MINISTÈRE DE LA SANTÉ

RÉGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

DE NANCY

MESURE DES AMPLITUDES ARTICULAIRES DE ROTATION D'ÉPAULE CHEZ LE PONGISTE DE NIVEAU RÉGIONAL

Mémoire présenté par Léo BALLAND

étudiant en 3ème année de masso-kinésithérapie

en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat

de Masseur-Kinésithérapeute

2013-2014.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION
1.1. Généralités. 1
1.2. Analyse de littérature 2
1.3. Objectifs de l'étude 3
2. RAPPELS ANATOMO-PHYSIO-PATHOLOGIQUES 5
2.1. Anatomie du complexe articulaire de l'épaule 5
2.1.1. Les structures osseuses 5
2.1.2. Les moyens de contention de l'épaule 6
2.1.3. Le système musculaire 7
2.2. La dynamique de l'épaule 9
2.2.1. Cinétique scapulo-humérale 9
2.2.2. Mouvements de rotation 9
2.3. L'épaule traumatique du pongiste 10
2.3.1. Micro-traumatismes et décentrage articulaire 10
2.3.2 Pathologies du pongiste 11
2.4. Analyses statique et dynamique du pongiste 12
2.4.1. Profil statique du joueur 12
2.4.2. La dynamique du pongiste 13
3. METHODE DE RECHERCHE 15
3.1. Problématique de travail 15
3.2. Période des recherches 16
3.3. Bibliographie et bases de données utilisées 16
3.4. Les mots clés utilisés 16
4. MATERIEL ET METHODE 17
4.1. Population 17
4.2. Matériel 17

4.3. Méthode et Protocole d'étude 18
4.3.1. La position de référence R3 18
4.3.2. Appréciation des hypo-extensibilités musculaires 19
4.3.3. Les tests de l'épaule 19
4.3.4. Mesure des amplitudes articulaires 20
5. ANALYSE DES RESULTATS 21
5.1. Caractéristiques des sujets 21
5.2. Résultats des amplitudes passives entre les deux épaules 22
5.3. Corrélation des amplitudes avec d'autres variables 22
5.4. Raisonnement par intervalle de confiance 23
6. DISCUSSION 24
6.1. Rappel de l'hypothèse initiale et comparaison à la littérature 24
6.1.1. Confrontation des résultats à l'hypothèse de travail 24
6.1.2. Opposition à la littérature et argumentation 24
6.2. Comparaison au tennis 26
6.2.1. Biomécanique 26
6.2.2. Matériel 28
6.3. Difficultés rencontrées 28
6.4. Améliorations possibles de l'étude 29
7. CONCLUSION 30
BIBLIOGRAPHIE
ANNEXES

RÉSUMÉ

Les sports dits de raquette sont nombreux et variés. Ils ont chacun leur spécificité, tout comme ils peuvent partager beaucoup de ressemblances : c'est le cas du tennis de table et du tennis. Le tennis se démarque en étant le plus populaire et le plus pratiqué de ces sports à travers le monde. Il fait davantage partie de la culture occidentale que le tennis de table. En Asie, la situation est inversée. C'est le tennis de table qui compte le plus d'adeptes et retient beaucoup plus largement l'attention des médias.

De façon générale, les sports de raquette entrainent des contraintes asymétriques sur l'ensemble des articulations des membres supérieurs, et plus particulièrement l'épaule du côté dominant.

Toutes les études réalisées sur des tennismen de niveau régional et au-delà ont démontré le même constat. Du coté où le joueur tient sa raquette, il y a une tendance à la rétraction postérieure de la capsule gléno-humérale marquant une limitation de la rotation médiale ainsi qu'une majoration de la rotation latérale. Chez les joueurs qui présentent en plus des douleurs à l'épaule dominante, ces changements d'amplitudes sont majorés.

La pratique du tennis de table entraine-t-elle des modifications anatomiques de l'articulation de l'épaule du coté dominant ? Mesurées à travers ses amplitudes de rotation médiale et latérale, présente-t-elle chez des pongistes de niveau régional les mêmes modifications que l'épaule des tennismen au même niveau ?

L'étude montre des différences significatives entre les amplitudes de rotation latérale des deux épaules du pongiste. Les différences observées en rotation médiale ne sont pas significatives. Plus surprenant, les résultats montrent globalement une augmentation de la rotation médiale et une diminution de rotation latérale, soit l'inverse des résultats observés jusqu'à présent chez les tennismen de niveau régional.

Mots clés : tennis de table, tennis, sport, épaule, amplitude articulaire, pathologies.

Key words : table tennis, tennis, sport, shoulder, range of motion, injuries.

GLOSSAIRE

ITTF : International Table Tennis Federation

RM : Rotation Médiale

RL : Rotation Latérale

RPED : Rotation Passive de l'Epaule Dominante

RPEND : Rotation Passive de l'Epaule Non Dominante

RMPED : Rotation Médiale Passive de l'Epaule Dominante

RMPEND : Rotation Médiale Passive de l'Epaule Non Dominante

RLPED : Rotation Latérale Passive de l'Epaule Dominante

RLPEND : Rotation Latérale Passive de l'Epaule Non Dominante

1. INTRODUCTION

1.1. Généralités.

Le tennis de table est l'un des sports de balle les plus rapides au monde. Avec de nombreuses réformes, les règles ont énormément changé au cours de ces quinze dernières années pour moderniser le jeu et le rendre plus télévisuel : les matchs sont désormais plus courts, mais aussi plus intenses.

L'introduction en l'an 2000 d'une balle de 40mm au lieu de 38mm avait pour principal objectif de ralentir le jeu, permettant d'augmenter le nombre d'échanges au court d'un point et pour que les téléspectateurs puissent mieux suivre la balle. L'effet escompté n'a duré qu'une courte période, devant l'évolution du matériel et notamment l'apparition de bois en carbone et l'utilisation de « colles rapides » densifiant les mousses de la raquette. Les règles ont encore évolué récemment puisque l'usage de ces colles est désormais interdit. La raison en est la toxicité de ces produits, qui contiennent des solvants organiques volatils.

En 2001, l'assemblée de la Fédération Internationale de Tennis de Table (ITTF) réforme une nouvelle fois le jeu et met en place un système de comptage de points plus court. Un match se joue en 3 sets de 11 points et non plus en 2 sets de 21. Cette règle, qui modifie totalement la structure du match, a été créée pour favoriser l'image du tennis de table au public et aux médias sportifs qui retransmettent l'évènement. La réduction du temps d'un set a permis involontairement d'accentuer la concentration du joueur dès le début d'un set, tout mauvais départ étant beaucoup plus pénalisant dans l'optique du gain de la manche.

Un match de tennis de table se constitue donc de cycles rapides d'enchainements de séquences de jeu intensives et de courtes périodes de pause. Au tennis, les échanges sont régulièrement plus nombreux au court d'un point, et durent quasiment toujours plus longtemps qu'au tennis de table. Les temps de récupération entre deux points sont également plus longs. Au cours d'un match de tennis de table c'est donc la filiale énergétique anaérobie alactique qui semble prédominer au détriment du système aérobique [1], alors que le tennis développe davantage la filière d'endurance.

Gagner un match de tennis de table requiert de la technique et de la tactique, de la force mentale et bien sur de la force physique, même si les travaux de Djokic en 2007 ont montré que la performance au tennis de table n'est pas corrélée à la force musculaire [2]. Cela renforce le fait que le tennis de table est un sport qui dépasse les capacités athlétiques d'un joueur, et qu'il est bien plus complexe que le rapport de force musculaire entre un joueur et son adversaire. A la fin d'un match et d'une compétition, le pongiste n'est donc pas seulement épuisé physiquement, il l'est également psychiquement à force d'une intense concentration durant chaque échange d'un match.

A la lecture de ce mémoire, il convient donc de différencier le ping-pong qui correspond à l'activité de loisir, et le tennis de table qui est le véritable sport de compétition.

1.2. Analyse de littérature

Le tennis de table est pratiqué en compétition par plus de 33 millions de joueurs à travers le monde. Les diagrammes réalisés par la Fédération Française de Tennis de Table (FFTT) montrent l'évolution croissante du nombre de licenciés en France. Ainsi lors des quinze dernières années, on retrouvait 125.000 licenciés en 1989-1990, puis 178.000 en 2007. En 2014 la Fédération n'a jamais compté autant de membres parmi elle puisqu'on dénombre actuellement plus de 193.000 licenciés. A titre de comparaison, la Fédération Française de Tennis (FFT) recense aujourd'hui plus de 1.103.000 licenciés de tout âge, faisant du tennis le premier sport individuel français.

Figure 1 : Répartition géographique du classement mondial au tennis (source : www.basementgeographer.com).

Si le tennis mène largement les débats, il serait intéressant de pouvoir comparer le nombre de joueurs occasionnels à titre de loisir : le nombre de pratiquants du ping-pong est estimé à plus de 260 millions ce qui le place à la 6ème place des disciplines sportives les plus pratiquées à travers le monde. On sait également que 17% des familles françaises ont chez eux une table de ping-pong, lorsque les courts de tennis sont assez rares et onéreux d'accès. Le tennis de table est surtout pratiqué en Asie alors que le tennis l'est surtout en Europe, en Amérique et en Océanie. Pour preuve, le tennis de table est le sport national en Chine avec près de 100 millions de pratiquants, où leur domination est incontestable sur la quasi-totalité des joueurs européens.

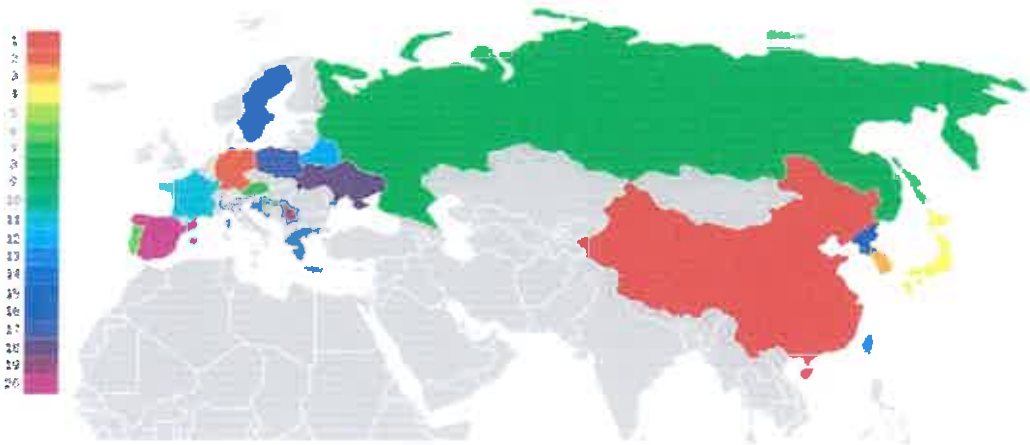

Figure 2 : Répartition géographique du classement mondial au tennis de table.

Sur le plan des statistiques, le tennis de table est davantage pratiqué en France par les hommes à raison de 83% contre 17% de femmes. La balle file à des vitesses variant de 30 à 200km/h [12], ne laissant au joueur qu'un temps de réaction qui va de 0,07 à 0,25 secondes compte tenu des dimensions de la table. En une minute, le record de 2002 du plus grand nombre d'échanges au cours d'un point est de 173 touches de balles soit 86 échanges. Le temps de l'échange le plus long a duré 2h15 et celui du match le plus long est de 7h30 en 1936 à Prague, ce qui prouve l'extrême concentration exigée par ce sport.

1.3. Objectifs de l'étude

Tout notre travail repose sur le rassemblement de données accumulées au cours de nombreuses études faites par divers auteurs sur le tennis et le tennisman, et le fait que celles-ci

se rejoignent et concordent de manière systématique : il a été démontré que la pratique du tennis en compétition de niveau régional provoquait de manière significative des modifications structurelles de l'articulation de l'épaule dominante [3], à savoir une diminution de l'amplitude de rotation médiale par rétraction de la partie postérieure de la capsule articulaire, et une augmentation de l'amplitude de rotation latérale gléno-humérale. Chez des tennismen qui présentent des douleurs à leur épaule coté dominant, ces changements d'amplitude sont majorés. De telles modifications se retrouvent-elles chez les sportifs pratiquant le tennis de table ?

