



## Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'IFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [secretariat@kine-nancy.eu](mailto:secretariat@kine-nancy.eu)

## Liens utiles

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

**MINISTERE DE LA SANTE**

**REGION GRAND EST**

**INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DE NANCY**

**ETUDE RETROSPECTIVE DE LA PROPRIOCEPTION DE L'EPAULE CHEZ DES NAGEURS EN FONCTION DU TAUX D'INCIDENCE DES BLESSURES**



Mémoire présenté par **ESMENJAUD Thibault**

Étudiant en DCK2, 4ème année de Masso-kinésithérapie

En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat

De Masseur Kinésithérapeute 2015 - 2019



UE 28 - MÉMOIRE  
DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e), Esmerjand Thibault.....

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Nancy, le 23/04/2019

Signature

## RESUME

**INTRODUCTION** : la natation est un sport très exigeant en particulier pour les membres supérieurs. Les contraintes exercées sur les épaules d'un nageur sont très importantes, les amplitudes rencontrées sont extrêmes et les mouvements sont très répétitifs. La moitié des nageurs ont eu, ont ou auront une douleur à l'épaule au cours de leur carrière.

**MATERIEL** : par le biais d'un questionnaire, nous avons quantifié l'entraînement et la fréquence des blessures de 22 nageurs afin d'obtenir un ratio de blessures pour 1000H de pratique. Nous avons divisé les nageurs en 1 groupe "blessures" et 1 groupe "sans blessure". Les nageurs ont également passé 2 tests évaluant la proprioception de l'épaule et nous avons comparé les résultats aux tests par rapport aux ratios calculés.

**RESULTAT** : lors du JPS (*Joint Position Sense*), les scores d'erreur cumulés à droite et à gauche, dans toutes les amplitudes étudiées pour l'effectif "blessures" sont en moyenne de  $2.8^{\circ} \pm 0.6$  contre  $2.5^{\circ} \pm 0.8$  dans l'effectif "sans blessure" ( $P = 0.402$ ). Lors du CKCUEST, pour l'effectif blessure, le nombre de touches total est  $68 \pm 9.9$  contre  $68 \pm 14.5$  pour l'effectif non blessés ( $P = 0.712$ ).

**ANALYSE** : les résultats obtenus au JPS sont similaires entre les nageurs et les non nageurs, et entre les nageurs des deux groupes. Au CKCUEST (*Chain Kinetic Closed Upper Extremity Stability Test*) il n'existe pas de différence significative entre l'effectif "blessures" et l'effectif "sans blessure", alors que les nageurs sont statistiquement meilleurs que les non nageurs.

**DISCUSSION** : bien qu'aucun lien n'ai été retrouvé dans notre étude, il est important de travailler la proprioception de l'épaule, dans le cadre d'un programme global jouant sur l'ensemble des facteurs qui peuvent influencer la performance et la prévention des blessures.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION** : swimming is a very demanding sport especially for the upper limbs. The stresses exerted on the swimmers' shoulders are very important, the ranges of motion are extreme and the movements are very repetitive. Half of the swimmers have had, have or will have shoulder pain during their career.

**MATERIEL** : through a questionnaire, we quantified the training and injury frequency of 22 swimmers to obtain a ratio of injuries per 1000H of practice. We divided the swimmers into 1 group "Injury" and 1 group "Without injury". Swimmers also passed 2 tests evaluating shoulder proprioception and compared test scores against calculated ratios.

**RESULTS** : during the JPS (*Joint Position Sense*), the cumulated error scores on the right and on the left, in every range of motion studied for the "injury group", are on average equal to  $2.8^{\circ} \pm 0.6$  against  $2.5^{\circ} \pm 0.8$  in the "no-injury group" ( $P = 0.402$ ). During the CKCUEST (*Chain Kinetic Closed Upper Extremity Stability Test*), the total number of hits for the "injury group" is  $68 \pm 9.9$  against  $68 \pm 14.5$  for the "non-injury group" ( $P = 0.712$ ).

**ANALYSE** : results at JPS are similar between swimmers and non-swimmers, and between swimmers in both groups. There is no significant difference between "injury group" and "non-injury group" for the CKCUEST, while swimmers are statistically better than non-swimmers.

**DISCUSSION** : Although no link was found in our study, it seems important to practice proprioception for the shoulder, in the framework of a global program emphasizing on all the factors which can influence the performance and the prevention injuries.

**Mots clés** : Proprioception ; Blessures ; Natation ; Sur utilisation ; Epaule douloureuse

**Keys word** : *Proprioception ; Injuries ; Swimming ; Overuse ; Shoulder pain*

## SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	1
2. PROBLEMATIQUE .....	6
3. CADRE THEORIQUE .....	6
3.1. Le complexe articulaire de l'épaule .....	6
3.2 L'articulation scapulo-humérale.....	7
3.3. La proprioception .....	7
3.3.1 Définition.....	7
3.3.1.1 Le système sensori-moteur.....	8
3.3.1.2 Kinséthesie et stathésésie .....	8
3.3.1.3 Proprioception consciente et inconsciente .....	8
3.3.2 Capture de l'information .....	9
3.3.2.1 Les afférences visuelles et vestibulaires .....	9
3.3.2.2 Les afférences cutanées.....	9
3.3.2.3 Les afférences articulaires et musculaires .....	9
3.3.3 Proprioception de l'épaule.....	10
3.4. Notions autour de la blessure sportive .....	11
3.4.1 Définition.....	11
3.4.2 " <i>Overuse</i> ".....	12
3.4.3 La blessure en natation.....	12
3.4.3.1 Différentes étiologies .....	12
3.4.3.2 Etiologies intrinsèques .....	12
3.4.3.3 Etiologies extrinsèques .....	13
3.4.3.4 Diagnostics .....	14
3.5. Biomécanique .....	15
3.5.1 Le crawl, ou nage libre .....	15
3.5.1.1 "Glide phase" .....	15
3.5.1.2 "Pull-trough phase" .....	16
3.5.1.3 "Body roll" .....	17
3.5.1.4 "Recovery phase" .....	18
3.5.1.5 "Freestyle kick" .....	18
3.6 Proprioception et fatigue .....	19

4. MATERIEL & METHODES .....	19
4.1. Population .....	19
4.1.1 Critères d'inclusion .....	19
4.1.2 Critères d'exclusion .....	20
4.1.3 Population Témoin .....	20
4.2. Joint Position Sense .....	21
4.2.1 Définition .....	21
4.2.2 Installation .....	21
4.2.3 Consignes .....	22
4.2.4 Calculs .....	22
4.3. Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability Test (CKCUEST) .....	23
4.3.1 Définition .....	23
4.3.2 Installation .....	23
4.3.3 Démonstration .....	23
4.3.4 Consignes .....	24
4.3.5 Résultats .....	24
4.4. Incidence Rate .....	24
4.4.1 Calcul .....	24
4.5 Questionnaire de vie du sportif .....	25
4.6 Organisation .....	25
4.6.1 Recrutement des sujets .....	25
4.6.2 Pré test .....	26
4.6.3 Recueil de données .....	27
4.6.4 Conditions lors des prises de mesures .....	27
4.7 Méthode de recherche .....	27
5. RESULTATS .....	28
5.1 Population totale .....	28
5.2 La population témoin .....	28
5.3 Les nageurs .....	29
5.4 Les blessures .....	29
5.5 Les tests .....	30
5.5.1 Joint Position Sense .....	30
5.5.2 CKCUEST .....	31

5.6 Effectif "blessures" vs " sans blessure" .....	32
5.7 Nageurs & non nageurs .....	33
5.8 Hommes & Femmes dans les deux échantillons .....	34
5.9 Corrélation de Pearson .....	35
6. DISCUSSION .....	36
6.1 Intérêts des tests .....	43
6.1.1 CKCUEST .....	43
6.1.2 JPS .....	46
6.2 Corrélation de Pearson .....	47
6.3 Limites .....	48
7. CONCLUSION .....	50
BIBLIOGRAPHIE .....	
ANNEXES .....	

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

JPS : Joint Position Sense

CKCUEST : Chain Kinetic Closed Upper Extremity Stability Test



## 1. INTRODUCTION

La natation est un sport populaire pratiqué en loisir par presque 13 millions de Français et Françaises (1). Cette discipline est pratiquée par 288 000 licenciés dont quasiment 50% de femmes (1). Si la natation a la réputation de ne pas être traumatisante c'est en partie grâce à la poussée d'Archimède qui permet de diminuer les contraintes exercées par la gravité sur l'ensemble de l'organisme et ses articulations. La poussée d'Archimède est une force verticale dirigée vers le haut, égale au poids du volume d'eau déplacé. Ainsi, un individu immergé dans l'eau jusqu'au nombril ne portera sur son train porteur que 50% de son poids réel total. Rappelons également que l'eau est 800 fois plus dense que l'air, ainsi grâce à ses propriétés, l'eau est de plus en plus utilisée dans le cadre thérapeutique et rééducatif en balnéothérapie. En post-opératoire, elle permet un renforcement doux et progressif des systèmes musculaires, respiratoires, cardio-vasculaires, articulaires et osseux (2) (3)

Dans le cadre sportif, la natation est un sport proposé aux olympiades depuis 1896 (4). Elle est à différencier des autres activités aquatiques comme le water polo, le plongeon ou encore la natation synchronisée. C'est un sport qui comprend plusieurs disciplines. Le crawl (nage libre), le dos crawlé, la brasse et le papillon. Dans toutes ces disciplines en compétition, il y a des notions de distances très variables. Le papillon est nagé sur 50 à 200M comme la brasse et le dos crawlé. Le crawl quant à lui se nage de 50M à 1500M, en passant par le 200M, le 400M, le 800M en bassin, cela peut même aller jusqu'à 25Km en eau libre (hors bassins). Enfin il existe des épreuves en relais et des épreuves contenant les 4 nages (100M 4 nages, 200M 4 nages et 400M 4 nages) (5).

La caractéristique de ce sport réside dans le fait que le mouvement de propulsion se fait principalement en chaîne semi- fermée à l'aide des membres supérieurs (6). Ceux-ci sont sollicités dans des positions de flexion, d'abduction et d'extension extrêmes (7) (8). C'est l'articulation de l'épaule qui est la plus sujette aux blessures dans la littérature (7) (9) (8) (10) (11) (12) (13). Toutefois en fonction de la nage, d'autres pathologies sont fréquemment observées comme des gonalgies, des cervicalgies chez les brasseurs (breakstrokers), ou encore des lombalgies chez les papillonneurs (butterfly swimmers) (10).

En épidémiologie sportive, il existe deux grandes familles de blessures. Les blessures aiguës (*acute injuries*) et les blessures de sur utilisation (*overuse injuries*). La grande différence entre ces deux types de blessures est l'identification ou non d'un évènement spécifique et identifiable imputable à la survenue de la douleur. A l'inverse des blessures aiguës, nous n'observons aucun évènement spécifique pouvant justifier l'apparition d'une douleur dans le cadre des *overuse injuries* (14) (15) (16) (17).

Lors d'un effort quel qu'il soit (marche, course, saut etc.), le couple musculo-tendineux s'ajuste en fonction de ce qui lui est imposé quotidiennement. Ces modifications sont d'ordre micro et macroscopique, elles permettent aux structures myo-tendineuses de s'adapter tant en terme de force, de longueur, de résistance que d'endurance. Dans le sport, la contrainte se définit par la charge d'entraînement. Elle correspond à l'intensité des séances multipliées par le volume horaire d'entraînement. Plus on augmente la charge, plus la récupération occupe une place importante. Les *overuse injuries* correspondent à l'incapacité de la structure de s'adapter à ce stress par défaut de temps de récupération. Il en résulte l'apparition d'une multitude de microtraumatismes non "réparés" et à moyen et long terme, la douleur apparaît sans évènement spécifique identifiable (14) (15) (16) (17).

En natation, les blessures des membres supérieurs sont principalement des blessures dues à la sur utilisation (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (18). La prévalence des douleurs d'épaule chez le nageur se situe entre 40% et 90% (7) (10) (11). Nous pouvons considérer "*qu'un nageur de haut niveau nage en moyenne 8 à 12 km par jour, 5 à 7 jours par semaine, à raison de 10 000 mouvements d'épaule pour chaque membre par jour*" (9). Un rapide calcul indique qu'en seulement une semaine le nombre de cycles de bras se trouve entre 50 000 et 70 000 (9). On peut aller plus loin et considérer qu'il nage 11 mois sur 12 et ainsi nous obtenons des chiffres se trouvant entre 2 000 000 et 3 000 000 mouvements de bras pour une seule épaule. Bien que notre étude ne porte pas sur des sportifs de haut niveau, un athlète amateur nageant 2 ou 3 fois moins fera quand même sur une année, environ 1 000 000 de mouvements de bras pour une seule épaule.

L'articulation de l'épaule est une articulation à 3 degrés de liberté, donc très mobile mais également non congruente. Ainsi sa stabilité passive est naturellement faible, elle est compensée par la stabilité active. La proprioception étant décrite comme "une modalité sensorielle spécialisée qui donne des informations sur la position et le mouvement d'un membre ou d'une articulation" est donc indispensable pour assurer la stabilité de l'épaule (7) (19) (20) (21) (22) (23) (24).

Le déficit proprioceptif au niveau de l'épaule a pour conséquences un mauvais placement de la tête humérale et également une altération du rythme scapulo-huméral. Les pressions anormales exercées sur les structures capsulo-ligamentaires en souffrance (bourse synoviale sous acromiale et ligament coraco-acromial), sont responsables d'un dysfonctionnement des mécano récepteurs et participent ainsi à une mauvaise perception du mouvement (20) (21). De plus, il existe un modèle représentant les mécanismes de survenue d'une blessure dans le milieu du sport. Celui-ci est dynamique, c'est à dire que l'entrée dans ce modèle peut se faire à tout moment. Il est également cyclique et donc potentiellement chronique. L'auteur nous explique qu'afin de prévenir " *les blessures, nous devons identifier, cibler et tenter d'améliorer les effets des facteurs de risque modifiables grâce à l'introduction de stratégies de prévention des blessures dans les temps opportuns.*" (25). Or, la proprioception est relatée comme un facteur de risque intrinsèque inhérent à une personne et donc un facteur de risque modifiable (25).

La proprioception de l'épaule a largement été étudiée dans la littérature mais essentiellement dans le cadre de lésions capsulo-ligamentaires, de problèmes d'instabilités, d'hyperlaxité articulaire ou encore de blessures traumatiques et finalement peu dans le cadre des blessures de sur utilisation et surtout peu dans le cadre de la natation (20) (21) (22) (23). La conclusion de ces études nous montrent que dans le cadre de ces pathologies, les épaules douloureuses souffrent de déficits proprioceptifs par rapport au côté sain et par rapport à une population témoin (20) (21) (22) (23). Il est intéressant de noter que ces déficits sont réversibles grâce à l'entraînement neuro-moteur et ce même après éventuelle réparation chirurgicale. De plus, en 1995 une étude faite sur des athlètes de lancer (*throwing athletes*) révèle de manière assez surprenante, que le membre lanceur et donc dominant, souffre d'un léger déficit proprioceptif comparé au coté controlatéral non dominant. L'hypothèse étant que les micro traumatismes répétés pouvaient engendrer une altération des facultés proprioceptives (26). Une étude récente de 2018, ayant pour objectif d'étudier la biomécanique de la nage après un test d'effort, fait apparaître le déficit proprioceptif comme un des potentiels responsables d'un mauvais recrutement musculaire et donc d'une modification des mouvements mineurs et globaux (27) (28). Enfin, il est intéressant de noter que 2 études prospectives effectuées l'une et l'autre sur une année complète, nous indiquent qu'il y a une relation directe entre le passé douloureux d'une épaule et la fréquence future des blessures. Ainsi, un nageur ayant déjà eu une douleur d'épaule, a entre 2 et 4 fois plus de chances de ressentir une douleur au niveau du même site anatomique (11).

A la lecture de ces études nous pouvons observer certaines limites. Premièrement, les méthodes de mesure de la proprioception ne sont pas forcément adaptées à la spécificité de la natation qui se pratique en chaîne fermée (6). En effet, les tests les plus utilisés sont des tests de seuil, de détection, de mouvement actif et parfois même passif. Seule la perception du mouvement est ainsi testée sans prendre en compte le contrôle neuro-moteur. Deuxièmement, il existe une grande variabilité entre tous les protocoles de mesures, en termes de taille ou de type de population que de tests utilisés. Enfin, les pathologies étudiées, le sont de manière globale. Aussi on y trouve les instabilités multi-directionnelles, les luxations antérieures, les conflits sous acromiaux, les blessures traumatiques (judo et rugby) (20) (21) (22) (23). Au final, les blessures de type *overuse* ne sont pas spécifiquement pris en compte. Or, ce sont comme vu précédemment, les principales sources de douleur chez le nageur.

L'hypothèse dans le cadre de ce mémoire est qu'une augmentation de ratio de blessures chez un nageur, sera accompagnée d'une diminution des facultés proprioceptives.

Afin d'infirmier ou de confirmer cette hypothèse, nous allons dans ce travail utiliser deux tests qui nous permettront de quantifier à la fois la proprioception et le contrôle moteur du membre supérieur. Le « Joint Position Sense » (JPS) évalue la sensibilité profonde à travers la capacité de repositionnement de l'épaule et le « Chain Kinetic Closed Upper Extremity Stability Test » (CKCUEST) quant à lui, nous donnera un aperçu de la stabilité et du contrôle neuro-moteur des membres supérieurs. Ces deux tests sont également rapidement et facilement réalisables dans le cadre d'une prise en charge d'un nageur souffrant de l'épaule en cabinet de kinésithérapie.

Un taux d'incidence (Incidence Rate) sera calculé pour évaluer la fréquence des blessures propre à chaque nageurs et enfin un questionnaire de vie sportive permettant de quantifier l'entraînement sur les 12 mois précédents, sera élaboré puis distribué à l'ensemble des participants (29) (30). Une population témoin ne pratiquant pas d'activité sportive ou manuelle impliquant l'utilisation régulière de l'épaule sera également étudiée afin d'évaluer la différence de proprioception entre une population de nageurs et une population témoin.

A ce jour et à notre connaissance il n'existe pas d'études comparatives faites sur la proprioception du nageur blessé et non blessé. De plus, il est intéressant de noter que dans la plupart des études proposant des protocoles de rééducation, la proprioception apparaît

dans la liste des éléments à travailler mais étonnamment pas dans la liste des étiologies ou des déficits.

Enfin, contrairement à ce qui se fait majoritairement dans la littérature, nous nous concentrerons sur les blessures de sur utilisation à l'épaule, correspond à la grande majorité des plaintes chez les nageurs.

En tant que kinésithérapeute, il est important de savoir que son patient est un nageur. En effet, il est primordial de comprendre le mécanisme de survenue des *overuse injuries* et les éventuelles conséquences à long terme, la charge de travail demandée aux épaules tant en terme d'amplitude, de fréquence, d'endurance ou encore de puissance. Il faut prendre également en compte le fait que la nage s'effectue en chaîne cinétique fermée, rendant l'épaule moteur du mouvement et nécessitant une stabilisation articulaire optimale (6). Enfin, les différents paramètres affectant la proprioception, telles que la fatigue, les amplitudes extrêmes etc. doivent être comprises afin de répondre au mieux aux efforts inhérents à la natation.

