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

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

MINISTÈRE DE LA SANTÉ

RÉGION GRAND EST

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

ÉTUDE COMPARATIVE DE L'EXTENSIBILITÉ DES MUSCLES DU POIGNET ENTRE DES JOUEURS DE TENNIS RÉGULIERS ET UNE POPULATION DE RÉFÉRENCE.

Mémoire présenté par **Sabrina HILPERT**,

étudiante en 4ème année de masso-

kinésithérapie, en vue de l'obtention du

Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute

2015-2019.

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

Je soussigné(e), HILPERT Sabrina

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 24 / 04 / 2019

Signature

Étude comparative de l'extensibilité des muscles du poignet entre des joueurs de tennis réguliers et une population de référence.

Contexte : Le tennis est un sport qui sollicite particulièrement le membre supérieur dominant de son adepte. En effet, nous pouvons constater chez les joueurs des modifications anatomiques sur l'ensemble de celui-ci. Avec la modernisation du jeu, les blessures au niveau des poignets augmentent. Pourtant, ces derniers sont très peu documentés dans la littérature scientifique.

Objectifs : Déterminer s'il existe une différence d'extensibilité musculaire entre les poignets de joueurs de tennis réguliers et une population de référence. Evaluer l'influence de l'âge, du sexe, de la latéralité et du volume de jeu sur l'extensibilité des muscles du poignet.

Méthode : Une recherche bibliographique dans les bases de données suivantes a été effectuée : MEDLINE, PEDro, Cochrane Library, LiSSa, Kinédoc. Celle-ci s'est étalée sur les 16 dernières années et s'est uniquement intéressée aux publications anglaises et françaises. De plus, un protocole de mesure détaillé a été mis en place pour recueillir les données nécessaires. Nous avons utilisé un inclinomètre de Rippstein pour faire les mesures. Notre population était composée de 54 participants volontaires ayant signé un consentement (25 joueurs de tennis et 29 étudiants de l'Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie de Nancy).

Résultats : Les joueurs de tennis réguliers présentent une perte d'extensibilité marquée (environ 57 %) sur les extenseurs du poignet du côté dominant (comparativement à la population de référence). La latéralité influence l'extensibilité musculaire du poignet. En effet, chez toute personne lambda, les fléchisseurs sont plus hypo-extensibles du côté dominant (comparativement au côté non dominant). Ce déficit est d'environ 40 %. Le volume de jeu, le sexe et l'âge ne semblent pas influencer l'extensibilité des muscles du poignet.

Conclusion : La pratique du tennis entraîne un profil d'extensibilité spécifique au niveau du membre supérieur dominant. Au poignet, les extenseurs perdent en souplesse. Ceci étant une source possible de diminution des performances et d'augmentation des blessures, nous conseillons à tout joueur régulier de s'étirer les extenseurs du poignet afin de conserver une bonne extensibilité.

Mots-clés : extensibilité musculaire, flexibilité, poignet, tennis

---

Comparative study of extensibility of wrist muscles between regular tennis players and a reference population.

Background : Tennis is a sport that particularly solicits the use of a player's dominant upper limb. Overall, we can observe certain anatomical changes in tennis players. With the modernization of the game, players have suffered from increasing wrist injuries. However, these injuries are scarcely documented in the scientific literature.

Objectives : To determine if there is a difference in muscular extensibility between the wrists of regular tennis players and a reference population. Evaluate the influence of age, sex, laterality, and play on the extensibility of the wrist muscles.

Method : A bibliographic search of the following databases was performed : MEDLINE, PEDro, Cochrane Library, LiSSa and Kinédoc. The search covered the time span overs the past 16 years and focused solely on English and French publications. In addition, a detailed measurement protocol was initiated to collect the necessary data. We used a Rippstein inclinometer to perform measurements. Our population consisted of 54 voluntary participants who provided signed consent (25 tennis players and 29 students from the "Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie" in Nancy).

Results : Regular tennis players show a marked loss of extensibility (approximately 57%) in the wrist extensors on the dominant side (compared with the reference population). Laterality influences the wrist's muscular extensibility. We observed that, in any lambda person, the flexors are more hypo-extensible on the dominant side (compared with the non-dominant side). This deficit is appromately 40%. Play volume, sex, and age appear to have no influence on wrist muscle extensibility.

Conclusion : The practice of tennis results in a specific extensibility profile along regions of the dominant upper limb. On the wrist, the extensors lose flexibility. Since this may be a possible source of decreased performance and increased injury, we advise any regular player to stretch the wrist extensors to maintain good extensibility.

Keywords : muscular extensibility, flexibility, wrist, tennis

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

1 INTRODUCTION.....1

1.1 Contexte et problématique 1

1.2 Rappels.....3

1.2.1 Le poignet 3

1.2.2 Le muscle 4

1.2.2.1 Les muscles squelettiques.....4

1.2.2.2 Les types de contraction musculaire.....6

1.2.2.3 Le modèle de Hill (modifié par Shorten).....6

1.2.2.4 Les propriétés musculaires.....7

1.2.3 Les intérêts de l'extensibilité 7

1.2.3.1 Le lien avec les blessures.....7

1.2.3.2 Le lien avec les performances 9

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE 10

2.1 Stratégie de recherche documentaire.....10

2.2 Méthode.....14

2.2.1 Population.....14

2.2.1.1 Calcul de la taille de l'échantillon 14

2.2.1.2 Groupe « joueurs de tennis ».....15

2.2.1.3 Groupe « référence ».....16

2.2.2 Protocole de mesure.....17

2.2.2.1 Pré-test.....17

2.2.2.2 Protocole final.....18

2.2.2.2.1 Première étape : les questionnaires 18

2.2.2.2.1.1 Groupe « joueurs de tennis ».....18

2.2.2.2.1.2 Groupe « référence » 19
2.2.2.2.2 Deuxième étape : l'échauffement musculaire 19
2.2.2.2.3 Troisième étape : la prise des mesures 21
2.2.3 La durée du protocole 23
2.2.4 L'analyse statistique 24
2.3 Matériel 25
3 RÉSULTATS 27
3.1 La population de l'étude 27
3.2 Concernant l'extensibilité musculaire du poignet 29
3.2.1 Résultats de l'extensibilité en fonction de la latéralité 29
3.2.1.1 Groupe « joueurs de tennis » 29
3.2.1.2 Groupe « référence » 30
3.2.2 Résultats de l'extensibilité en fonction de la pratique du tennis 31
3.2.2.1 Côté dominant 31
3.2.2.2 Côté non dominant 32
3.2.3 Résultats de l'extensibilité en fonction du volume de jeu 33
3.2.3.1 « 3 entraînements d'1h30 par semaine maximum » versus « plus de 3 entraînements d'1h30 par semaine » 33
3.2.3.1.1 Côté dominant 33
3.2.3.1.2 Côté non dominant 34
3.2.3.2 « 4 entraînements d'1h30 par semaine maximum » versus « plus de 4 entraînements d'1h30 par semaine » 35
3.2.4 Résultats de l'extensibilité en fonction du sexe 36
3.2.5 Résultats de l'extensibilité en fonction de l'âge 36
4 DISCUSSION 36
4.1 Interprétation des résultats 37
4.1.1 Lien entre le tennis et l'extensibilité musculaire du poignet 37
4.1.2 Lien entre la latéralité et l'extensibilité musculaire du poignet 38

4.1.3 Lien entre le volume de jeu et l'extensibilité musculaire du poignet 39

4.1.4 Lien entre l'âge et l'extensibilité musculaire du poignet 40

4.1.5 Lien entre le sexe et l'extensibilité musculaire du poignet 41

4.2 Limites et pistes d'améliorations 41

4.3 Implication pratique 42

5 CONCLUSION 43

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

FRC : Fléchisseur Radial du Carpe

LP : Long Palmaire

FUC : Fléchisseur Ulnaire du Carpe

FSD : Fléchisseur Superficiel des Doigts

FPD : Fléchisseur Profond des Doigts

LERC : Long Extenseur Radial du Carpe

CERC : Court Extenseur Radial du Carpe

EUC : Extenseur Ulnaire du Carpe

E5D : Extenseur du 5ème Doigt

ED : Extenseur des Doigts

E2D : Extenseur du 2ème Doigt (index)

C.C. : Composante Contractile

C.E.S. : Composante Elastique Série

C.E.P. : Composante Elastique Parallèle

MEDLINE : Medical Literature Analysis and Retrieval System Online

PEDro : Physiotherapy Evidence Database

LiSSa : Littérature Scientifique en Santé

ASS Tennis : Association Sportive Sarreguemines Tennis

VNTC : Villers-lès-Nancy Tennis Club

IFMK : Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte et problématique

Le tennis, sport individuel numéro 1 en France, compte toujours plus d'adeptes. Ces derniers, pouvant être de tout âge, n'ont pas nécessairement les mêmes objectifs. Du passe-temps favori pour les uns, à la carrière professionnelle pour les autres, les possibilités de pratique de ce sport sont multiples. Comme toute activité physique, le tennis présente de nombreux avantages pour la santé du joueur, à condition que la pratique soit raisonnable et raisonnée (1).

Les joueurs juniors élites sont détectés très jeune entre 5 et 6 ans (2). Pour les plus compétiteurs d'entre eux, la formation se doit d'être intense dès le plus jeune âge, pour essayer d'atteindre le haut niveau (2,3). Ceci n'est pas sans conséquences pour l'organisme. La répétitivité et la puissance des frappes, peuvent conduire à des modifications anatomiques au niveau des membres supérieurs (2,4). Ces dernières, peuvent être positives sur le court terme. C'est le cas d'une augmentation de la force musculaire par exemple. En revanche, sur le long terme, de véritables déséquilibres musculaires apparaissent chez le joueur régulier (5). Du fait de l'asymétrie de ce sport, ceux-ci sont essentiellement présents sur le membre supérieur dominant du tennisman. De nombreux écrits ont étudié les adaptations de l'épaule et du coude liées au tennis (2–4,6–11).