Ainsi notre interrogation avant de débuter ce travail relève plus de l'ordre intellectuel que du domaine pratique, bien que suivant les résultats de l'étude elle puisse offrir de réelles possibilités préventives ou thérapeutiques. Elle se base sur les comparaisons entre deux sports qui partagent le même nom et qui se ressemblent du point de vue gestuel mais qui sont bien différents au niveau des contraintes. Toute interprétation des résultats ne pourra se faire qu'avec la compréhension des ces contraintes physiques engendrées par la pratique de ces sports asymétriques, et des différences qui les opposent. Le pongiste est-il susceptible de développer des modifications structurelles de son épaule au même titre que le tennisman ? Ces éventuelles modifications sont-elles comparables au joueur du tennis ? Que la réponse soit positive ou négative, nous tenterons d'apporter les arguments ou les hypothèses en faveur d'un tel résultat.

D'une manière générale, le manque manifeste d'études concernant le joueur de tennis de table démontre le fait que le pongiste dans sa globalité ne fait pas l'objet d'investigations particulières au même titre que le tennisman, bien qu'il soit sujet aux mêmes pathologies que pour tout autre sport de raquette.

Nous nous proposons initialement de faire un rappel des principales bases anatomiques et biomécaniques inhérentes au membre supérieur, puis de développer nos recherches bibliographiques et nos mesures. Nous terminerons par l'analyse de nos résultats et la discussion de ceux-ci.

2. RAPPELS ANATOMO-PHYSIO-PATHOLOGIQUES

2.1. Anatomie du complexe articulaire de l'épaule

L'épaule forme tout un complexe articulaire constitué de 5 articulations, qui forment 2 unités bien distinctes. L'unité omo-claviculaire comprend les articulations sterno-costo-claviculaire, acromio-claviculaire et scapulo-thoracique. L'unité omo-humérale est formée par les articulations sous-acromiale et gléno-humérale. C'est dans cette dernière articulation qu'on retrouve le plus fréquemment de micro-traumatismes.

2.1.1. Les structures osseuses

Le complexe articulaire de l'épaule s'articule autour de trois os que sont la clavicule, la scapula et l'humérus.

L'articulation scapulo-thoracique est une syssarcose correspondant à un plan de glissement entre la face antérieure de la scapula et la face postéro-latérale du grill costal. Elle permet les mouvements d'élévation-abaissement et d'abduction-adduction de la scapula, en plus des mouvements de sonnettes médiale ou latérale. L'articulation sous-acromiale répond elle aussi à un plan de glissement par l'intermédiaire d'une bourse séreuse qui met en relation la partie supérieure de la grande tubérosité de l'humérus et la partie inférieure de l'extrémité latérale de l'acromion.

L'articulation gléno-humérale réunit la tête humérale sphérique au sein de la glène scapulaire légèrement concave. Du point de vue morpho-anatomique, il s'agit d'une énarthrose à trois degrés de liberté. La congruence de cette articulation est très faible. Certains auteurs la qualifient d'articulation «non congruente et non concordante» [5]. La mobilité y est alors très importante mais s'effectue au détriment d'une bonne stabilité. Il existe différentes structures pour pallier à cette instabilité, à commencer par le labrum glénoïdien. C'est un fibro-cartilage qui s'insère au pourtour de la glène scapulaire pour augmenter la surface articulaire et améliorant de ce fait la congruence articulaire gléno-humérale.

2.1.2. Les moyens de contention de l'épaule

D'autres structures se portent garantes de la stabilité du complexe de l'épaule. Il existe des systèmes de contention à la fois passif et actif. Le système de contention passif comprend la capsule articulaire et ses renforcements ligamentaires.

Le ligament coraco-huméral est suspenseur de l'épaule, avec son insertion sur l'apex de la coracoïde et sa terminaison en deux faisceaux sur la grande et la petite tubérosité. Ce ligament recouvre la partie supérieure de la coulisse bicipitale pour la transformer en canal. Il se détend en rotation médiale et l'abduction, et se tend en rotation externe pour devenir un moyen puissant de stabilisation. Le ligament gléno-huméral inférieur naît du bord inféro-antérieur du bourrelet glénoïdien et se termine à la face antéro-médiale du col chirurgical. Le ligament gléno-huméral supérieur débute à la partie supérieure de la glène et se termine sur le tubercule mineur. Son faisceau moyen commence sous le ligament gléno-huméral supérieur et se termine sur la moitié inférieure du tubercule mineur. L'ensemble de ce ligament et plus particulièrement ses faisceaux supérieur et moyen, ont également pour rôle de maintenir la tête humérale en l'empêchant de partir vers l'avant dans le plan sagittal. Ils limitent la rotation latérale du bras quand le coude est au corps.

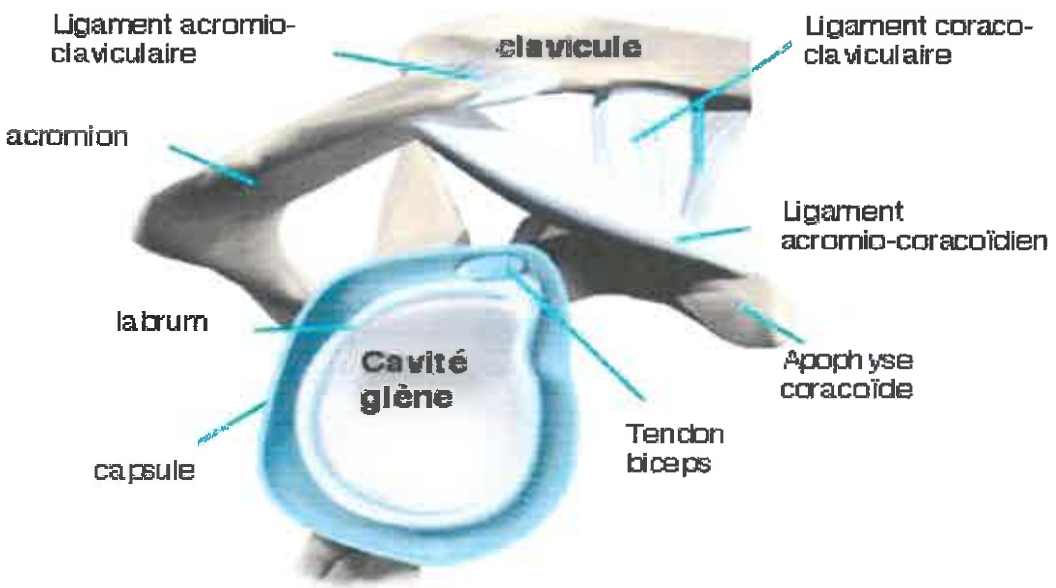

Figure 3 : Vue latérale des éléments de contention fibro-cartilagineux et ligamentaires de l'épaule (source : www.arthrosport.com)

Le système de contention actif est assuré par de nombreux muscles, à la fois courts et ajusteurs de la tête humérale, et par d'autres muscles plus larges et puissants destinés à la force et à la mobilité du membre supérieur. Les muscles qui sont plus superficiels et puissants, viennent former de véritables chapes musculaires englobant l'épaule : la chape delto-trapèzienne en arrière et latéralement, et la chape delto-pectorale en avant et latéralement.

2.1.3. Le système musculaire

La tête humérale est plaquée contre le labrum de la scapula via les chefs longs des muscles biceps et triceps brachial. Les muscles ont donc bien un rôle dans la stabilité de l'épaule, mais ils répondent aussi et en priorité à la deuxième contrainte de l'épaule qui est la mobilité. Ces muscles composent le plan superficiel. Il s'agit des muscles grand pectoral, grand rond, grand dorsal, deltoïde, biceps brachial et du triceps brachial. Le plan profond est quant à lui constitué des muscles de la coiffe des rotateurs.

Le muscle grand pectoral est très puissant, il possède 3 insertions proximales : son faisceau supérieur naît à la face antérieure de la moitié médiale de la clavicule. Son faisceau moyen débute sur le manubrium sternal et descend sur le bord latéral du sternum. Le faisceau inférieur prend son origine sur la gaine des grands droits de l'abdomen. Son insertion distale est unique et s'effectue en arrière de la gouttière bicipitale. Ses principales actions sont l'adduction et la rotation médiale.

Le muscle sub-scapulaire s'insère dans la fosse scapulaire sur toute la face antérieure de la scapula, et se termine sur le tubercule mineur de l'humérus. Sa fonction principale est la stabilisation de la tête humérale, bien qu'il soit également rotateur médial de la tête dans la glène scapulaire.

Les muscles courts permettant de recentrer la tête humérale sont dénommés par la coiffe des rotateurs. Il s'agit de 5 muscles venant couvrir la tête humérale et l'appareil capsulo-ligamentaire de l'articulation gléno-humérale de telle façon que : les muscles sub-scapulaire et long biceps passent en avant de la tête humérale, l'infra épineux et petit rond en arrière, le supra-épineux au dessus de la tête humérale. Les muscles supra et infra épineux sont très

importants. Ils prennent naissance respectivement dans la fosse supra-épineuse et dans la fosse infra-épineuse de la face postérieure de la scapula délimitée par l'épine scapulaire. Le petit rond s'insère au niveau de la partie supérieure du bord latéral de la scapula. Ces trois muscles viennent se terminer respectivement sur les fossettes supérieure, moyenne et postérieure de la face postérieure de la grande tubérosité de l'humérus appelée trochiter (Figure 4). La coiffe des rotateurs constitue ainsi une large nappe tendineuse qui coiffe la tête humérale. Leur fonction est de recentrer la tête humérale mais ils ont aussi une composante de rotation externe. Ces muscles sont très petits, et sont pour moitié tendineux. Ils se fatigueront donc très vite par rapport à leurs antagonistes puissants qui leur répondent et que sont les muscles grand pectoral et grand dorsal. Tout déséquilibre de cette balance musculaire sera susceptible de créer des lésions au niveau de cette coiffe des rotateurs, bien connues dans les sports de raquette ou de lancer. L'espace sous acromial et rétro-coracoïdien est très faible, et en cas de réduction de cet espace, il y a danger pour les bourses séreuses mais aussi pour les tendons.

Les défaillances des fonctions stabilisatrices et de recentrage de la tête humérale par la coiffe des rotateurs entraînent des pathologies d'épaule. Ils fonctionnent donc en synergie avec les muscles mobilisateurs permettant ainsi aux mouvements du membre supérieur d'être harmonieux.

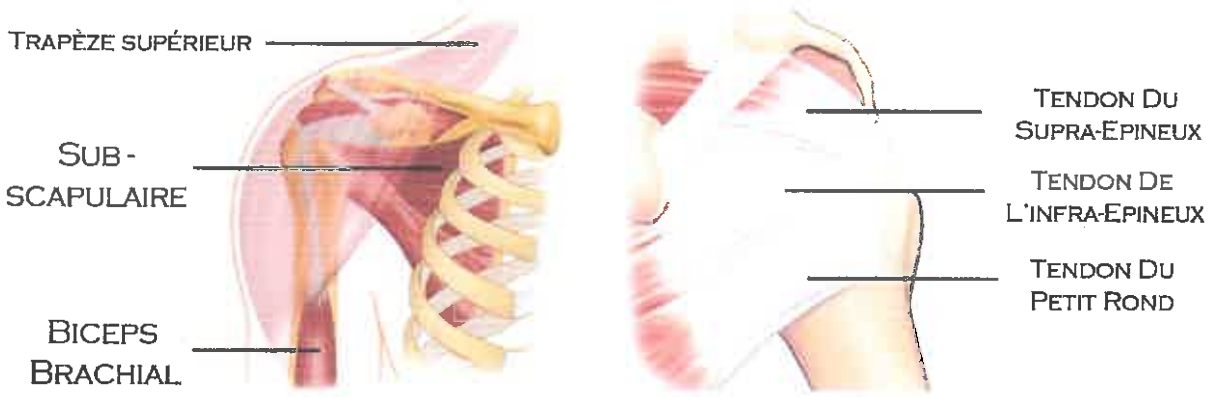

Figure 4 : Les principaux éléments musculaires de l'épaule.

