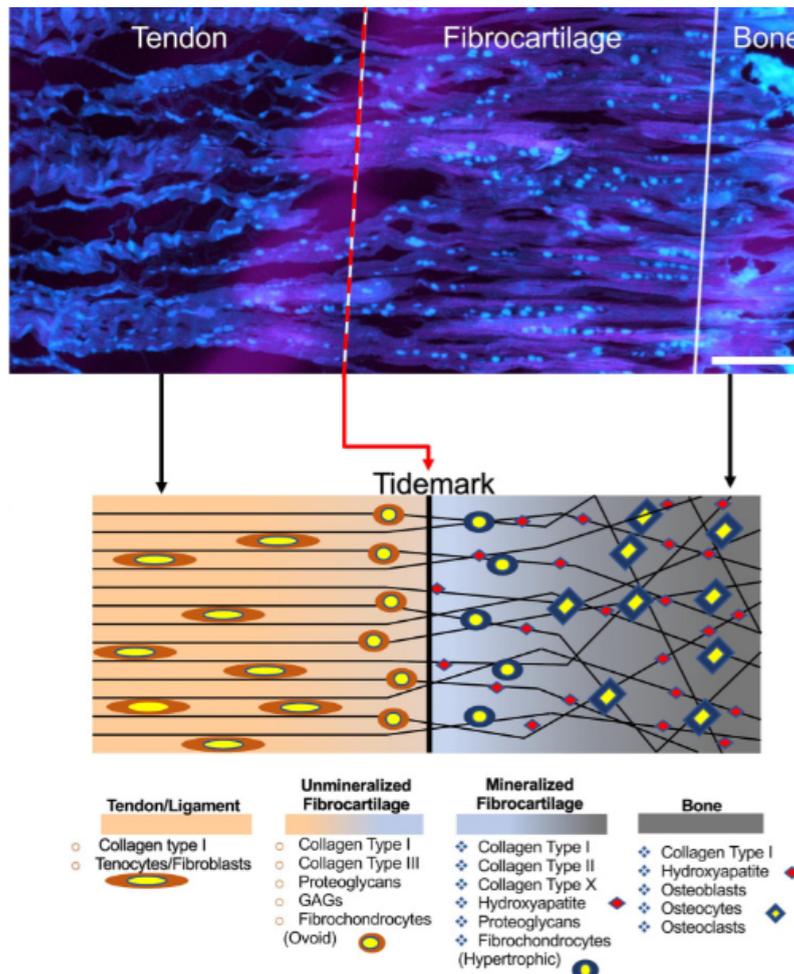
Annexe 11 : relation entre les différents réseaux de communication (Myers., 2001)



Annexe 12 : Représentation microscopique de l'interface tissulaire (Patel & al., 2018)



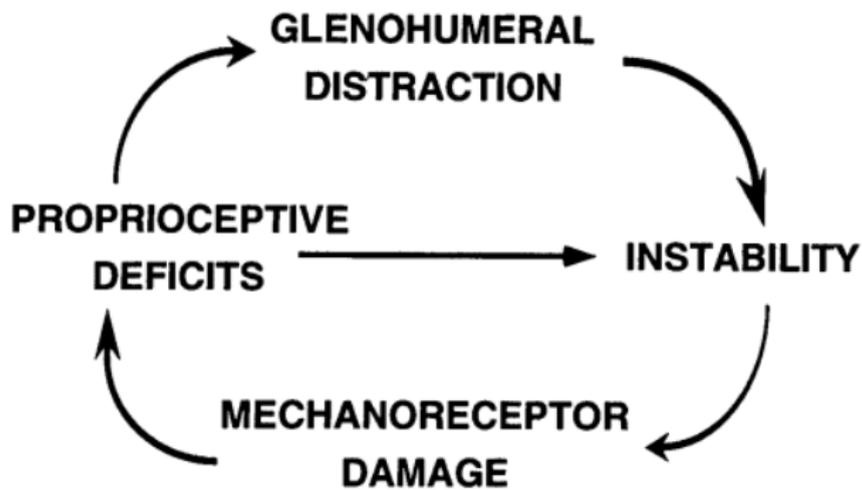
Annexe 13 : Gradient tissulaire de l'insertion du tendon sur l'enthèse (Sensini & al., 2021).