Nous retrouvons à travers la littérature scientifique une diminution des facultés proprioceptives de l'épaule lorsque que la fatigue augmente (31) (32) (33) (34) (35). De plus, au niveau épidémiologique nous savons également que les blessures sont étroitement liées aux volumes et à l'intensité des entraînements (36) (37) (38). Ces études mettent l'accent sur le renforcement musculaire pour réduire les effets de la fatigue, mais qu'en est-il de la proprioception ? Rappelons que le déficit proprioceptif s'auto-entretient, la fatigue se rajoutant, si les capacités proprioceptives sont affaiblies dès le départ, il semble logique de penser que tout cela n'est pas en faveur d'une bonne prévention de l'apparition des blessures.

Si un lien de corrélation est trouvé entre la baisse de la proprioception et la fréquence des blessures, les kinésithérapeutes de ville ou affiliés à un club de natation, les nageurs eux mêmes sur la base de l'auto rééducation, auraient la possibilité de s'inscrire dans une démarche de prévention primaire et ou secondaire en effectuant des exercices proprioceptifs permettant de lutter contre l'apparition ou les récives des blessures (20) (22) (25).

## 2. PROBLEMATIQUE

A la lumière de ces multiples données, nous pouvons proposer la problématique suivante : existe-t-il un lien de corrélation entre les facultés proprioceptives de l'articulation de l'épaule et la fréquence des blessures type *overuse* chez le nageur amateur ?

## 3. CADRE THEORIQUE

### 3.1. Le complexe articulaire de l'épaule

L'épaule est l'articulation proximale du membre supérieur, elle se situe au sein d'un complexe appelé le complexe thoraco-scapulo-brachial. Celui-ci comprend quatre articulations, liées fonctionnellement entre elles. On y trouve les articulations suivantes :

- scapulo-humérale
- omo-serrato-thoracique
- acromio-claviculaire
- sterno-claviculaire

La particularité de ce complexe, réside dans le fait que l'ensemble des articulations sont de types articulaires différents. Nous y trouvons une énarthrose, une syssarçose, une surface plane et une articulation en selle. Il est décrit une cinquième articulation correspondant à la bourse synoviale de l'articulation subdeltoïdienne. La grande variété d'articulations retrouvées permet une mobilité maximale, d'orienter la totalité du membre supérieur dans l'espace et ainsi assurer la fonction primordiale de préhension. C'est grâce à la mise en jeu successive de la scapulo-humérale, de l'acromio-claviculaire puis de la sterno-costoclaviculaire, que le cône de révolution de l'épaule est si important (19) (39).

### 3.2 L'articulation scapulo-humérale

C'est l'articulation qui, dans le cadre des blessures retrouvées en natation, va nous intéresser le plus. Situé à la partie supéro-latérale du thorax, elle peut être divisée (selon Michel Pilu) en deux plans : un plan supérieur correspondant à la voûte coraco-acromiale (ligament coraco-acromial + tendon du supra épineux et le tendon du long biceps) et un plan inférieur contenant d'une part la capsule et les ligaments et d'autre part les muscles restant appartenant à la coiffe des rotateurs (supra-épineux, subscapulaire, petit rond, infra épineux) (39) (40)

C'est une énarthrose à trois degrés de liberté. Elle autorise des mouvements dans le plan sagittal (flexion - extension), dans le plan frontal (abduction - adduction) et dans le plan horizontal (rotations latérale et médiale) (19) (39). Elle est composée d'une capsule articulaire, du labrum qui est un fibrocartilage triangulaire permettant d'améliorer la coaptation de l'humérus sur la scapula et de plusieurs ligaments essentiellement antérieurs. Ces tissus permettent la stabilité passive de l'épaule. La complexité de cette articulation peut se résumer en affirmant qu'on compte jusqu'à 19 muscles pouvant se répartir en 26 couples musculaires différents. Leurs insertions respectives sont résumées dans l'annexe II (40).

### 3.3. La proprioception

#### 3.3.1 Définition

La notion de proprioception fait référence à la capacité de notre corps à reconnaître et interpréter sa position dans l'espace. C'est un mécanisme informatif qui nous permet d'être en mesure de comprendre et connaître la position de nos articulations les unes par rapport aux autres (20) (22). "*Ainsi, la proprioception décrite correctement, traite des afférences provenant des zones périphériques internes du corps qui contribuent au contrôle postural, à la stabilité des articulations et à plusieurs sensations conscientes.*" (23).

### 3.3.1.1 Le système sensori-moteur

La proprioception fait partie d'un système plus global, le système sensorimoteur, qui lui-même est une sous-partie du contrôle moteur global. Ce système permet de garantir une bonne stabilité posturale que cela soit dans une composante statique ou dynamique. Il fonctionne de manière rétroactive et par anticipation. Mais également de manière automatique ou réflexe et volontaire. Il intègre toutes les afférences périphériques utiles au maintien de la stabilité articulaire [Annexe IV]. Ces afférences proviennent des récepteurs visuels, cutanés, vestibulaires, articulaires et musculaires (23) (41).

### 3.3.1.2 Kinesthésie et stathésésie

Il existe 2 propriétés différentes relatives à cette notion de proprioception. La kinesthésie nous informe sur le mouvement des articulations, à la fois sur "*la vitesse, l'amplitude et la direction et la force*" du mouvement. La statésésie quant à elle, correspond à la proprioception inconsciente, elle renseigne quant à la position des articulations dans le cadre statique (23).

### 3.3.1.3 Proprioception consciente et inconsciente

Il est d'usage courant de distinguer la proprioception consciente et inconsciente. Le versant inconscient est associé à la moelle épinière, par le biais du réflexe myotatique, à la formation réticulée pontique, à la formation réticulée bulbaire ou encore au cervelet (42). La proprioception consciente est décrite comme provenant des afférences citées précédemment. Cependant, certains envisagent que la différence entre les deux est beaucoup plus nuancée (23). Ainsi, "*le terme de proprioception inconsciente usuellement employé pour caractériser le système spino-cérébelleux est probablement abusif. [...] La dichotomie entre la voie dite 'consciente' et la voie dite 'inconsciente' est donc artificielle, n'a pas de raison d'être sur le plan physiologique, étant donné que ces deux voies véhiculent des informations en partie similaires et redondantes*" (43).



### 3.3.2 Capture de l'information

#### *3.3.2.1 Les afférences visuelles et vestibulaires*

Bien qu'à priori ce ne sont pas ces afférences auxquelles on penserait en premier dans le cadre d'une blessure par sur utilisation sportive, il est nécessaire de les citer. Il est aisé de constater que garder son équilibre est nettement plus compliqué les yeux fermés que les yeux ouverts. Et pour cause, la vision périphérique joue un rôle dans "*l'interface entre la perception de l'environnement et les activités motrices posturales*" (23) (42).

Les récepteurs du système vestibulaire, ou encore appelés récepteurs labyrinthiques, nous renseignent principalement sur la position de la tête dans l'espace. Ils sont utiles dans l'orientation de la tête par rapport à l'horizontal et par rapport aux notions d'accélération et de décélération.

#### *3.3.2.2 Les afférences cutanées*

Au niveau de l'épaule et surtout dans le cadre de la natation, elles ne sont pas les plus importantes. En effet, les afférences cutanées font partie de la triade indispensable nécessaire au maintien de l'équilibre, avec la vision et l'appareil vestibulaire. Elles sont essentiellement plantaires et jouent un rôle postural important en participant à la mise en place des oscillations verticales permanente qui régissent notre équilibre mais aussi en agissant sur les synergies musculaires des membres inférieurs (23) (42).

#### *3.3.2.3 Les afférences articulaires et musculaires*

Il existe plusieurs types de récepteurs articulaires et musculaires. Les fuseaux neuromusculaires (FNM) sont de petites fibres musculaires intrafusales. Elles sont parallèles aux fibres musculaires squelettiques classiques, qualifiées d'extrafusales. Ils sont sensibles

à l'allongement et à la vitesse d'allongement du muscle dans lequel ils sont compris (23) (42) (43).

Les organes tendineux de Golgi sont sensibles à la force développée par le muscle. Ils se trouvent principalement dans les muscles, les tendons, les jonctions myo-tendineuses. Décrits habituellement comme protecteurs d'un muscle lors d'un mouvement d'une trop grande force, grâce au phénomène d'inhibition du motoneurone alpha, une étude classe cette cellule parmi les récepteurs qualifiés de " lents ". Ils seraient donc également utiles dans les mouvements quotidiens qui sont en général fins et précis (41).

Enfin les corpuscules de *Ruffini* / *Pacini* sont regroupés à la fois dans le système capsulo-ligamentaire et la peau. Au niveau de celle - ci ils sont sensibles à l'étirement et aux vibrations. Au niveau capsulaire, les corpuscules de Pacini sont sensibles aux mouvements d'accélération et de décélération alors que ceux de Ruffini sont activés davantage lors des mouvements d'amplitude extrême. Ils informent le cerveau sur la vitesse et la direction du mouvement (23) (41) (42) (43).

### 3.3.3 Proprioception de l'épaule

Une des nombreuses particularités de l'épaule réside dans le fait que sa stabilité est assurée, non pas aux éléments capsulo ligamentaires, mais aux éléments musculaires. C'est le rôle des muscles de la coiffe des rotateurs (19) (20) (21) (22) (23) (24) (40). Au nombre de 5, ces muscles que nous pouvons inscrire dans la catégories des muscles scapulo huméraux, sont très sollicités du début à la fin de l'abduction et donc soumis très régulièrement à des pathologies d'usure ou traumatiques. En réalité ce sont les tendons de ces muscles qui forment une nappe protectrice autour de la tête humérale et en assure la stabilité en permanence.

Ils sont à différencier des muscles thoraco scapulaires qui permettent par le biais de nombreuses synergies musculaires d'orienter et d'adapter les mouvements de la scapula par rapport à l'humérus. Le trapèze et ses 3 faisceaux, les rhomboïdes, le dentelé antérieur et le petit pectoral sont essentiels pour assurer le bon fonctionnement du rythme scapulo-huméral. Celui - ci correspond aux contractions musculaires synergiques ayant pour objectif une élévation latérale du bras en amenant à mobiliser le segment scapulaire et le segment huméral dans des proportions différentes (Annexe I). Un rythme scapulo-huméral défaillant,

en plus d'amener des potentiels déficits d'amplitudes, peut être responsable également de l'apparition d'un conflit sous acromial pouvant être à l'origine d'épaules douloureuses (40) (44).

Enfin, il faut ajouter « les 3 grands », qui eux aussi participent à la stabilité de l'épaule. Ce sont des muscles très puissants, souvent même trop puissant par rapport aux antagonistes postérieurs. Ils favorisent l'abaissement de l'humérus mais ont tendance à favoriser l'antériorisation de la tête humérale. L'antériorisation majeure de l'épaule fait partie des schémas pathologiques très fréquemment retrouvés dans les douleurs d'épaules (19) (39) (40). Les insertions musculaires sont rappelées dans l'annexe II.

### **3.4. Notions autour de la blessure sportive**

#### 3.4.1 Définition

La notion de blessure, dans le milieu sportif, est une notion bien étudiée et bien documentée. Avec l'arrivée ces dernières années de nouveaux programmes et nouvelles méthodes de surveillance des blessures, il a fallu définir la blessure, de manière à ce que tout le monde puisse s'y retrouver et parler de la même chose. La définition que nous avons choisie dans le cadre de ce travail correspond à celle donné par Fuller et al : "*Toute plainte physique subie par un joueur lors d'un match ou d'un entraînement, indépendamment du besoin en soins médicaux et de la perte de temps engendrée en regard de l'activité. Une blessure nécessitant une intervention médicale se réfère à une "blessure avec attention médicale" et une blessure implique qu'un joueur ne peut pas prendre part totalement à une compétition ou un entraînement, que l'on qualifie par "perte de temps"*" (45) (46).

Bien que cet auteur s'intéresse aux sports collectifs, cette définition n'en n'est pas moins utilisable dans le cadre d'un sport telle que la natation. Ainsi, comme nous le verrons dans la partie Matériel et Méthodes, la définition que nous avons utilisé correspond à "*toutes plaintes physiques subies à l'entraînement ou en compétition ayant eu pour conséquence l'impossibilité de faire un ou plusieurs entraînements et une ou plusieurs compétitions*" (45) (46) (47) (48).

Une blessure est considérée comme guérie lorsque l'athlète a pu participer à une compétition ou un entraînement sans douleur et sans restriction (14) (16) (17) (45) (46) (47) (48).

### 3.4.2 "Overuse"

"*Overuse injuries*" correspond en français aux blessures de sur utilisation. D'après la littérature, pour classer une blessure dans la catégorie des "*overuse injuries*", il faut impérativement prendre en compte les trois notions suivantes : "un début graduel pouvant ou pas présenter un événement spécifique et résultant de la répétition de micro traumatismes" (16) (17).

Ce type de blessure est le contraire des "*acute injuries*" correspondant aux blessures aiguës et faisant référence à des pathologies traumatiques telles que les entorses, les fractures etc. (45) (46) (47).

### 3.4.3 La blessure en natation

#### 3.4.3.1 Différentes étiologies

Nous avons vu précédemment, que la prévalence des blessures à l'épaule, chez le nageur oscille dans la littérature entre 40 et 90%. Et pour cause, en nage libre, 80% du mouvement vers l'avant provient de la puissance générée par les membres supérieurs (38). A travers la littérature nous retrouvons une multitude d'étiologies possible (36) (37) (38) (44) (49) (50) (51) (52) (53) (54) (55) (56). Elles sont de deux types, intrinsèques et extrinsèques.

#### 3.4.3.2 Ethologies intrinsèques

Nous retrouvons de manière quasi systématique au moins trois items différents. En premier nous trouvons le décentrage huméral. Il est le plus souvent antéro-supérieur ou

antéro-Médial ("*shoulder entrapement*") (37) (38) (44) (49) (51). La plupart du temps il résulte d'un déséquilibre de force musculaire. Il peut être à la fois présent dès le départ mais il est surtout inhérent à la nage elle-même. Le crawl, qui est la nage la plus pratiquée à l'entraînement, favorise le déséquilibre entre les rotateurs externes et les rotateurs internes, en faveur de ces derniers (50) (52).

En second, nous retrouvons les dyskinésies scapulaires. Pouvant être de trois types différents, elles sont généralement accompagnées d'un déséquilibre de force musculaire (faiblesse des adducteurs de scapula (rhomboïdes et trapèze moyen) et ou faiblesse du dentelé antérieur), d'hypoextensibilités et d'un mauvais contrôle neuro-moteur (36) (37) (38) (49) (51). Il est intéressant de noter que plusieurs études démontrent que les dyskinésies scapulaires peuvent apparaître au cours d'une même séance d'entraînement avec la fatigue (53) (54) (55) (56).

Et en troisième, nous retrouvons l'hyperlaxité (36) (37) (38) (49) (51). C'est un terme encore largement débattu, il faut bien comprendre que nous ne parlons que d'une seule articulation et pas de l'ensemble du système ligamentaire de toutes les articulations du corps. De plus l'hyperlaxité est multidirectionnelle alors qu'en fait nous parlons plus précisément d'instabilité micro traumatique acquise unidirectionnelle (57). Essentiellement due la répétition des mouvements dans des amplitudes extrêmes. Dans ce concept, nous retrouvons encore une fois un déséquilibre musculaire, une perte de coordination musculaire, et une modification de l'activité électromyographique. Nous retrouvons également d'autres étiologies fréquemment citées telles que le déficit de rotation gléno-humérale interne, ou GIRD en anglais, les hypoextensibilités musculaires, les troubles posturaux, le déficit d'endurance et de force, le déficit proprioceptif (36) (37) (38) (49) (50) (51) (52) (53).

#### 3.4.3.3 *Etiologies extrinsèques*

Nettement moins nombreuses mais non moins importantes, dans cette catégorie nous pouvons placer en premier lieu : la charge d'entraînement. Mais attention, un gros volume d'entraînement n'est pas forcément lié à l'augmentation de la fréquence des blessures. C'est principalement l'augmentation brutale de la charge d'entraînement qui est responsable des blessures, et non pas le volume horaire total (49) (58).

Ensuite, les nombreuses répétitions d'un même mouvement font parties des facteurs impliqués dans l'apparition des blessures "*overuse*".

Nous trouvons également la technique de nage et le type de nage. Les nageurs en brasse et en papillon sont en effet plus sujets à des douleurs de type cervicalgie, lombalgie ou encore gonalgie. Toutefois, c'est toujours l'épaule qui est la plus sujette aux blessures dans le sens où même pour ce type de nageurs, la nage principale effectuée à l'entraînement reste le crawl. Nous verrons par la suite que la gestuelle est à la fois importante dans la prévention des blessures mais également potentiellement révélatrice de certains déficits ou problèmes (7) (27) (28).

Enfin, il est décrit que l'utilisation excessive de plaquettes peut engendrer un risque accru de blessures. Les plaquettes sont placées sur les paumes de mains afin d'augmenter la surface de celles-ci. Ainsi, plus la surface de la main est grande plus la force produite pour se déplacer dans l'eau est importante (49).

#### 3.4.3.4 *Diagnostics*

Finalement les diagnostics sont peu nombreux. En tout premier lieu nous trouvons les tendinopathies. Nous retrouvons le plus souvent l'inflammation de l'insertion distale du supra épineux et l'inflammation de la gaine synoviale du long biceps, dans la gouttière bicipitale (7) (10) (11) (13) (14) (15) (18). Nous rencontrons également des notions de bursites (inflammation d'une bourse séreuse) dont le mécanisme d'apparition est très similaire à celui des pathologies tendineuses. Les conflits sous acromiaux ("*shoulder impingement*") sont une part importante des blessures du nageur (7) (10) (11) (13) (14) (15) (18). Il a d'ailleurs été décrit qu'avec les années de compétition en natation, le tendon du muscle supra-épineux a tendance à s'épaissir et voit ses propriétés élastiques diminuer. Il serait donc enclin à réduire la distance sous acromiale et *de facto* favoriser l'apparition de conflits sous acromiaux (44).

Enfin dans un dernier temps, nous retrouvons dans la littérature des notions telles les douleurs imputables à une grande fatigue musculaire ("*muscle strain*") ou DOMS ("*Delayed Onset Muscle Soreness*") (7) (10) (11) (13) (14) (15) (18).

### 3.5. Biomécanique

#### 3.5.1 Le crawl, ou nage libre

La nage libre, est la nage la plus rapide et la plus étudiée dans la littérature. C'est aussi la nage pratiquée le plus à l'entraînement par les nageurs, que ce soit des spécialistes de brasse ou de papillons, des nageurs amateurs ou élites. C'est également le style le plus économique (6) (28).

Ces dernières années, les analyses biomécaniques se sont multipliées dans la littérature dans le cadre de la prévention des blessures et de l'optimisation de la performance. Bien qu'étant un sport de non contact, la natation est fortement pourvoyeuse de blessures car les mouvements sont effectués de manières répétitives et dans des amplitudes extrêmes. De plus, la nage libre a tendance à engendrer ou à renforcer un des schémas classiquement pathologique de l'épaule (déséquilibres de force entre les rotateurs internes et externes, dyskinésies scapulaires, décentrage etc.) (28).

Il y a lors de la nage libre, trois phases différentes. Une phase de glisse : "*glide phase*", une phase aquatique propulsive : "*pull-trough phase*" et une phase aérienne de retour : "*recovery phase*". Les trois phases représentent un cycle. Un cycle dure environ 1.65 secondes, la phase aquatique dure  $\approx 70\%$  du temps total du cycle, quand la phase aérienne représente seulement  $\approx 30\%$  (6) (28).