Dans le muscle, il existe des récepteurs qui informent sur son état de tension et participent donc à la proprioception articulaire. Les organes tendineux de Golgi se situent dans les tendons et peuvent être stimulés lors de la phase d'armé. Les fuseaux neuro-musculaires

sont stimulés lors de la phase de « rebond » en amplitude extrême et vont eux aussi envoyer des informations au système nerveux central.

2.2. La dynamique de l'épaule

2.2.1. Cinétique scapulo-humérale

Les mouvements effectués dans un secteur de mobilité supérieur à 90° mettent en jeu toutes les articulations du complexe articulaire de l'épaule. Ainsi en plus de l'humérus, la scapula et la clavicule deviennent mobiles. Lors de l'abduction à 90°, le trochiter est attiré en bas et en dedans par le tendon du supra épineux notamment [6]. La scapula amorce un mouvement de sonnette latérale et la clavicule débute un mouvement de rotation postérieure dans le plan frontal.

« Lors des différents gestes sportifs, l'épaule est soumise à des forces considérables et l'instabilité articulaire qui tend à la subluxation de la tête humérale doit être contrebalancée en permanence par la contraction musculaire » [7]. Au niveau musculaire, lors de la contraction puissante du muscle grand-pectoral, la tête humérale est tractée vers l'avant. Afin d'éviter cette traction antérieure, le sub-scapulaire se contracte en même temps. Par ses insertions et la direction de ses fibres il permet de retenir la tête humérale dans la glène. En revanche le grand-pectoral a une composante de RM que le sub-scapulaire ne peut corriger : on retrouve donc en cas de sur-sollicitation du grand-pectoral un décentrage de la tête humérale qualifiée en « spin ». Si le sub-scapulaire est très faible dans son rapport avec le grand-pectoral, on peut également retrouver un décentrage antérieur de la tête avec un sub-scapulaire incapable de venir recentrer la tête vers l'arrière.

2.2.2. Mouvements de rotation

La rotation gléno-humérale est un mouvement dans le plan horizontal autour d'un axe vertical. Son amplitude articulaire est très variable d'un sujet à l'autre et d'une position de référence donnée. Degrave a décrit 3 positions : la position de base R1 se définit coude au corps

fléchi à 90°. R2 correspond à R1 en ajoutant 90° de flexion scapulo-humérale, et R3 en ajoutant 90° d'abduction à la position R1 [5]. Les amplitudes passives de rotation d'épaule couvrent un champ articulaire de 135° en R1, partagées en 45° de rotation latérale et 90° de rotation interne. Pour les positions R2 et R3, il n'y a pas de littérature évoquant des normes d'amplitudes. Lors des mouvements de rotation d'épaule en R1, les changements d'orientation de la glène par sonnette interne ou externe de la scapula peuvent majorer ces amplitudes de rotation [6].

2.3. L'épaule traumatique du pongiste

2.3.1. Micro-traumatismes et décentrage articulaire

Au cours de leurs activités de loisir ou de compétition, les sportifs risquent d'être victimes de traumatismes nombreux et variés. Ces traumatismes peuvent être la conséquence de gestes techniques, plus ou moins complexes, effectués à la limite des amplitudes articulaires physiologiques et parfois même au-delà. Ces gestes sont exécutés avec une grande vitesse ou répétés un grand nombre de fois, parfois les deux, amenant irrémédiablement au surmenage articulaire [7].

Le début est insidieux le plus souvent, la gêne fonctionnelle est réduite, la douleur modérée et la poursuite des activités sportives est possible pendant un certain temps. Progressivement l'évolution se fait vers une augmentation de la gêne et une aggravation des douleurs. Elle aboutit à une modification du geste technique, à une diminution des capacités d'entrainement et à plus long terme à l'interruption des activités sportives.

Ces lésions sont consécutives à des microtraumatismes de faible intensité, non-douloureux sur le moment mais le devenant à la longue par le coté répétitif des gestes sportifs. Elles sont susceptibles d'affecter aussi bien le cartilage articulaire que les tendons et muscles péri-articulaires, ainsi que le système nerveux ou l'os lui-même. C'est à partir de ce constat qu'il paraît nécessaire de pouvoir déceler ces microtraumatismes potentiellement douloureux lors d'un bilan clinique avant d'éventuels examens complémentaires qui viendront par la suite affirmer ou infirmer le diagnostic initial.

Existe-t-il des signes pathognomoniques de ces microtraumatismes ? La pratique du tennis de table de niveau régional provoque-t-elle ces microlésions au niveau de l'articulation gléno-humérale du joueur, au même titre que le joueur de tennis ?

Au niveau des conséquences, le décentrage fait que l'articulation n'est plus dans sa congruence physiologique. Il peut y avoir diminution des amplitudes articulaires. Le geste est donc modifié car le sujet ne peut aller dans certains secteurs articulaires et la performance diminue. Le décentrage peut par conséquent occasionner une douleur, tout comme il peut rester silencieux. Au niveau de l'épaule, on retrouve des décentrages antéro-supérieurs ou bien des décentrages qualifiés en « spin » en rotation médiale. Ce dysfonctionnement correspond à une rotation de la tête humérale sur son axe vertical, sans que le point de contact sur la glène ne se déplace en avant. C'est un pseudo-mouvement de rotation médiale au cours duquel le glissement s'est produit seul, sans roulement. Un arrêt plus précoce du mouvement d'abduction est alors observé. Ce défaut de cinématique est en partie responsable de la limitation des mouvements de rotation médiale et latérale que l'on observe dans la pathologie de la coiffe des rotateurs [13].

La modification du geste s'explique également du fait que les mécanorécepteurs sont moins stimulés et que leur information est de moindre qualité. Le geste est donc moins bien perçu, il est modifié et s'adapte à la nouvelle position articulaire. Les conséquences du décentrage sont donc irrévocablement une diminution des capacités sportives et des performances.

2.3.2. Pathologies du pongiste

A l'instar des autres sports asymétriques dits « de raquette », le tennis de table est susceptible à partir d'un certain niveau et volume de jeu de provoquer chez le pratiquant les mêmes troubles physiques, aussi bien au membre supérieur qu'au membre inférieur. Ainsi on peut retrouver chez le pongiste des entorses de cheville et de genou, des lésions musculaires allant de la contracture à la déchirure. Au membre supérieur les atteintes seront principalement dues à la sur-utilisation de l'épaule et la répétition des gestes. On retrouve

donc des arthropathies acromio-claviculaires, des décentrages de la tête humérale et des lésions de la coiffe des rotateurs à type de tendinite.

Les conséquences secondaires peuvent être un conflit sous-acromial, qui correspond à un conflit entre les tendons de la coiffe des rotateurs et la voûte coraco-acromiale lors du mouvement d'élévation du bras. Ce conflit est dû à de multiples causes. Plusieurs étiologies sont recensées, mais c'est une affection multifactorielle. Ceci va être responsable de tendinopathies, de douleurs d'épaule voire de ruptures tendineuses. Certaines catégories de sportifs sont plus exposées ou préservées que d'autres. Chez les pongistes, le ratio de force entre les rotateurs médiaux et rotateurs latéraux au membre supérieur dominant est inférieur aux sédentaires et au ratio physiologique. Ce déséquilibre musculaire en faveur des rotateurs externes préserve nettement les pongistes de ce risque de conflit sous-acromial [4].

2.4. Analyses statique et dynamique du pongiste

2.4.1. Profil statique du joueur

La position d'attente du joueur en retour de service, variable selon le niveau ainsi que l'âge et le profil du joueur, pourrait expliquer en partie ces troubles. Le pongiste se tient jambes fléchies et écartées, buste incliné vers l'avant, la majeure partie du poids étant répartie sur l'avant des pieds pour permettre une meilleure explosivité dès le départ de la balle lors du service adverse.

Selon un article slovène sur la relation entre l'entrainement au long terme et l'émergence d'un défaut d'alignement postural chez les jeunes pongistes, on retrouve des différences significatives dans différents indicateurs du statut postural. L'entrainement au tennis de table engendre des circonstances spécifiques qui créent des problèmes structuraux et un alignement postural défectueux. On retrouve alors une épaule dominante plus basse ainsi qu'une attitude hypercyphosée au niveau dorsal, toutes ces déformations étant largement liées à la biomécanique du tennis de table.

L'observation attentive de la posture du pongiste révèle donc une singularité. Les travaux de Folorunso sur des pongistes confirmés ont montré l'hypertrophie relative du membre supérieur dominant, ainsi qu'un certain degré de scoliose qui peut apparaître au niveau du segment dorsal de la colonne vertébrale [8]. Cette étude a permis de mesurer le retentissement de la posture de jeu particulière du pongiste ainsi que l'hyperactivité des muscles des membres supérieurs sur la santé du joueur, notamment l'apparition de pathologies liées à la biomécanique de ce sport.

Il est clair que l'activité physique a une influence positive sur le développement de notre corps. Mais de larges déviations par rapport à l'alignement postural idéal induisent du stress sur tous les types de tissus corporels, avec des conséquences possibles comme des déformations structurelles du rachis ainsi que des disques intervertébraux et des ligaments spinaux, de la fatigue, des gênes articulaires et des douleurs chroniques cervico-dorsales.

La posture typique du pongiste va donc affecter la biomécanique de son corps et aura des répercutions sur sa santé pendant qu'il joue mais aussi à l'arrêt des activités sportives et le retour aux activités quotidiennes. Ces modifications de la statique corporelle s'étendent-elles à l'articulation de l'épaule ? Se retrouvent-elles chez une population de joueurs de niveau régional ?

2.4.2. La dynamique du pongiste

Nous venons de décrire les caractéristiques statiques du pongiste, en retour de service et de façon plus générale lors d'un examen d'observation du sujet debout. Lorsque la balle arrive sur la droite pour un droitier, le joueur est amené à effectuer un coup droit dit aussi «top spin» de coup droit. Dans la majeure partie des cas lorsque la balle arrive vers le milieu de la table, le pongiste pivote sur ses appuis et se positionne également en coup droit pour effectuer un top spin qui est le coup d'attaque le plus puissant. Il se tourne alors légèrement de profil pour permettre à l'épaule une plus grande amplitude en geste d'armé. L'épaule se retrouve alors en extension et rotation externe, le coude étant tendu en extension quasi complète et en pronation maximale (Annexe IV, Figure 1). Lors du top spin, l'accélération vers la flexion et la rotation interne est brutale. La résistance offerte en retour par la balle n'est pas très

importante, ainsi le geste de top spin en coup droit se prolonge sans limite jusqu'à ce que la contraction des antagonistes aux mouvements ne viennent freiner et stopper le mouvement (Annexe IV, Figure 2). L'effet pliométrique est donc utilisé au maximum de son avantage par le pongiste qui arme son geste en extension et rotation externe pour mettre les muscles moteurs du top spin en course externe. Leur réponse lors de l'exécution du coup droit est alors démultipliée pour un maximum de puissance, au niveau de l'épaule notamment par le grand-pectoral, deltoïde antérieur et coraco-brachial.

Au niveau du coude, sa mise en extension lors du geste d'armé permet également l'accélération brusque du biceps brachial et du brachio-radial pour une réponse optimisée en flexion du coude. Celle-ci permet de frotter la balle de bas en haut et de lui imprimer un effet dit lifté qui accélèrera sa trajectoire vers l'avant lors du rebond sur la partie de table adverse (Annexe VIII, Figure 1). C'est cette accélération qui est caractéristique du top spin, et qui en fait un coup décisif dans la majeure partie des points. Il est à noter que le degré de cette accélération dépend de plusieurs facteurs, et que la quantité de spin imprimé à la balle peut dépendre des choix du joueur qui exécute ce coup tout comme il peut être dicté par l'effet de la balle adverse (notamment l'effet back spin dit aussi « effet rétro »). Cette notion sera importante par la suite puisqu'elle permet d'affirmer qu'en fonction du type d'adversaire ou de sa tactique de jeu, le geste effectué en top spin sera alors différent.