En ce qui concerne l'amplitude de mouvement, nous observons une diminution de la rotation interne et une augmentation de la rotation externe de l'épaule du côté dominant chez les joueurs (2,9). Cette adaptation modifie alors totalement la cinétique de l'articulation. Nous savons aujourd'hui qu'une diminution de l'amplitude totale de l'épaule est un facteur de risque de blessure. De plus, ce déficit tend à augmenter avec l'âge et les années de pratique (9). À court terme, ceci peut entraîner un surmenage musculaire plus important, notamment sur les muscles hypo-extensibles. Sur le long terme, une dégénérescence de l'articulation peut apparaître (5).

De façon générale, plusieurs écrits s'accordent pour dire qu'une diminution des performances est liée à un déficit d'amplitude, et que ce dernier entraîne un risque majoré de blessures (5,9,12–15).

Mais qu'en est-il du poignet ? En tant que dernier maillon de la chaîne cinétique, le poignet est un élément capital dans la réalisation des différents gestes tennistiques (16). Pourtant, il est peu documenté dans la littérature scientifique. Ceci semble assez regrettable au vu de l'augmentation actuelle des blessures à la main et au poignet chez les joueurs. Cette augmentation pourrait s'expliquer par la modernisation du jeu. Effectivement, les athlètes frappent plus fort et avec toujours plus d'effets dans la balle, ce qui nécessite une participation du poignet plus importante (16–19). Selon une étude d'Ellenbecker T.S. et al. réalisée en 2006, la force des fléchisseurs et des extenseurs du poignet du côté dominant est significativement plus importante (par rapport au côté non dominant) chez les joueuses juniors (6). Cette constatation se retrouve également chez les joueurs adultes (6). Mais que savons-nous de l'amplitude du poignet ? À notre connaissance, aucune étude ne s'est réellement penchée sur ce sujet.

Partant de ces observations concernant la force musculaire du poignet, nous pouvons nous demander si cette augmentation de la force ne s'accompagne pas d'une modification de l'extensibilité musculaire ? **Et, s'il existe une différence d'extensibilité musculaire entre les poignets de joueurs de tennis réguliers et une population de référence ?**

De plus, nous pensons que plusieurs autres facteurs comme l'âge, le sexe, la latéralité et la surutilisation pourraient influencer l'extensibilité d'un muscle. Plusieurs écrits ont déjà étudié l'influence de ces facteurs sur l'extensibilité musculaire (20–25). Mais les résultats restent controversés. **Nous allons également tenter de répondre à ce questionnement en étudiant l'influence de ces facteurs sur l'extensibilité des fléchisseurs et des extenseurs du poignet.**

Nos hypothèses pour cette problématique sont les suivantes :

- Hypothèse 1 : les joueurs de tennis réguliers présentent un déficit d'extensibilité musculaire par rapport à la population de référence :
    - Hypothèse 1a : sur les muscles fléchisseurs du poignet dominant,
    - Hypothèse 1b : sur les muscles extenseurs du poignet dominant,
    - Hypothèse 1c : sur les muscles fléchisseurs et extenseurs du poignet dominant,
- Hypothèse 2 : l'âge influence l'extensibilité des muscles du poignet,
- Hypothèse 3 : le sexe n'influence pas l'extensibilité des muscles du poignet,

- Hypothèse 4 : la latéralité influence l'extensibilité des muscles du poignet,
- Hypothèse 5 : le volume de jeu influence l'extensibilité des muscles du poignet.

Pour répondre à cette problématique, nous ferons tout d'abord des rappels sur l'anatomie de l'articulation du poignet et sur la physiologie du muscle squelettique. Puis, nous détaillerons le protocole de mesure mis en place. Ensuite, nous présenterons les résultats de notre étude. Enfin, nous discuterons des points à améliorer et de l'implication pratique de notre travail.

1.2 Rappels

1.2.1 Le poignet

Le poignet est l'articulation distale du membre supérieur qui permet d'orienter la main (segment effecteur) dans l'espace (26). Il est constitué d'une part du carpe et d'autre part des deux os de l'avant-bras (ulna et radius). Le carpe est un ensemble formé de huit petits os (scaphoïde, lunatum, triquétrum, pisiforme, trapèze, trapézoïde, capitatum, hamatum). Un disque articulaire s'interpose entre les deux os de l'avant-bras et les os du carpe afin d'augmenter la surface articulaire. De plus, le poignet possède un double système ligamentaire pour augmenter la stabilité articulaire : les ligaments collatéraux (dans le plan frontal) et les ligaments antérieurs et postérieurs (dans le plan sagittal) (27). Concernant les muscles moteurs du poignet, ceux-ci réalisent un véritable encagement de l'articulation de par la disposition des tendons. Ces muscles comprennent : les muscles moteurs extrinsèques des doigts et les moteurs du poignet (26). Parmi tous ces muscles, certains sont fléchisseurs du poignet ou participent à cette action et d'autres sont extenseurs ou participent à l'extension du poignet.

Tableau I : Muscles fléchisseurs et extenseurs du poignet.

Fléchisseurs du poignet	Extenseurs du poignet
Fléchisseur Radial du Carpe (FRC)	Long Extenseur Radial du Carpe (LERC)
Long Palmaire (LP)	Court Extenseur Radial du Carpe (CERC)
Fléchisseur Ulnaire du Carpe (FUC)	Extenseur Ulnaire du Carpe (EUC)
Fléchisseur Superficiel des Doigts (FSD)	Extenseur du 5e Doigt (E5D)
Fléchisseur Profond des Doigts (FPD)	Extenseur des Doigts (ED)
	Extenseur du 2e Doigt (E2D) (ou de l'index)

Le poignet possède deux degrés de liberté : la flexion/extension et les inclinaisons. À cela, s'ajoute la pronation/supination de l'avant-bras qui met en jeu les articulations radio-ulnaire inférieure et supérieure (26).

1.2.2 Le muscle

Le muscle est un organe caractérisé par sa capacité à se contracter suite à une stimulation. Il existe trois types de muscles dans le corps humain :

- les muscles squelettiques (à contraction volontaire) : qui assurent la mobilité des différents segments corporels,
- les muscles lisses (à fonctionnement involontaire) : présents dans la paroi de nombreux organes (intestin, vaisseaux sanguins...),
- le muscle cardiaque : qui assure la circulation sanguine (28).

1.2.2.1 Les muscles squelettiques

Le muscle squelettique se compose d'un ensemble de fibres musculaires, regroupées en plusieurs faisceaux. Ces fibres constituent la cellule unitaire du muscle. Chaque fibre musculaire contient des myofibrilles. La myofibrille est composée d'une même structure qui se répète de façon linéaire : le sarcomère (fig.1). Ce dernier est l'unité fonctionnelle de la fibre musculaire (28).

Le sarcomère est composé :

- d'une partie centrale, où se trouve un filament épais de myosine et des filaments fins d'actine,
- de deux extrémités, où se trouvent les stries Z (fig.1).

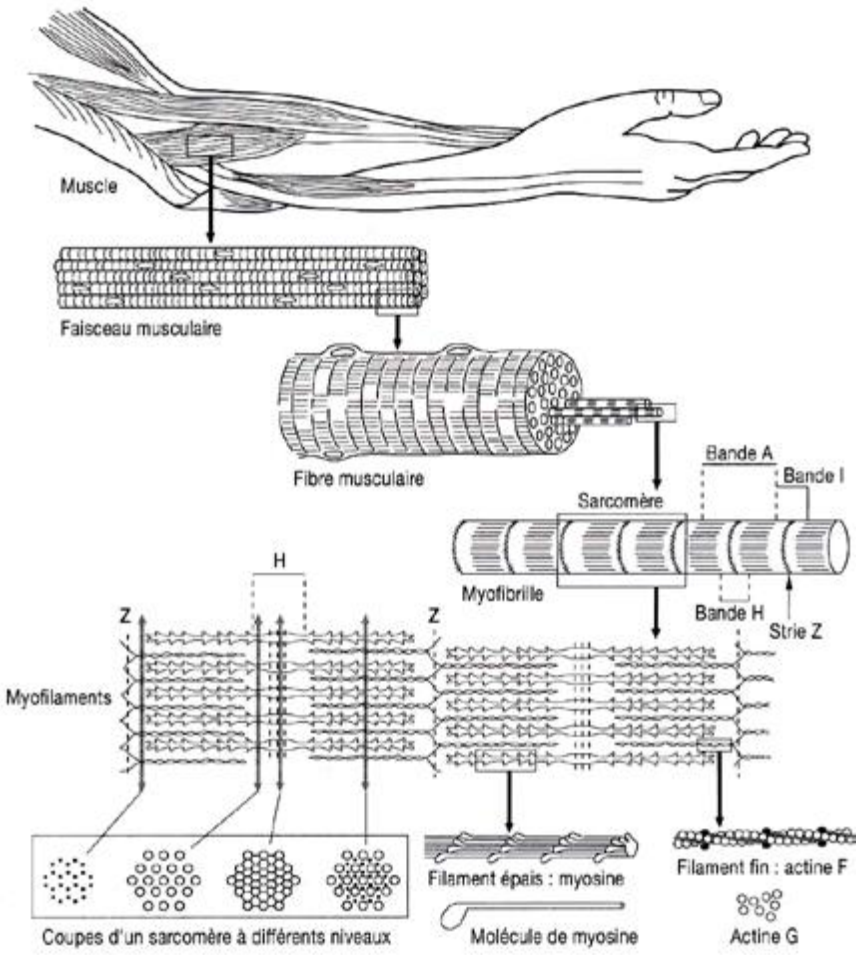


Figure 1 : Structure du muscle squelettique.

Le muscle squelettique contient plusieurs enveloppes de tissu conjonctif. Chaque fibre musculaire est entourée par l'endomysium. Chaque faisceau est contenu par le pérymysium et le muscle est enveloppé par l'épimysium.