##### 3.5.1.1 "*Glide phase*"

La phase de glisse correspond à l'entrée de la main dans l'eau. L'épaule est en flexion, le coude se trouve au dessus de la main et en légère flexion. Elle fait suite à la phase aérienne de retour. Le deltoïde antérieur permet une flexion de l'articulation gléno-humérale. Par le biais d'une activité statique / excentrique, les rhomboïdes et le trapèze moyen, stabilisent l'angle supéro-médial de la *scapula* et permettent l'action du dentelé antérieur et

du trapèze supérieur qui engendrent une élévation de *scapula* accompagnée d'une sonnette latérale (6).

Dans le cadre des douleurs d'épaule c'est une position très importante. En effet, le bras doit être latéralisé par rapport à l'axe vertical du corps. Si le bras se rapproche de trop de cet axe, la tête de l'humérus se retrouve dans une position de décentrage antéro-médial engendrant des souffrances potentielles du supra épineux et du long biceps. L'entrée de la main dans l'eau est également importante car si elle se fait par le pouce, c'est à dire en rotation médiale d'épaule, la position conflictuelle précédente se voit donc majorée [Annexe V]. L'activité du dentelé antérieur est maximale lors de cette phase, en provoquant une sonnette latérale il permet à la tête de l'humérus de ne pas rentrer en conflit avec d'autre structure. C'est un muscle essentiel chez le nageur qui est fortement soumis à la fatigue (28).

### 3.5.1.2 "Pull-trough phase"

Cette phase aquatique est composée de deux types de mouvements distincts. Un mouvement de traction et un mouvement de poussée (6).

Durant la première partie de cette phase, le nageur se déplace autour d'un axe traversant son épaule de manière horizontale. Jusqu'à environ 90°, le mouvement se passe en chaîne fermée, c'est à dire que le nageur se tracte vers l'avant en se servant de sa main comme point fixe (6) (28).

C'est une phase qui peut également se diviser en trois temps différents. Le premier temps correspond à la fin de la "*glide phase*". C'est à dire que l'articulation gléno-humérale est toujours en flexion, le coude se tend, l'avant bras est quant à lui, en pronation et la main est en position de flexion / extension neutre. Le nageur va devoir alors exercer une traction, dans le sens de l'extension d'épaule. Il se déplace autour d'un axe traversant son épaule de manière horizontale. Jusqu'à environ 90°, le mouvement se passe en chaîne fermée, c'est à dire que le nageur se tracte vers l'avant en se servant de sa main comme point fixe (6) (28). C'est majoritairement le grand pectoral permet ce mouvement car l'épaule se trouve en rotation médiale (6) (59). Au niveau technique, il est important de garder le coude en position haute par rapport à la main, ce qui correspond à une rotation médiale importante de



l'épaule en élévation antérieure. Un coude "bas" signifie une baisse de force du grand pectoral et donc une perte de vitesse et d'efficacité.

Le deuxième moment important au sein de cette phase s'appelle le "*midpull*". Le "*midpull*" correspond à l'instant où le mouvement effectué passe de la traction à la poussée. C'est le moment où le bras se trouve à la perpendiculaire de l'axe verticale du reste du corps. C'est à dire que les doigts pointent vers le fond de la piscine. Le grand dorsal, qui atteint son pic d'activité lors de ses 90° commence à suppléer le grand pectoral (6) (59).

La troisième et dernière partie de cette phase correspond à la phase de poussée. Avec la rotation du tronc "*body roll*", le bras se retrouve dans une position d'adduction et de rotation médiale. Tous les rotateurs médiaux (les trois grands, le subscapulaire) et les extenseurs travaillent en synergie. Encore une fois, ces puissants muscles sont théoriquement équilibrés par l'action des rotateurs latéraux (6) (28) .

A la toute fin de ce mouvement, à la sortie du bras de l'eau, le deltoïde et ses faisceaux postérieurs et moyen avec l'aide du supra épineux, commencent à se contracter pour permettre une élévation de l'humérus et préparer la phase de retour aérienne. Les adducteurs scapulaires sont passés de la course externe à la position de course interne induisant une sonnette médiale (6) (59).

Du point de vue pathologie, c'est durant la totalité de cette phase que les rotateurs latéraux sont essentiels. En effet, ils travaillent de manière constante en contraction statique / excentrique et antagoniste afin d'équilibrer les forces générées en adduction et en rotation médiale par les trois grands extenseurs d'épaule. Des rotateurs latéraux faibles sont un des facteurs favorisant de l'apparition de conflits sous acromiaux (28).

### 3.5.1.3 "*Body roll*"

C'est un mouvement peu connu et encore à l'étude tant dans la prévention des blessures que dans l'optimisation de la performance, le "*body roll*" représente la rotation du tronc autour de son axe vertical du côté controlatéral au bras se trouvant dans la phase aquatique. C'est cette rotation, d'environ 50°, qui permet à la tête de l'humérus de ne pas entrer en conflit articulaire avec la glène. Ce mouvement est rendu possible par l'action des adducteurs de *scapula* du coté controlatéral à la phase aquatique (6) (60). Complexe au

niveau purement technique, ce mouvement s'il n'est pas suffisant favorise les blessures et les douleurs, alors qu'à l'inverse s'il est trop important provoque une diminution de l'efficacité de la nage [Annexe V] [Annexe VI].

Une respiration unilatérale peut potentiellement favoriser l'apparition de blessures car cela peut modifier le "*body roll*" d'un seul côté et ce de manière répétée, tous les deux ou quatre cycles. Le côté non respirant aura une tendance à la diminution du "*body roll*" (28) (60).

#### 3.5.1.4 "*Recovery phase*"

La phase de retour aérienne est quant à elle moins sujette aux risques de blessures, les forces mises en jeu étant moins puissantes que dans l'eau. Toutefois, elle nécessite une bonne coordination scapulo-humérale parce que l'épaule va passer en très peu de temps d'une position d'extension quasi maximale à une position de flexion quasi maximale (6).

Ainsi l'ensemble des faisceaux du deltoïde se contractent de manière progressive au fur et à mesure que l'humérus avance dans le plan horizontal. En position d'extension c'est le faisceau postérieur qui s'active, ensuite lorsque le bras revient dans une position moyenne c'est surtout le faisceau médial et enfin la flexion d'épaule est permise par le faisceau antérieur (6).

Tous les muscles scapulaires s'activent pour permettre assurer un rythme scapulo-huméral harmonieux (tilts, sagittalisation, élévation, sonnette latérale) (6).

La fin de cette phase aérienne correspond au début de la "*glide phase*", là où le dentelé antérieur est au maximum de son activité.

#### 3.5.1.5 "*Freestyle kick*"

Il représente 20% de la force en nage libre. Le battement des pieds est possible grâce aux fléchisseurs et extenseurs de hanche. C'est un mouvement très énergétique surtout utilisé dans le cadre d'un sprint (100M / 200M) (61). Sur des distances plus longues,

les membres inférieurs sont utilisés avec parcimonie en tant que gouvernail dans le plan horizontal et stabilisateurs dans le plan sagittal. Bien qu'important en terme de technique, cela représente une part infime, voir nulle des blessures en nage libre (6) (60).

### **3.6 Proprioception et fatigue**

C'est un sujet encore à l'étude dans la littérature scientifique et quelque peu controversé. Même si les résultats semblent se diriger vers une seule et même conclusion, il reste toujours des études présentant des résultats contradictoires (31) (32) (33) (34) (35). En cause, sûrement la grande variabilité méthodologique de ces études. En effet, les méthodes de mesure, les protocoles de fatigue, les positions étudiées changent d'une étude à l'autre ce qui rend la lecture des résultats difficile. Cependant, d'une manière générale il est établi que la fatigue affecte négativement les facultés proprioceptives de l'épaule. La capacité de repositionnement de l'épaule, active et passive est diminuée après avoir subi une épreuve de fatigue. Une étude nous démontre toutefois, que malgré l'augmentation de l'erreur angulaire au JPS, après un protocole de fatigue, les sujets n'ont pas montré de déficit particulier lors d'un test de stabilité du membre supérieur après ce même protocole de fatigue (31).

Bien qu'il faille relativiser les résultats, la tendance annoncée est plutôt en faveur d'une diminution des facultés proprioceptives.

## **4. MATERIEL & METHODES**

### **4.1. Population**

#### 4.1.1 Critères d'inclusion

- Nageur crawl (nage libre)
- Entre 18 & 55 ans

#### 4.1.2 Critères d'exclusion

- triathlètes (les triathlètes passent beaucoup de temps en chaîne cinétique fermée d'épaule de part l'entraînement en cyclisme)
- pratique d'un autre sport, ou d'une autre activité utilisant l'épaule plus de 3 x semaines (volley / handball, peinture etc.)
- plus de 55 ans car les capacités proprioceptives semblent diminuer progressivement à partir de 60 ans (62) (63).
- présente une douleur actuelle au niveau du membre supérieur ou du cou
- a réalisé un entraînement dans la journée
- présente une pathologie actuelle d'épaule, de la ceinture scapulaire ou du cou
- présente une amplitude d'épaule limitée par une pathologie quelconque d'épaule
- antécédents de chirurgie
- séances de kinésithérapie actuelles ou datant de moins de six mois.

#### 4.1.3 Population Témoin

Recrutée majoritairement au sein de l'IFMK de Nancy, les critères d'exclusion sont exactement les mêmes que pour la population de nageurs, le critère le plus important étant de ne pas pratiquer une activité sollicitant particulièrement les membres supérieurs.

Nous voulions initialement utiliser une population classée comme étant " sédentaire". La sédentarité est un comportement *"définie comme une situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique inférieure ou égale à la dépense de repos en position assise ou allongée (1,6MET) déplacements en véhicule automobile, position assise sans activité autre, ou à regarder la télévision, la lecture ou l'écriture en position assise, le travail de bureau sur ordinateur, toutes les activités réalisées au repos en position allongée (lire, écrire,*

*converser par téléphone, etc.)*". Toutefois, la détermination de cette sédentarité doit se faire par le biais de questionnaires validés. Or, nous utilisons un questionnaire que nous avons développé nous même. Nous devons donc parlé de population témoin et non pas de population sédentaire (64).

## **4.2. Joint Position Sense**

### 4.2.1 Définition

Ce test consiste à évaluer la reproduction d'une angulation au niveau d'une articulation. Il peut se réaliser d'une manière active ou passive. Afin de réaliser ce test l'examineur a besoin d'un inclinomètre, d'un moyen de fixation, d'un bandeau afin de cacher la vue du participant et d'un tabouret réglable sans dossier (65) (66) (67) (68) (69) (70).

### 4.2.2 Installation

Afin de mieux visualiser l'installation, des photos sont disponibles dans l'annexe VII.

Le participant se trouve en position assise sans dossier. Il ne doit pas porter de vêtement. Le test est donc réalisé pour les hommes et pour les femmes sans tee-shirt pour limiter au maximum les afférences tactiles.

L'installation est telle que les genoux de tous les participants doivent se trouver fléchis à 90°. Le participant ne doit pas se servir de ses afférences visuelles ainsi un bandeau lui est installé sur les yeux. La position de départ du bras se fait coude tendu, prono-supination neutre et poignet en position neutre (65) (66) (67) (68) (69) (70).

L'examineur se trouve au côté du patient afin d'installer l'inclinomètre au 1/3 inférieur du bras, au dessus de l'articulation du coude et pour pouvoir lire et noter les angulations (65) (66) (67) (68) (69) (70).

Nous avons placé l'inclinomètre au niveau de l'insertion distale du deltoïde, soit au niveau du V deltoïdien marqué au stylo BIC ® pour permettre une bonne visualisation et de replacer de manière précise et reproductible l'inclinomètre.

#### 4.2.3 Consignes

Le mouvement demandé est un mouvement ipsilatéral qualifié comme lent, dans le sens de l'abduction dans le plan de la scapula, soit 30° en dehors de l'axe sagittal. Chaque participant a le droit de faire deux essais pour se familiariser avec le sens et la vitesse du mouvement demandé. Les différentes angulations seront mesurées dans 3 fourchettes d'amplitudes différentes. Une première fourchette comprise entre 45° et 55°. La deuxième fourchette entre 85° et 95° pour terminer entre 130° et 140°. Durant les mesures, chaque fourchette d'amplitude est espacée de 2 minutes de repos. Dans chacune des fourchettes d'amplitude 3 mesures seront effectuées à des angulations différentes. Chaque mesure est espacée de 5 secondes de repos. Une mesure correspond à 2 angulations soit celle indiquée par l'examineur et celle reproduite par le participant. Les ordres sont donnés oralement comme suit : "Go" pour le départ du mouvement et " stop" quand le participant doit s'arrêter. La première mesure est effectuée par l'examineur. Ensuite le participant doit garder la position 5 secondes et repartira à la position de départ après avoir entendu le mot "top". Enfin, immédiatement après avoir retrouvé la position de départ, le participant doit remonter son membre supérieur vers la position qui lui semble la plus semblable à la précédente et doit en informer verbalement l'examineur qui procédera la prise de la deuxième mesure. La vitesse des différents mouvements doit être identique (65) (66) (67) (68) (69) (70).

#### 4.2.4 Calculs

Nous avons mesuré la différence absolue entre l'angle cible et l'angle observé et calculé le score d'erreur en faisant la moyenne des 3 essais (65) (66) (67) (68) (69) (70).

### 4.3. Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability Test (CKCUEST)

#### 4.3.1 Définition

Ce test consiste à évaluer la stabilité du membre supérieur en chaîne fermée. Le sujet doit effectuer le plus de touches possibles sur sa main opposée (alternativement à droite et à gauche) en position de "push "up", pendant 15 secondes (71) (72) (73) (74) (75).

#### 4.3.2 Installation

Afin de mieux visualiser l'installation, des photos sont disponibles dans l'annexe VIII et IX. L'examineur se trouve face au sujet afin de compter le nombre de touches effectuées. Le sujet est en position de push up, genoux tendus pour les hommes et genoux fléchis (touchent le sol) pour les femmes. Les participants doivent avoir leur deux bras séparés d'une distance égale à 91,4 cm (71) (72) (73) (74) (75). Afin d'être reproductible un maximum, nous avons fait confectionner une bâche, inspirée de la bâche déjà existante " The Mat<sup>®</sup> ", sur laquelle nous avons pu facilement délimiter cette distance standardisée de 91,4cm [Annexe III]. Un scotch rouge a été placé sur la bâche de sorte à délimiter de manière visible la distance de 91.4cm [Annexe III]. La position des pieds a été expliquée à tous les participants et participantes de manière à ce que la distance entre les pieds soit égale à la largeur des épaules.

#### 4.3.3 Démonstration

Le sujet reçoit une démonstration visuelle de l'exercice demandé et pourra s'exercer une seule fois lors d'un essai de 5 touches maximum (71) (72) (73) (74) (75).

#### 4.3.4 Consignes

L'ordre donné par l'examineur est le suivant : " Tentez de faire le plus de touches possible en 15 secondes". Aucun encouragement n'est autorisé. Le début et la fin du test sont verbalisés avec les mots suivants : " 1, 2, 3 Go " et " Stop". Chaque participant fera le test 3 fois. Chaque session sera espacée de 45 secondes (71) (72) (73) (74) (75).

#### 4.3.5 Résultats

Une fois les tests réalisés, 3 résultats différents sont obtenus et 2 calculs différents sont réalisés sur chaque essai (score normalisé et score de puissance) (71). Le score normalisé se calcule de la façon suivante :  $\frac{\text{Nombre de touches} \times 68 \%}{15}$

68% représente le pourcentage du poids représenté par la tête, les bras et le tronc du sujet.

Le score de puissance se calcule de la façon suivante :  $\frac{\text{Nombre de touches}}{\text{Taille (cm)}}$

### 4.4. Incidence Rate

#### 4.4.1 Calcul

En épidémiologie sportive il est possible d'obtenir l'incidence de l'apparition des blessures sur une période donnée. On utilise le nombre de blessures recensées sur une période prédéfinie et le volume horaire d'entraînements et / ou de compétitions.

Les résultats sont exprimés uniformément par un nombre de blessure pour 1000H d'exposition au sport en question afin de faciliter la lecture des résultats (30) (76) (77).

Le calcul est le suivant :  $\frac{\text{Nombre de blessures recensées}}{\text{Volume horaire total}} \times 1000$



## **4.5 Questionnaire de vie du sportif**

Afin d'obtenir les informations suffisantes dans le cadre de ce travail, à savoir les critères d'inclusion et d'exclusion, les paramètres morphologiques, la quantification de l'entraînement et la quantification du nombre de blessures, nous avons élaboré un questionnaire qui a été envoyé à tous les participants par le biais de "Google Drive®" (78) .

La définition de la blessure que nous avons donnée à nos participants, correspond à celle décrite dans l'introduction (une blessure se réfère à l'impossibilité de faire au moins un entraînement ou une compétition).

Le temps de perturbation de pratique quant lui correspond aux temps que la blessure en question a engendré, non pas une annulation d'un entraînement, mais une modification de son contenu soit en terme de volume soit en terme d'intensité.

## **4.6 Organisation**

### **4.6.1 Recrutement des sujets**

Nous avons contacté, par mail, par les réseaux sociaux, ou encore directement par téléphone, différentes associations sportives pour avoir accès à certains de leurs athlètes dans le cadre de notre étude. Ainsi, l'ASPTT Nancy, le Cercle des Nageurs de Nancy, la Ligue Grand Est FFSU (Fédération Française de Sport Universitaire) nous ont répondu favorablement. La même procédure a été effectuée au sein de l'IFMK afin de recruter des volontaires représentant la population témoin.

Le questionnaire a été envoyé à 50 personnes et nous avons eu 49 réponses soit un taux de réponse de 98%. Parmi ces 49 réponses 3 personnes n'ont pas répondu favorablement à notre demande pour procéder aux mesures et les 2 autres personnes ont été exclues de l'étude car elles ne rentraient pas dans les critères d'inclusion [Annexe X].

#### 4.6.2 Pré test

Afin d'être le plus fiable et le plus reproductible possible dans les différentes prises de mesures, nous avons procédé à une première phase de tests, qualifiée de "pré-test".

Durant cette phase, nous avons effectué, sur quatre personnes, les tests précédemment cités, dans les conditions réelles de réalisation. Ainsi nous avons pu tester différentes manières de donner les explications, améliorer la fiabilité des résultats ou encore optimiser le temps que dure l'ensemble des tests.

Lors du JPS, nous avons fait à chaque participant une marque au stylo BIC ® au niveau de l'insertion distale du deltoïde. Ce trait représente l'endroit où la partie proximale de l'inclinomètre est posée. De plus, celui-ci est placé de manière à ce qu'il soit parallèle à l'humérus et donc dans le prolongement de celui-ci. Cet endroit s'est avéré non seulement pratique mais aussi reproductible car il permet de s'affranchir des différentes masses musculaires des sujets.

Lors du CKCUEST, nous avons utilisé la bâche "The Mat®". Fabriquée de manière personnelle et artisanale, elle est à l'origine conçue pour réaliser le "Y Balance Test" (YBT). Nous l'avons utilisée car elle permet de quantifier des longueurs. Nous avons donc pu rendre la mesure inhérente à ce test (91,4cm), identique pour tous les participants et ce sans remesurer à chaque fois. Toutefois, nous avons rapidement remarqué qu'il fallait standardiser la position de départ de manière plus précise que celle décrite dans les études retrouvées. Afin que la position soit facilement comprise et reproductible, nous avons décidé que la position de la main soit définie en fonction de la position du médus. Nous avons utilisé la bâche tout le temps dans le même sens, c'est à dire que le point de départ du YBT, représenté par un cercle dans lequel passe une droite verticale, se trouve à la gauche du sujet. Ainsi, lors de la position de départ, le médus gauche du sujet doit être posé sur cette droite verticale. Ensuite, pour la main droite, nous avons utilisé un scotch de couleur rouge pour matérialiser la droite verticale se trouvant à 91.4cm afin d'y poser le médus de la main gauche.