Mais toutes les balles ne sont pas attaquables et certains coups demandent plus de finesse pour gérer les effets importants imprimés à la balle, ses trajectoires ou sa longueur. Le pongiste peut choisir de réaliser une « poussette » qui donne plus de contrôle pour retourner la balle adverse. De manière générale, il s'agit d'un coup qui sollicite essentiellement les articulations sous-jacentes à l'épaule. L'effet back spin peut être imprimé par ce coup en poussette, où la raquette frappe la balle de haut en bas contrairement au top spin. La balle aura l'effet inverse du top spin et ralentira donc au contact de la partie de table adverse (Annexe VIII, Figure 2).

Si la balle a une trajectoire très courte derrière le filet, le pongiste de niveau régional effectue dans la majeure partie des cas une poussette peu importe que la balle soit sur sa droite ou sa gauche. Lorsque la balle arrive avec une trajectoire longue et du côté opposé à celui où le

pongiste tient sa raquette, il n'a pas le temps de pivoter en coup droit. Il effectue un revers. Selon son degré d'anticipation et le temps dont il dispose, le pongiste pourra choisir d'attaquer du coté revers en top spin. Le top spin revers correspond à un vissage puissant en hyper-rotation médiale suivi d'un dévissage en rotation latérale effectué par les muscles de la coiffe des rotateurs (Annexe V, Figure 1 et Figure 2).

Au cours d'un point, on retrouve au niveau du tronc une flexion rachidienne prédominante sur les segments dorsaux et cervicaux, avec projection de la tête en avant. La rotation du tronc lors du top spin permettra de transférer l'énergie mécanique accumulée lors de la rotation à la partie supérieure du corps et au membre supérieur qui tient la raquette [9]. Les membres inférieurs sont quant à eux toujours fléchis pour effectuer des déplacements en pas chassés et répondre le plus rapidement possible aux changements de direction de la balle [14].

Tous les gestes au membre supérieur dominant sont susceptibles d'être modifiés au cours de l'échange dans leurs amplitudes comme dans leurs trajectoires, suivant la nature de la balle adverse qui parvient au joueur (longueur, rotation, vitesse) [10]. Globalement, la flexion des membres inférieurs et du tronc est retrouvée chez tous les pongistes à partir du niveau régional.

3. METHODE DE RECHERCHE

3.1. Problématique de travail

Le thème de ce travail a guidé mes recherches à travers différents domaines tels que la biomécanique, la physiopathologie de l'épaule liée à la pratique d'un sport asymétrique du membre supérieur. Pour la mise en place du protocole utilisé, certaines recherches ont porté sur le Concept Global d'Epaule (CGE) et sur la fiabilité des outils de mesure.

3.2. Période des recherches

Les recherches sont effectuées sans limite d'antériorité, et comprennent toutes les études réalisées depuis les quinze dernières années. Les données les plus récentes sont toutefois privilégiées, qu'elles concernent le tennis ou bien le tennis de table.

3.3. Bibliographie et bases de données utilisées

Les premières recherches sont effectuées à la bibliothèque de l'Institut Régional de Réadaptation de Nancy, et concernent les bases anatomiques et biomécaniques de l'articulation de l'épaule, ainsi que l'introduction à la micro-traumatologie du sport. Elles sont par la suite poursuivies via un moteur de recherche sur internet (Google). Des bases de données spécifiques sont également consultées comme PubMed, Kinédoc, Cismef, SuDoc ainsi que certains moteurs de recherches de revues comme EM Consult (Annexe IX). Le site Biostat a permis d'effectuer les tests statistiques à partir d'un tableau Excel de recueil de données.

3.4. Les mots clés utilisés

La langue des termes utilisés est adaptée aux bases de données consultées, et les mots spécifiés se rapportent le plus possible aux termes MeSH. L'intégralité des mots-clés est inscrite dans la barre de recherche, si les résultats ne coïncident pas avec nos attentes, la recherche est modifiée pour s'adapter aux contraintes d'une recherche informatique automatique. Par exemple, les résultats du mot-clé "tennis de table" donnent en priorité les données relatives au tennis. La recherche doit être modifiée en "tennis de table SAUF tennis" pour être plus précise et se limiter au sport souhaité. Ainsi les mots-clés français utilisés sont : tennis de table, tennis, sport, épaule, amplitude articulaire, pathologies, et leurs équivalents en anglais : table tennis, tennis, sport, shoulder, range of motion, injuries.

4. MATERIEL ET METHODE

4.1. Population

L'étude se porte sur 30 joueurs de tennis de table de sexe masculin âgés de 17 à 35 ans, et de niveau régional. Avant de commencer à rechercher de tels joueurs, il a fallu déterminer clairement à quoi correspondait le niveau régional au tennis de table et en donner ses caractéristiques. La connaissance de ce milieu sportif a pu nous permettre d'esquiver le piège de cibler une mauvaise population, car il est régulièrement admis qu'un joueur qui ne s'entraine plus ou qui vient de débuter puisse jouer au niveau régional en championnat par équipe. Avec l'aide d'un directeur technique national, il a été possible de dresser les 2 caractéristiques essentielles d'un joueur d'un tel niveau. Premièrement, son volume d'entrainement doit être égal ou supérieur à 4 heures par semaine et deuxièmement il doit avoir un classement égal ou supérieur à 11, ce qui garantira une certaine assiduité aux entrainements et une régularité dans la performance pour atteindre un tel niveau.

4.2. Matériel

Le moment de repos imposé par le protocole de cette étude permet au sportif de répondre à un questionnaire sur sa pratique du sport sur une chaise et une table prévues à cet effet. Les séries de mesures sont ensuite effectuées sur une table d'examen pliante certifiant la bonne horizontalité du sujet allongé. Après plusieurs pré-tests, la hauteur de la table est réglée à 70cm et permet la meilleure lecture sur l'outil de mesure après avoir emmené l'épaule du sujet dans les amplitudes de rotations maximales passives. L'outil utilisé pour mesurer ces amplitudes est un inclinomètre Plurimeter DR. Rippstein Switzerland. Il possède une plus grande fiabilité intra et inter examinateur qu'un goniomètre classique. Il est positionné à la moitié de la ligne bi-styloïdienne du poignet du membre supérieur à tester, et tenu à la verticale stricte (Annexe III, Figure 1). Un coussin triangulaire vient s'intercaler entre la table d'examen et la face postérieure du bras du sujet pour emmener son membre supérieur dans le plan de la scapula. Après chaque passage, la table est lavée par un désinfectant classique et des essuie-tout.

4.3. Méthode et Protocole d'étude

Les mesures sont effectuées lors de tournois et entrainements organisés dans les villes du département Vosgien, entre la période du 6 janvier et du 28 février 2014. Les 30 joueurs viennent de Saint-Dié, Anould, Thaon, Etival, Bains-les-Bains, Moyen-Moutier, Monthureux-sur-Saône, Rupt-sur-Moselle. Lors des tournois tel que le championnat de Vosges à Saint-Dié, une annonce verbale au micro des juges arbitres et du président de direction a été passée auprès des 150-160 joueurs présents ce jour-là. Les sportifs répondant aux critères mentionnés dans l'appel se sont manifestés de façon aléatoire dans les limites de leur disponibilité au cours de la compétition. Les mesures effectuées lors des entraînements étaient quant à elles planifiées via une feuille d'inscription affichée dans l'enceinte du club (Annexe I). Les participants ont tous signé une feuille de consentement avant de répondre à un questionnaire (Annexe II, Figure 1). Les mesures faisant suite à ces modalités (Annexe II, Figure 2) ont été réalisées dans un espace chauffé et confortable, permettant au sujet de se dévêtir sans difficulté.

4.3.1. La position de référence R3

Le choix de la position articulaire pour l'exploration des amplitudes de rotations de l'épaule s'est basé sur la fiabilité et la reproductibilité de la mesure. Il s'est effectué autour des trois positions de référence de l'épaule que sont R1, R2 et R3.

En décubitus dorsal, la position R1 coude au corps et fléchi à 90° a été exclue car elle ne permettait pas d'explorer la rotation interne de l'épaule. La position R2 présentait des inconvénients pour effectuer par un seul thérapeute des contre-prises efficaces et nécessaires à une mise en tension passive maximale des structures capsulo-ligamentaires. Cette position a également été rejetée car elle met déjà en tension les fibres postérieures de la capsule articulaire et pouvait potentiellement "biaiser" l'exploration de la rotation interne d'épaule. C'est donc naturellement que le choix de la position articulaire pour la mesure des amplitudes de rotations scapulo-humérales s'est orienté vers la position R3, coude fléchi à 90° et le bras à 90° d'abduction dans le plan de la scapula soit environ 30-45° en avant du plan frontal [5].

4.3.2. Appréciation des hypo-extensibilités musculaires

La rétraction de certains grands groupes musculaires peuvent limiter les amplitudes articulaires. Une appréciation globale de l'extensibilité des pectoraux a été effectuée avec le test de Duval-Beaupère pour les petits pectoraux, où le patient tient ses coudes en arrière du dos, le thérapeute essayant d'apprécier la mobilité en rétropulsion d'épaule gauche et droite. L'éventuelle rétraction des grands pectoraux est explorée une fois le patient allongé en décubitus dorsal sur la table et les membres inférieurs fléchis, les bras en chandelier à 90° d'abduction et les coudes fléchis à 90°. Les poignets sont emmenés vers la table et explorent la rotation externe scapulo-humérale. Il est à noter que seule l'appréciation purement subjective de la qualité de la fin de course permet au thérapeute d'infirmer une rétraction musculaire plutôt qu'une éventuelle dysfonction articulaire entre les segments osseux. Une fin de course articulaire « souple et élastique » est en faveur d'une rétraction musculaire alors qu'une fin de course nette, douloureuse en faveur d'une butée osseuse.

4.3.3. Les tests de l'épaule

Avant d'effectuer les mesures, certains tests spécifiques à l'épaule sont exécutés. Ils vont explorer l'état de tension de la capsule articulaire postérieure de l'épaule, l'intégrité des tendons de sa coiffe des rotateurs, et l'éventuelle présence de décentrages gléno-huméraux.

L'étude commence par la mise en évidence d'éventuels décentrages articulaires cités précédemment. Le patient est assis sur une chaise. La consigne lui est donnée de lever lentement les membres supérieurs en abduction dans le plan de la scapula, et ce le plus haut possible. Le thérapeute est vigilant sur le respect du plan du mouvement et son amplitude, ainsi qu'aux possibles compensations. Une douleur ou un déficit d'amplitude peut alors apparaitre, pouvant signaler un décentrage en spin en rotation médiale.

On évalue ensuite l'intégrité du supra-épineux en utilisant le test de Jobe, avec le bras en élévation résistée coude en extension, épaule en flexion et rotation médiale. Le test est

positif si le sportif cède à notre poussée alors qu'il retient son bras au maximum de ses possibilités. On rappelle que la douleur n'est pas un critère de positivité du test.

Pour mettre en évidence un conflit entre les structures osseuses, ligamentaires et tendineuses de l'épaule, on utilise les tests de Yocum et de Hawkins. Le test de Yocum s'effectue la main posée sur l'épaule saine. On demande au sujet de soulever le coude fléchi contre la résistance de notre main posée au-dessus de son coude. Cela provoque la douleur par conflit d'abord entre le tubercule majeur et ligament acromio-coracoïdien, puis avec l'articulation acromio-claviculaire en résistant à l'élévation du coude. Ce test est très sensible (à 82 %). On pratique le test de Hawkins le bras en élévation antérieure à 90° et le coude fléchi. La mise en rotation interne de l'épaule du sportif réveille une douleur en cas de conflit antéro-supérieur ou antéro-interne. La coiffe est comprimée sous le ligament acromio-coracoïdien lors de cette manœuvre. Ce test semble être le plus sensible des tests d'évaluation des conflits (92,1 % selon Calis). On notera cependant que la spécificité de ces tests est faible, les douleurs ressenties pouvant faire l'objet d'une toute autre pathologie [15].