Il existe plusieurs types de fibres musculaires :

- le type I : ce sont des fibres à contraction lente et prolongée, les plus utilisées lors d'activité d'endurance,
- le type II :
    - a : ce sont des fibres plus rapides et plus fortes que les précédentes, mais qui fatiguent plus vite,
    - b : ce sont les fibres les plus rapides et les plus fortes, mais les moins résistantes à la fatigue. Elles sont utiles pour les activités courtes et en force (28).

1.2.2.2 Les types de contraction musculaire

Un muscle peut se contracter selon 3 modes différents :

- la contraction statique : lorsque le moment de force est égal au moment résistant. Dans ce cas, aucun mouvement ne se produit et le muscle garde la même longueur,
- la contraction concentrique : lorsque le moment de force est supérieur au moment résistant. Ici, le muscle se raccourcit et génère un mouvement,
- la contraction excentrique : lorsque le moment de force est inférieur au moment résistant. Dans ce cas, le muscle s'allonge pour freiner un mouvement induit par une force extérieure (28).

1.2.2.3 Le modèle de Hill (modifié par Shorten)

La modélisation des structures internes du muscle proposée par Hill en 1938, a été révisée par Shorten en 1987 (fig.2). Les différents composants de ce modèle sont :

- la composante contractile (C.C.) : qui génère la force musculaire,
- la composante élastique série (C.E.S.) : divisée en 2 parties (active et passive),
- la composante élastique parallèle (C.E.P.) : comprenant le tissu conjonctif et le sarcolemme (la membrane plasmique des fibres musculaires striées) (28).

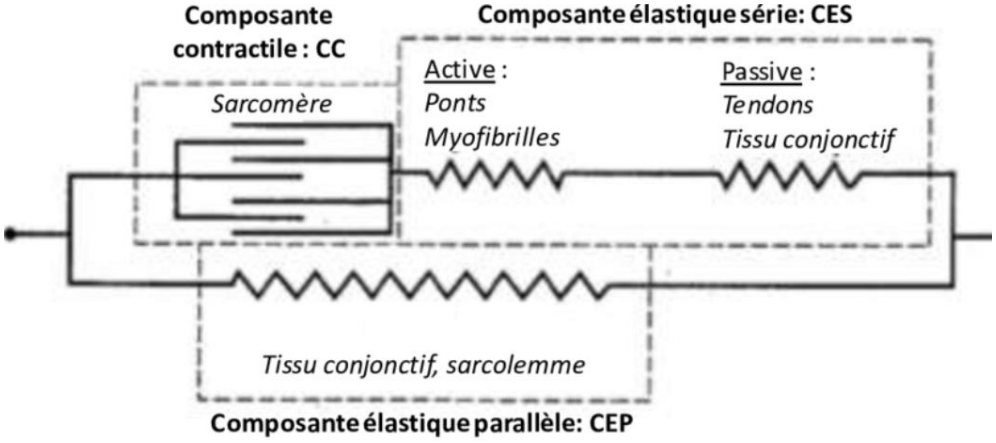


Figure 2 : Modélisation du fonctionnement musculaire selon Shorten (1987).

1.2.2.4 Les propriétés musculaires

Le muscle est doté de plusieurs propriétés :

- l'excitabilité : la capacité du muscle à réagir à un stimulus,
- la contractilité : la capacité du muscle à se raccourcir,
- la compliance : la capacité du muscle à emmagasiner de l'énergie élastique,
- la raideur : la capacité du muscle à restituer l'énergie élastique,
- l'extensibilité : la capacité du muscle à se laisser étirer,
- la viscoélasticité : la capacité du muscle à reprendre sa position initiale après un étirement (28).

1.2.3 Les intérêts de l'extensibilité

1.2.3.1 Le lien avec les blessures

L'extensibilité musculaire permet de déplacer une articulation dans une gamme normale de mouvements, sans stress excessif sur l'unité musculo-tendineuse (13). Il s'agit donc d'une propriété musculaire importante pour prévenir les tendinopathies. À l'heure

actuelle, plusieurs écrits soutiennent le fait qu'il existe une relation entre l'extensibilité musculaire et les blessures musculo-squelettiques (4,5,9,12–14,18,29).

Au tennis, la répétitivité des gestes en force peut conduire à des hypo-extensibilités musculaires (2,4). Les muscles concernés seront les plus sollicités. C'est pourquoi chaque sport génère un profil de flexibilité spécifique (2,5,13). Dans le cas d'un déficit d'extensibilité, un véritable cercle vicieux peut se mettre en place pour le tissu musculaire, pouvant aller jusqu'à la blessure (fig.3) (5,13).

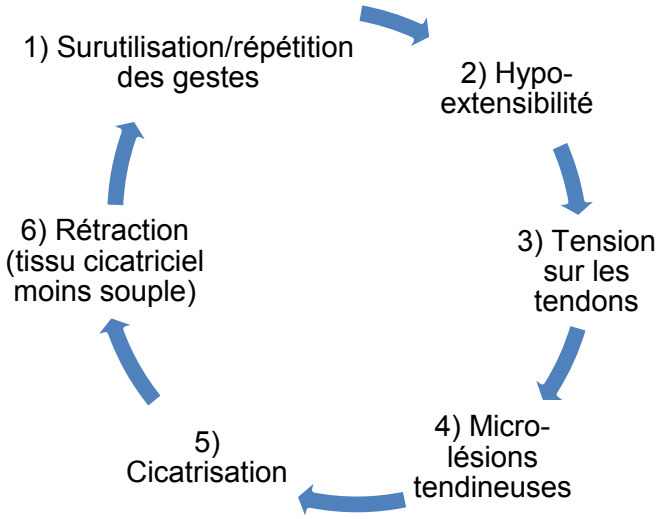


Figure 3 : Modélisation du cercle vicieux dû à l'hypo-extensibilité.

Sur le plus long terme, ces rétractions musculaires peuvent entraîner une dégénérescence articulaire, par la perturbation de la cinétique articulaire qu'elles engendrent (18).

Afin d'éviter une telle situation, il serait intéressant de mettre en avant ce facteur de risque de blessure que représente l'hypo-extensibilité. En effet, celle-ci n'est pas assez utilisée dans les pratiques actuelles. La plupart des préparateurs physiques misent sur des tests de force, d'endurance, de coordination et sur un indicateur très subjectif : la douleur. Or, cette dernière est loin d'être la plus adaptée en termes de prévention. Selon l'étude de Sole J. et al. environ 75 % des joueurs asymptomatiques présentent des anomalies tendineuses sur le muscle EUC (30). Ainsi, pour la plupart des joueurs, la douleur apparait trop tard, lorsque les lésions sont déjà conséquentes. C'est pourquoi nous devons privilégier

l'utilisation d'autres paramètres que la douleur pour améliorer la prévention. L'extensibilité musculaire semble être un paramètre pertinent que nous pouvons utiliser (18,19,29,30).

1.2.3.2 Le lien avec les performances

Il existe également une relation entre la souplesse et les performances sportives. En effet, plusieurs auteurs affirment que la conservation d'une bonne amplitude articulaire concourt au maintien des performances (5,13,31,32). A contrario, une perte d'amplitude de mouvement s'accompagne d'une détérioration des performances (5,13,31,32). Comme l'extensibilité musculaire influence la gamme de mouvements disponibles, nous pouvons en déduire qu'elle est également liée aux performances.

Au tennis, deux principaux coups se dégagent lors du jeu. Il s'agit du coup droit et du service (6,31,32).

Au service, la vitesse de la raquette (et donc la balle après impact) dépend des mouvements des différents segments corporels. En ce qui concerne le poignet par exemple, celui-ci y contribue entre 0 et 11 % (31). Ceci n'est pas négligeable, d'autant plus que le poignet est également important pour la précision et l'effet que le joueur souhaite donner à la balle. La conservation d'une bonne amplitude articulaire (et donc d'une souplesse musculaire) que ce soit en extension (pendant la phase de préparation) ou en flexion (pendant la phase de finition/accompagnement du geste) du poignet est importante pour améliorer ses performances. Ainsi, en augmentant l'angle d'extension pendant la préparation, l'énergie élastique stockée dans l'unité musculo-tendineuse pendant le cycle étirement-raccourcissement sera plus importante. Ceci permettra d'augmenter l'énergie libérée au moment de la frappe et donc d'en augmenter la puissance (31,32).

Lors d'un coup droit, le principe est le même qu'au service (31,32).

L'amplitude articulaire n'est bien évidemment pas le seul facteur qui influence la puissance de frappe. La force musculaire et la coordination des articulations de la chaîne cinétique sont d'autres éléments essentiels à la vitesse de balle (32). Cependant, la flexibilité ne devrait pas être négligée pour autant.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 Stratégie de recherche documentaire

Problématique : Existe-t-il une différence d'extensibilité musculaire entre les poignets de joueurs de tennis réguliers et une population de référence ? L'âge, le sexe, la latéralité et le volume de jeu influencent-ils l'extensibilité des fléchisseurs et des extenseurs du poignet ?

Nous avons effectué nos recherches d'articles en utilisant les banques de données dans cet ordre : MEDLINE, PEDro, Cochrane Library, LiSSa et Kinédoc. Aussi, nous avons utilisé le moteur de recherche Google, ainsi que deux livres pour compléter notre travail de recherche.

Pour nos recherches, plusieurs combinaisons de mots de recherche ont été utilisées.

Tableau II : Mots de recherche utilisés en français et leur correspondance en anglais.

Mots de recherche en français	Mots de recherche en anglais
Amplitude	Range of motion
Poignet	Wrist
Tennis	Tennis
Goniométrie OU arthrométrie	Goniometry OR arthrometry
Flexibilité OU souplesse	Flexibility OR pliability
Déséquilibre	Imbalance
Inclinométrie OU inclinomètre	Inclinometry OR inclinometer

Nos critères de recherche étaient :

- la langue : en français ou en anglais,
- la date de publication : depuis le 1er janvier 2003 jusqu'au 11 mars 2019.