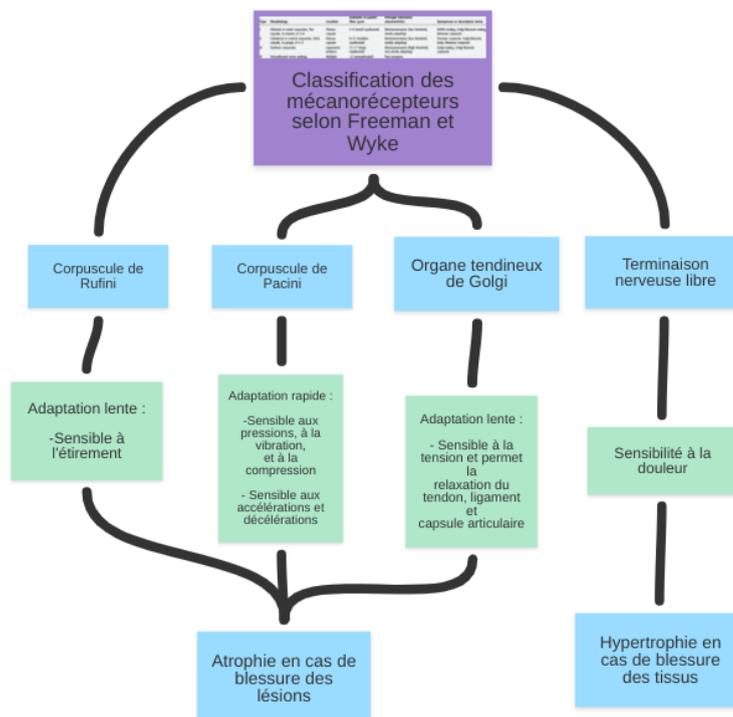
Annexe 14 : Description des différents mécanorécepteurs par Freeman & Wyke (2005).

Type	Morphology	Location	Diameter of parent fibre (µm)	Principle functional characteristics	Eponymous or descriptive terms
I	Globular or ovoid corpuscles, fine capsule, in clusters of 3-6	Fibrous capsule	5-8 (small myelinated)	Mechanoreceptor (low threshold, slowly adapting)	Ruffini ending, Golgi-Mazzoni ending, Meissner corpuscle
II	Cylindrical or conical corpuscles, thick capsule, in groups of 2-3	Fibrous capsule	8-12 (medium myelinated)	Mechanoreceptor (low threshold, rapidly adapting)	Pacinian corpuscle, Golgi-Mazzoni body, Meissner corpuscle
III	Fusiform corpuscles	Ligaments/tendons	13-17 (large myelinated)	Mechanoreceptor (high threshold, very slowly adapting)	Golgi ending, Golgi-Mazzoni corpuscle
IV	Unmyelinated nerve endings	Multiple	<2 (unmyelinated)	Pain receptors	

Annexe 15 : Boucle sensorimotrice d'un dysfonctionnement de l'épaule (Lepart & al., 1994).