Puis le sportif s'allonge sur la table. La rétraction de la capsule postérieure est appréciée en emmenant l'épaule en adduction horizontale à partir de la position du bras en flexion et rotation interne à 90°, coude fléchi à 90°. Une contre-prise maintient l'élévation ou l'antépulsion du moignon de l'épaule durant la mobilisation.

Ces tests sont effectués sur les deux membres supérieurs afin s'assurer que le côté non-dominant n'est pas pathologique et peut être considéré comme une référence dans les mesures.

4.3.4. Mesure des amplitudes articulaires

Le thérapeute se tient perpendiculairement à la table ainsi qu'au patient qui se tient allongé sur le dos avec le bras en chandelier à 90° d'abduction dans le plan de la scapula, le coude fléchi à 90° et en supination. La prise mobilisatrice s'effectue à l'aide d'un maintien aux faces antérieures et postérieures du poignet du sportif, les doigts de cette même main plaquant

le goniomètre de Rippstein contre la face antérieure du poignet pour explorer la rotation externe (Annexe III, Figure 2), et la face postérieure pour la rotation inverse. La contre-prise s'effectue sur la face antérieure du moignon de l'épaule en dedans de l'articulation gléno-humérale.

5. ANALYSE DES RESULTATS

5.1. Caractéristiques des sujets

Les sujets sont des hommes âgés de 21,67 ans ± 3,62 ans. Ils mesurent 1,78m ± 0.08m et pèsent 75,5 kg ± 15,7 kg. L'IMC est de 23,62 ± 4,46.
Tous les joueurs sont de niveau régional. Ils pratiquent le tennis de table depuis 10 ans ± 4,9 ans à raison de 6,5 heures par semaines ± 2,4 heures (Tableau I).

Tableau I : caractéristiques des sujets de l'étude.

Caractéristiques	Moyenne	Ecart-type
Age en années	21,67	3,62
Taille en mètre	1,78	0,08
Poids en kilogramme	75,5	15,7
IMC	23,62	4,46
Classement	14,3	2,37
Nombre d'heures d'entrainement	6,5	2,4
Nombre d'années de pratique	10	4,9

Parmi les 30 sportifs, seulement 4 d'entre eux présentent un décentrage de l'épaule dominante et 5 joueurs présentent un test de rétraction de la capsule postérieure positif.

Les tests d'hypo-extensibilité des rotateurs internes sont négatifs pour la totalité des joueurs. Dans notre étude, on compte 25 droitiers et 5 gauchers. Il n'y a que des joueurs offensifs. Un tiers du groupe de 30 joueurs participant à l'étude avoue pratiquer un autre sport sollicitant les membres supérieurs : natation, squash, tennis, basketball.

5.2. Résultats des amplitudes passives entre les deux épaules

La comparaison entre les amplitudes passives de l'épaule dominante et celles de l'épaule non-dominante montrent des différences significatives en rotation latérale (p=0,03). Les différences observées en rotation médiale ne sont pas significatives (p=0,10).

Tableau II : Comparaison des résultats des amplitudes articulaires obtenues sur chaque épaule.

Variables	Moyenne	Ecart-type	Significativité
RMPED (°)	81,5	9,2	p=0,10
RMPEND (°)	77,8	12,3	
RLPED (°)	86,2	9,4	p=0,03
RLPEND (°)	89,7	9,8	

En étudiant le ratio des amplitudes articulaires RPED/RPEND, il est d'en moyenne 1,07 ± 0,17 pour la RM et de 0,97 ± 0,09 pour la RL.

5.3. Corrélation des amplitudes avec d'autres variables

Aucune corrélation n'a pu être établie entre les amplitudes articulaires et l'âge ou l'IMC des sujets (Annexe VII, Figure 1).

5.4. Raisonnement par intervalle de confiance

Les tests statistiques et le degré de signification *p* font souvent l'objet d'interprétations erronées. Tout ce que l'on peut dire, en concluant à l'existence d'un test qui révèle des différences statistiquement significatives, c'est que l'on a 5 chances sur 100 seulement d'aboutir à une telle conclusion par le simple fait du hasard. Mais il y a également la possibilité de raisonner différemment, et notamment par le biais d'intervalles.

L'intervalle de confiance à 95% est par définition l'intervalle autour de la moyenne dans lequel on peut être sûr à 95% que les valeurs autour de cette moyenne s'étendent.

Ainsi pour notre étude, on peut observer que 95% des différences entre les amplitudes de RLPED et RLPEND correspondent à un secteur angulaire négatif, alors que quasiment 95% des différences entre la RM des deux épaules sont positives (Figure 5). Ces différences sont toujours calculées en soustrayant l'amplitude de rotation de l'épaule dominante par celle de l'épaule non-dominante.

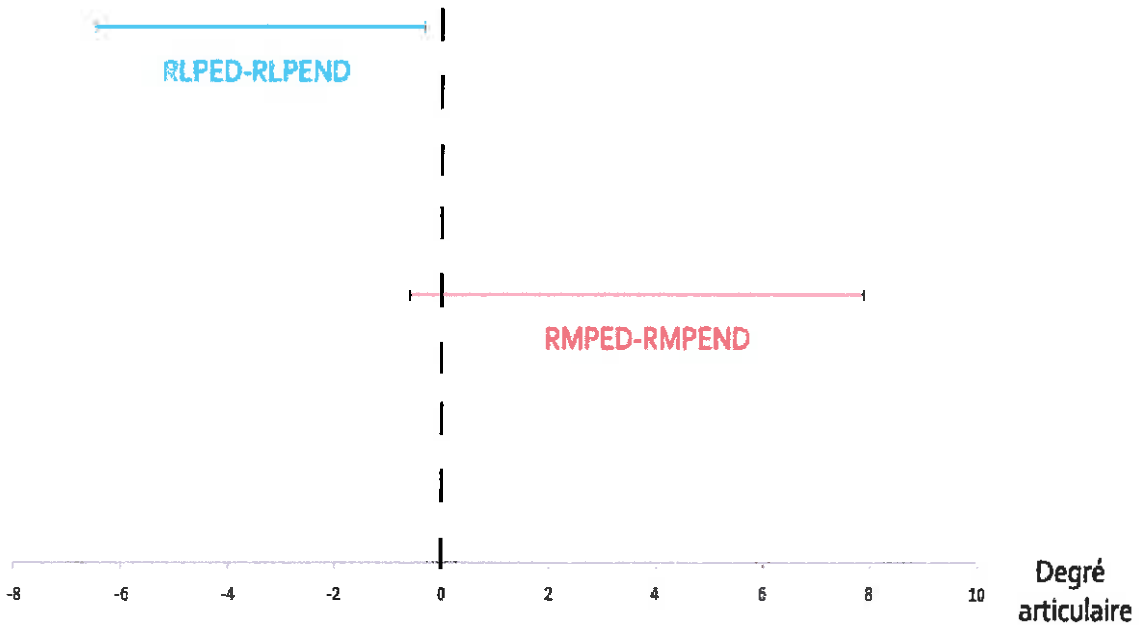

Figure 5 : Intervalles de confiance des différences de rotation (RPED-RPEND).

6. DISCUSSION

6.1. Rappel de l'hypothèse initiale et comparaison à la littérature

6.1.1. Confrontation des résultats à l'hypothèse de travail

Nos résultats montrent des différences significatives entre les amplitudes de rotation latérale des deux épaules du pongiste. Les différences observées en rotation médiale ne sont pas significatives mais la tendance est à l'augmentation de son amplitude articulaire du coté dominant. L'amplitude de rotation latérale tend à diminuer sur l'épaule dominante. Ainsi au niveau régional, on peut conclure que la pratique du tennis de table entraîne bien des modifications d'amplitudes de l'épaule dominante.

6.1.2. Opposition à la littérature

Par rapport à la littérature retrouvée au tennis de table, aucune étude ne fait état de mesures d'amplitudes quelque soit l'articulation étudiée [11]. Cependant, des analyses de la ceinture scapulaire du pongiste ont été réalisées chez différentes populations [4]. Ainsi certains écrits sur une population de joueurs d'élite relatent de l'hypertrophie relative des muscles fixateurs scapulaires du membre supérieur dominant par rapport au côté controlatéral. On y décrit également des douleurs sur l'élévateur de la scapula et une ascension de la scapula controlatérale. La différence de volume musculaire n'a pas été retrouvée sur notre population de joueurs régionaux, tout comme l'ascension scapulaire controlatérale qui n'a été présente chez aucun de nos 30 pongistes. On peut ainsi constater l'importance du niveau de jeu sur les modifications structurales de la ceinture scapulaire du sportif, et se demander à quel point le niveau influe sur ces paramètres posturaux. Cela mène aussi à penser qu'à niveaux différents les gestes ne sont pas les mêmes, ce qui est à la fois vrai et faux puisque d'autres paramètres sont également à prendre en compte.

Les gestes d'armé en coup droit ou en revers demandent un laps de temps de préparation en verrouillage : ils sont donc dépendants du temps de réaction du joueur, sa

rapidité à armer ses top spin et également de son niveau. Pourtant, notre étude ne montre aucune corrélation entre le classement des joueurs et leurs amplitudes articulaires d'épaule.

En règle générale, plus le niveau d'un joueur est élevé et plus le nombre d'heures passées à s'entraîner l'est aussi. Au niveau régional cela ne se vérifie pas, et aucune relation ne peut être faite entre le niveau d'un joueur évoluant en régional et son volume d'entrainement.

Les gestes du tennis de table sont également dépendants du style de jeu de l'adversaire. On admet qu'il existe deux catégories de pongiste : les attaquants et les défenseurs. Un défenseur aura tendance à effectuer plus de poussettes que de top spins. Les balles à renvoyer contre un tel adversaire auront plus d'effet back spin que contre un attaquant. Le pongiste qui effectue un top spin sur une balle avec un effet rétro devra davantage armer son geste, puis l'accélérer d'autant plus rapidement que la balle a d'effet rétro pour espérer en inverser la rotation et ne pas commettre de faute directe. Globalement cette catégorie de joueur défensif se fait de plus en plus rare dans le tennis de table moderne. A l'inverse, les balles à renvoyer contre un attaquant demandent moins d'efforts en geste d'armer puisque la balle liftée qui arrive s'accélérera d'elle-même au contact de la raquette.

Finalement, la variabilité des échanges est telle que chaque balle qui parvient au joueur possède une trajectoire et un effet qui lui est propre et le joueur doit adapter ses gestes en fonction de la nature de celle-ci. Une étude japonaise a prouvé qu'un joueur d'élite aura davantage tendance à incliner sa raquette et à l'accélérer pour top spiner une balle avec effet rétro qu'un joueur de niveau intermédiaire. L'inclinaison de la raquette étant principalement due aux muscles pronateurs et supinateurs de l'avant-bras, elle ne permet pas de conclure sur les mouvements de l'épaule lors du top spin chez deux catégories de pongistes différentes. Mais cette étude prouve bien l'existence d'une adaptation technique de la gestuelle en fonction du niveau du joueur.

Par rapport à la littérature retrouvée chez le tennisman, ces résultats montrent l'inverse de ceux observés chez les tennismen de niveau régional. Plusieurs hypothèses peuvent être évoquées en faveur de ce constat inattendu.

6.2. Comparaison au tennis

6.2.1. Biomécanique

La biomécanique de l'épaule est régie par des facteurs ostéo-capsulo-ligamentaires et myo-aponévrotiques. Une modification d'amplitude dans une articulation peut s'expliquer en premier lieu par une perturbation d'origine articulaire. L'axe et le plan de mouvement des surfaces articulaires des éléments osseux en présence peuvent changer pour différentes raisons (douleurs, décentrage, arthrose...). Dans l'étude, aucun pongiste n'a de douleurs à son épaule dominante et les sujets sont globalement trop jeunes pour être sujets aux pathologies arthrosiques. Les 4 pongistes qui ont présenté un décentrage antéro-interne de leur épaule dominante ont tous enregistré une diminution importante de rotation médiale, allant contre la tendance du reste du groupe. En second lieu, la biomécanique de l'épaule peut être perturbée par des affections capsulo-ligamentaires, à type de rétraction ou d'hyperlaxité des ligaments. La rétraction de la partie postérieure de la capsule gléno-humérale chez 5 pongistes limite leur amplitude de rotation médiale. La diminution de leur amplitude latérale peut également être expliquée par une augmentation de la tension des ligaments gléno-huméraux moyen et inférieur en position R3. En dernier lieu, les qualités de contraction et d'élasticité des muscles peuvent affecter l'amplitude d'une articulation. La diminution d'amplitude en rotation latérale ne peut s'expliquer par la rétraction des muscles pectoraux : notre population de 30 pongistes ne présente pas d'hypertrophie asymétrique ni de rétraction de ces muscles.