#### 4.6.3 Recueil de données

En additionnant le temps pris pour réaliser les deux tests (temps de repos compris) par personne, nous avons 21 mesures à prendre en seulement 10 minutes. Pour éviter les erreurs de prise de notes, nous avons élaboré un tableau de résultats imprimés en autant d'exemplaires que de participants. Utile pour la traçabilité, cette méthode de prise de notes, nous a également permis de rendre anonyme les résultats. En effet, chaque feuille est représentée par un numéro et c'est ce numéro qui figure dans le tableur Excel [ANNEXE X].

#### 4.6.4 Conditions lors des prises de mesures

Tous les tests ont été effectués dans le même ordre. C'est à dire que le test a débuté par le *Joint Position Sense* en premier, suivi du test en chaîne fermée. Cela pour éviter une quelconque fatigue musculaire, qui comme vu précédemment est susceptible de biaiser le repositionnement articulaire.

Les tests ont été effectués en majorité à l'IFMK de Nancy, dans des conditions de calme relatif sans distraction ni visuelle ni sonore. D'autres tests, pour des raisons pratiques, ont du être effectués au domicile des sujets, avec l'accord préalable de ceux-ci. Nous avons fait en sorte de rendre les conditions visuelles et sonores d'examens les plus identiques et reproductibles possible.

Concernant la population de nageurs, nous avons également fait en sorte que les tests ne soit pas réalisés après un entraînement pour limiter les incidences de la fatigue musculaire sur le résultat des différents tests (31) (32) (33) (34) (35).

### 4.7 Méthode de recherche

Pour l'écriture de ce travail, nous avons consulté les bases de données suivantes : Pubmed, Google scholar, Pedro, Kinedoc, Cochrane. Les mots clés que j'ai utilisé dans le cadre de ce mémoire sont les suivants : *swimming pain* ; *injuries* ; *overuse injuries* ;

*swimmers prevention injuries ; swimmers shoulder ; shoulder pain ; swimmers injuries ; shoulder proprioception ; shoulder proprioception evaluation ;*

La bibliographie est composée essentiellement d'articles anglophones. Les dates de parution de ces articles s'étalent pour la plupart sur les deux dernières décennies. Nous avons également cité certains travaux qui bien qu'effectués dans les années 90, sont encore justifiés aujourd'hui. Les recherches se sont étalées sur plusieurs mois, de Janvier 2018 à Mars 2019.

## 5. RESULTATS

### 5.1 Population totale

Nous avons vu 44 personnes, réparties en 22 nageurs (50%) et 22 non nageurs (50%) ont pu être testé. Nous avons au total 24 Hommes (55%) et 20 Femmes (50%). Dans la population de nageurs nous avons 32% de Femmes équivalent à 7 sur les 22. 13 Femmes, soit 59% sont présentes dans la population de non nageurs.

L'âge moyen de l'ensemble de la population est de 26.7 ans ( $\pm 8.3$ ). L'âge moyen des nageurs est de 24.8 ( $\pm 6.9$ ) tant dis que l'âge moyen des non nageurs est de 28.7 ( $\pm 9.2$ ) ( $P = 0.152$ ).

L'IMC moyen de l'ensemble de la population est de  $21.7 \pm 2.6$ . L'IMC moyen des nageurs est de  $22.5 \pm 2.8$  alors que pour la population de non nageurs il est de  $(20.9 \pm 2.1)$  ( $P = 0.043$ ).

Dans l'ensemble, nous avons 7 gauchers soit 16% de l'ensemble de la population.

Enfin, nos différentes données ne suivent pas de loi normale, aussi nous avons utilisé les tests de « *Wilcoxon – Mann Whitney* » pour calculer les « P »

## 5.2 La population témoin

Au total, 41% ne pratiquent pas de sport et les 59% autres de cette population font moins de 3H (1.0  $\pm$ 1.45) de sport par semaine. La quasi totalité d'entre eux, 95%, ne font pas d'exercice de renforcement musculaire du membre supérieur .

31% déclarent avoir eu une douleur à l'épaule durant ces 12 derniers mois.

## 5.3 Les nageurs

Sur les 22 nageurs, nous avons 21 crawlleur et 1 brasseur. Les nageurs pratiquent la natation depuis 8.4 ans ( $\pm$ 7.4).

En moyenne, ils nagent 3.5H par semaine ( $\pm$  2.4). Le kilométrage hebdomadaire est de 8.9 km ( $\pm$  6.6). Annuellement nous obtenons la moyenne de 192.3H ( $\pm$ 182.3) pour 382.4KM ( $\pm$ 289.2).

Sur la distance de 400M, le temps moyen mis par les athlètes est de 6.2Min ( $\pm$ 1.6).

Les nageurs pratiquent la natation depuis 8.4 ans ( $\pm$ 7.4).

Cinquante neuf pourcent d'entre eux pratiquent une activité sportive à côté et ce – de 5H / semaine. Parmi les activités de pratiquée, nous retrouvons le VTT, le trail, le triathlon, l'escalade, le judo, le décathlon, le fitness la boxe et le ski de fond.

Trente huit pourcent font des exercices de renforcement musculaire de manière régulière dans le cadre de leurs entraînements.

## 5.4 Les blessures

Au total, sur les 22 nageurs nous avons recensé 9 athlètes ayant été blessés (41%) et nous avons comptabilisé 16 blessures. Ils correspondent à l'effectif blessures.

Huit athlètes ont décrit des blessures à droite soit 89%, et 1 à gauche. 3 des plaignants sont gauchers et la blessure à gauche a été rapportée par un gaucher.

Le taux de blessures chez les Femmes est de 16% alors que chez les Hommes il est de 46%

Cent pour cent de ces blessures sont apparus lors d'un entraînement. Pour 87.5% des athlètes blessés, le temps d'arrêt a été de moins d'une semaine. Entre une et deux semaines pour 6.75% d'entre eux et entre deux et 4 semaines pour 6.75% d'entre eux. Le temps de perturbation de pratique est estimé par 44% des sujets ayant été blessés à plusieurs jours. 44% l'estime à plusieurs semaines et 12%) plusieurs mois. Pour rappel, le temps de perturbation de pratique correspond à la nécessité pour l'athlète de modifier les séances d'entraînement non pas en quantité mais dans leur contenu.

Soixante dix-huit pour cent des blessures sont apparues de manière progressive contre 12% de manière soudaine. 78% des blessures sont blessures classifiées comme récurrentes contre 12% décrites comme étant nouvelles.

Sept des nageurs ayant été blessés ont pu décrire un ou plusieurs de leurs symptômes. 6 d'entre eux parlent de douleurs et 1 de gênes. 4 ont donné la localisation de la douleur (« *deltoïde* », « *dessus l'épaule* », « *dorsale* », « *tendon* »).

Quatre ont pu donner un diagnostic, pour 3 d'entre eux nous retrouvons la notion de « *tendinite* ».

L'*incidence Rate* est dans l'ensemble de la population de nageur de 5.2 / 1000H d'exposition ± 9.1. Chez les nageurs de l'effectif "blessure", il est de 12.7 / 1000H d'exposition ±10.5. Il est de 3.5 / 1000 H d'exposition chez les Femmes

## 5.5 Les tests

### 5.5.1 Joint Position Sense

L'erreur absolue à droite et à gauche, dans l'ensemble des deux échantillons est de  $2.80^\circ \pm 0.77$ . A droite nous avons  $2.77^\circ \pm 1.0$  et à gauche  $2.82^\circ \pm 0.87$ .

Dans les amplitudes basses, nous avons un score absolu d'erreur de  $3.6^\circ \pm 1.3$ . Dans les amplitudes moyennes, nous avons un score absolu d'erreur de  $2.3^\circ \pm 1.0$ . Dans les hautes amplitudes, nous avons un score absolu d'erreur de  $2.5^\circ \pm 1.1$

Sur l'ensemble de la population et sur les deux bras est de  $38.1^\circ \pm 7^\circ$ . La moyenne sur l'amplitude moyenne est de  $90.8^\circ \pm 6.4^\circ$  et la moyenne concernant l'amplitude haute est de  $129.9^\circ \pm 5.7^\circ$ .

**Tableau 1 : Population totale et JPS**

	<b>Low Range</b>	<b>Middle Range</b>	<b>High Range</b>	<b>Total</b>
<b>Erreur absolue en °</b>	3.6°	2.3°	2.5°	2.80°
<b>Ecart type</b>	1.3	1.0	1.1	0.77

### 5.5.2 CKQUEST

Dans l'ensemble des deux échantillons, le nombre total de touches  $62 \pm 12$ . Au premier essai la moyenne est de 18 touches  $\pm 4$ . Au deuxième essai, la moyenne est de 21 touches  $\pm 4.5$  et au troisième essai la moyenne est de 22 touches  $\pm 4.5$ .

Le score normalisé moyen est de  $11.8 \pm 2.3$  et le score de puissance moyen est de  $62.5 \pm 16.6$ .

**Tableau 2 : Population totale et CKQUEST**

<b>Touches totales</b>	<b>Moyenne par essai</b>	<b>Score normalisé</b>	<b>Score de puissance</b>
$62 \pm 12$	$20.7 \pm 4.2$	$11.9 \pm 2.4$	$62.5 \pm 16.2$

### 5.6 Effectif "blessures" vs " sans blessure"

Nous comptons 9 athlètes ayant été blessés totalisant 16 blessures et 13 athlètes non blessés. Les femmes représentent 32% de l'effectif total des nageurs, 22% de l'effectif blessures et 38% de l'effectif sans blessure.

L'effectif blessé a un âge moyen de  $31.6 \pm 10.9$ , ils nagent depuis  $12.3 \pm 9.8$ . Le volume horaire moyen correspond à  $206H \pm 186.6$  et à  $423KM \pm 285.9$  par an. 22% d'entre eux pratiquent des exercices de renforcement musculaire réguliers, dans le cadre de leur activité sportive.

L'effectif non blessé a un âge moyen de  $26.4 \pm 7.5$ , ils nagent depuis  $5.6 \pm 3.3$ . Le volume horaire moyen correspond à  $192H \pm 183$  et à  $392KM \pm 321$  par an. 46% d'entre eux pratiquent des exercices de renforcement musculaire réguliers, dans le cadre de leur activité sportive.

**Tableau 3 : Etat des lieux des nageurs**

	Âge	Expérience	Volume horaire	Volume kilométrique	Renforcement musculaire	% Femmes
<b>Effectif "blessure"</b>	$31.6 \pm 10.9$	$12.3 \pm 9.8$	$206H \pm 186.6$	$423KM \pm 285.9$	22%	22%
<b>Effectif "sans blessure"</b>	$26.4 \pm 7$	$5.6 \pm 3.3$	$192H \pm 183$	$392KM \pm 321$	46%	38%

Lors du JPS, les scores d'erreur cumulés à droite et à gauche, dans toutes les amplitudes étudiées pour l'effectif blessure sont en moyenne égal à  $2.8^\circ \pm 0.6$  contre  $2.5^\circ \pm 0.8$  dans l'effectif sans blessure ( $P = 0.402$ ). Les résultats en détails sont présentés dans le tableau ci-dessous.



**Tableau 4 : Nageurs ayant été blessés et non blessés au JPS**

	<b>Total</b>	<b>Low Range</b>	<b>Middle Range</b>	<b>High Range</b>
<b>Effectif "blessure"</b>	2.8° ± 0.6	3.7° ± 1.5	2.4° ± 1.1	2.2° ± 0.5°
<b>P =</b>	0.402	0.315	0.481	0.946
<b>Nageurs non blessés</b>	2.5° ± 0.8	3.2° ± 1.3	2.0° ± 1.9	2.3 ± 1.2

Lors du CKQUEST, pour l'effectif blessure, le nombre de touches total est 68 ± 9.9 contre 68 ± 14.5 pour l'effectif non blessé (P= 0.712). Le score normalisé, pour l'effectif blessure est en moyenne de 12.6 ± 2.0 contre 13.2 ± 3.0 pour l'effectif non blessé (P= 0.647). Le score de puissance pour l'effectif blessure est de 77.5 ± 15.1 contre 67.6 ± 14.1 pour l'effectif non blessé (P = 0.185).

**Tableau 5 : Nageurs de l'effectif "blessure" et non blessés au CKQUEST**

	<b>Total</b>	<b>Score normalisé</b>	<b>Score de puissance</b>
<b>Effectif "blessure"</b>	68 ± 9.9	12.6 ± 2.0	77.5 ± 15.1
<b>P =</b>	0.712	0.647	0.185
<b>Effectif "sans blessure"</b>	68 ± 14.5	13.2 ± 3.0	67.6 ± 14.1

### 5.7 Nageurs & non nageurs

Les scores absolus d'erreur pour la population de nageurs est de 2.6° ± 0.7 contre 3.0° ± 0.8 pour la population témoin (P= 0.148). Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 6 : Nageurs et population témoin au JPS**

	<b>Total</b>	<b>Low Range</b>	<b>Middle Range</b>	<b>High Range</b>
<b>Nageurs</b>	2.6° ± 0.7	3.4° ± 1.4	2.2° ± 1.0	2.3° ± 1.0
<b>P =</b>	0.148	0.353	0.340	0.403
<b>Non nageurs</b>	3° ± 0.8	3.8° ± 1.3	2.5° ± 0.9	2.7° ± 1.2

Pour le CKCUEST, le nombre total de touches pour l'effectif de nageurs est de 68 ± 12.6 contre 56 ± 9.7 (P=0.001). Le score normalisé pour l'effectif nageur est de 12.9 ± 2.6 contre 10.9 ± 1.8 pour l'effectif de non nageurs (P= 0.001). Le score de puissance pour l'effectif de nageurs est de 71.6 ± 15.0 contre 53.3 ± 12.7 pour l'effectif de non nageurs (P= 0.001).

**Tableau 7 : Nageurs et non nageurs au CKCUEST**

	<b>Total</b>	<b>Moyenne par essai</b>	<b>Score normalisé</b>	<b>Score de puissance</b>
<b>Nageurs</b>	68 ± 12.6	22.7 ± 4.2	12.9 ± 2.6	71.6 ± 15.0
<b>P =</b>	0.001	0.001	0.0001	0.002
<b>Non nageurs</b>	56. ± 9.7	18.7 ± 3.3	10.9 ± 1.8	53.3 ± 12.7

### 5.8 Hommes & Femmes dans les deux échantillons

Les scores absolus d'erreur au JPS pour la population d'Hommes est de 3.0° ± 0.7 contre 2.5° ± 0.7 pour les Femmes (P= 0.034). Les détails sont précisés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 8 : Hommes et Femmes au JPS**

	<b>Total</b>	<b>Low Range</b>	<b>Middle Range</b>	<b>High Range</b>
<b>Hommes</b>	3.0° ± 0.7	3.9° ± 1.4	2.4° ± 0.8	2.8° ± 1.3
<b>P =</b>	0.034	0.087	0.531	0.060
<b>Femmes</b>	2.5° ± 0.7	3.3° ± 1.0	2.3° ± 1.2	2.1° ± 0.8

A propos du CKCUEST, le nombre total de touches pour les Hommes est de 65 touches ± 13.6 contre 61 ± 11.5 pour les Femmes (P= 0.620). Le score normalisé moyen pour les Hommes est de 12.2 ± 2.4 contre 12 ± 2.3 pour les Femmes (P = 0.968). Le score de puissance pour les Hommes est de 70.3 ± 16.7 contre 56.3 ± 13.4 pour celui des Femmes (P= 0.036).

**Tableau 9 : Hommes et femmes au CKCUEST**

	<b>Total</b>	<b>Score normalisé</b>	<b>Score de puissance</b>
<b>Hommes</b>	65 ± 13.6	12.2 ± 2.4	70.3 ± 16.7
<b>P =</b>	0.620	0.868	0.036
<b>Femmes</b>	61 ± 11.5	12 ± 2.3	56.3 ± 13.4

### 5.9 Corrélation de Pearson

Plusieurs tests de corrélations de Pearson ont été calculés dans le cadre de cette étude, les résultats sont expliqués dans le tableau ci-dessous. Ce test nous permet de voir si il y a un lien de dépendance entre deux variables, ainsi plus la valeur est proche de 0, plus les deux variables étudiées sont indépendantes. Plus le score se rapproche de 1, plus les deux variables sont dépendantes l'une de l'autre. Aussi, un score positif démontre que si une des variables augmente, l'autre augmente dans des proportions similaires, alors qu'un score

négatif tendant vers le -1, nous informe sur la dépendance des deux variables, à la différence que quand l'une augmente, l'autre diminue dans des proportions similaires.

Un seul score a été calculé dans le cadre de la population générale de l'étude et tous les autres ont été calculés uniquement sur la population de nageurs.

**Tableau 10 : Corrélations de Pearson**

	<b>Corrélation de Pearson = r</b>
<b>JPS / CKCUEST (Pop générale)</b>	-0.415
<b>JPS / CKCUEST (Nageurs)</b>	-0.462
<b>JPS / IR (Nageurs)</b>	-0.012
<b>CKCUEST / IR</b>	-0.042
<b>JPS / Niveau performance</b>	-0.204
<b>CKCUEST / Niveau de performance</b>	-0.052
<b>JPS / Volume entraînement</b>	0.045
<b>CKCUEST / Volume entraînement</b>	-0.089
<b>JPS / Années de pratique</b>	0.105
<b>CKCUEST / Années de pratique</b>	-0.0009
<b>Score normalisé / IR</b>	-0.132
<b>Score de puissance / IR</b>	0.451

## 6. DISCUSSION

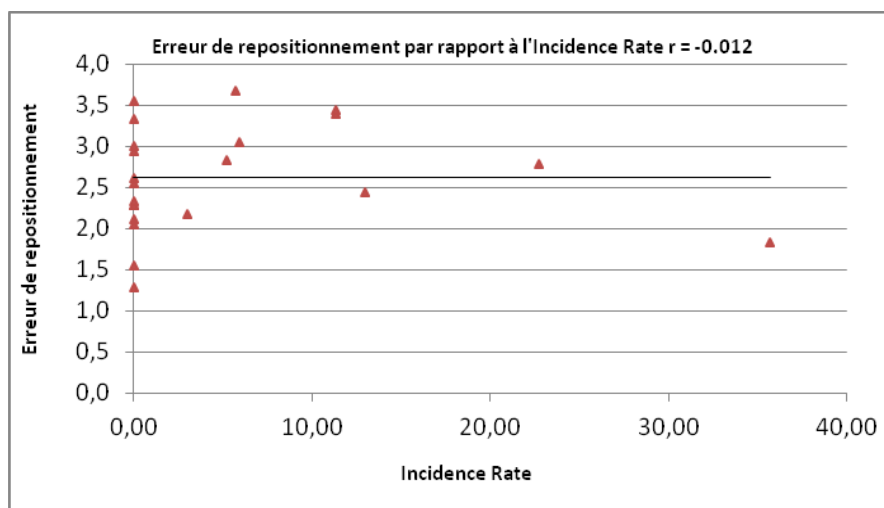
La population de nageur ayant un âge moyen de 24.8 ans  $\pm$  6.9 n'est pas significativement différente ( $P = 0.152$ ) de la population de non nageurs avec un âge moyen de 28.7  $\pm$  9.2 Par contre, l'Indice de Masse Corporelle est quant à lui significativement supérieur ( $P=0.043$ ) chez les nageurs. 22.5  $\pm$  2.8 contre 20.9  $\pm$  2.1.