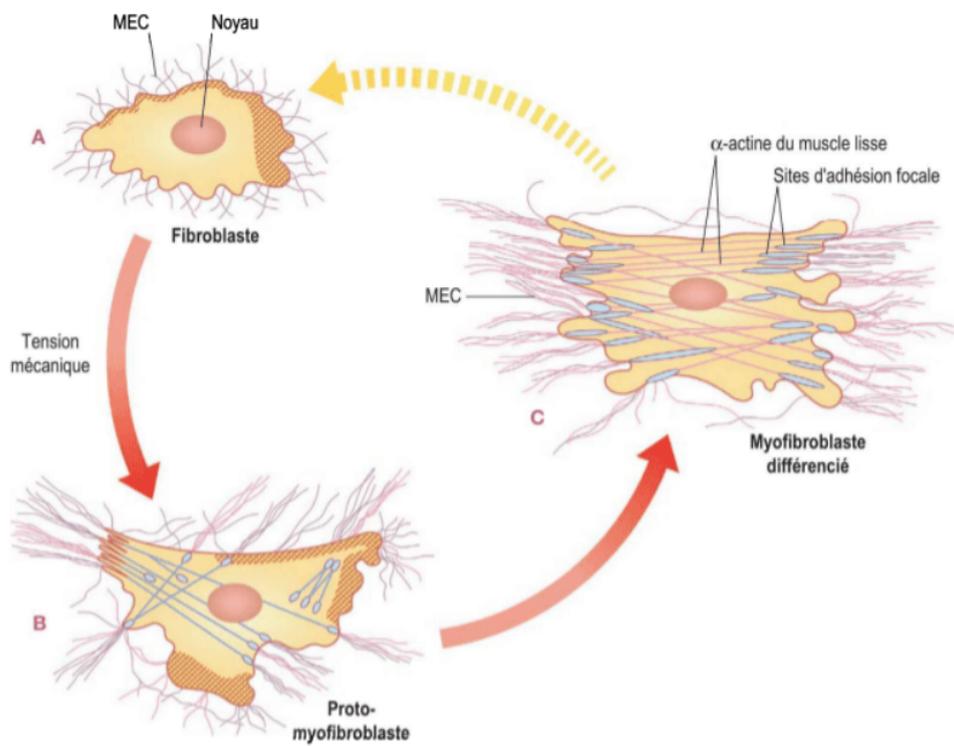
Annexe 16 : Rôle de chaque type de mécanorécepteurs.



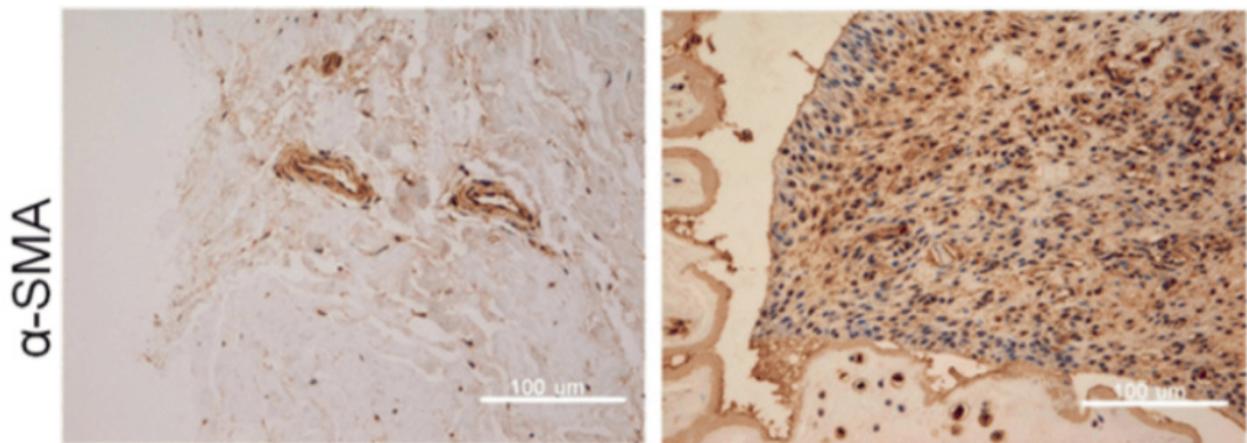
Annexe 17 : Hypertrophie du LCA sur une saison chez des footballeuses (Myrick & al., 2019).



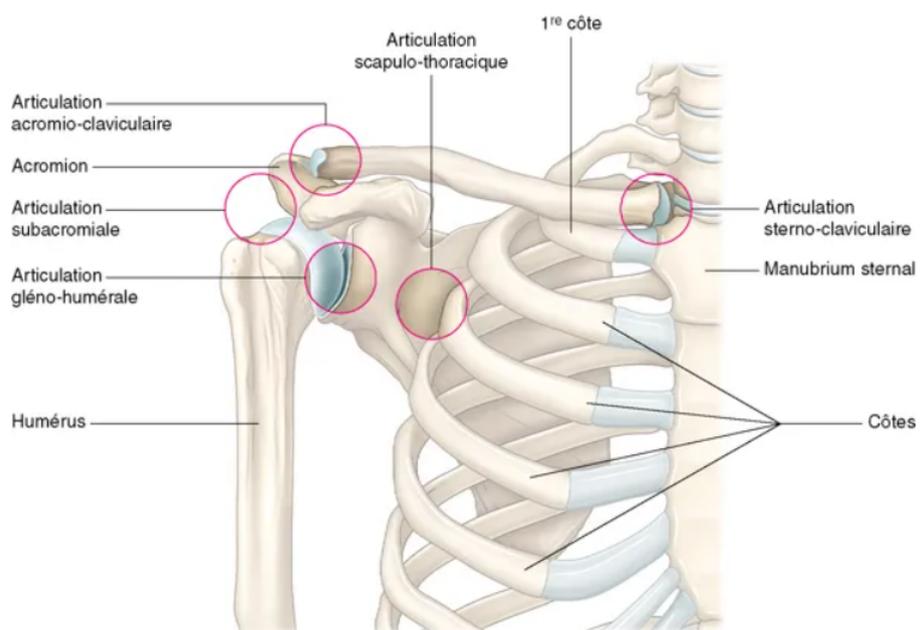
Annexe 18 : Processus de formation des myofibroblastes (Myers., 2001).