L'augmentation de l'amplitude de rotation interne chez les joueurs de tennis de table pourrait s'expliquer par la biomécanique inhérente à ce sport. Les tops spin sont les coups priorisés par les joueurs durant les échanges. En coup droit, le pongiste stoppe son mouvement de rotation interne en top spin par un travail excentrique de la coiffe des rotateurs. Si ces muscles sont faibles, l'inertie du geste contraint la tête humérale à continuer sa course en rotation médiale. En revers, le dévissage en rotation externe est réalisé par la contraction concentrique de la coiffe. Quelle est exactement la force des muscles rotateurs latéraux du pongiste de niveau régional et son rapport de force avec les rotateurs médiaux ?

Au tennis, la diminution de l'amplitude de rotation médiale est la conséquence de plusieurs facteurs. Le facteur le plus important est la biomécanique très particulière du service effectué dès la mise en jeu du point [3]. Ce geste caractéristique du tennis est réalisé au dessus du niveau de la tête : il impose une préparation en hyper rotation latérale lors de la phase de lancer en position d'abduction maximale, suivie d'une phase de lancer vers la rotation médiale et l'extension de l'épaule. C'est à la croisée de ces deux phases que les tendons de la coiffe des rotateurs peuvent être lésés sous la voûte acromio-coracoïdienne. Le dévissage vers la rotation médiale par les muscles pectoraux est puissant pour propulser la balle à grande vitesse et atteindre jusqu'à 180 km/h au niveau régional. Le geste du service est globalement très peu freiné par la contraction excentrique des muscles de la coiffe. Cela induit du stress sur les éléments capsulo-ligamentaires postérieurs qui finissent par se rétracter à la répétition de ce geste aux entrainements et en compétition. L'exploration passive des amplitudes de rotation médiale chez le tennisman montre alors une diminution de rotation médiale de l'épaule dominante par rétraction de la partie postérieure de la capsule articulaire.

La diminution d'amplitude de rotation latérale de l'épaule dominante chez le pongiste en position R3 pourrait s'expliquer par la gestuelle en top spin : la rapidité des échanges écourte le temps de réaction et impose des gestes d'armé très courts en temps et en amplitude, sollicitant très peu le secteur angulaire de rotation latérale. L'attitude hypercyphosée du tronc retrouvée même au niveau régional pourrait être responsable d'une sagittalisation de la scapula du côté dominant, ayant pour conséquence la diminution de rotation latérale de ce même côté.

L'augmentation de rotation latérale chez le tennisman est la conséquence des phases d'armé en hyper rotation latérale lors des gestes du service et des coups droits (Annexe VI, Figure 1 et Figure 2). Ces verrouillages sont bien plus importants en amplitude que chez le pongiste car le tennisman a plus de temps pour armer ses gestes, du fait des dimensions plus importantes de la surface de jeu.

6.2.2. Matériel

Les contraintes sur l'épaule sont différentes chez le tennisman et chez le pongiste pour des raisons biomécaniques. Les forces exercées sur cette articulation ne sont également pas les mêmes dues à des facteurs matériels. La masse d'une balle de tennis de table est de 2,8g. Très récemment, les règles ont encore évolué et imposent un changement de matériau : les balles autrefois conçues en cellulose sont dorénavant fabriquées en plastique. Cependant la masse reste identique quel que soit le type de matériau de la balle. Au tennis, la masse d'une balle est de 57g en moyenne, soit 20 fois plus qu'une balle de tennis de table. Les pongistes jouent sur une aire de jeu où la longueur de la table mesure 2,74m quand les tennismen pratiquent sur un court long de 23,77m. La longueur d'une raquette de tennis de table est de 26cm, contre 68 à 71 cm au tennis. Le bras de levier est plus important au tennis et les forces qui s'exercent à la racine du membre supérieur dominant sont donc majorées. La résultante de tous ces facteurs matériels permettent d'affirmer qu'un joueur de tennis doit développer plus de force qu'un pongiste pour propulser une balle plus lourde sur une distance plus importante qu'au tennis de table.

6.3. Difficultés rencontrées

«Dans le monde du tennis de table, on peut retrouver quelques études mais en général il y a un manque de littérature pour cette discipline» [11]. Nous nous sommes également heurtés à ce problème. La barrière linguistique limite aussi nos investigations et certains textes rédigés avec l'alphabet asiatique ne sont pas traduits en anglais.

Le niveau régional au tennis de table est très fluctuant et le déterminer avec exactitude n'est pas aisé. La complexité du tennis de table implique beaucoup trop de facteurs pour définir un pongiste de niveau départemental, régional, national, mondial. La frontière est parfois mince entre ces championnats, et la présence de pongistes surclassés dans la catégorie supérieure en est parfois la preuve : le classement n'est pas le reflet d'un niveau de championnat. A partir de quelles compétences pouvons-nous alors classer un sportif dans une

catégorie de championnat ? Le niveau régional au tennis de table demande-il les mêmes compétences physiques, techniques, stratégiques et mentales qu'un joueur de tennis évoluant lui aussi en régional ?

6.4. Améliorations possibles de l'étude

L'étude a montré qu'il existait des différences de positionnement statique du rachis et des scapula entre une population de joueurs d'élite et une population de joueurs régionaux. Les positions de la scapula affectent les amplitudes de rotation en R1 suivant qu'elle se frontalise ou se sagittalise : qu'en est-il pour la position R3 ? La mise en décubitus dorsal suffit-elle toujours à plaquer les scapula contre le grill costal et les positionner dans un plan frontal strict ? Une observation statique subjective aurait du faire partie intégrante du protocole de notre étude pour écarter le biais du positionnement de la scapula. Le déplacement scapulaire aurait ensuite pu être objectivé une fois le sujet allongé sur le dos, en prenant une distance entre la face postérieure de l'extrémité latérale de l'acromion et la table. Quelles sont les adaptations biomécaniques de la scapula chez les pongistes de niveau régional ?

L'utilisation de l'inclinomètre comporte des risques dans la lecture du résultat, mais reste cependant plus fiable qu'un goniomètre. Le biais de considérer les amplitudes de l'épaule non-dominante comme référence a été évoqué au cours de ce travail. Il n'a vraisemblablement pas pu être évité puisque 10 joueurs sur les 30 participants à l'étude pratiquent en marge du tennis de table un autre sport nécessitant soit l'épaule dominante, soit les deux épaules.

Notre étude ne montre aucune corrélation entre les amplitudes articulaires et les classements des joueurs. Il a été montré qu'un pongiste de niveau supérieur effectue ses gestes différemment et avec plus de rapidité. Qu'en est-il des amplitudes chez une population de pongiste évoluant en élite ?

Il parait évident qu'une relation existe entre les amplitudes articulaires et l'âge. «L'involution tendineuse progressive liée à l'âge, la fibrose avec fragilisation et perte des

propriétés mécaniques du tendon vont aboutir à une défaillance progressive de la coiffe» [7]. Là aussi, l'accès à une plus grande population de joueurs aurait permis de récolter davantage d'informations et l'extrapolation des résultats.

7. CONCLUSION

L'étude marque les oppositions et les ressemblances entre deux sports balistiques quasiment homonymes. Elle montre que la pratique du tennis de table en compétition entraîne dès le niveau régional des conséquences articulaires au niveau de l'épaule. Elle retrouve un constat inattendu puisque l'épaule du pongiste n'a jamais été soumise à ce genre de mesures puis opposée aux résultats retrouvés chez le tennisman. Finalement, les particularités matérielles et biomécaniques de chaque sport expliqueraient nettement les différences dans la clinique retrouvée au niveau de l'épaule chez ces deux types de sportifs. Les variations des amplitudes articulaires de rotation d'épaule sont elles les mêmes chez une population de pongistes défenseurs ? Les résultats de notre étude se retrouvent-ils quelque que soit l'âge, le sexe, le niveau ? Autant d'interrogations soulevées par ce travail et qui restent en suspens.

En définitive, les caractéristiques particulières de l'épaule du pongiste de niveau régional peuvent aider tous les praticiens qui interviennent dans le milieu du tennis de table. En fonction du bilan retrouvé, des mesures de surveillance et des stratégies de prévention de ces troubles pourront être mises en œuvre pour essayer de limiter l'apparition des pathologies développées par les pongistes.

BIBLIOGRAPHIE

[1] KONDRIC M., FURJAN-MANDIC G., KONDRIC L., GABAGLIO A., Physiological Demands and Testing in Table Tennis, International Journal of Table Tennis Sciences, No.6(2010), ISSN 0966-9256, EISSN 2218-4775.

[2] DJOKIC Z. (2007). KONDRIC M., FURJAN-MANDIC G., ITTF scored a goal (changes of rules in table tennis during 2000-2003). Proceedings book. 10th International Table Tennis Sport Science Congress p. 336-341. Zagreb : Faculty of Kinesiology, CTTA, ITTF.

[3] MARCONDES F.B., JESUS J.F., BRYK F.F., VASCONCELOS R.A., FUKUDA T.Y. Posterior shoulder tightness and rotator cuff strength assessments in painful shoulders of amateur tennis players. Brazilian Journal Of Physical Therapy 2013 Mar-Apr ; 17(2) : 185-194.

[4] SBUTEGA B., MILOSEVIC B.S., The Table Tennis Shoulder, International Journal of Table Tennis Sciences, No.6(2010), ISSN 0966-9256, EISSN 2218-4775.

[5] M.DUFOUR et M.PILLU. Biomécanique fonctionnelle, Membres-Tête-Tronc. Masson SAS, 2006. 568p. ISBN 978-2-294-08877-3

[6] A.I.KAPANDJI. Anatomie fonctionnelle, Membre supérieur. Tome 1, 6ème édition, ISBN 978-2-224-02647-9

[7] J.RODINEAU et L.SIMON. Micro-traumatologie du sport : Collection de pathologie locomotrice, ISBN 2-225-81112-1

[8] FOLORUNSO O., MUTIU A., ADEMOLA O., The Playing Posture, Activities and Health of the Table Tennis Player, International Journal of Table Tennis Sciences, No.6(2010), ISSN 0966-9256, EISSN 2218-4775.

[9] IINO Y., KOJIMA T., Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players, Laboratory of Sports Sciences, Department of Life Sciences, The University of Tokyo, Japan. Sports Biomech. 2011 Nov; 10(4):361-77.

[10] IINO Y., KOJIMA T., Kinematics of table tennis topspin forehands: effects of performance level and ball spin, Department of Life Sciences, University of Tokyo, Japan. J Sports Sci. 2009 Oct; 27(12):1311-21.

[11] KONDRIC M., OCHIANA N., SINDIK J., Correlation between the result efficiency indicators of success in table tennis, Institute for Anthropological Research, Zagreb, Croatia, 2012, 8(1), 57-67, e-ISSN 1986-6119.

SITOGRAPHIE

[12] http://tabletennis.about.com/od/basicconcepts/ss/spin_in_tt.htm, The Physics of Spin in Table Tennis.

[13] http://www.sfre.org/sfre/professionnels/reeducation/epaule_douloureuse

[14]http://perso.univlemans.fr/~pfanou/staps/Licence%201/tennis%20de%20table/TD%203%20document%20fourni.pdf

[15] http://www.actukine.com/Les-differents-tests-de-l-epaule_a715.html

ANNEXES

Annexe I : annonce passée au club de tennis de table de Saint-Dié des Vosges.

Bonjour à tous !

Une étude se tient en ce moment au club !!