Nous avons dans le cadre de notre étude, un taux de blessures à l'épaule de 41%. Ce qui est cohérent avec les résultats trouvés dans la littérature. Dans celle -ci, nous retrouvons une incidence des blessures supérieure chez les femmes par rapport aux

hommes, ce qui n'est pas retrouvé dans notre étude (9% contre 31%) (7) (10) (11) (13) (14) (15) (18). Il faut néanmoins rappeler que dans l'effectif nageurs, les femmes composent seulement 32% de l'effectif total.

L'incidence des blessures pour l'effectif nageur est de 5.2 / 1000H d'exposition, ce qui est légèrement supérieur par rapport aux résultats trouvés dans la littérature. Il est de 3.5 / 1000H d'exposition pour les nageuses contre 6 / 1000H pour les nageurs. Dans l'ensemble des nageurs de l'effectif "blessure", la moyenne est de 12.7 / 1000H. La plupart des études épidémiologiques utilisées dans notre bibliographie, les taux de blessures sont compris entre 1 et 4 blessures / 1000 H d'exposition. Dans notre étude nous retrouvons des valeurs élevées mais néanmoins cohérentes.

Le cœur de ce travail était de comparer les résultats aux différents tests dans la population de nageurs non blessés et ayant été blessés (tab.4, tab.5). Le graphique présenté ci-dessous représente les différents scores d'erreur de repositionnement comparé au taux d'incidence des blessures :

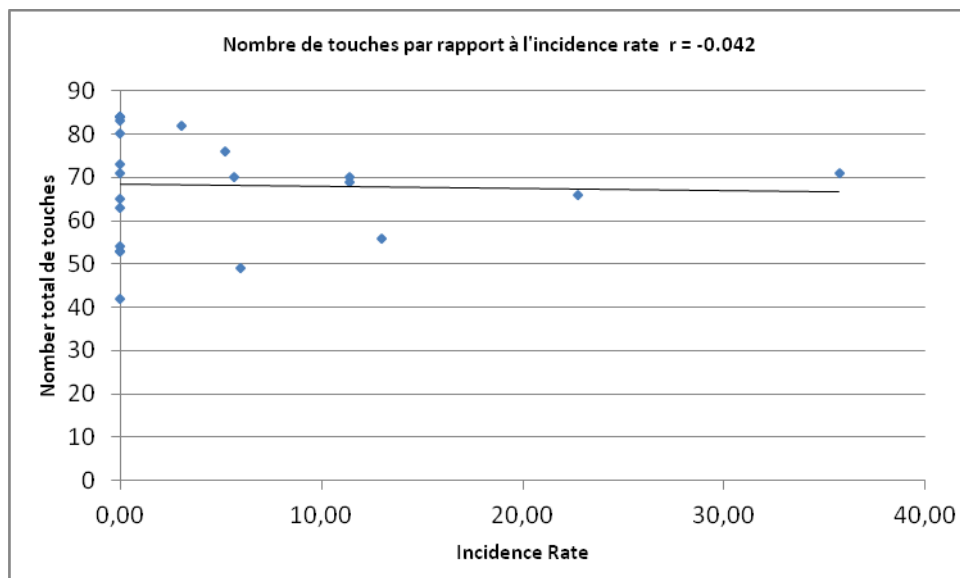


**Figure 1 : Erreur de repositionnement et incidence des blessures**

Nous nous attendions à ce que les erreurs de repositionnement augmentent avec l'incidence des blessures, ce qui n'est visiblement pas le cas. La courbe de tendance est horizontale, couplé à la corrélation de Pearson ( $r = -0.012$ ), l'incidence des blessures n'influence pas le score d'erreur moyen de repositionnement. Au total les deux populations ont une différence de  $0.3^\circ$  ( $P = 0.402$ ) à la faveur des non blessés. D'une part le résultat

n'est pas significatif et d'autre part, cliniquement  $0.3^\circ$  représente une infime erreur de repositionnement cliniquement impossible à évaluer. Les résultats sont du même ordre si nous les analysons par amplitude, non seulement les différences entre les deux populations sont inférieures à  $0.5^\circ$  et en plus les résultats ne sont pas significatifs (tab.4). Ainsi nous pouvons affirmer qu'au JPS, il n'y a pas de différence entre les nageurs ayant été blessés et non blessés.

Au CKCUEST les résultats trouvés sont dans la continuité du JPS. Ainsi, il n'y a pas de différence au nombre de touches totales entre les deux populations. Les deux populations sont à 68 touches au total (tab.5).

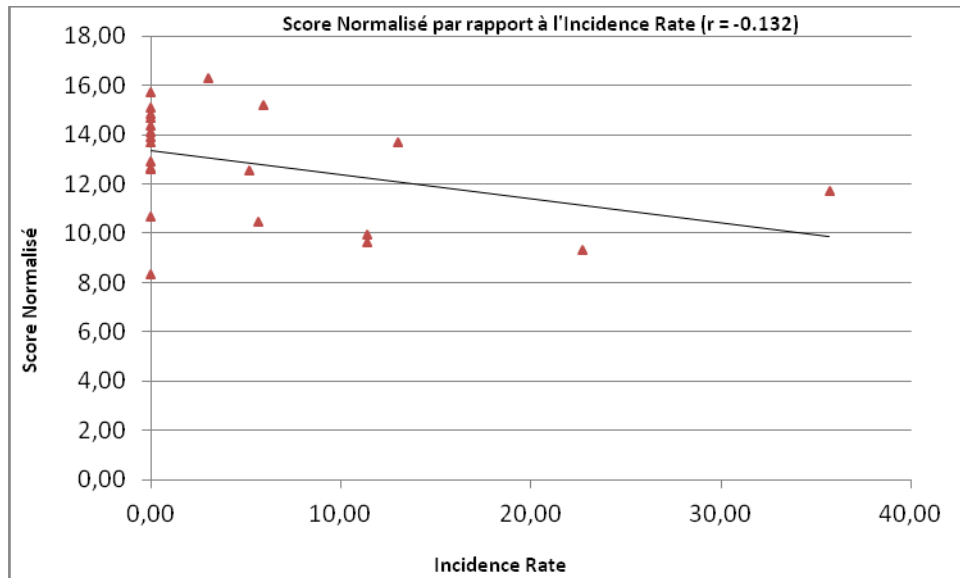


**Figure 2 : CKCUEST et incidence des blessures**

Mathématiquement nous observons une très légère tendance à la baisse du nombre total de touches avec l'augmentation de l'incidence des blessures, mais en plus d'être non significative ( $P = 0.712$ ) (tab.5), cette tendance est dérisoire comme le montre la corrélation de Pearson  $r = -0.042$ . Nous pouvons également affirmer que dans le cadre de cette étude, l'incidence des blessures n'a pas influencé le nombre de touches total au CKCUEST.

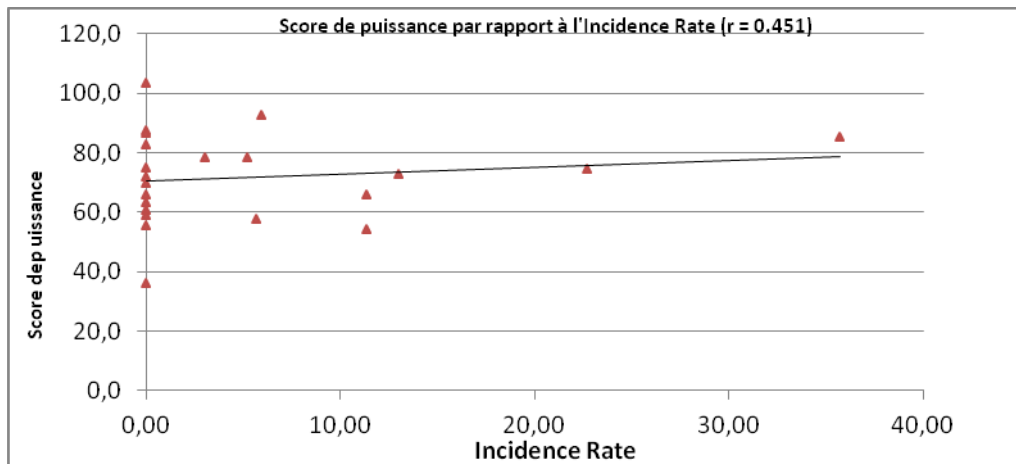
Les scores normalisés suivent la même tendance, les scores moyens des nageurs non blessés sont à peine supérieurs à ceux des nageurs ayant été blessés (tab.5). Le score

normalisé des nageurs de l'effectif "blessure" est de 12.6 contre 13.2 pour les nageurs non blessés. La encore la différence entre les deux en plus des faible, est non significative ( $P = 0.647$ ) (tab.5).



**Figure 3 : Score normalisé au CKCUEST et incidence des blessures**

Le score de puissance pour les nageurs de l'effectif "blessure" est supérieur à celui des nageurs non blessés (tab.5). Statistiquement non significatif ( $P=0.185$ ). Nous pouvons peut être expliqué ce résultat par le fait que les nageurs ayant été blessés ont tendance à avoir de meilleures références chronométriques avec 48s de mieux en moyenne au 400m ( $P = 0.255$ ), à plus nager tant en terme de kilomètres, + de 70 km / an ( $P=0.400$ ) que d'heures d'entraînement avec + de 33h / an ( $P=0.497$ ) (tab.11). L'ensemble de ces résultats restent tout de même non significatifs.



**Figure 4 : Score de puissance au CKQUEST et incidence des blessures**

**Tableau 11 : Quantification entraînement "blessure" /"sans blessure"**

	Heures hebdo	Km hebdo	Heures annuelles	Km annuels	Référence chronométrique
Effectif "blessure" (9)	3.5 ± 1.7	9.7 ± 7	206 ± 185	423 ± 286	5.7 Min ± 1.6
P =	0.601	0.660	0.497	0.400	0.255
Effectif "sans blessure" (13)	3.3 ± 1.7	8.4 ± 6.6	183 ± 187	354 ± 300	6.5 Min ± 1.6

Nous savons désormais, que dans le cadre de notre étude, l'incidence des blessures n'a pas été influencée par la proprioception des nageurs. Grâce aux différentes données récoltées, nous avons essayé de trouver un facteur qui aurait pu influencer les résultats aux deux tests effectués.

Les corrélations de Pearson calculées (tab.10) nous démontrent que le volume d'entraînement n'a pas influencé les résultats à nos tests. Le JPS par rapport au volume



d'entraînement  $r = 0.045$ , le CKCUEST par rapport au volume d'entraînement  $r = -0.089$ , le JPS par rapport niveau de performance  $r = -0.204$  et le CKCUEST par rapport au niveau de performance  $r = 0.052$ ., représentent des valeurs de corrélation trop faibles pour être dépendantes les unes des autres.

En revanche, nous avons remarqué que la pratique du renforcement musculaire des membres supérieurs a influencé les résultats au CKCUEST (tab.12). Comme présenté ci-dessous, la significativité des résultats, sans pour autant être inférieure à 0.05 s'est améliorée, ainsi nous observons que les nageurs qui font du renforcement musculaire ont tendance à faire plus de touches que ceux qui n'en font pas ( $P=0.108$ ). Ils ont également des résultats supérieurs dans les deux scores (normalisé et de puissance) ( $P=0.164$  ;  $P= 0.185$ ). En revanche les résultats au JPS sont tout à fait similaires. Il est intéressant de noter que 46% des nageurs non blessés font du renforcement contre seulement 22% chez les nageurs ayant été blessés. Cela est cohérent par rapport à la littérature où le renforcement musculaire a une place prépondérante dans la prévention et la rééducation des blessures (8).

**Tableau 12 : Proprioception et renforcement musculaire**

	<b>Touches totales</b>	<b>Score normalisé</b>	<b>Score puissance</b>	<b>JPS</b>	<b>Ayant été blessés</b>	<b>Effectif</b>
<b>Nageurs renforcement</b>	71.5 ± 12	13.5 ± 2.6	75.6 ± 15.3	2.6° ± 0.6	7	13
<b>P =</b>	0.108	0.164	0.185	0.841		
<b>Nageurs sans renforcement</b>	63 ± 12	12.1 ± 2.6	65.9 ± 13.4	2.6° ± 0.9	2	9

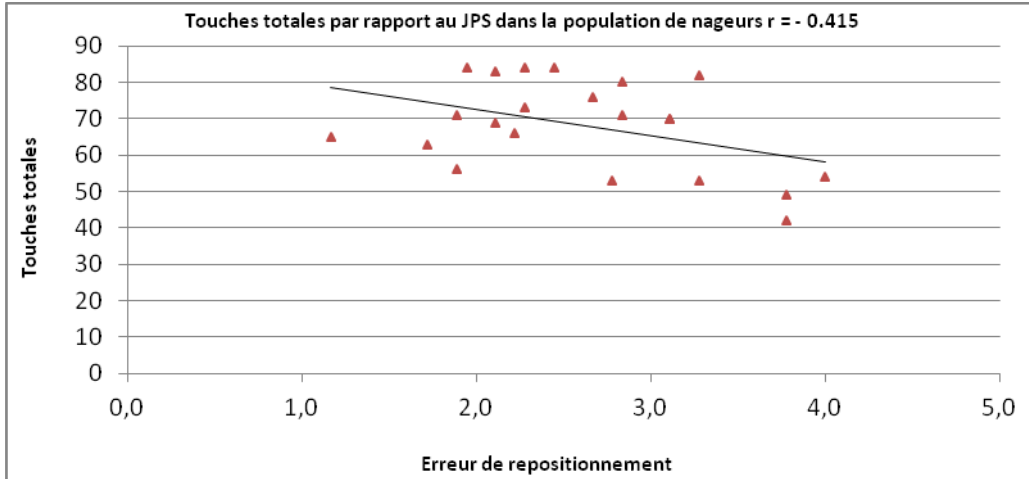
Nous avons analysé également les performances de la population des nageurs et celle des non nageurs. Présentés dans le tab.6 et le tab.7, les résultats nous montrent que la tendance est la suivante : les nageurs ont un score d'erreur plus faible dans toutes les amplitudes étudiées par rapport aux non nageurs (tab.6). Au total, ils présentent 0.4° d'erreur

en moins, une valeur négligeable en clinique et statistiquement non significative ( $P = 0.148$ ). En revanche, les résultats au CKCUEST les résultats sont significatifs et à l'avantage des nageurs (tab.7). Le nombre de touches total est supérieur de 12 touches ( $P= 0.001$ ) et les deux autres scores (normalisé et de puissance) sont également significativement supérieurs ( $P = 0.0001$  ;  $P = 0.002$ ).

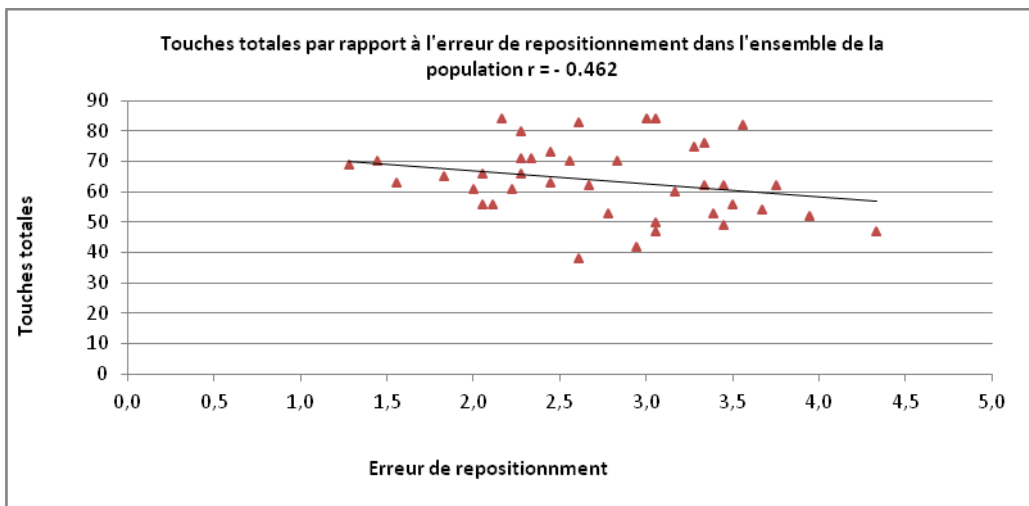
Dans l'ensemble de l'effectif blessures, la seule douleur rapportée sur l'épaule gauche a été rapportée par un gaucher. Huit plaintes sur les 9 ont été rapportées au niveau de l'épaule droite. Sur les 8 épaules droites douloureuses, 6 sont droitiers et 2 sont gauchers. Sur ce contingent d'épaules douloureuses, nous avons comparé les résultats droite et gauche au JPS par personne. A droite, comme à gauche, l'erreur moyenne de repositionnement est de  $2.86^\circ$ . Ainsi, une épaule droite douloureuse, n'a au JPS aucune différence comparée à une épaule gauche non douloureuse.

Enfin, nous avons également comparé les résultats entre les hommes et les femmes. Il faut noter qu'au total, les femmes ont des erreurs de repositionnement inférieur aux hommes de  $0.5^\circ$ . Bien que significative ( $P= 0.034$ ), cette différence reste malgré tout cliniquement dérisoire et invérifiable à l'inclinomètre. En ce qui concerne le CKCUEST, les résultats en terme de nombre de touches total est similaire avec 65 touches pour les hommes contre 61 touches pour les femmes ( $P= 0.620$ ). Le score normalisé est quant à lui quasiment identique à 0.2 près ( $P=0.868$ ) et seulement le score de puissance est significativement supérieur chez les hommes ( $P= 0.036$ ) avec 70.3 contre 56.3.

Afin d'essayer de démontrer la cohérence de l'utilisation des deux tests pratiqués dans cette étude, nous avons comparé leurs résultats entre deux (tab.10 ; fig 5 ; fig 6). Dans la population générale de l'étude, les résultats nous montrent avec un bon indice de corrélation ( $r = 0.462$ ), que plus l'erreur de repositionnement augmente, plus le nombre de touches totales diminue. Dans la population de nageurs nous constatons également le même phénomène avec un indice de corrélation équivalent ( $r= 0.415$ ). Ces données permettent, dans la mesure du possible, de justifier l'utilisation de ces deux tests dans notre étude.



**Figure 5 Touches totales par rapport à l'erreur moyenne de repositionnement (chez les nageurs)**



**Figure 6 Touches totales par rapport à l'erreur moyenne de repositionnement dans l'ensemble de la population**

## 6.1 Intérêts des tests

### 6.1.1 CKCUEST

C'est un test utilisé dans la littérature anglophone de manière régulière dans le cadre de la reprise sportive et c'est principalement un test fonctionnel. En effet, il ne permet pas d'évaluer la proprioception seule. Nous pouvons étudier grâce à ce test plusieurs facteurs comme la stabilité du membre supérieur en chaîne cinétique fermée, l'équilibre, la condition physique. Une étude a trouvé une corrélation positive entre le nombre moyen de touches et la force du couple antagoniste des rotateurs d'épaule (74). Plusieurs types de population ont été étudiés dans le cadre de la fiabilité de ce test. Celle-ci est excellente pour les personnes de plus de 18 ans, les personnes en bonne santé et les personnes souffrant d'un syndrome coraco-acromial (71) (72) (73) (74) (75).