La sélection des articles s'est faite après lecture du titre, du résumé, des mots clés, et enfin du texte intégral.

La totalité des articles anglais ont été sélectionnés sur la base de données MEDLINE. En effet, sur les bases PEDro et Cochrane Library, nous n'avons pas trouvé de nouveauté par rapport à la première banque interrogée.

Tableau III : Méthode de recherche bibliographique utilisée sur MEDLINE.

Mots de recherche	Nombre de résultats obtenus	Retenus après lecture du titre et du résumé	Retenus après lecture du texte intégral
range of motion AND wrist	2865	117	20
range of motion AND tennis	205	53	6
range of motion AND wrist AND tennis	27	8	0
(goniometry OR arthrometry) AND wrist	80	16	0
(goniometry OR arthrometry) AND wrist AND tennis	0	0	0
(goniometry OR arthrometry) AND tennis	1	0	0
(flexibility OR pliability) AND wrist	59	3	0
(flexibility OR pliability) AND wrist AND tennis	2	1	0
(flexibility OR pliability) AND tennis	40	6	2
imbalance AND wrist	39	6	0

imbalance AND wrist AND tennis	4	4	0
imbalance AND tennis	16	5	0
wrist AND tennis	185	43	9
inclinometer AND wrist	6	0	0
inclinometry AND wrist	4	4	0

Les tableaux présentant la recherche bibliographique effectuée sur PEDro et Cochrane Library sont en annexe (Annexe I).

Tableau IV : Méthode de recherche bibliographique utilisée sur LiSSa.

Mots de recherche	Nombre de résultats obtenus	Retenus après lecture du titre et du résumé	Retenus après lecture du texte intégral et suppression des doublons
amplitude ET poignet	7	0	0
amplitude ET tennis	1	0	0
amplitude ET poignet ET tennis	0	0	0
(goniométrie OU arthrométrie) ET poignet	0	0	0
(goniométrie OU arthrométrie) ET poignet ET tennis	0	0	0
(goniométrie OU arthrométrie) ET tennis	0	0	0

(flexibilité OU souplesse) ET poignet	1	0	0
(flexibilité OU souplesse) ET poignet ET tennis	0	0	0
(flexibilité OU souplesse) ET tennis	0	0	0
déséquilibre ET poignet	0	0	0
déséquilibre ET poignet ET tennis	0	0	0
déséquilibre ET tennis	2	0	0
poignet ET tennis	3	3	1
inclinomètre ET poignet	0	0	0
inclinométrie ET poignet	0	0	0

Tableau V : Méthode de recherche bibliographique utilisée sur Kinédoc.

Mots de recherche	Nombre de résultats obtenus	Retenus après lecture du titre et du résumé	Retenus après lecture du texte intégral et suppression des doublons
amplitude ET poignet	103	0	0
amplitude ET tennis	7	0	0
amplitude ET poignet ET tennis	0	0	0
(goniométrie OU arthrométrie) ET poignet	0	0	0
(goniométrie OU arthrométrie) ET poignet ET tennis	0	0	0

(goniométrie OU arthrométrie) ET tennis	0	0	0
(flexibilité OU souplesse) ET poignet	5	0	0
(flexibilité OU souplesse) ET poignet ET tennis	0	0	0
(flexibilité OU souplesse) ET tennis	1	0	0
déséquilibre ET poignet	2	0	0
déséquilibre ET poignet ET tennis	1	0	0
déséquilibre ET tennis	3	0	0
poignet ET tennis	5	1	1
inclinomètre ET poignet	0	0	0
inclinométrie ET poignet	0	0	0

2.2 Méthode

2.2.1 Population

2.2.1.1 Calcul de la taille de l'échantillon

Dans un premier temps, avant de commencer notre étude, nous avons dû calculer la taille de l'échantillon nécessaire pour refléter fidèlement les caractéristiques de la population étudiée. Pour cela, nous avons défini un ensemble de valeurs et utilisé une formule spécifique pour des populations dont la taille est inconnue (33).

$$n = \left(Z \times Z \times p(1-p)\right) \div (e \times e)$$

avec :

- n = effectif de l'échantillon
- Z = z-score
- p = écart-type
- e = marge d'erreur.

Pour notre étude, nous avons choisi :

- p = 0,5 : afin d'envisager le pire des cas possibles et donc d'être sûr que la taille de l'échantillon soit suffisante pour représenter fidèlement la population étudiée. Cette valeur est définie ainsi pour la majorité des enquêtes statistiques (33),
- Le niveau de confiance = 85 %, ce qui équivaut à un z-score = 1,44 (33),
- e = 10 % (33).

Ainsi, en remplaçant nos valeurs dans la formule ci-dessus, nous avons obtenues n = 51,84. Notre objectif était donc d'atteindre au minimum 52 participants.

2.2.1.2 Groupe « joueurs de tennis »

Les critères d'inclusion sont :

- jouer au tennis,
- être classé au minimum 15/2,
- s'entraîner au minimum 3 heures par semaine,
- signer le consentement libre et éclairé.

Les critères d'exclusion sont :

- une douleur ou pathologie au niveau du coude ou du poignet durant la période de l'étude,
- un antécédent au coude ou au poignet datant de moins d'un an,

- la réalisation d'étirements des muscles de l'avant-bras pontant le poignet (fléchisseurs et extenseurs du poignet) de façon régulière (plusieurs fois par semaine).

Tous ces critères étaient valables pour les deux membres supérieurs (dominant et non dominant).

Ce groupe était composé de 25 joueurs de tennis, 8 femmes et 17 hommes. Tous étaient classés au minimum 15/2, afin d'homogénéiser le niveau. De plus, nous avons constaté que de nombreux écrits s'accordent pour dire que la pratique intense du tennis, en compétition, avec un volume horaire de jeu conséquent, est associée à un risque plus élevé de blessure (3,4,6). Au vu de la corrélation positive existant entre le volume de jeu et le taux de blessure, nous avons supposé qu'une corrélation similaire pouvait exister entre le volume de jeu et les adaptations corporelles spécifiques au tennis. C'est pourquoi nous avons fait le choix de n'inclure que les joueurs s'entraînant au minimum 3 heures par semaine. La moyenne d'heures de pratique par semaine était d'environ 6 heures 30, avec un écart type de 4 heures et 15 minutes et une médiane de 5 heures et 30 minutes. L'âge des joueurs était compris entre 14 et 44 ans, avec une moyenne d'environ 20 ans, un écart type d'environ 6 ans et une médiane de 19 ans. Ces athlètes étaient issus pour 60% d'entre eux, de deux clubs principaux : l'Association Sportive Sarreguemines Tennis (ASS Tennis) et Villers-lès-Nancy Tennis Club (VNTC). Enfin, nous notons que 92% des joueurs sont droitiers.

2.2.1.3 Groupe « référence »

Les critères d'inclusion sont :

- être un étudiant de l'Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie (IFMK) de Nancy,
- signer le consentement libre et éclairé.

Les critères d'exclusion sont :

- la pratique du tennis,
- la pratique d'un sport de raquette (autre que le tennis),

- une douleur ou pathologie au niveau du coude ou du poignet durant la période de l'étude,
- un antécédent au coude ou au poignet datant de moins d'un an,
- la réalisation d'étirements des muscles de l'avant-bras pontant le poignet (fléchisseurs et extenseurs du poignet) de façon régulière (plusieurs fois par semaine).

Comme pour le groupe « joueurs de tennis », ces critères étaient valables pour les deux membres supérieurs.

Ce groupe comprenait 29 sujets ne pratiquant pas de tennis. Aucun d'entre eux ne pratiquait un autre sport de raquette (sollicitant particulièrement les membres supérieurs), dans le but d'éviter les adaptations corporelles spécifiques à leur activité. Tous étaient des étudiants de l'IFMK de Nancy. Ce groupe servait de référentiel de comparaison. Tous les sujets étaient âgés entre 20 et 41 ans, avec une moyenne d'âge d'environ 24 ans, un écart type d'environ 5 ans et une médiane de 23 ans. Environ 93% d'entre eux sont droitiers.

2.2.2 Protocole de mesure

2.2.2.1 Pré-test

Nous avons choisi de réaliser un pré-test avant le lancement de l'étude, afin de détecter les erreurs éventuelles du protocole mis en place et de pouvoir les corriger avant de débuter celle-ci. Ainsi, nous avons testé l'ensemble du protocole initialement imaginé sur une personne volontaire. Les parties concernant « le consentement éclairé » et « le questionnaire initial » ne présentant aucun souci lors de la réalisation du pré-test n'ont pas fait l'objet de modifications. En revanche, les parties « échauffement musculaire » et « prise des mesures » présentaient plusieurs aléas. En effet, la position du sujet pendant l'échauffement n'avait pas été clairement défini. De plus, l'étalonnage du goniomètre n'était pas adapté à la situation et rendait la lecture des mesures et leur interprétation difficiles. Nous avons donc décidé de modifier notre protocole initial en définissant une position précise dans laquelle le sujet devait être placé pour réaliser son échauffement afin d'améliorer la reproductibilité du protocole. Enfin, l'étalonnage de l'inclinomètre a été adapté

pour simplifier la lecture et l'interprétation des mesures. Ainsi, nous avons obtenu la méthodologie finale.

2.2.2.2 Protocole final

2.2.2.2.1 Première étape : les questionnaires

Deux questionnaires ont été créés et adaptés en fonction des sujets de notre étude. Le remplissage de celui-ci par le participant nous offrait des informations détaillées, le consentement éclairé et les critères d'éligibilité.

2.2.2.2.1.1 Groupe « joueurs de tennis »

Pour les joueurs de tennis, les différents items ont permis d'obtenir des informations sur : le prénom, l'âge, le sexe, la latéralité, la profession, les loisirs, les antécédents ou pathologie actuelle au niveau du coude ou du poignet, la réalisation d'étirements des muscles de l'avant-bras, le club auquel appartient le joueur, son classement actuel, sa « latéralité tennistique » (de quel côté tient-il sa raquette) et son volume de jeu (en heures/semaine) (Annexe II).