Annexe 19 : Activité des myofibroblastes sur un tissu sain (gauche) et tissu lésé avec immobilisation (droite) (Xiao & al., 2020).



Annexe 20 : Représentation anatomique des cinq articulations de l'épaule.



Annexe 21 : Tableau des résultats des tests pré intervention (mesure d'angle en degré et mesure de force en kilogramme).

Numéro du sujet	Angle en RI	Angle en RE	Force en RI	Force en RE
Sujet 1	70	29	12	7
Sujet 2	92	33	10	5
Sujet 3	70	14	16	10
Sujet 5	93	35	18	9
Sujet 6	84	25	12	2
Sujet 7	97	15	10	7
Sujet 9	97	37	16	11
Sujet 10	106	24	12	7
Sujet 11	92	36	17	13
Sujet 12	112	18	14	13
Sujet 13	111	39	10	6
Sujet 15	88	24	7	13
Sujet 16	70	9	10	9
Sujet 17	114	24	11	7

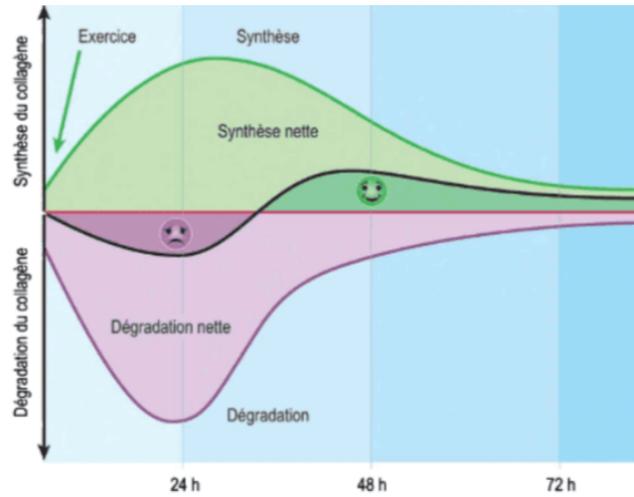
Annexe 22 : Tableau des résultats des tests post intervention (mesure d'angle en degré et mesure de force en kilogramme).

Numéro du sujet	Angle en RI	Angle en RE	Force en RI	Force en RE
Sujet 1	105	50	16	9.7
Sujet 2	94	47	8	14.7
Sujet 3	122	25	26	13.6
Sujet 5	93	35	18	15.6
Sujet 6	84	25	12	7.3
Sujet 7	91	37	12	13.3
Sujet 8	85	45	18	7
Sujet 9	97	40	18	12.8
Sujet 10	114	27	10	8.5
Sujet 11	94	39	21	16
Sujet 12	133	27	16	13
Sujet 13	111	39	12	10.5
Sujet 15	105	25	13	7.8
Sujet 16	107	16	12	7
Sujet 17	120	27	14	5