Un des intérêts de ce test réside dans le fait qu'il évalue la chaîne fermée, or nous avons vu précédemment que la natation est une activité majoritairement pratiquée en chaîne fermée. Enfin, nous l'avons utilisé parce que c'est un test facilement réalisable et facilement compréhensible pour les gens (73) (74) (75). Nous avons fait en sorte également que chaque personne puisse réaliser le test de la manière la plus identique possible. Pour ce faire, comme vu dans la partie matériel & méthodes, nous avons précisé la position des mains, la position des pieds, délimiter de manière visible les 91.4cm.

Ce test souffre néanmoins de certaines limites, ainsi la position du test n'est pas utilisée quotidiennement. De plus, la position de push up est une position exigeante pour les coudes et surtout pour les poignets. C'est également un test difficile pour les personnes âgées par exemple. Dans les études certains paramètres ne sont pas spécifiés comme la position des pieds ou la position des mains durant le test. Exemple, la partie de la main à prendre en référence est inconnue, nous avons pris le parti dans notre étude d'utiliser le medius comme référence durant le test. Un autre biais de ce test est la position de repositionnement des mains. En particulier la main devant se repositionner du côté du marqueur des 91.4cm que nous avons utilisé. En effet, pour avoir une bonne visualisation, nous avons matérialisé la distance de 91.4cm à l'aide d'un scotch rouge. Mais celui-ci mesure déjà plus d'un centimètre de largeur rendant impossible l'exactitude. Les consignes de données aux participants étaient de repositionner les majeurs au niveau du scotch rouge, et du trait blanc au centre du cercle (coté main controlatérale) et ce repositionnement ne peut se refaire à l'identique, ni pour l'une ni pour l'autre. Nous avons toutefois surveillé pendant la période de test que le participant reproduise au mieux la distance sans pour autant être au millimètre près. La présence des 4 millimètres pouvant paraître comme « trop précis » est en fait dû à la conversion de l'unité de mesure anglophone, en effet la distance

est initialement comptabilisée non pas en centimètre mais en inches. 36 Inches, correspond à exactement 91.4cm.

Un problème s'est également posé à nous lors de la réalisation des tests, il concerne la position des membres inférieurs des femmes et plus particulièrement le degré de flexion de hanche. Pour rappel, à la différence des hommes, les femmes peuvent faire le test avec le genou à terre. Ainsi, plus elles fléchissent les hanches plus l'appui se dirige vers les membres inférieurs et ainsi cela rend le test plus simple pour les membres supérieurs. A contrario, plus les membres inférieurs tendent vers l'arrière, plus elles ont tendance à hyperlordoser et antéverser le bassin, rendant la position peu confortable. La consigne que nous avons donnée à toutes les participantes était la suivante : « Flexion de hanche en dessous de 90°, entre 70 et 80° . ».

La distance de 91.4 cm est standardisée pour les hommes et pour les femmes et inévitablement c'est un facteur qui influence (positivement ou négativement) les résultats du test en fonction des données anthropométriques de chacun et chacune (73). Afin de contourner ce biais nous avons calculé un score normalisé et un score de puissance permettant une pondération des résultats.

Enfin, nous avons comparé les résultats retrouvés dans la littérature à ceux de notre étude. Dans les études que nous avons lues, les valeurs références ont été établies par une auteur. Publiées dans un livre que nous n'avons pas pu nous procurer, nous pouvons simplement affirmer que d'après l'auteur, les valeurs de référence pour les hommes sont de 18.5 touches et 20.5 pour les femmes (73). Pour cette comparaison nous allons plutôt utiliser les études à notre disposition, ce qui nous permet de pouvoir analyser les résultats en fonction de la population étudiée. Ainsi, un groupe de volontaires sain a fait 13 touches, un groupe d'étudiants a fait 27 touches, un groupe d'adolescents en a fait 25.6, un groupe de joueurs de baseball entre 30 et 31 touches et dans une dernière étude, un groupe d'hommes actifs a fait en moyenne 24.5 touches (71) (72) (73) (74) (75). Nous sommes dans notre étude en dessous des moyennes retrouvées dans la littérature. Ainsi, la moyenne par essai, dans l'ensemble de la population est de 20.7 touches  $\pm$  4.2. Les nageurs sont à 22.7 touches  $\pm$  4.2 contre 18.7 touches  $\pm$  3.3 pour les non nageurs (tab.2 ; tab.7). Il n'y a qu'une seule étude dont l'échantillon est composé de femmes (71). Leurs résultats sont de 28 touches pour les femmes actives, contre 23.6  $\pm$  3.5 pour nos nageuses. Pour les femmes sédentaires nous sommes à 18.6 touches  $\pm$  3 contre 24.5 dans la littérature (71).

### 6.1.2 JPS

Il existe dans la littérature de nombreuses études évaluant la proprioception d'épaule avec le JPS. Cependant, les résultats sont difficilement interprétables parce que les méthodologies sont très variées. Certains auteurs utilisent des lasers, d'autres des inclinomètres et d'autres encore des goniomètres. Les positions varient également, nous retrouvons des études se concentrant sur des amplitudes d'abduction seulement supérieures à 90°, d'autres mesure la rotation latérale ou médiale, en actif ou passif etc. (66) (67) (68) (70) (72). Afin d'établir le protocole que nous avons utilisé nous nous sommes servis de la méthodologie de plusieurs études afin d'être le plus précis et complet possible. L'inclinomètre, d'après une étude est un excellent moyen de mesurer la proprioception d'une épaule, via le JPS tant en inter examinateur qu'en intra examinateur (65). D'autant plus, c'est une méthode simple et peu coûteuse. Aussi, nous avons mesuré 3 amplitudes actives différentes comme dans l'étude de Vafadar et al (65). Nous trouvons cette manière cohérente avec notre population de nageurs, car le geste technique en natation part de la flexion maximale vers l'extension en passant par l'abduction à 90°. Nous avons privilégié le mode actif au mode passif parce que durant la natation le repositionnement de la tête humérale est possible grâce aux différentes contractions musculaires. Dans notre étude, l'amplitude basse testée moyenne des 3 essais dans différentes fourchette d'amplitudes. Dans une fourchette d'amplitude il peut y avoir  $\pm 5^\circ$ , ceci permettant de rentrer l'angle cible aléatoire dans une certaine mesure sans toutefois que cela n'influe sur l'activité musculaire, qui à  $\pm 5^\circ$  près reste la même.

Dans la littérature les scores d'erreur absolus retrouvés sont plutôt homogènes. Uematsu et al rapporte des erreurs de  $2.1^\circ$  dans des amplitudes que nous considérons comme moyennes ( $\pm 90^\circ$ ) dans notre étude et  $3.4^\circ$  dans des amplitudes que nous considérons comme hautes ( $\pm 130^\circ$ ) (66). Kaya et al retrouvent  $3.6^\circ$  d'erreur moyenne à  $120^\circ$ ,  $5^\circ$  à  $135^\circ$  (67). Vafadar et al retrouvent  $4.7^\circ$  en amplitudes basses,  $2.7^\circ$  en moyennes et  $3^\circ$  en amplitudes hautes. Suprak et al retrouvent des erreurs moyenne entre  $1.9^\circ$  et  $4.07^\circ$  et ceux dans des amplitudes comprises entre  $30^\circ$  et  $90^\circ$  (69). Enfin, une dernière étude travaillant sur une population d'athlète et de non athlète nous montre que les erreurs de repositionnement pour les sportifs sont de l'ordre de  $3^\circ$  contre  $6^\circ$  pour les non sportifs (70).

Ces valeurs sont donc conformes à ce que nous retrouvons dans notre étude. Nos nageurs ont un score d'erreur moyen de 2.6° contre 3° pour les non nageurs. Les nageurs de l'effectif "blessure" culminent à 2.8° contre 2.5° d'erreur pour les non blessés (tab.4 ; tab.6).

La tendance du score d'erreur a diminué en position moyenne (90°) est retrouvée dans notre étude, comme dans de Suprak et al. et de Vafadar et al. La position à 90° d'abduction est la position où le bras de levier du bras est le plus grand, ainsi c'est une position où l'activité musculaire est intense et supérieure à toute les autres amplitudes.

La différence entre les basses et hautes amplitudes, dans la littérature scientifique est quant à elle plus nuancée. Les résultats retrouvés sont contradictoires et peu interprétables. Dans l'ensemble de la population le repositionnement est plus précis dans les hautes amplitudes que dans les basses avec 1° d'erreur en moins.

Toutefois, nous avons pu noter certaines limites durant notre phase de test. Ainsi il était fréquent que certaines personnes utilisaient différentes stratégies pour mémoriser la position demandée, pas forcément en regard avec la proprioception. Par exemple certains se sont servis d'un objet dans la salle, ou une marque sur le mur, d'un craquement au sein de l'articulation ou d'une sensation particulière (surtout dans les hautes amplitudes).

## 6.2 Corrélation de Pearson

Ce test statistique est utilisé pour établir un lien entre deux variables. La question initialement posée dans le cadre de ce mémoire était la suivante : y-a-t-il un lien entre les qualités proprioceptives de l'articulation de l'épaule et la fréquence des blessures type *overuse* chez le nageur amateur ? Grâce à la corrélation de *pearson*, nous observons qu'entre l'incidence rate et le JPS l'indice est égal à -0.012 et entre l'incidence rate et le CKQUEST, l'indice est égal à -0.042. Ces données indiquent que les variables sont indépendantes quasiment totalement les unes par rapport aux autres. Dans le cadre de notre étude, nous pouvons affirmer que l'incidence des blessures n'a pas influencé les résultats aux tests effectués.

### 6.3 Limites

Il y a dans notre étude de nombreuses limites. Le premier biais rencontré est un biais d'échantillonnage. En effet, la méthode de sélection a été une méthode par convenance et appels à volontaires. Un tirage au sort des volontaires aurait permis de randomiser notre travail. Ensuite, la population composée de 44 personnes avec 50% de nageurs et 50% de non nageurs représente un échantillon de faible envergure. De plus la population de nageurs est elle-même divisée en deux dans la mesure où le cœur de notre travail prenait en compte les blessures. Ainsi, malgré les 44 personnes présentes dès le départ, la réponse à la problématique de départ n'a seulement pris en compte qu'un effectif de 22 personnes lui-même divisé en deux groupes.

Ensuite, par rapport au temps et aux moyens que nous avons, nous avons dû faire une étude rétrospective. La rétrospection implique un biais de subjectivité dans la récolte des données (12). L'exemple type est celui de la quantification de l'entraînement où pour quelqu'un qui ne tient pas de carnet d'entraînement, il est simple de sur ou sous estimer le volume d'entraînement par exemple (58). Tenir un carnet d'entraînement aurait pu faire partie des critères d'inclusion mais cela aurait été beaucoup trop restrictif et nous aurions eu beaucoup moins de participants. Afin de contourner ce biais il aurait fallu faire une étude de manière prospective en ciblant par exemple un groupe de nageurs, sur une année complète, diviser le contingent en deux groupes avec un groupe proprioception qui suit un programme de renforcement proprioceptif bien spécifié et un groupe sans proprioception (12). A la fin de l'année nous aurions pu évaluer de la même façon le taux de blessures, et comparer les résultats. Enfin, si un lien significatif avait été retrouvé entre le déficit proprioceptif et les résultats à nos tests, nous n'aurions pas pu affirmer lequel était la conséquence ou la cause de l'autre, pour ce faire le prospectif aurait été plus adapté (79).

Dans notre échantillon de nageurs, nous avons de grands écart-type, que cela soit au niveau de la performance ou du volume d'entraînement. Cela nous a permis d'une part d'essayer d'interpréter les résultats en fonction de ces deux facteurs mais d'autre part cela implique une baisse de la fiabilité des résultats sur l'ensemble des nageurs. De plus, notre échantillon est composé exclusivement de nageurs amateurs, alors que la plupart des



études lues, portent sur des nageurs élités, au niveau des performances et d'un kilométrage nettement supérieur.

En termes de résultats, nous avons peu de résultats statistiquement significatifs et avons même trouvé des données contradictoires. (Nageurs non blessés & ayant été blessés). Les différences de score d'erreur, retrouvées dans le JPS, sont la plupart du temps inférieures à 1°. Or 1° représente une donnée difficilement évaluable cliniquement avec un inclinomètre et représente surtout une très faible différence. La marge d'erreur est évaluée dans une étude à 3.1° en basses et moyennes amplitudes et 3.4° en hautes amplitudes (65).

Ensuite, à propos de la méthodologie une limite importante réside dans le fait que c'est le même examinateur qui a pris toutes les mesures et que celui-ci écrit les lignes que vous êtes entrain de lire, rendant toute randomisation impossible. Les tests ont été fait dans des conditions similaires, en terme d'environnement, de calme et de lumière, mais ont été effectués à différemment moment de la journée ce qui peut légèrement biaiser les résultats.

Les critères de choix en regard des tests que nous avons utilisé étaient principalement liés au fait qu'ils devaient être facile à faire et facile à comprendre et ce sans trop de matériel nécessaire. Ainsi, le JPS avec un inclinomètre bien que fiable en intra et inter testeur, n'est pas la méthode la plus fiable existante. En effet, le test au laser ou le test avec un appareil isocinétique sont logiquement les plus fiable, mais bien plus coûteux (65).

Aussi il n'existe pas de test de proprioception spécifique aux nageurs, nous avons choisi ces tests car nous pensons qu'ils se rapprochent dans la mesure du possible de la natation (amplitudes nécessaires et chaîne cinétique fermée).

Ensuite nous n'avons pas mesuré la sensibilité profonde dans toutes les positions possible. Nous avons testé uniquement l'abduction dans le plan de la *scapula*. Dans de nombreuses études c'est particulièrement dans la position d'abduction dans le plan frontal à 90°, coude fléchi à 90° qui est testée. Cette position permet de tester la proprioception dans le sens des rotations interne et externe.

Nous n'avons pas également pu tester la proprioception d'articulation scapulo-thoracique, qui peut naturellement influencer les résultats de la proprioception de l'articulation gléno-humérale.

Nous n'avons pas testé la laxité chez tous les participants et nous avons vu précédemment qu'elle a une incidence plutôt négative sur la proprioception d'une articulation.

Enfin, dans notre questionnaire nous nous sommes rendu compte, à postériori, que nous aurions pu être plus précis sur la quantification de certaines questions, comme les symptômes perçus ou quels exercices de renforcement des membres supérieurs font-ils ?

Malgré le fait qu'aucun lien n'ait été retrouvé dans notre étude, nous pensons qu'il est important pour le kinésithérapeute, dans le cadre de la prise en charge d'un nageur souffrant de l'épaule, de travailler la proprioception, non pas spécifiquement pour réduire le risque de blessure, mais pour travailler l'ensemble des facteurs pouvant influencer tant la performance, que la prévention des blessures (charge d'entraînement, renforcement musculaire, posture, nutrition etc.). Par le biais de ce mémoire, nous nous sommes rendu compte de l'importance d'une bonne connaissance de la biomécanique de la pratique sportive, de l'anatomie et des mécanismes d'apparition d'une blessure. Tous ces éléments sont à prendre en compte dans le cadre d'un bilan diagnostique kinésithérapique afin d'orienter au mieux le traitement et de permettre à la fois un retour à la compétition dans les meilleures conditions possible et une meilleure prévention des blessures

## **7. CONCLUSION**

Dans ce travail, nous avons établi un protocole visant à confirmer ou infirmer un lien entre la fréquence des blessures et les facultés proprioceptives des nageurs. De multiples limites méthodologiques sont présentes dans notre étude, ainsi les résultats sont à prendre avec prudence. Pour autant, nos résultats sont clairs, nous n'avons pas retrouvé de lien entre la fréquence des blessures et les résultats obtenus à deux tests évaluant les facultés proprioceptives. Les résultats obtenus au JPS sont similaires entre les nageurs et les non nageurs, et entre les nageurs de l'effectif "blessure" et non blessés. Au CKCUEST il n'existe pas de différence significative entre les nageurs ayant été blessés et non blessés, alors que les nageurs sont statistiquement meilleurs que les non nageurs.

Afin d'aller plus en avant de ces résultats, il faudrait améliorer la méthodologie en passant par le biais d'une étude prospective, avec un échantillon plus homogène et plus nombreux. Aussi des tests plus fiables et précis devraient être utilisés.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Ucciani M-C. 167.pdf [Internet]. 2018 [cité 05/02/2018]. Disponible sur : <<https://ffn.extranat.fr/html/presse/167.pdf>>
2. Bartels EM. Aquatic exercise for the treatment of knee and hip osteoarthritis. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. 23 mars 2016 [cité 23 avr 2019]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD005523.pub3>
3. Deanna Westby M. A health professional's guide to exercise prescription for people with arthritis: A review of aerobic fitness activities. *Arthritis & Rheumatism*. déc 2001;45(6):501-11.
4. Natation équipement et Histoire - Histoire de Sport Olympique [Internet]. International Olympic Committee. 2018 [cité 05/02/2018]. Disponible sur : <<https://www.olympic.org/fr/natation-equipement-et-histoire>>
5. Natation : Epreuves aux JO [Internet]. FranceOlympique.com. 2018 [cité 05/02/2018]. Disponible sur : <<http://espritbleu.franceolympique.com/espritbleu/actus/2842-natation--epreuves-aux-jo-.html>>
6. Heinlein SA, Cosgarea AJ. Biomechanical Considerations in the Competitive Swimmer's Shoulder. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. nov 2010;2(6):519-25.
7. Wanivenhaus F, Fox AJS, Chaudhury S, Rodeo SA. Epidemiology of Injuries and Prevention Strategies in Competitive Swimmers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. mai 2012;4(3):246-51.
8. Rouyer N. Prévention des troubles morphostatiques du jeune nageur. *Kinésithérapie Scientifique*. 2014;(553):35-7.
9. Arnaud T, Gilles B, Dufour X. Evaluation de l'épaule du nageur. *Kinésithérapie Scientifique*. 2012;(535):5-15.
10. Puckree T, Thomas K. Shoulder injuries in competitive swimmers in KwaZulu-. *South African Journal of Sports Medicine*. 3 févr 2009;18(1):10.
11. Chase KI, Caine DJ, Goodwin BJ, Whitehead JR, Romanick MA. A Prospective Study of Injury Affecting Competitive Collegiate Swimmers. *Research in Sports Medicine*. avr 2013;21(2):111-23.
12. Walker H, Gabbe B, Wajswelner H, Blanch P, Bennell K. Shoulder pain in swimmers: A 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors. *Physical Therapy in Sport*. nov 2012;13(4):243-9.
13. Divyanka S, Dahita J. Prevalence of musculoskeletal disorders in swimming athletes. *International Journal of Yoga, Physiotherapy and Physical Education*. 2018;3(1):71-6.