Je suis pongiste au club de Saint-Dié et également étudiant en 3ème année de **kinésithérapie**. Pour cette dernière année d'étude, je dois effectuer un mémoire qui me permettra de recevoir le diplôme de fin d'année.

J'ai décidé que l'objet de mon mémoire porterait sur le pongiste, et plus particulièrement sur son **épaule** et des conséquences de la pratique du tennis de table sur celle-ci. **J'ai besoin de vous !!**

Je suis donc à la recherche de certains d'entre vous qui accepteraient de se prêter à l'étude : vous répondrez d'abord à un questionnaire, avant que je n'effectue sur vous quelques tests ainsi que des mesures sur vos épaules. Les détails vous seront expliqués sur place. Le tout ne dure pas plus de **5minutes** !

Je mets à disposition **une feuille de rendez-vous** sur laquelle vous pouvez inscrire votre Nom, votre Prénom et votre numéro de téléphone : je pourrai alors vous recontacter par la suite pour fixer la date de notre rendez-vous.

• Avant de participer, vous devez remplir un certain nombre de **critères** :

- Vous êtes un **garçon**
- Vous devez avoir entre **17 et 35 ans !**
- Vous faites du tennis de table **en compétition !**
- Vous êtes classé **11 ou mieux** (avoir + de 1100 points)
- Vous pratiquez le tennis de table au moins **4h par semaine !**

Si ces conditions sont réunies, merci de vous inscrire sur la feuille de rendez-vous ci-jointe !

Annexe II : Présentation de l'étude et recueil de données.

Présentation de l'expérimentation

Vous allez participer à une expérimentation réalisée par un étudiant en **masso-kinésithérapie** en troisième et dernière année d'étude à Nancy. Les mesures qui seront effectuées vont être recueillies pour permettre la réalisation d'un mémoire de fin d'année en vue de l'obtention du diplôme d'état. Le thème de cette recherche s'intéresse aux **rotations d'épaule** du joueur de tennis de table.

L'objectif principal de l'étude est de savoir si l'entrainement régulier et la pratique du tennis de table en compétition entrainent des **modifications structurelles** sur l'articulation de l'épaule.

Suite à cette lecture, vous allez signer ou non une feuille de consentement. Si vous l'acceptez les mesures suivantes vont être réalisées :

Tout d'abord vous observerez 3 minutes de relâchement, pendant lesquelles vous pourrez **remplir un questionnaire** portant sur vous et votre pratique du sport. Ensuite, une appréciation de vos articulations d'épaule sera effectuée avant la prise de mesures de vos amplitudes de rotations d'épaules. Pour cela, vous vous allongerez confortablement sur le dos sur une table spécifique, après avoir enlevé votre t-shirt.

Les mesures effectuées sont totalement passives et ne requièrent donc aucune participation de votre part. Vous devrez être détendu au maximum.

Le temps de cette étude sera d'environ **5** minutes, temps de réponse au questionnaire inclus.

Toutes les mesures sont indolores.

Merci par avance de votre participation.
Vous être libre de poser toutes vos questions et de souhaiter l'accès à vos résultats.

Je soussigné ..... accepte de participer à cette étude, et certifie en avoir compris l'objectif.

FICHE DE RENSEIGNEMENTS ET MESURES DU JOUEUR

NOM :		
PRÉNOM :		
AGE :	TAILLE :	POIDS :

CLASSEMENT :

NOMBRE D'HEURES D'ENTRAINEMENT PAR SEMAINE :

DEPUIS COMBIEN DE TEMPS PRATIQUEZ-VOUS LE TENNIS DE TABLE EN COMPÉTITION ? :

PRATIQUEZ-VOUS UN AUTRE SPORT QUE LE TENNIS DE TABLE, SI OUI LEQUEL ? :

AVEZ-VOUS DEJA ÉTÉ BLESSÉ A L'ÉPAULE ? :

VOTRE STYLE DE JEU (METTEZ UNE CROIX) : Défense [---1--2--3--4--; --6--7--8--9--] Attaque

_____KINE_____

• TESTS :

LATERALITE : Droitier / Gaucher

HYPOEXTENSIBILITE MUSCULAIRE DES RM : Positif à Droite / Gauche

JOBE : Positif à Droite / Gauche

YOCUM : Positif à Droite / Gauche

HAWKINS : Positif à Droite / Gauche

• MESURES DES ROTATIONS (PATIENT ALLONGE) :

TEST DE RETRACTION CAPSULAIRE POST : Positif à Droite / Gauche

EPAULE DOMINANTE	EPAULE NON-DOMINANTE
RM =	RM =
RL =	RL =

Annexe III : photographies des positions lors de la prise de mesures.

Figure 1 : Position de départ et placement du goniomètre.

Figure 2 : Position d'arrivée lors de la prise de mesure en rotation latérale d'épaule.

Annexe IV : Positions du pongiste en top spin de coup droit.

Figure 1 : Position de préparation du top spin coup droit chez le droitier.

Figure 2 : Position d'arrivée après l'exécution du top spin coup droit.

Annexe V : Position du pongiste en vissage de top spin revers.

Figure 1 : vue de face lors d'une préparation au top spin revers chez le droitier.

Figure 2 : vue latérale d'une préparation au top spin revers chez le droitier.

Annexes VI : Positions du tennisman au service et en coup droit.

Figure 1 : geste d'armé du tennisman en coup droit.

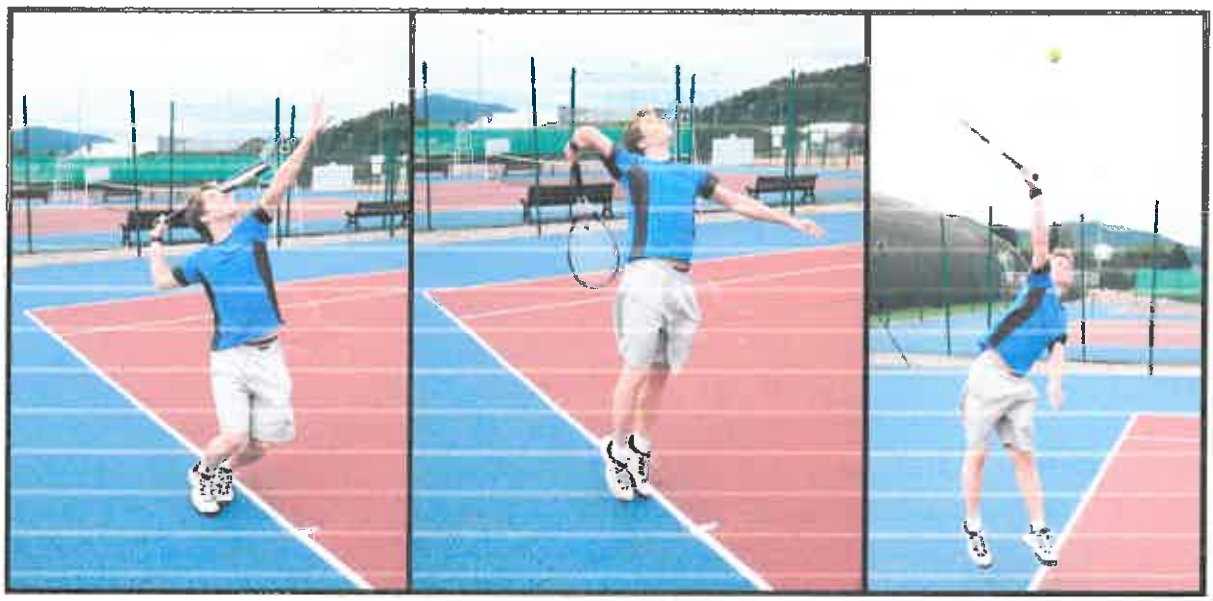

Figure 2 : Positions du tennisman au service, de la phase d'armé vers la phase de propulsion.

Annexes VII : Etude statistique des corrélations entre le ratio articulaire en RM et en RL par rapport à d'autres variables quantifiées.

Variables	p-value	Coefficient de corrélation	Coefficient de détermination
ratio RM / âge	p = 0,15	r = -0,269	r^2 = 0,0724
ratio RM / IMC	p = 0,32	r = -0,186	r^2 = 0,0349
ratio RM / heures entr.	p = 0,19	r = -0,243	r^2 = 0,0591
ratio RM / classement	p = 0,45	r = 0,140	r^2 = 0,0196
ratio RL / âge	p = 0,47	r = -0,136	r^2 = 0,0187
ratio RL / IMC	p = 0,54	r = -0,116	r^2 = 0,0136
ratio RL / heures entr.	p = 0,75	r = 0,06	r^2 = 0,036
ratio RL / classement	p = 0,07	r = -0,334	r^2 = 0,111

Figure 1 : Tableau des corrélations des ratio d'amplitude (RPED/RPEND) en RL et en RM par rapport aux variables de l'âge, de l'IMC, du nombre d'heures d'entrainement, du classement.

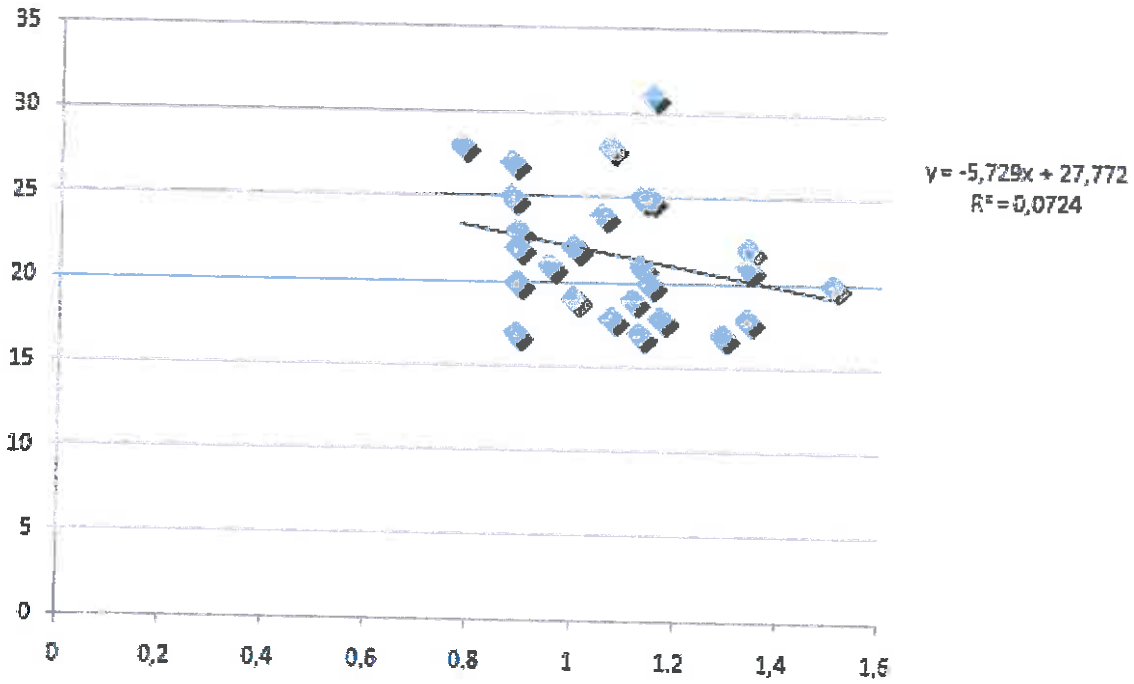

Figure 2 : graphique de corrélation linéaire entre le ratio articulaire de RM en fonction de l'âge.