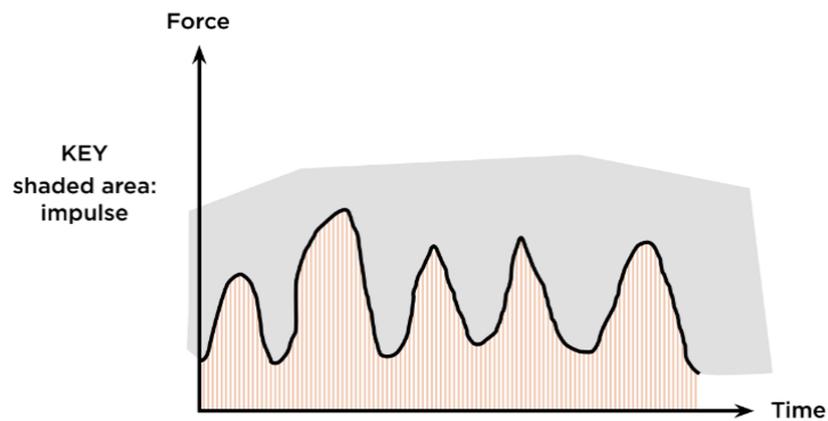
Annexe 23 : Premier effet de l'entraînement en résistance (French., 2020).

Variable	Adaptation à l'entraînement en résistance
<b>Performance</b>	
Force musculaire	Augmente
Endurance musculaire	Augmente pour une puissance de sortie élevée
Puissance aérobie	Pas de changement ou augmente légèrement
Puissance anaérobie	Augmente
Taux de production de force	Augmente
Saut vertical	Augmente l'habileté
Vitesse de sprint	Augmente
<b>Fibres musculaires</b>	
Section transversale de la fibre	Augmente
Densité capillaire	Pas de changement ou diminue
Densité mitochondriale	Diminue
Densité myofibrillaire	Pas de changement
Volume myofibrillaire	Augmente
Densité cytoplasmique	Augmente
Protéine de chaîne lourde de myosine	Augmente
<b>Activité enzymatique</b>	
Créatine phosphokinase	Augmente
Myokinase	Augmente
Phosphofructokinase	Augmente
Lactate déshydrogénase	Pas de changement ou variable
ATPase sodium-potassium	Augmente
<b>Réserves d'énergie métabolique</b>	
Réserve d'ATP	Augmente
Réserve de créatine phosphate	Augmente
Réserve de glycogène	Augmente
Réserve de triglycérides	Peut augmenter
<b>Tissu conjonctif</b>	
Force ligamentaire	Peut augmenter
Force tendineuse	Peut augmenter
Contenu en collagène	Peut augmenter
Densité osseuse	Pas de changement ou augmente
<b>Composition corporelle</b>	
Pourcentage de masse grasse	Diminue
Masse maigre	Augmente

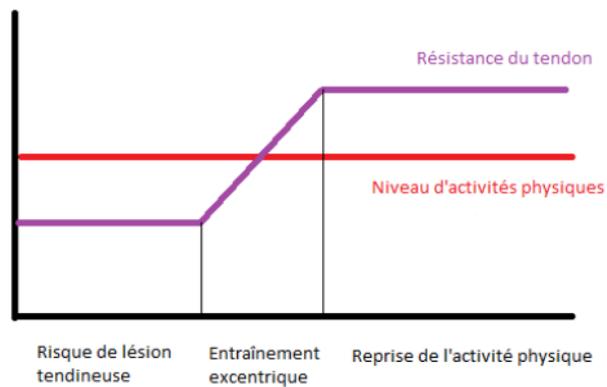
Annexe 24 : Synthèse et dégradation du collagène par rapport au temps suite à un exercice (Schleip & Baker., 2020).



Annexe 25 : Relation entre la force et le temps au cours d'une série en musculation défini comme l'ampleur de la tension (Morgan & al., 2019).



Annexe 26 : Augmentation de la résistance du tendon par rapport au niveau d'activités physiques (Quinio., 2012).



# Résumé

**Objectifs :** L'objectif de cette étude est de déterminer s'il serait possible de gagner en mobilité uniquement à l'aide d'effort exclusivement concentrique en rotation interne et externe de l'articulation gléno-humérale. Si les résultats s'avèrent significatifs, la mobilité sera évaluée dans sa chronicité.