14. Bahr R. No injuries, but plenty of pain? On the methodology for recording overuse symptoms in sports. *British Journal of Sports Medicine*. 1 déc 2009;43(13):966-72.
15. Yang J, Tibbetts AS, Covassin T, Cheng G, Nayar S, Heiden E. Epidemiology of Overuse and Acute Injuries Among Competitive Collegiate Athletes. *Journal of Athletic Training*. mars 2012;47(2):198-204.
16. Neil ER, Winkelmann ZK, Edler JR. Defining the Term “Overuse”: An Evidence-Based Review of Sports Epidemiology Literature. *Journal of Athletic Training*. mars 2018;53(3):279-81.
17. Roos KG, Marshall SW. Definition and Usage of the Term “Overuse Injury” in the US High School and Collegiate Sport Epidemiology Literature: A Systematic Review. *Sports Medicine*. mars 2014;44(3):405-21.
18. Kerr ZY, Marshall SW, Dompier TP, Corlette J, Klossner DA, Gilchrist J. College Sports–Related Injuries — United States, 2009–10 Through 2013–14 Academic Years. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*. 11 déc 2015;64(48):1330-6.
19. Dufour Michel. Anatomie de l'appareil locomoteur. Vol. 2 : Membre supérieur. *Elsevier Masson*; 2018. 94-107 p.
20. Warner JJ, Lephart S, Fu FH. Role of proprioception in pathoetiology of shoulder instability. *Clin Orthop Relat Res*. sept 1996;(330):35-9.
21. Machner A, Merk H, Becker R, Rohkohl K, Wissel H, Pap G. Kinesthetic sense of the shoulder in patients with impingement syndrome. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. janv 2003;74(1):85-8.
22. Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, Fu FH. The Role of Proprioception in the Management and Rehabilitation of Athletic Injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. janv 1997;25(1):130-7.
23. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*. janv 2002;37(1):71-9.
24. Chang H-Y, Chen C-S, Wei S-H, Huang C-H. Recovery of Joint Position Sense in the Shoulder after Muscle Fatigue. *Journal of Sport Rehabilitation*. nov 2006;15(4):312-25.
25. Meeuwisse WH, Tyreman H, Hagel B, Emery C. A Dynamic Model of Etiology in Sport Injury: The Recursive Nature of Risk and Causation: *Clinical Journal of Sport Medicine*. mai 2007;17(3):215-9.
26. Allegrucci M, Whitney SL, Lephart SM, Irrgang JJ, Fu FH. Shoulder Kinesthesia in Healthy Unilateral Athletes Participating in Upper Extremity Sports. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. avr 1995;21(4):220-6.
27. Serenza FS, Oliveira AS, Bedo BLS, Mariano FP, Aquino R, Warner M, et al. Biomechanical analysis of the shoulder of swimmers after a maximal effort test. *Physical Therapy in Sport*. mars 2018;30:14-21.

28. Johnson JN, Gauvin J, Fredericson M. Swimming Biomechanics and Injury Prevention: New Stroke Techniques and Medical Considerations. *The Physician and Sportsmedicine*. janv 2003;31(1):41-6.
29. Knowles SB, Marshall SW, Guskiewicz KM. Issues in estimating risks and rates in sports injury research. *Journal of Athletic Training*. juin 2006;41(2):207-15.
30. Phillips LH. Sports injury incidence. *British Journal of Sports Medicine*. 1 avr 2000;34(2):133-6.
31. Myers JB, Guskiewicz KM, Schneider RA, Prentice WE. Proprioception and neuromuscular control of the shoulder after muscle fatigue. *Journal of Athletic Training*. oct 1999;34(4):362-7.
32. Iida N, Kaneko F, Aoki N, Shibata E. The effect of fatigued internal rotator and external rotator muscles of the shoulder on the shoulder position sense. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. févr 2014;24(1):72-7.
33. Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, Tippett S, Canner GC. The Effects of Muscle Fatigue on and the Relationship of Arm Dominance to Shoulder Proprioception. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. juin 1996;23(6):348-52.
34. Takasaki H, Lim ECW, Soon B. The effect of shoulder muscle fatigue on active repositioning acuity and scapulothoracic resting alignment: A systematic review with meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*. juill 2016;20:61-78.
35. Lee H-M, Liau J-J, Cheng C-K, Tan C-M, Shih J-T. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clinical Biomechanics*. nov 2003;18(9):843-7.
36. Tessaro M, Granzotto G, Poser A, Plebani G, Rossi A. SHOULDER PAIN IN COMPETITIVE TEENAGE SWIMMERS AND IT'S PREVENTION: A RETROSPECTIVE EPIDEMIOLOGICAL CROSS SECTIONAL STUDY OF PREVALENCE. *International Journal Sports Physical Therapy*. oct 2017;12(5):798-811.
37. Matzkin E, Suslavich K, Wes D. Swimmer's Shoulder: Painful Shoulder in the Competitive Swimmer. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. août 2016;24(8):527-36.
38. De Martino I, Rodeo SA. The Swimmer's Shoulder: Multi-directional Instability. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. juin 2018;11(2):167-71.
39. Dufour Michel ; Pillu Michel. Biomécanique fonctionnelle. Issy Lès Moulineaux: Elsevier Masson; 2015. 291-333 p.
40. Guerard S. Le petit rond, le grand oublié de la coiffe !. *Kinésithérapie Scientifique*. 2016 ; 580 : 19-29
41. Wang H, Ji Z, Jiang G, Liu W, Jiao X. Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(12):3468-72.

42. Lamy J-C. Bases neurophysiologiques de la proprioception. *Kinésithérapie Scientifique*. 2006 ; 472 : 15-23
43. Il était une fois... la proprioception (Partie 1) [Internet]. Sci-Sport. 2019 [cité 19/09/2018]. Disponible sur : <<https://www.sci-sport.com/dossiers/il-etait-une-fois-la-proprioception-partie-1-006.php>>
44. Dischler JD, Baumer TG, Finkelstein E, Siegal DS, Bey MJ. Association Between Years of Competition and Shoulder Function in Collegiate Swimmers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. mars 2018;10(2):113-8.
45. Fuller CW, Bahr R, Dick RW, Meeuwisse WH. A Framework for Recording Recurrences, Reinjuries, and Exacerbations in Injury Surveillance: *Clinical Journal of Sport Medicine*. mai 2007;17(3):197-200.
46. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. avr 2006;16(2):83-92.
47. Fuller CW, Molloy MG, Bagate C, Bahr R, Brooks JHM, Donson H, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures for studies of injuries in rugby union. *British Journal of Sports Medicine*. 29 janv 2007;41(5):328-31.
48. Cross M, Williams S, Kemp SPT, Fuller C, Taylor A, Brooks J, et al. Does the Reliability of Reporting in Injury Surveillance Studies Depend on Injury Definition? *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. mars 2018;6(3):232596711876053.
49. Bak K. The Practical Management of Swimmer's Painful Shoulder: Etiology, Diagnosis, and Treatment: *Clinical Journal of Sport Medicine*. sept 2010;20(5):386-90.
50. Batalha N, Marmeleira J, Garrido N, Silva AJ. Does a water-training macrocycle really create imbalances in swimmers' shoulder rotator muscles? *European Journal of Sport Science*. 17 févr 2015;15(2):167-72.
51. Struyf F, Tate A, Kuppens K, Feijen S, Michener LA. Musculoskeletal dysfunctions associated with swimmers' shoulder. *British Journal of Sports Medicine*. mai 2017;51(10):775-80.
52. Gaudet S, Tremblay J, Begon M. Muscle recruitment patterns of the subscapularis, serratus anterior and other shoulder girdle muscles during isokinetic internal and external rotations. *Journal of Sports Sciences*. 3 mai 2018;36(9):985-93.
53. Bak K, Faunø P. Clinical Findings in Competitive Swimmers with Shoulder Pain. *The American Journal of Sports Medicine*. mars 1997;25(2):254-60.
54. Maor MB, Ronin T, Kalichman L. Scapular dyskinesia among competitive swimmers. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. juill 2017;21(3):633-6.

55. Hickey D, Solvig V, Cavalheri V, Harrold M, Mckenna L. Scapular dyskinesis increases the risk of future shoulder pain by 43% in asymptomatic athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. janv 2018;52(2):102-10.
56. Madsen PH, Bak K, Jensen S, Welter U. Training Induces Scapular Dyskinesis in Pain-Free Competitive Swimmers: A Reliability and Observational Study: *Clinical Journal of Sport Medicine*. mars 2011;21(2):109-13.
57. Determe P, Bellumore Y, Mansat M. Instabilité micro-traumatique de l'épaule : Etude rétrospective chez 83 sportifs de haut niveau. *Journal de traumatologie du sport*. 1998;15(3):154-61.
58. Gabbett TJ. The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*. mars 2016;50(5):273-80.
59. Nuber GW, Jobe FW, Perry J, Moynes DR, Antonelli D. Fine wire electromyography analysis of muscles of the shoulder during swimming. *The American Journal of Sports Medicine*. janv 1986;14(1):7-11.
60. Psycharakis SG, Sanders RH. Body roll in swimming: A review. *Journal of Sports Sciences*. févr 2010;28(3):229-36.
61. Barbosa TM, Bragada JA, Reis VM, Marinho DA, Carvalho C, Silva AJ. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*. mars 2010;13(2):262-9.
62. Cattagni T, Scaglioni G, Cornu C, Berrut G, Martin A. What are the effects of the aging of the neuromuscular system on postural stability? *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement*. déc 2015;13(4):363-80.
63. Ribeiro F, Oliveira J. Aging effects on joint proprioception: the role of physical activity in proprioception preservation. *European Review of Aging and Physical Activity*. 11 sept 2007;4(2):71-6.
64. Définitions - Observatoire national de l'activité physique et de la sédentarité [Internet]. 2018 [cité 03/07/2018]. Disponible sur : <<http://www.onaps.fr/boite-outils-et-ressources/definitions/>>
65. Vafadar AK, Cote JN, Archambault PS. Interrater and Intrarater Reliability and Validity of 3 Measurement Methods for Shoulder-Position Sense. *Journal of Sport Rehabilitation* 2016;19:2014-2309
66. Uematsu A, Kurita Y, Inoue K, Okuno K, Hortobágyi T, Suzuki S. A 200-m All-out Front-crawl Swim Modifies Competitive Swimmers' Shoulder Joint Position Sense. *International Journal of Sports Medicine*. 7 août 2015;36(13):1081-6.
67. Kaya D, Callaghan MJ, Donmez G, Doral MN. Shoulder joint position sense is negatively correlated with free-throw percentage in professional basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*. 3 sept 2012;20(3):189-96.

68. Suprak DN, Osternig LR, van Donkelaar P, Karduna AR. Shoulder joint position sense improves with elevation angle in a novel, unconstrained task. *Journal of Orthopaedic Research*. mars 2006;24(3):559-68.
69. Nodehi-Moghadam A, Nasrin N, Kharazmi A, Eskandari Z. A Comparative Study on Shoulder Rotational Strength, Range of Motion and Proprioception between the Throwing Athletes and Non-athletic Persons. *Asian Journal of Sports Medicine*. mars 2013;4(1):34-40.
70. Ager AL, Roy J-S, Roos M, Belley AF, Cools A, Hébert LJ. Shoulder proprioception: How is it measured and is it reliable? A systematic review. *Journal of Hand Therapy*. avr 2017;30(2):221-31.
71. Tucci HT, Martins J, Sposito G de C, Camarini PMF, de Oliveira AS. Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability test (CKCUES test): a reliability study in persons with and without shoulder impingement syndrome. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2014; 15(1):1
72. de Oliveira VMA, Pitangui ACR, Nascimento VYS, da Silva HA, Dos Passos MHP, de Araújo RC. TEST-RETEST RELIABILITY OF THE CLOSED KINETIC CHAIN UPPER EXTREMITY STABILITY TEST (CKCUEST) IN ADOLESCENTS: RELIABILITY OF CKCUEST IN ADOLESCENTS. *International Journal of Sports Physical Therapy*. févr 2017;12(1):125-32.
73. Roush JR, Kitamura J, Waits MC. Reference Values for the Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability Test (CKCUEST) for Collegiate Baseball Players. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. août 2007;2(3):159-63.
74. Lee D-R, Kim LJ. Reliability and validity of the closed kinetic chain upper extremity stability test. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(4):1071-3.
75. Goldbeck TG, Davies GJ. Test-Retest Reliability of the Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability Test: A Clinical Field Test. *Journal of Sport Rehabilitation*. févr 2000;9(1):35-45.
76. Caine D, Caine C, Maffulli N. Incidence and Distribution of Pediatric Sport-Related Injuries: *Clinical Journal of Sport Medicine*. nov 2006;16(6):500-13.
77. Caine D, Maffulli N, Caine C. Epidemiology of Injury in Child and Adolescent Sports: Injury Rates, Risk Factors, and Prevention. *Clinics in Sports Medicine*. janv 2008;27(1):19-50.
78. Theisen D, Frisch A, Vaillant M. Etude rétrospective sur l'incidence des blessures aiguës et lésions de surcharge chez les jeunes sportifs de haut niveau du G-D de Luxembourg. 2007;43.
79. Gabbe BJ. How valid is a self reported 12 month sports injury history? *British Journal of Sports Medicine*. 1 déc 2003;37(6):545-7.



## ANNEXES

I : Le rythme scapulo huméral

II : Les muscles de la coiffe des rotateurs & ligaments de l'épaule

III : The Mat ®

IV : Le système sensori - moteur

V : *Glide phase*

VI : Le cycle de bras en nage libre

VII : Installation du JPS

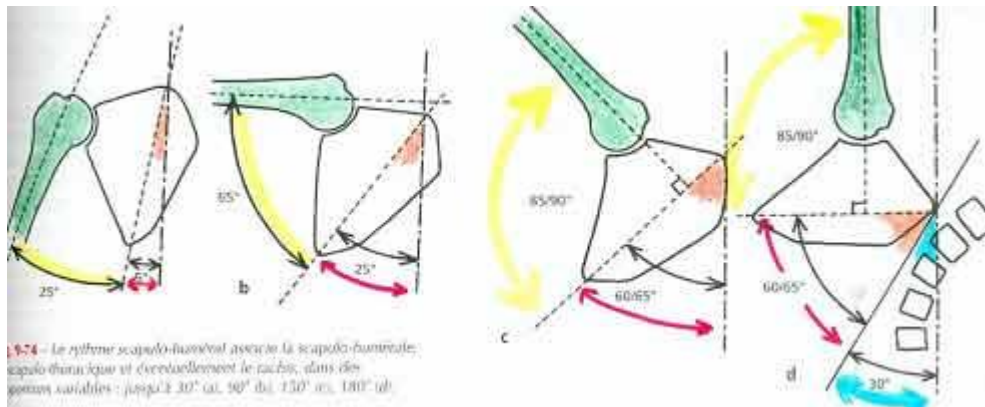
VIII : Installation au CKCUEST

IX : Délimitations au CKCUEST

X : Recueil de données et diagramme de flux

## I : Rythme scapulo huméral

<http://norbert.grau.pagesperso-orange.fr/pages-sports/etirements-basket-tennis.htm>

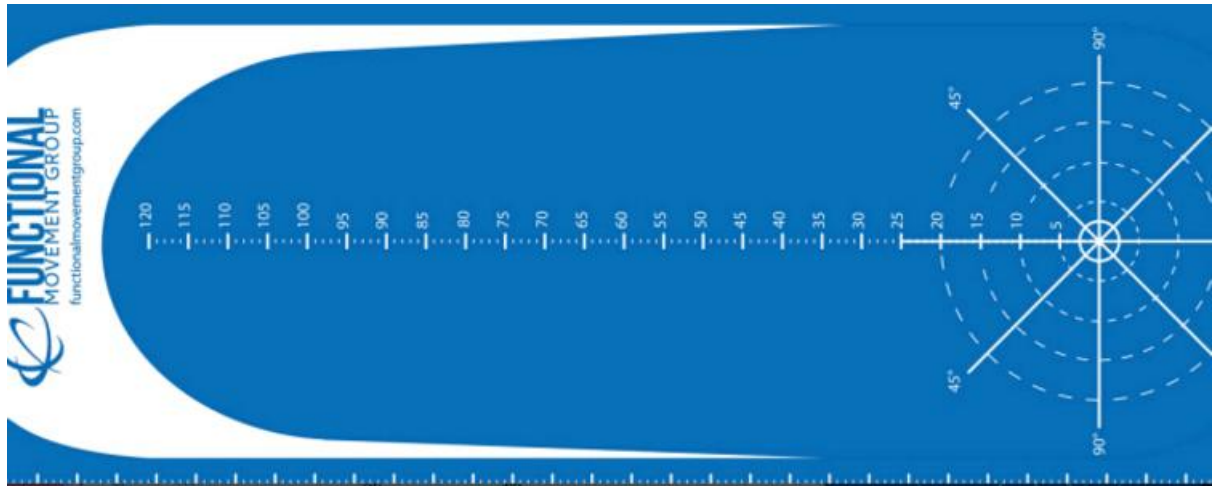


## II : Muscles de la coiffe des rotateurs & ligaments de l'épaule

	<b>Insertion proximale</b>	<b>Insertion distale</b>
<b>Ligament coraco huméral</b>	Bord latéral des deux segments de l'apophyse coracoïde	<b>Faisceau sup</b> : bord supérieur tubercule majeur <b>Faisceau inf</b> : bord supérieur tubercule mineur
<b>Ligament gléno huméral</b>	Bord antérieur glène scapulaire	<b>Faisceau sup</b> : fosse supra tuberculaire <b>Faisceau moy</b> : bord médial tubercule mineur <b>Faisceau inf</b> : partie inférieure du col chirurgical
<b>Ligament coraco acromial</b>	Bord latéral du segment horizontal de l'apophyse coracoïde	Bord médial de l'acromion
<b>Ligament coraco glénoïdien</b>	Apophyse coracoïde	Partie supérieure de la capsule articulaire
<b>Capsule articulaire</b>	Face périphérique labrum	Col anatomique et chirurgical
<b>Labrum</b>	Limbus scapulaire ou glénoïdal	
<b>Subscapulaire</b>	Face antérieure scapula	Extrémité supérieur du tubercule mineur
<b>Supra épineux</b>	Fosse subscapulaire	Extrémité supérieure du tubercule majeur
<b>Infra épineux</b>	Face postérieure scapula (3/4 médiaux)	Facette postéro supérieure du tubercule majeur
<b>Petit rond</b>	Face postérieure scapula (facette supéro-latérale)	Facette postérieure du tubercule majeur
<b>Longue portion biceps brachial</b>	Tubercule supra glénoïdien	Extrémité supérieure de la tubérosité radiale