Nous nous sommes procurés les coordonnées de la majorité des athlètes via un appel téléphonique avec les secrétaires du VNTC et de l'ASS Tennis. Ainsi, le questionnaire pu être envoyé par mail aux joueurs quelques jours avant notre intervention sur les courts.

Pour les autres joueurs de tennis (rencontrés sur les courts et appartenant à un autre club), les coordonnées furent collectées durant les entraînements, juste avant la prise des mesures. Les questionnaires furent alors envoyés ultérieurement.

Le recueil de la majorité des questionnaires s'est effectué sur notre boîte mail. Deux questionnaires ont été rendus au format papier. Plusieurs relances ont été effectuées par mail et par téléphone jusqu'à obtenir un maximum de réponses.

2.2.2.2.1.2 Groupe « référence »

Les informations recueillies dans ce groupe concernaient : le prénom, l'âge, le sexe, la latéralité, la profession, les loisirs, les antécédents ou pathologie actuelle au niveau du coude ou du poignet, la réalisation d'étirements des muscles de l'avant-bras (Annexe II).

Pour le groupe « référence », le questionnaire fut remis au format papier avant de débuter le protocole et récupéré une fois rempli.

2.2.2.2.2 Deuxième étape : l'échauffement musculaire

Les sujets du groupe « référence » ont tous réalisé un échauffement des muscles du poignet avant la prise des mesures. Par souci de reproductibilité et de confort, nous avons mis en place une position standard dans laquelle s'effectuerait l'échauffement. Les étudiants étaient assis sur un tabouret, face à une table de massage réglable en hauteur, et leurs avant-bras reposaient chacun sur un coussin triangulaire. Nous réglions la hauteur de la table de sorte à ce que les coudes du sujet soient fléchis entre 80 et 90°. Cette position était vérifiée à l'aide d'un goniomètre en plastique du type Cochin. Ensuite, nous nous assurions que les coussins n'occasionnaient pas de gêne dans la réalisation des mouvements des poignets. Pour les muscles fléchisseurs du poignet, l'avant-bras était en position de supination, alors qu'il était en pronation pour les muscles extenseurs (Fig. 1 et 2).

Une fois bien installé, nous placions un haltère de deux kilogrammes dans chacune des mains du participant. Ce dernier devait alors réaliser 3 séries de 10 mouvements de flexion et 3 séries de 10 mouvements d'extension des 2 poignets simultanément. Pour chaque mouvement, le sujet partait de la course externe du muscle à échauffé pour réaliser une contraction concentrique. Une fois dans la course interne, une contraction statique était maintenue pendant 3 secondes. Enfin, le sujet revenait à la position de départ en freinant le mouvement par une contraction musculaire excentrique. Entre chaque série, un temps de repos d'1 minute minimum était chronométré. Ce temps correspondait environ au temps de travail (34).

Figure 4 : Position d'échauffement des muscles fléchisseurs.

Figure 5 : Position d'échauffement des muscles extenseurs.

Dans le groupe des joueurs de tennis, les mesures étant prises pendant des temps d'entraînement, l'échauffement décrit ci-dessus n'était pas nécessaire, puisque les muscles de l'avant-bras des joueurs étaient déjà échauffés.

L'objectif de l'échauffement pour le groupe « référence » était de faire en sorte que les étudiants se retrouvent dans des conditions se rapprochant de celles des joueurs de tennis avant la prise des mesures, car nous savons que l'extensibilité musculaire est augmentée sur un muscle « chaud » par rapport au même muscle « froid » (28).

2.2.2.2.3 Troisième étape : la prise des mesures

Les recherches menées n'ont montré aucun test actuellement validé pour mesurer l'extensibilité des muscles du poignet. En revanche, nous avons pu nous appuyer sur le mémoire de fin d'études de monsieur Chery B., pour établir une méthode permettant de répondre à notre problématique (34).

Ainsi, pour la prise des mesures, le sujet était placé debout, face à un mur, avec les pieds écartés de la largeur du bassin. La paume de la main ou le dos de la main (pour les fléchisseurs ou les extenseurs du poignet respectivement), du côté testé, étaient posés à plat contre le mur, avec les doigts dirigés vers le sol. À partir de cette position de départ, le sujet devait ensuite tendre son coude puis monter sa main le long du mur, le plus haut possible (tout en gardant un contact parfait entre l'ensemble de la main et le mur), jusqu'à ressentir une tension supportable sur le trajet des muscles et/ou ses insertions. Une fois la position maximale trouvée par le sujet, celui-ci devait maintenir cette dernière pendant le temps de la mesure (Fig. 3 et 4). Si l'un des critères n'était pas respecté, la mesure n'était pas prise et le sujet devait recommencer.

Avant l'utilisation de l'inclinomètre, celui-ci était préalablement étalonné. Pour cela, nous le positionnions contre le mur puis le réglions à 90°. Pour la prise de la mesure, l'inclinomètre était posé et maintenu par l'examinateur, dans le 1/3 inférieur de l'avant-bras du sujet. La lecture directe nous donnait alors la valeur de l'angle formé entre l'avant-bras du sujet et l'horizontal. Lorsque nous lisons zéro degré, cela correspond donc à un avant-bras positionné à l'horizontale. Plus le sujet est souple et plus la valeur s'éloigne du zéro

positivement. Au contraire, plus la valeur s'éloigne du zéro dans le sens négatif et plus les muscles sont hypo-extensibles.

Les mesures étaient toujours réalisées dans le même ordre par souci de reproductibilité. Nous commencions par mesurer l'extensibilité des muscles fléchisseurs du poignet puis celle des extenseurs. De plus, nous mesurions toujours le membre supérieur droit en premier, puis terminions par le gauche. Chaque mesure était réalisée deux fois, puis une moyenne était ensuite calculée dans un but d'améliorer la fiabilité de la mesure (35). De plus, nous rappelons que toutes les mesures étaient réalisées sur des muscles échauffés.

Figure 6 : Prise de mesure de l'extensibilité des fléchisseurs du poignet gauche.

Figure 7 : Prise de mesure de l'extensibilité des extenseurs du poignet gauche.

2.2.3 La durée du protocole

Pour le groupe des joueurs de tennis, la durée du protocole était plus courte. En effet, les questionnaires étant envoyés à part par mail et les joueurs étant déjà échauffés, il nous restait uniquement la prise des mesures à effectuer. Pour celle-ci, nous comptions environ 5 minutes par joueur. En revanche, pour les étudiants, 30 minutes par personne étaient nécessaires pour réaliser l'ensemble du protocole : remplir le questionnaire, réaliser l'échauffement musculaire et prendre les mesures.

La période globale de réalisation du protocole a duré du 12 novembre 2018 au 8 janvier 2019, soit 2 mois et 2 jours.

2.2.4 L'analyse statistique

Une fois toutes les données collectées, celles-ci ont été transcrites dans un tableur Excel. Ensuite, grâce aux diverses fonctionnalités de ce logiciel, nous avons réalisé un ensemble de calculs (moyenne, écart-type, étendue, médiane, effectif, quartiles...) qui nous a permis d''analyser les données recueillies.

Dans un second temps, nous avons vérifié la normalité des distributions des valeurs d'extensibilité pour chacun des groupes à l'aide du test de Shapiro et Wilk. Ce dernier a confirmé que les valeurs suivent une loi normale. Ainsi, nous avons utilisé des tests paramétriques pour contrôler nos différentes hypothèses. Ces derniers variaient en fonction du facteur d'étude choisi. Nous avons donc utilisé le test t de Student, le test t de Student pour données appariées et le test de corrélation de Pearson.

Des tests t de Student ont été effectués afin d'apprécier l'impact de la pratique du tennis, du volume horaire (de jeu) et du sexe sur l'extensibilité musculaire du poignet. Pour le facteur d'étude « volume horaire », nous avons séparé les joueurs en deux groupes : ceux jouant moins de 4 heures et 30 minutes par semaine ou exactement ce volume de jeu (c'est-à-dire participant à 3 entraînements d'1 heure 30 minutes par semaine maximum), et ceux jouant plus de 4 heures et 30 minutes par semaine (c'est-à-dire participant à plus de 3 entraînements d'1 heure et 30 minutes par semaine). Pour tester l'impact du sexe, nous avons séparé les sujets de l'étude en deux groupes : « féminin » et « masculin ».

Des tests t de Student pour données appariées ont été utilisés dans chaque groupe (« joueurs de tennis » et « référence »), pour évaluer l'influence de la latéralité sur l'extensibilité musculaire du poignet.

Des tests de corrélation de Pearson ont été utilisés pour voir s'il existe une relation entre l'extensibilité musculaire du poignet et l'âge.

Pour les tests t de Student (apparié ou non apparié), l'interprétation s'effectuait à l'aide de la valeur de p. Lorsque $p < 0,05$, les résultats étaient considérés comme statistiquement significatifs. Quand $0,05 \leq p \leq 0,10$, ils étaient considérés comme une tendance statistiquement significative. Pour le test de corrélation de Pearson, l'interprétation reposait sur la valeur de r, représentant le coefficient de corrélation. Plus la valeur de r était proche de 1 ou -1, plus la relation linéaire (positive ou négative respectivement) entre les

variables était forte. En revanche, plus r était proche de 0, et plus la relation linéaire entre les variables était faible.

L'analyse statistique nous a donc permis d'apprécier l'impact d'une pratique régulière du tennis sur l'extensibilité musculaire des fléchisseurs et extenseurs du poignet, en considérant séparément le membre dominant et le membre non dominant. De plus, nous avons aussi pu évaluer l'effet du volume de jeu, du sexe, de l'âge et de la latéralité sur l'extensibilité musculaire.

Pour finir, différents graphiques ont été réalisés afin d'obtenir une représentation visuelle des résultats (cf. partie résultats).