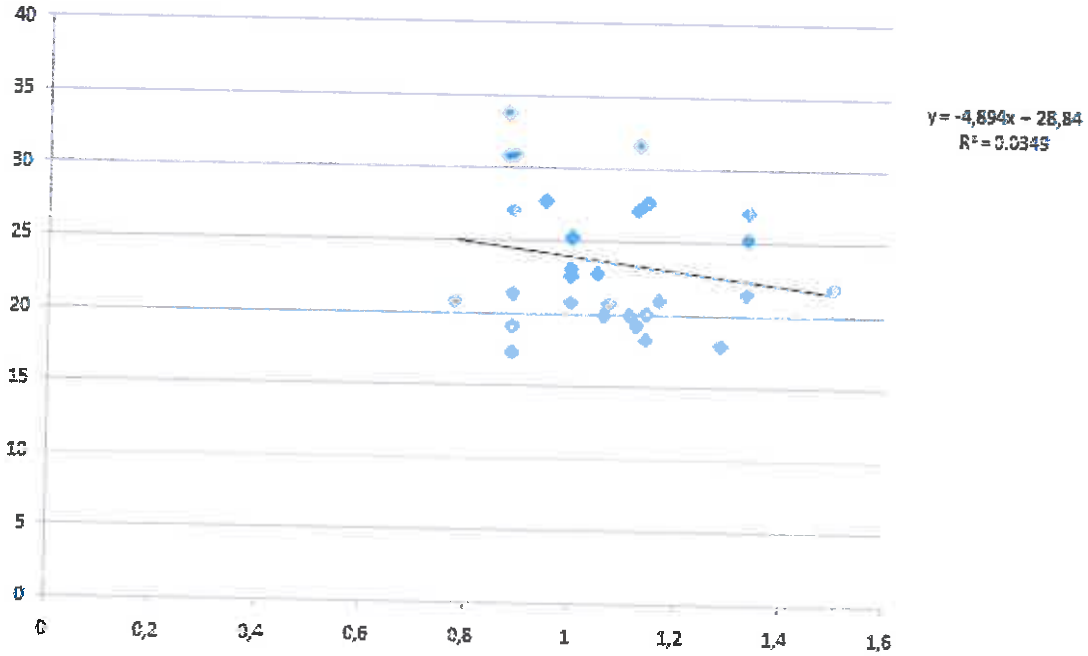

Figure 3 : graphique de corrélation linéaire entre le ratio articulaire de RM en fonction de l'IMC.

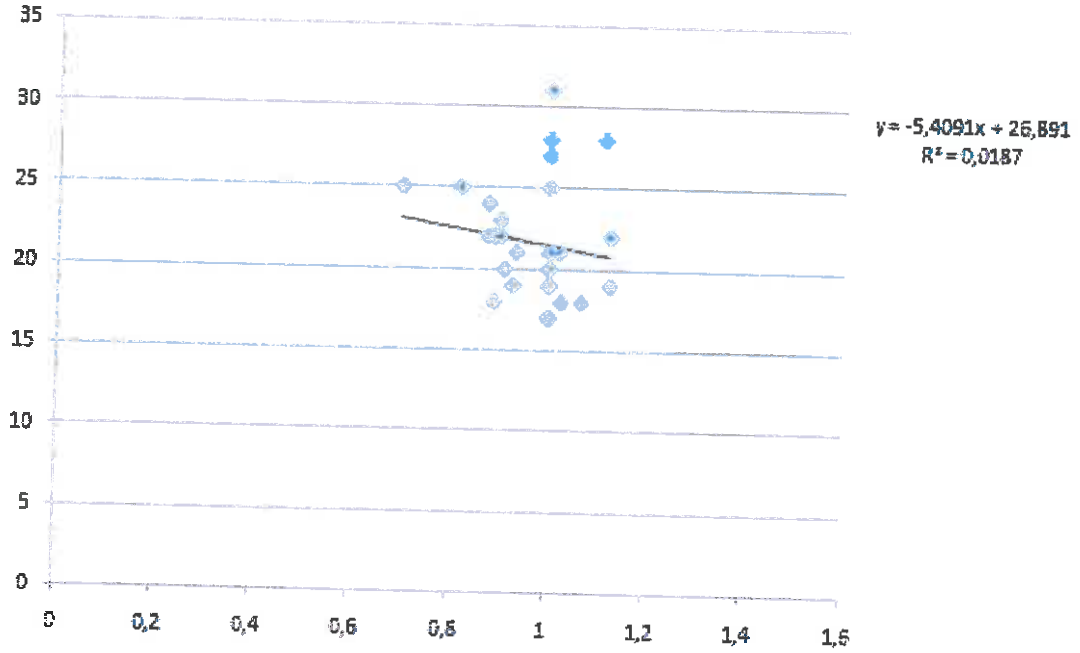

Figure 4 : graphique de corrélation linéaire entre le ratio articulaire de RL en fonction de l'âge.

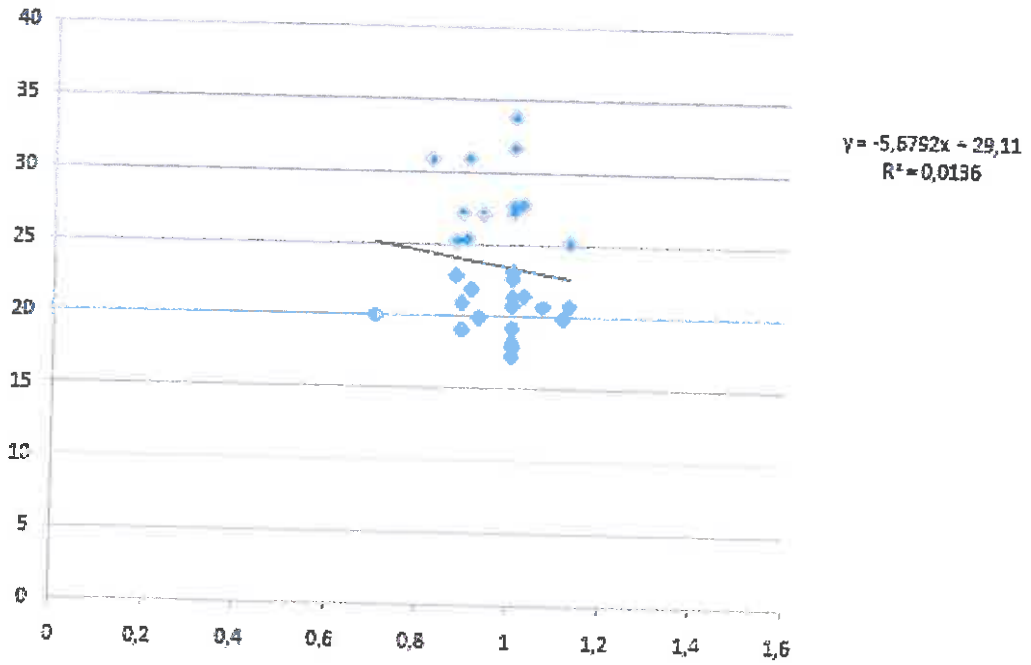

Figure 5 : graphique de corrélation linéaire entre le ratio articulaire de RL en fonction de l'IMC.

Annexe VIII : Schéma des différentes phases lors d'un top spin ou d'une poussette

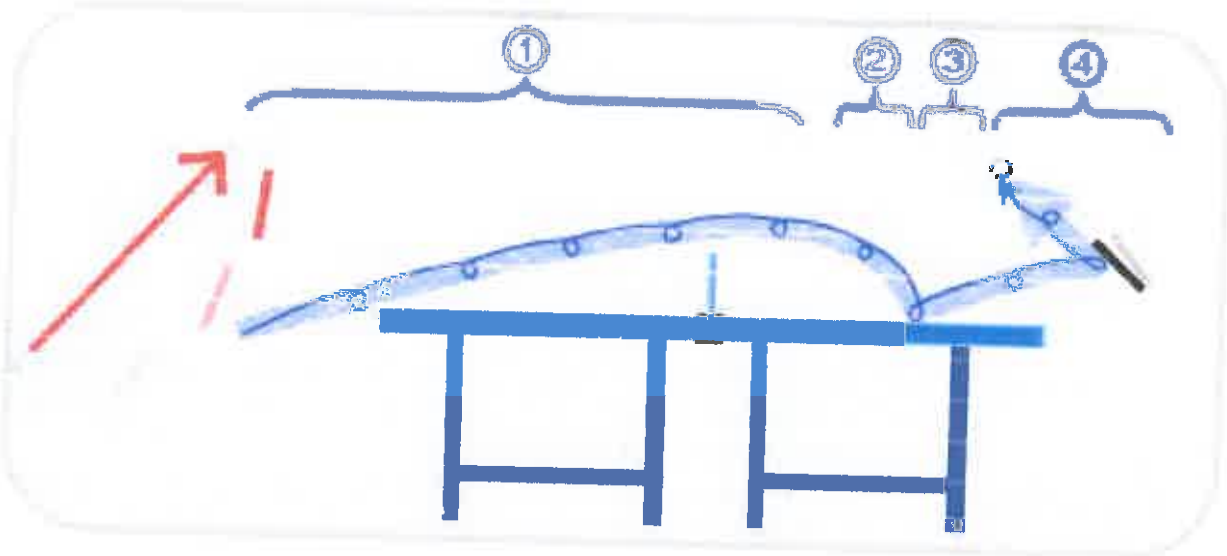

Figure 1 : Phases lors d'un top spin avec effet lifté (source : wikipédia)

1 : phase ascendante

2 : phases descendante

3 : phase de rebond et d'accélération

4 : phase de contact adverse

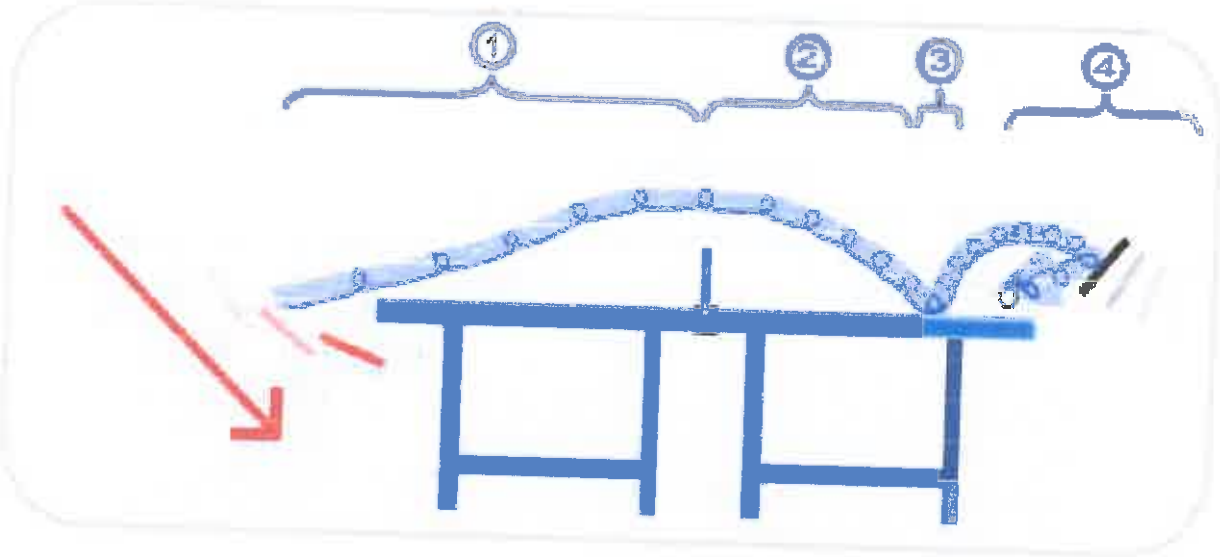

Figure 2 : Phases lors d'une poussette avec effet back spin (source : wikipédia)

1 : phase ascendante

2 : phases descendante

3 : phase de rebond et de ralentissement

4 : phase de contact adverse

Annexe IX : tableau des recherches internet.

Sources	Mots clés utilisés	Date de recherche	Nombre de résultats obtenus	Nombre de résultats retenus
Pubmed	- Table tennis - Shoulder	2/10/2013	7	2
Pubmed	- Tennis - Shoulder - Range of motion	2/10/2013	85	1
SUDOC	- tennis de table	2/10/2013	216	1
Kinédoc	- tennis de table	3/10/2013	14	0
Kinédoc	- tennis - pathologie	3/10/2013	94	1
CISMEF	- tennis de table - épaule	15/11/2013	72500	1
EmConsult	- table tennis - shoulder - pathology	15/11/2013	815	0
Google	- tennis de table	15/11/2013	27.400.000	4
Google	- tennis de table - épaule - amplitude - pathologie	15/11/2013	4180	1