**Méthode :** Des tests ont été effectués chez 14 rugbymans, séparés en groupe contrôle et groupe expérimental. Les tests comprennent des évaluations d'amplitude articulaire en rotation externe et interne à partir de l'application angulus et des mesures de force à partir d'une balance. L'entraînement s'effectue pour une durée de six semaines à raison de deux entraînements par semaine comprenant deux séries en rotation interne et externe par bras, avec un temps de travail par série de 30s. A l'issue des six semaines d'entraînements, le test statistique ANOVA a été sélectionné pour mesurer la significativité des résultats, en mesurant la taille de l'effet avec le D de cohen. Si les résultats s'avèrent significatifs, les sujets seront passifs durant 4 semaines avec à nouveau une évaluation de la mobilité et encore une fois 4 semaines passifs pour une troisième évaluation de la mobilité.

**Résultats :** Les résultats obtenus posts tests ne sont pas significatifs ( $H_0$ ) en comparant les groupe expérimental et contrôle à partir de l'ANOVA. Le test T de student a révélé une significativité pour le groupe expérimental avant et après intervention en amplitude et force sur la rotation externe ( $p > 0.05$ ). Le groupe contrôle a obtenu une significativité des résultats sur la force en rotation interne ( $p > 0.05$ ). La taille de l'effet montrait un effet très élevé (1,7) en rotation interne et externe entre le groupe expérimental et contrôle sur la progression à l'overhead squat et un effet trivial (0) sur les tests de mobilité.

**Conclusion :** Ce protocole d'entraînement de la mobilité montre à partir des résultats obtenus, qu'il n'y a pas d'amélioration significative entre le groupe expérimental et contrôle. Certaines variables et limites ne sont pas à écarter, tels que le nombre de séances. Des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si la mobilité peut être améliorée avec des efforts concentriques et surtout de voir son effet chronique dans le temps.

**Mots clé :** Mobilité - Rugby - Fascia

# Abstract

**Objectives :** The objective of this study is to determine if it would be possible to gain mobility solely by using exclusively concentric effort in internal and external rotation of the glenohumeral joint. If the results are significant, mobility will be evaluated in its chronicity.

**Method :** Tests were performed in 14 rugby players, separated into control and experimental groups. The tests included evaluations of joint amplitude in external and internal rotation using the angulus application and force measurements using the balance. The training is carried out for a period of six weeks at a rate of two training sessions per week comprising two sets in internal and external rotation per arm, with a working time of 30s per set. At the end of the six weeks of training, the statistical test ANOVA was selected to measure the significance of the results, by measuring the size of the effect with the D of cohen. If the results are significant, the subjects will be passive for 4 weeks with another mobility evaluation and again 4 weeks passive for a third mobility evaluation.

**Results :** The post-test results were not significant ( $H_0$ ) when comparing the experimental and control groups using ANOVA. The Student's t-test revealed significance for the experimental group before and after the intervention in amplitude and force on external rotation ( $p > 0.05$ ). The control group obtained a significant result in internal rotation strength ( $p > 0.05$ ). The effect size showed a very high effect (1.7) in internal and external rotation between the experimental and control groups on overhead squat progression and a trivial effect (0) on mobility tests.

**Conclusion :** This mobility training protocol shows from the results obtained that there is no significant improvement between the experimental and control groups. Some variables and limitations should not be ignored, such as the number of sessions. Further studies are needed to determine whether mobility can be improved with concentric efforts and especially to see its chronic effect over time.

Key words : Mobility - Rugby - Fascia

# Compétences

**Évaluer** les amplitudes et forces en rotation interne et externe de l'articulation gléno-humérale.

**Analyser** la discipline sportive, les mouvements de musculation et haltérophilie.

**Programmer** des séances de préparation physique spécifique au rugby.

**Concevoir** et **animer** des séances de musculation et terrain pour les blessés et avec l'équipe en autonomie.

**Inform**er les joueurs sur leurs interrogations sur les aspects nutritionnel, préventif et sportif et les **orienter** vers un professionnel pour répondre à leurs demandes.

**Présenter** un protocole de mémoire à l'ensemble des équipes et entraîneurs.

**Acquérir** de nouvelles connaissances et compétences sur la préparation physique.

**Aider** le staff dans la mise en place et l'encadrement de certaines tâches.

**Analyser** et **détecter** les états de forme des joueurs et discuter avec eux afin de les communiquer au staff.

**Prévoir** et **adaptation** sont les verbes d'action indispensable au métier de préparateur physique selon moi.

**Expérimenter** de nouveaux exercices et méthodes en musculation et exercices terrain.