2.3 Matériel

Le matériel nécessaire à la réalisation de cette étude a été le suivant : les questionnaires (réalisés pour l'étude), un tabouret, une table de massage, deux petits coussins de forme triangulaire, deux haltères d'un poids de deux kilogrammes chacun, un goniomètre en plastique du type Cochin (Fig. 5), un chronomètre et un inclinomètre de Rippstein (Fig. 6).

Ce dernier a été utilisé pour mesurer l'extensibilité globale de muscles fléchisseurs et extenseurs du poignet. Les avantages de cet outil sont la lecture directe de la mesure par l'expérimentateur et la possibilité de l'utiliser d'une seule main. Ainsi, la seconde est libre pour contrôler la position du coude et de la main du sujet.

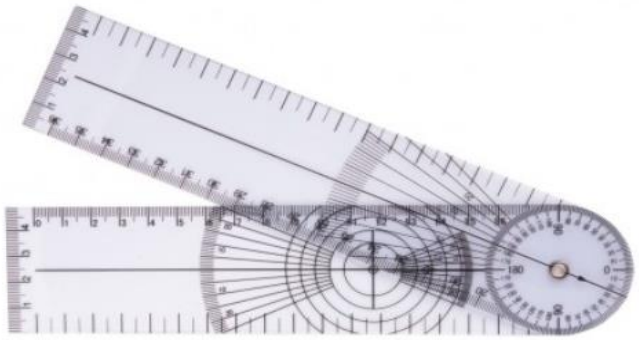


Figure 8 : Image d'un goniomètre en plastique du type Cochin.

Figure 9 : Image d'un inclinomètre de Rippstein.

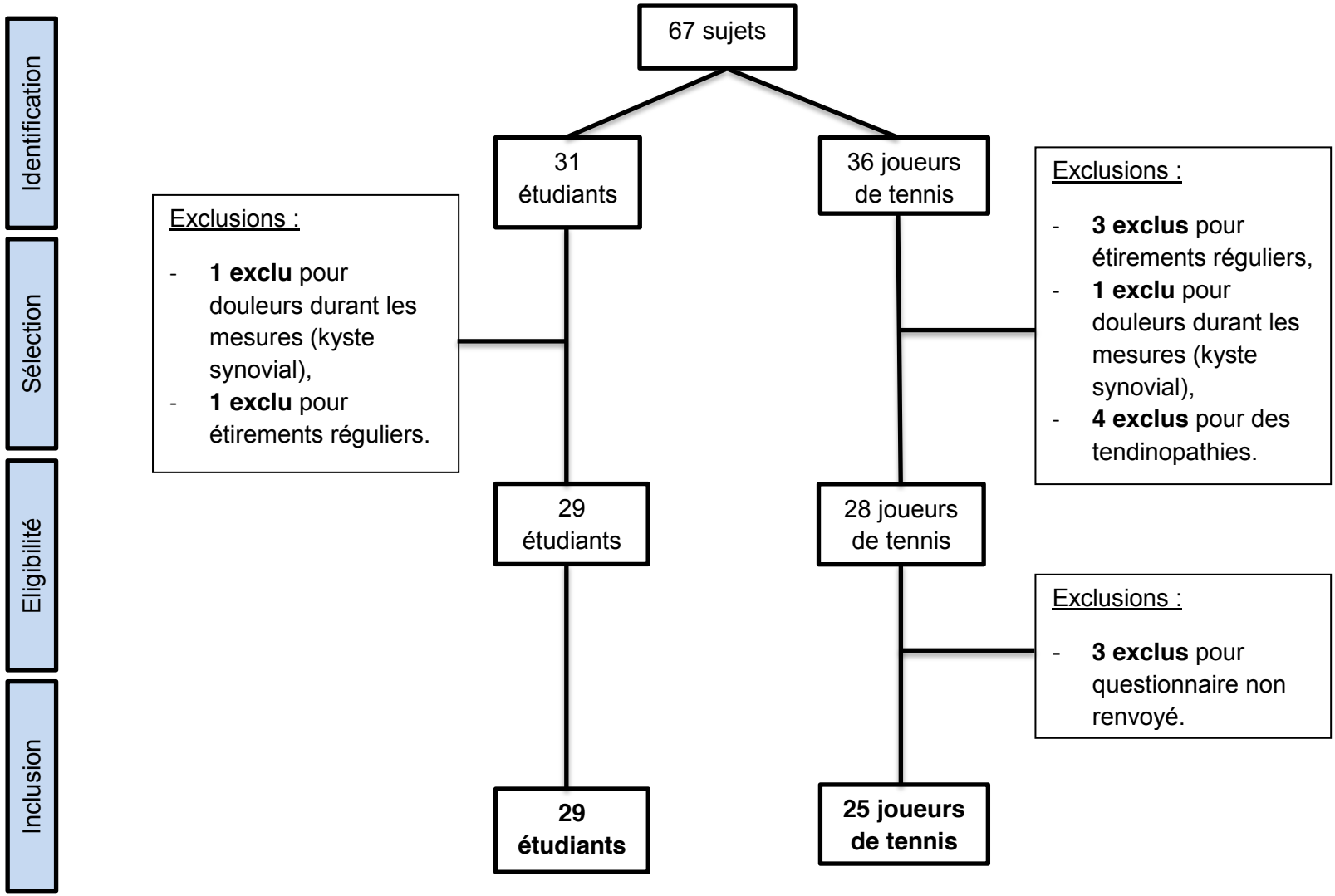
Au niveau informatique, le logiciel Excel nous a permis de rapporter l'ensemble des valeurs dans un tableur. Concernant les données qualitatives, celles-ci ont été transformées en un codage binaire afin d'obtenir un tableur ne présentant plus que des nombres. Les graphiques présentant les résultats ont été réalisés à l'aide de ce même logiciel. De plus, les sites internet « AnaStats » et « BiostaTGV » nous ont servi pour utiliser le test de normalité de « Shapiro et Wilk » et les différents tests statistiques d'hypothèse respectivement.

3 RÉSULTATS

3.1 La population de l'étude

Au début de l'étude, 67 personnes ont été recrutées, dont 36 joueurs de tennis. Sur ces 67 sujets, seuls 57 répondaient à nos critères d'éligibilité. Finalement, 54 individus (25 joueurs de tennis et 29 étudiants en masso-kinésithérapie de l'IFMK de Nancy) ont participé à notre étude. Nous avons atteint notre objectif initialement fixé à 52 recrues.

Figure 10 : Diagramme de flux de l'attrition de la population au cours de l'étude.



3.2 Concernant l'extensibilité musculaire du poignet

3.2.1 Résultats de l'extensibilité en fonction de la latéralité

3.2.1.1 Groupe « joueurs de tennis »

La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet est de 7,68° du côté dominant contre 12,64° du côté non dominant. Cette diminution observée du côté dominant est significative (p = 0,0002) et est d'environ 5° (Fig.11). La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet est donc inférieure d'environ 39 % du côté dominant par rapport au côté non dominant chez les joueurs de tennis.

La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet est de 6,4° du côté dominant contre 12,8° du côté non dominant. Cette diminution observée du côté dominant est significative ($p = 1,93 \times 10^{-7}$) et est d'environ 6° (Fig.11). La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet est donc inférieure de 50 % du côté dominant par rapport au côté non dominant chez les joueurs de tennis.

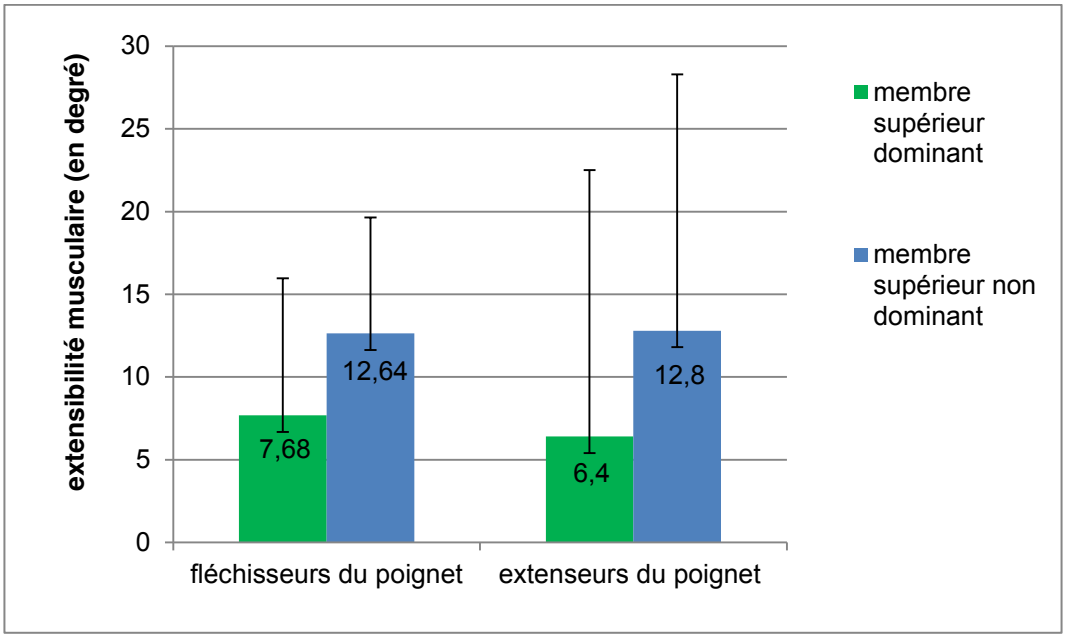


Figure 11 : Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet chez les joueurs de tennis, entre les côtés dominant et non dominant.

3.2.1.2 Groupe « référence »

La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet est de 7,21° du côté dominant contre 12,24° du côté non dominant. Cette diminution observée du côté dominant est significative (p = 0,0009), et est d'environ 5° (Fig.12). La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet est donc inférieure d'environ 41 % du côté dominant par rapport au côté non dominant pour le groupe « référence ».

La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet est de 14,93° du côté dominant contre 16,69° du côté non dominant. Cette diminution observée du côté dominant est non significative (p = 0,3) et est d'environ 2° (Fig.12). La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet est donc inférieure d'environ 11 % du côté dominant par rapport au côté non dominant pour le groupe « référence ».