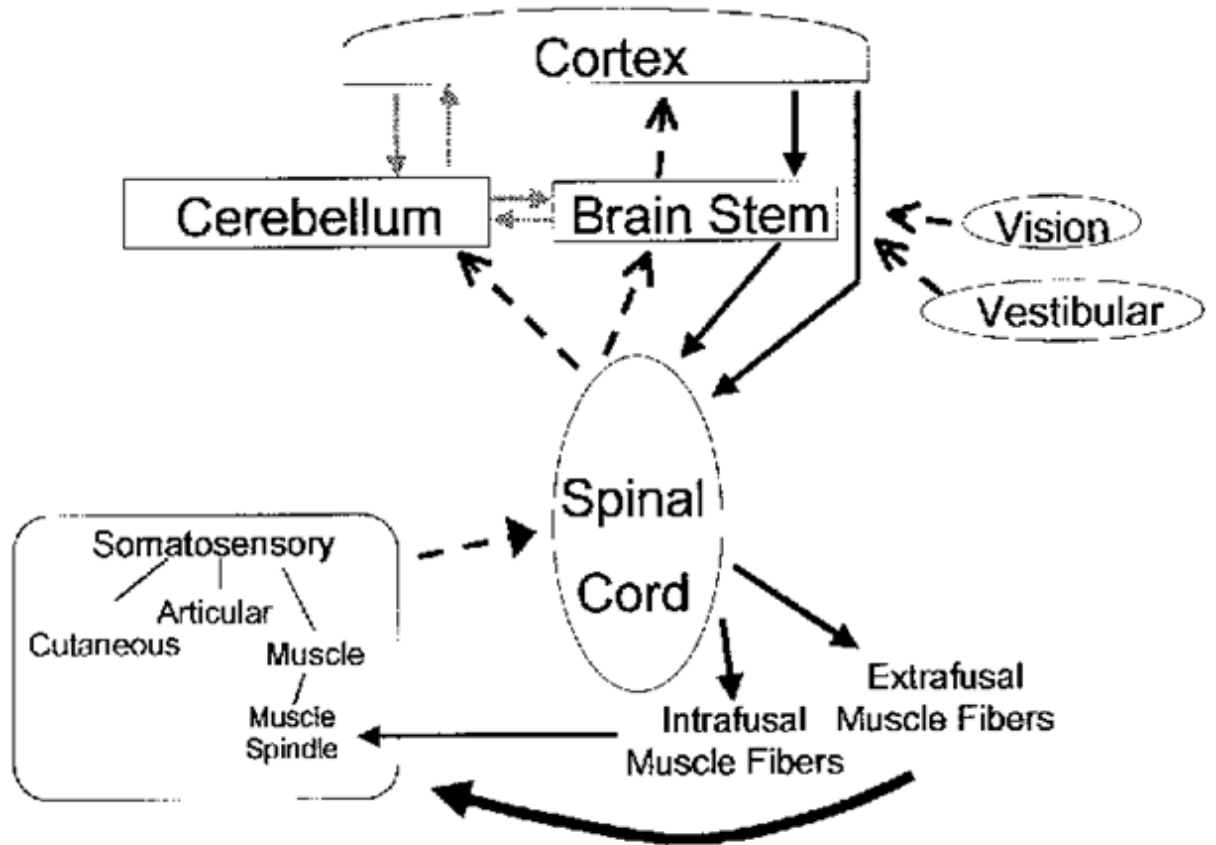
<b>Deltoïde</b>	1/3 latéral clavicule + acromion + versant inférieur épine scapula (3 faisceaux)	1/4 moyen supérieur humérus (V deltoïdien)
<b>Grand rond</b>	Face postérieure scapula (facette inféro-latérale)	Lèvre médiale du sillon bicipital (Face médiale du 1/4 supérieur humérus)
<b>Grand pectoral</b>	2/3 médiaux bord antérieur clavicule + manubrium sternal + corps sternal + 6 premiers arcs costaux (3 faisceaux)	Lèvre latérale sillon bicipital
<b>Petit pectoral</b>	Angle supéro-latéral de la coracoïde	Partie antérieure des 3 / 4 / 5èmes côtes
<b>Dentelé antérieur</b>	Partie antérieure de la 1ère à la 10ième côte (3 faisceaux)	Partie médiale de la face antérieure scapula
<b>Trapèze</b>	1/3 médial ligne nucale supérieure + processus épineux C1 à T11 (3 faisceaux)	Face supérieure 1/3 latéral clavicule + versant supérieur épine scapula + tubercule trapèzien
<b>Grand dorsal</b>	Processus épineux T6 à S5 + 1/3 postérieur versant latéral crête iliaque + arc postérieur des 4 dernières côtes	Dans le fond du sillon bicipital
<b>Rhomboïdes</b>	Processus épineux C7 / T1 + T1 / T4	Bord médial de la scapula

### III : The MAT ®



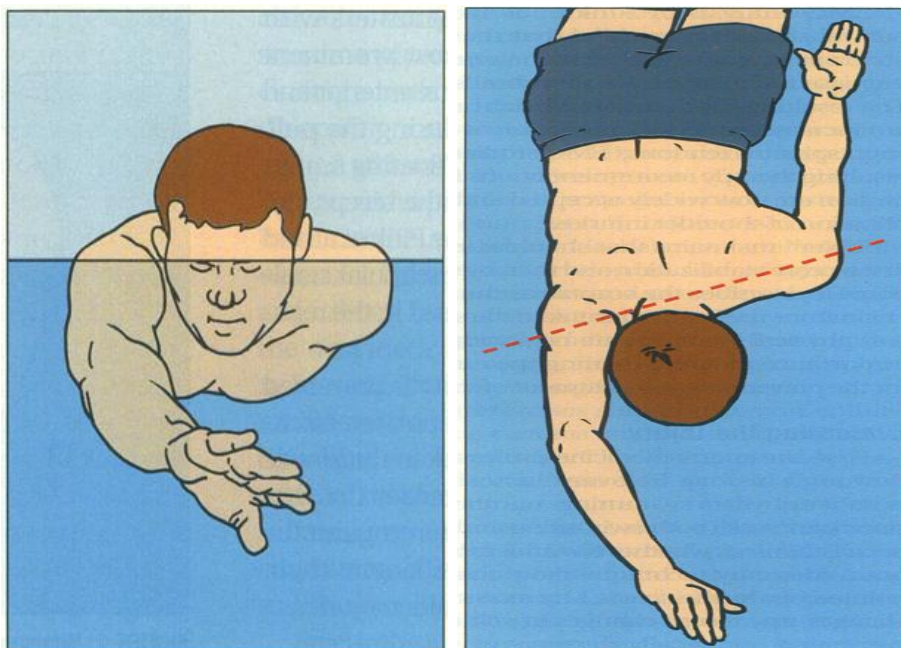
**IV : Le système sensori-moteur.**

(Riemann, B. L., & Lephart, S. M. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*. 2002 ; 37(1), 71.)



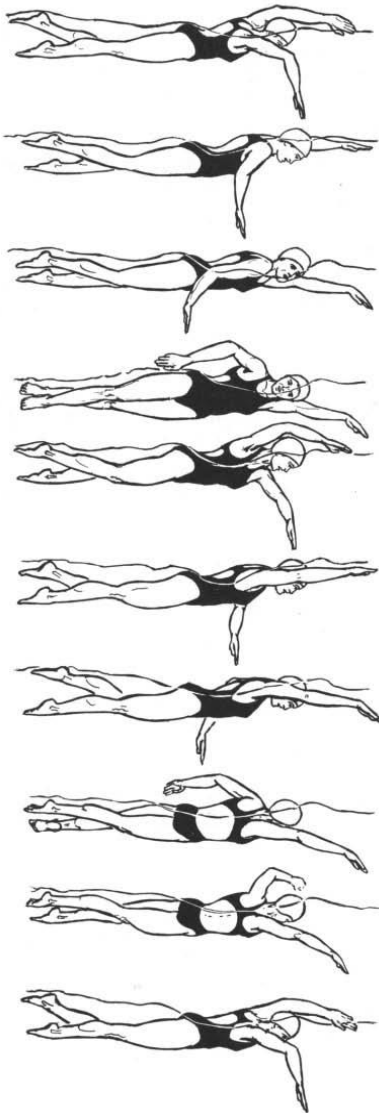
**V : "Glide phase".**

**(57. Heinlein, S. A., & Cosgarea, A. J. Biomechanical considerations in the competitive swimmer's shoulder. *Sports health*, 2010 2(6), 519-525.)**



**VI : Un cycle de bras en nage libre.**

**(Johnson, J. N., Gauvin, J., & Fredericson, M. Swimming biomechanics and injury prevention: new stroke techniques and medical considerations. *The Physician and sportsmedicine*, 2003 31(1), 41-46.)**





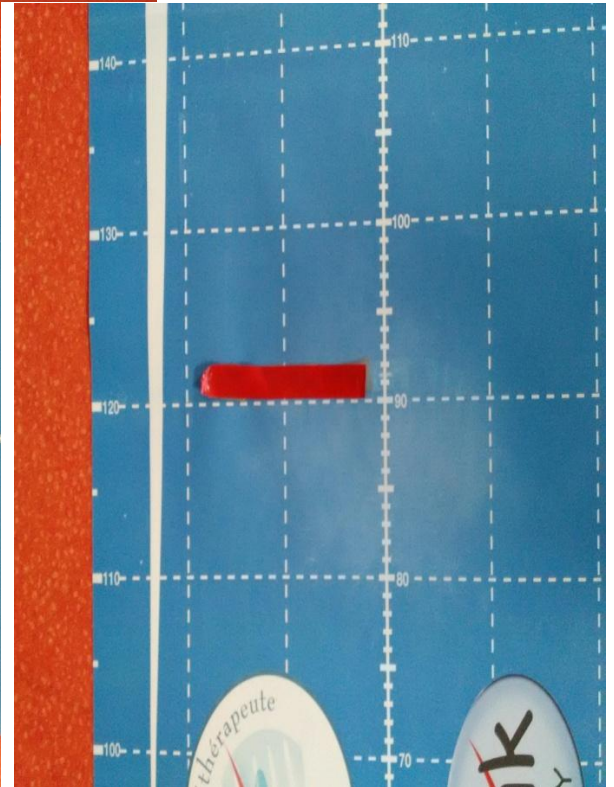
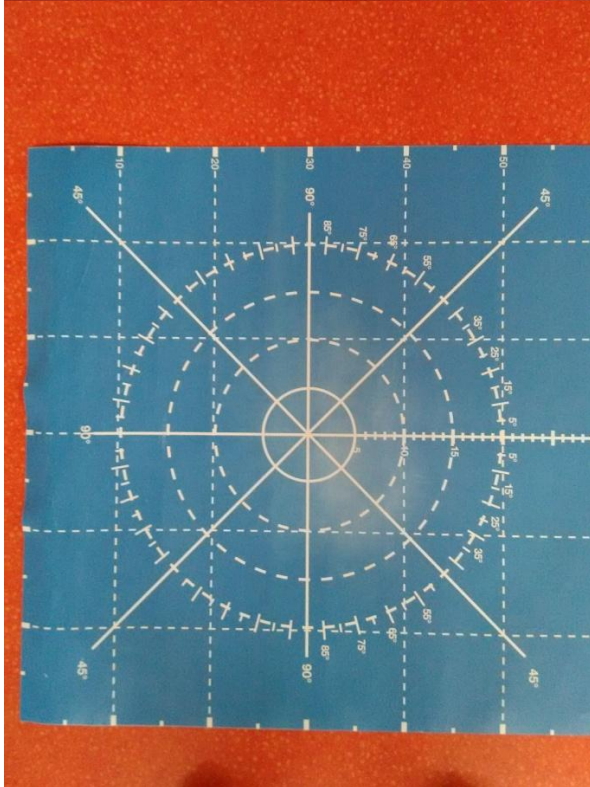
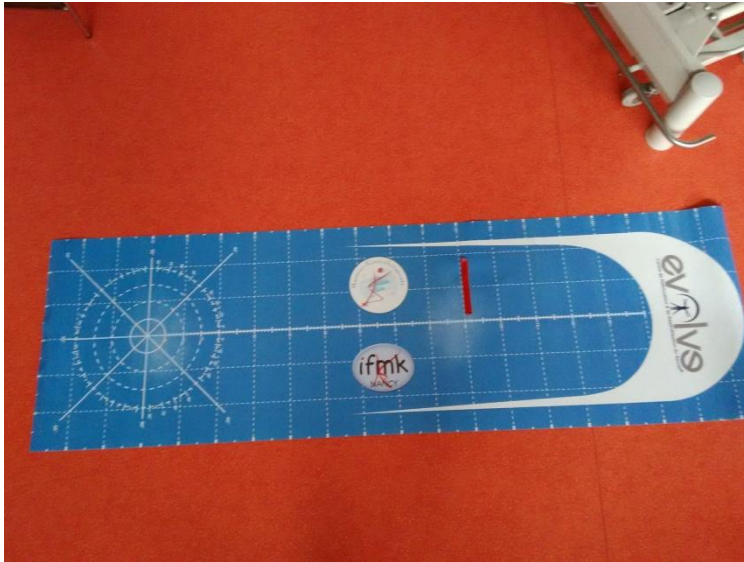
**Annexe VII : Installation lors du JPS**



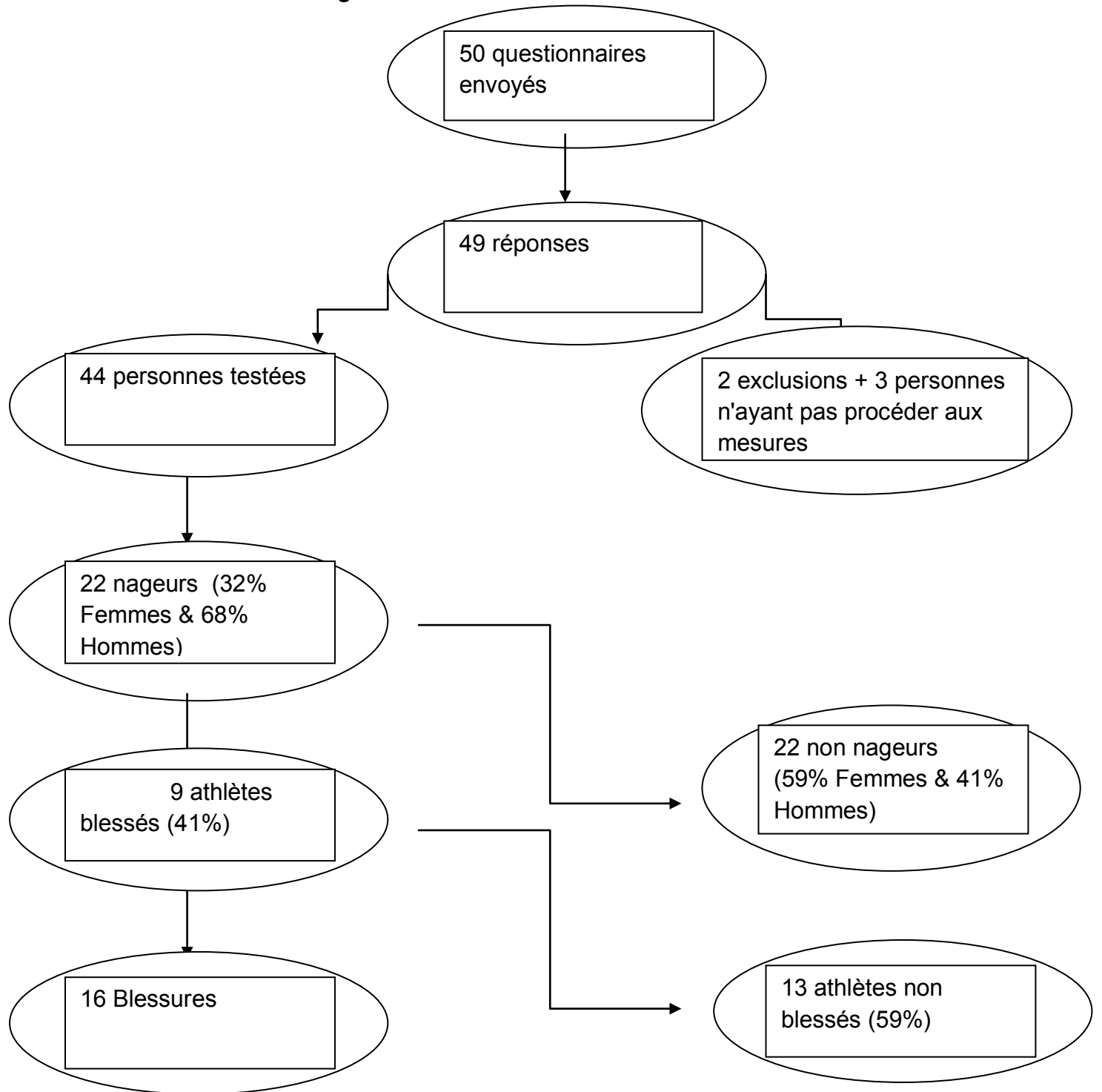
**Annexe VIII : Installation lors du CKCUEST pour les hommes et pour les femmes**



## Annexe IX : Délimitations lors du CKCUEST



**Annexe X : Diagramme de flux et tableau de recueil de données**



<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>

--

Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6
<b><i>Droite</i></b>	Low range	Middle range		High range	
AC1	AT1	AC1	AT1	AC1	AT1
AC2	AT2	AC2	AT2	AC2	AT2
AC3	AT3	AC3	AT3	AC3	AT3
<b><i>Gauche</i></b>	Low range	Middle range		High range	
AC1	AT1	AC1	AT1	AC1	AT1
AC2	AT2	AC2	AT2	AC2	AT2
AC3	AT3	AC3	AT3	AC3	AT3

## RESUME

**INTRODUCTION** : la natation est un sport très exigeant en particulier pour les membres supérieurs. Les contraintes exercées sur les épaules d'un nageur sont très importantes, les amplitudes rencontrées sont extrêmes et les mouvements sont très répétitifs. La moitié des nageurs ont eu, ont ou auront une douleur à l'épaule au cours de leur carrière.

**MATERIEL** : par le biais d'un questionnaire, nous avons quantifié l'entraînement et la fréquence des blessures de 22 nageurs afin d'obtenir un ratio de blessures pour 1000H de pratique. Nous avons divisé les nageurs en 1 groupe "blessures" et 1 groupe "sans blessure". Les nageurs ont également passé 2 tests évaluant la proprioception de l'épaule et nous avons comparé les résultats aux tests par rapport aux ratios calculés.

**RESULTAT** : lors du JPS (*Joint Position Sense*), les scores d'erreur cumulés à droite et à gauche, dans toutes les amplitudes étudiées pour l'effectif "blessures" sont en moyenne de  $2.8^{\circ} \pm 0.6$  contre  $2.5^{\circ} \pm 0.8$  dans l'effectif "sans blessure" ( $P = 0.402$ ). Lors du CKQUEST, pour l'effectif blessure, le nombre de touches total est  $68 \pm 9.9$  contre  $68 \pm 14.5$  pour l'effectif non blessés ( $P = 0.712$ ).

**ANALYSE** : les résultats obtenus au JPS sont similaires entre les nageurs et les non nageurs, et entre les nageurs des deux groupes. Au CKQUEST (*Chain Kinetic Closed Upper Extremity Stability Test*) il n'existe pas de différence significative entre l'effectif "blessures" et l'effectif "sans blessure", alors que les nageurs sont statistiquement meilleurs que les non nageurs.

**DISCUSSION** : bien qu'aucun lien n'ai été retrouvé dans notre étude, il est important de travailler la proprioception de l'épaule, dans le cadre d'un programme global jouant sur l'ensemble des facteurs qui peuvent influencer la performance et la prévention des blessures.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION** : swimming is a very demanding sport especially for the upper limbs. The stresses exerted on the swimmers' shoulders are very important, the ranges of motion are extreme and the movements are very repetitive. Half of the swimmers have had, have or will have shoulder pain during their career.

**MATERIEL** : through a questionnaire, we quantified the training and injury frequency of 22 swimmers to obtain a ratio of injuries per 1000H of practice. We divided the swimmers into 1 group "Injury" and 1 group "Without injury". Swimmers also passed 2 tests evaluating shoulder proprioception and compared test scores against calculated ratios.

**RESULTS** : during the JPS (*Joint Position Sense*), the cumulated error scores on the right and on the left, in every range of motion studied for the "injury group", are on average equal to  $2.8^{\circ} \pm 0.6$  against  $2.5^{\circ} \pm 0.8$  in the "no-injury group" ( $P = 0.402$ ). During the CKQUEST (*Chain Kinetic Closed Upper Extremity Stability Test*), the total number of hits for the "injury group" is  $68 \pm 9.9$  against  $68 \pm 14.5$  for the "non-injury group" ( $P = 0.712$ ).

**ANALYSE** : results at JPS are similar between swimmers and non-swimmers, and between swimmers in both groups. There is no significant difference between "injury group" and "non-injury group" for the CKQUEST, while swimmers are statistically better than non-swimmers.

**DISCUSSION** : Although no link was found in our study, it seems important to practice proprioception for the shoulder, in the framework of a global program emphasizing on all the factors which can influence the performance and the prevention injuries.

**Mots clés** : Proprioception ; Blessures ; Natation ; Sur utilisation ; Epaule douloureuse

**Keys word** : *Proprioception ; Injuries ; Swimming ; Overuse ; Shoulder pain*