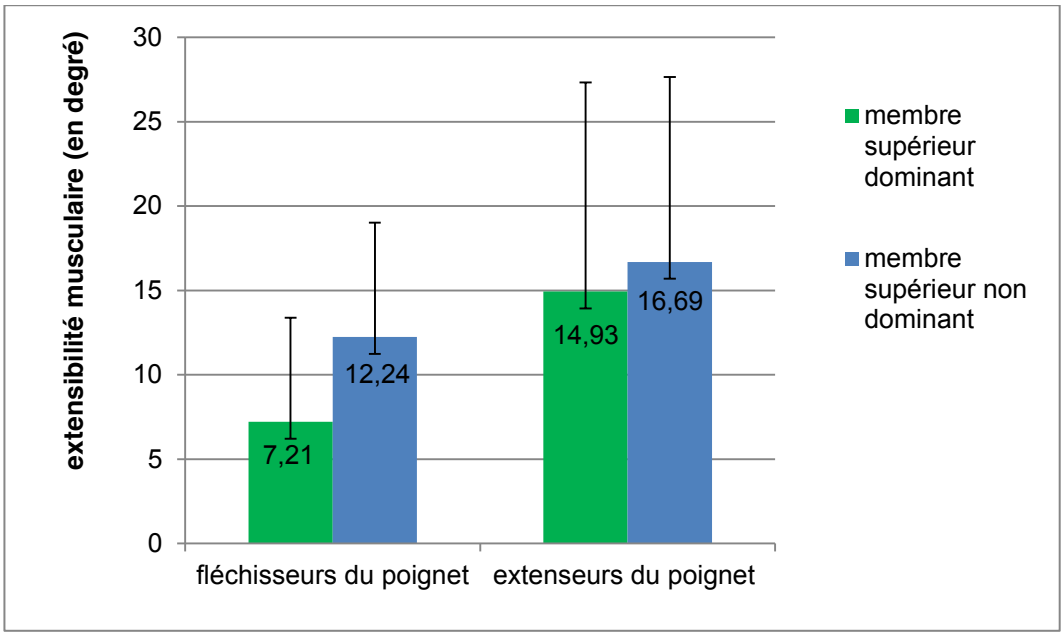


Figure 12 : Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet dans le groupe « référence », entre les côtés dominant et non dominant.

3.2.2 Résultats de l'extensibilité en fonction de la pratique du tennis

3.2.2.1 Côté dominant

La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté dominant est de 7,21° pour le groupe « référence » contre 7,68° pour le groupe « joueurs de tennis » (Fig.13). Cette différence est non significative et négligeable.

La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté dominant est de 14,93° pour le groupe « référence » contre 6,4° pour le groupe « joueurs de tennis ». Cette diminution observée dans le groupe « joueurs de tennis » est significative (p = 0,03) et est d'environ 9° (Fig.13). La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté dominant est donc inférieure d'environ 57 % dans le groupe « joueurs de tennis » par rapport à la population de référence.

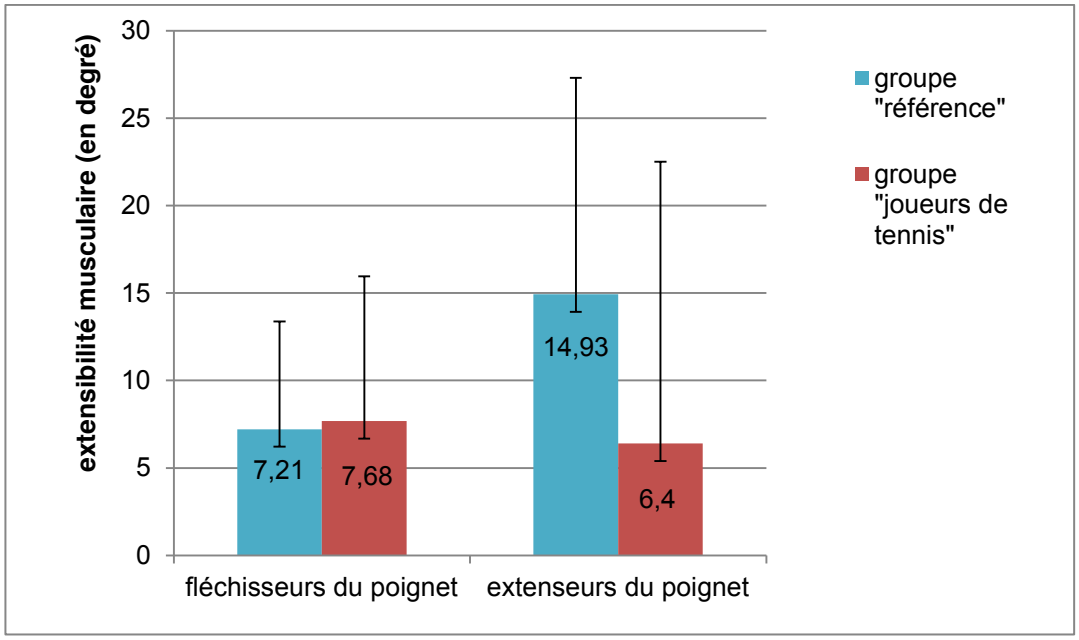


Figure 13 : Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté dominant, entre les groupes « joueurs de tennis » et « référence ».

3.2.2.2 Côté non dominant

La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté non dominant est de 12,24° pour le groupe « référence » contre 12,64° pour le groupe « joueurs de tennis » (Fig.14). Cette différence est non significative et négligeable.

La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté non dominant est de 16,69° pour le groupe « référence » contre 12,8° pour le groupe « joueurs de tennis » (Fig.14). Cette différence est non significative et est d'environ 4°. La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté non dominant est donc inférieure d'environ 31 % dans le groupe « joueurs de tennis » par rapport à la population de référence.

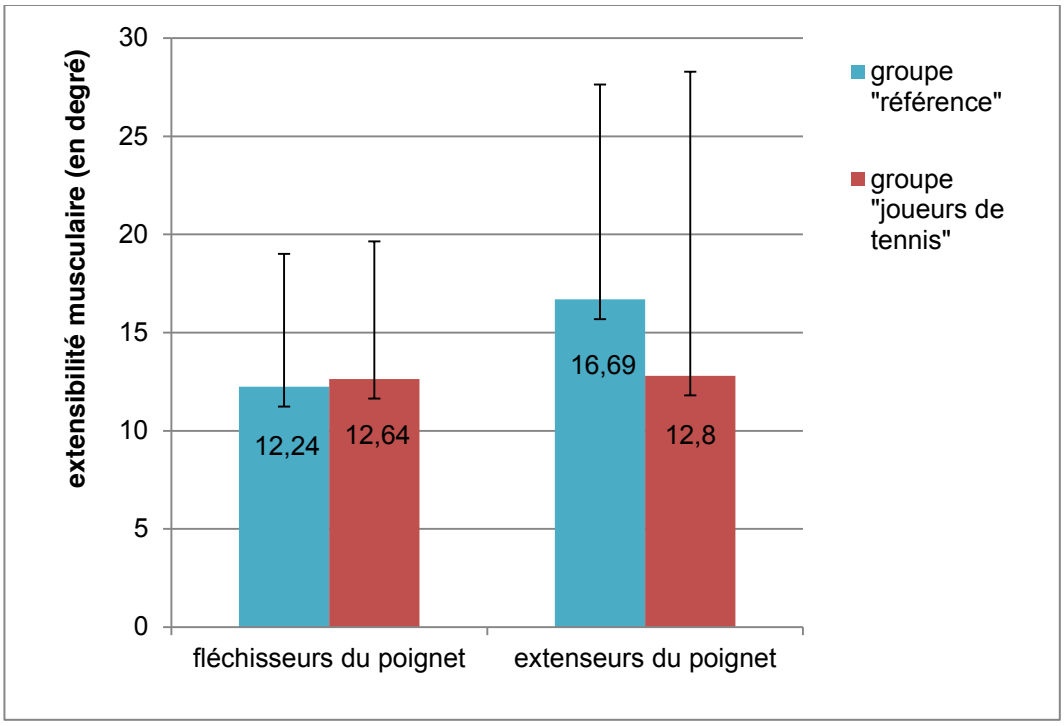


Figure 14 : Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté non dominant, entre les groupes « joueurs de tennis » et « référence ».

3.2.3 Résultats de l'extensibilité en fonction du volume de jeu

3.2.3.1 « 3 entraînements d'1h30 par semaine maximum » versus « plus de 3 entraînements d'1h30 par semaine »

3.2.3.1.1 Côté dominant

La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté dominant est de 9° pour le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » contre 7,45° pour le groupe « plus de 3 entraînements par semaine » (Fig.15). Cette différence est non significative et est d'environ 2°. La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté dominant est donc inférieure d'environ 17 % pour le groupe « plus de 3 entraînements par semaine » par rapport au groupe « 3 entraînements par semaine maximum ».

La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté dominant est de 4,18° pour le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » contre 11,64° pour le groupe « plus de 3 entraînements par semaine » (Fig.15). Cette différence est non significative et est d'environ 7°. La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté dominant est donc inférieure d'environ 64 % pour le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » par rapport au groupe « plus de 3 entraînements par semaine ».

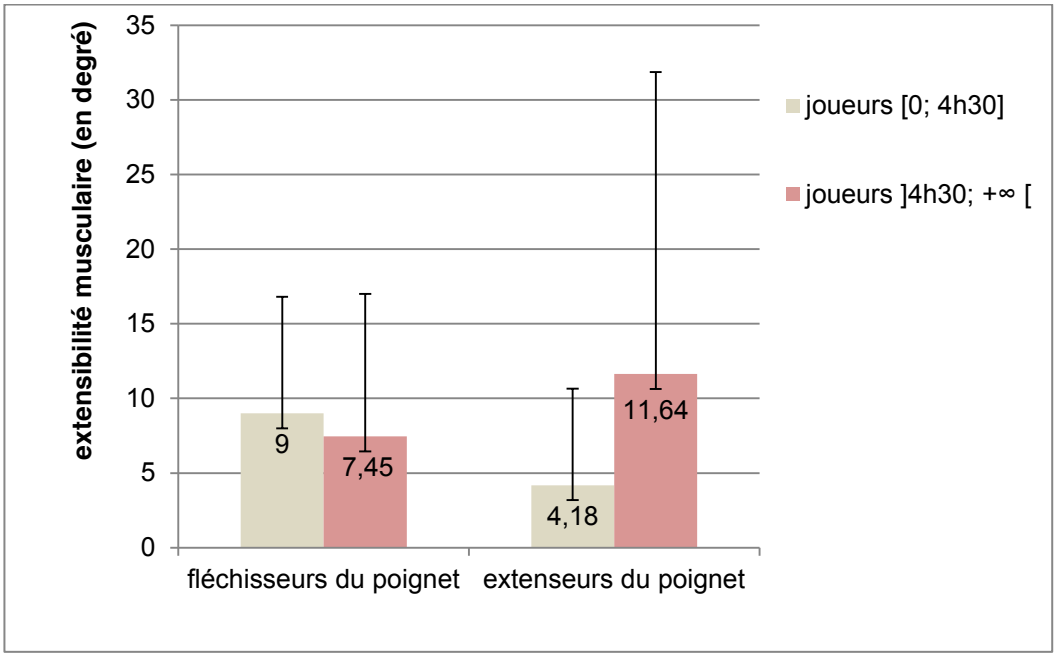


Figure 15 : Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté dominant, entre le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » et le groupe « plus de 3 entraînements par semaine ».

3.2.3.1.2 Côté non dominant

La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté non dominant est de 12,64° pour le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » contre 13,82° pour le groupe « plus de 3 entraînements par semaine » (Fig.16). Cette différence est non significative et est d'environ 1°. La moyenne d'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté non dominant est donc inférieure d'environ 9 % pour le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » par rapport au groupe « plus de 3 entraînements par semaine ».

La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté non dominant est de 10,45° pour le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » contre 17,64° pour le groupe « plus de 3 entraînements par semaine » (Fig.16). Cette différence est non significative et est d'environ 7°. La moyenne d'extensibilité des extenseurs du poignet du côté non dominant est donc inférieure d'environ 41 % pour le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » par rapport au groupe « plus de 3 entraînements par semaine ».

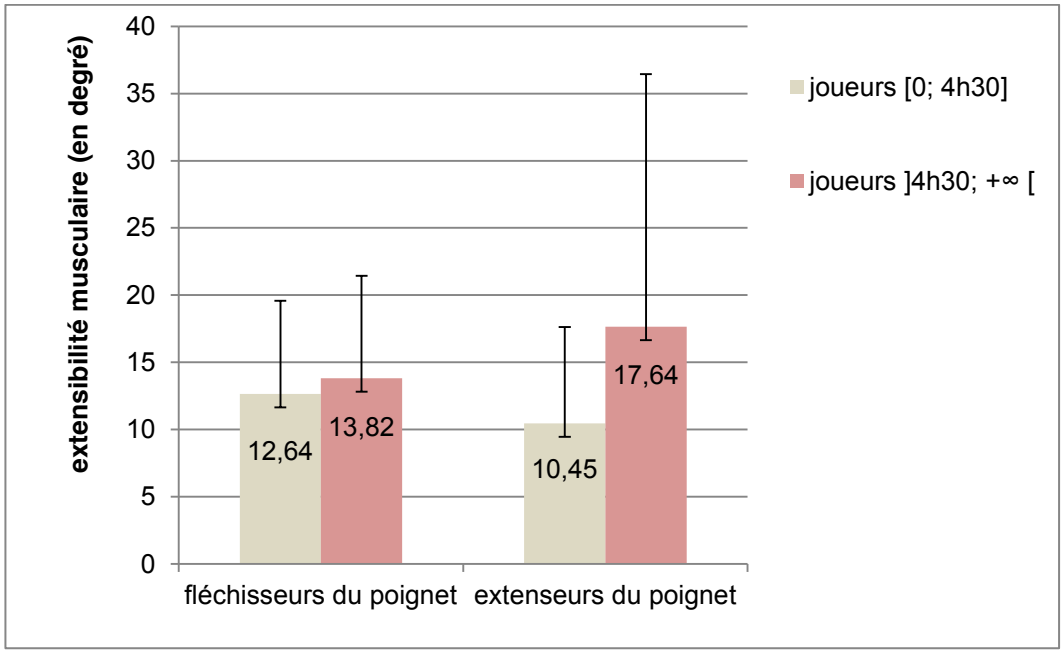


Figure 16 : Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté non dominant, entre le groupe « 3 entraînements par semaine maximum » et le groupe « plus de 3 entraînements par semaine ».

3.2.3.2 « 4 entraînements d'1h30 par semaine maximum » versus « plus de 4 entraînements d'1h30 par semaine »

Du fait de l'absence de différence statistiquement significative sur les tests précédents, nous avons pensé que le seuil des 3 entraînements par semaine que nous avons choisi était peut-être trop faible. Ainsi, nous avons décidé de réaliser les mêmes tests mais avec un seuil plus important, fixé à 4 entraînements par semaine. De la même façon que précédemment, deux groupes ont été réalisés pour comparer leur extensibilité musculaire du poignet. Il s'agissait des groupes :

- « 4 entraînements par semaine maximum » : où les joueurs s'entraînaient donc au maximum 6 heures par semaine,
- « plus de 4 entraînements par semaine » : où les joueurs s'entraînaient plus de 6 heures par semaine.

Ces tests n'ont montré aucune différence statistiquement significative entre ces deux groupes (Annexe III).

3.2.4 Résultats de l'extensibilité en fonction du sexe

Les résultats ne donnent aucune différence statistiquement significative entre les deux groupes : « féminin » et « masculin » (Annexe III).

3.2.5 Résultats de l'extensibilité en fonction de l'âge

Pour chacune des variables (extensibilité des fléchisseurs et des extenseurs du côté dominant et non dominant), r était plus proche de 0 que de 1 ou -1. De ce fait, la corrélation entre l'extensibilité musculaire du poignet et l'âge était faible (Annexe III).

4 DISCUSSION

Le but de cette étude était de savoir s'il existe une différence d'extensibilité au niveau des muscles du poignet entre des joueurs de tennis réguliers et une population de référence, et si oui, de préciser cette différence. De plus, nous voulions savoir si le sexe, l'âge, la latéralité et le volume de jeu sont des variables qui peuvent influencer l'extensibilité des muscles du poignet. Nos hypothèses étaient :

- Hypothèse 1 : les joueurs de tennis réguliers présentent un déficit d'extensibilité musculaire par rapport à la population de référence :
    - Hypothèse 1a : sur les muscles fléchisseurs du poignet dominant,
    - Hypothèse 1b : sur les muscles extenseurs du poignet dominant,
    - Hypothèse 1c : sur les muscles fléchisseurs et extenseurs du poignet dominant,
- Hypothèse 2 : l'âge influence l'extensibilité des muscles du poignet,

- Hypothèse 3 : le sexe n'influence pas l'extensibilité des muscles du poignet,
- Hypothèse 4 : la latéralité influence l'extensibilité des muscles du poignet,
- Hypothèse 5 : le volume de jeu influence l'extensibilité des muscles du poignet.

4.1 Interprétation des résultats

4.1.1 Lien entre le tennis et l'extensibilité musculaire du poignet

Concernant la pratique régulière du tennis, nos résultats montrent que celle-ci influence l'extensibilité musculaire du poignet dominant du joueur. En effet, il existe une perte d'extensibilité sur les extenseurs du poignet dominant d'environ 57 % par rapport à la population de référence. Cette différence est statistiquement significative ($p = 0,03$). Nous pouvons donc valider l'hypothèse 1b.

Cette diminution de souplesse musculaire peut s'expliquer par la surutilisation des muscles extenseurs du poignet (13). La répétition des contractions musculaires entraînent dans un premier temps une augmentation de la force. Ceci est en accord avec les résultats de Lucado et al. qui ont montré en 2012, que les muscles extenseurs du poignet étaient plus forts chez des joueurs sains que chez des non joueurs (7). Cette adaptation de force est donc spécifique au tennis (7,8). Secondairement à cette augmentation de force, si la souplesse de ces muscles n'est pas entretenue, des hypo-extensibilités peuvent se former. Le cercle vicieux décrit précédemment se met alors en route, et des rétractions peuvent apparaître sur le long terme (Fig.3) (5,13).

Plusieurs études antérieures ont démontré qu'une pratique prolongée du tennis entraînait une diminution de l'amplitude de l'épaule (3,9). Ce phénomène est certainement transposable au niveau du poignet. La récupération de cette amplitude se ferait après plusieurs jours de repos selon Martin et al. (9). Or, lorsque le joueur enchaine les matchs au cours d'un tournoi par exemple, celui-ci ne dispose pas toujours de plusieurs jours de récupération avant de disputer son prochain tour.

Afin d'optimiser ses performances pour le prochain match et de prévenir le risque d'une blessure, il faut tenter d'accélérer sa récupération. Concernant la récupération de l'amplitude articulaire, les étirements semblent être indiqués (3,9,36,37). En effet, Judge et al. en 2012 ont prouvé que l'amplitude pouvait être augmentée si des étirements statiques

étaient pratiqués pendant la période de récupération (36). Ainsi, en pratiquant des étirements statiques entre ses deux matchs, le joueur pourrait retrouver son amplitude articulaire plus rapidement. L'intérêt de cela est d'éviter la mise en place du cercle vicieux, donc de prévenir le risque de blessure et la diminution des performances.

Les fléchisseurs du poignet dominant et les muscles du poignet non dominant des joueurs ne montrent aucune différence d'extensibilité statistiquement significative comparativement au groupe « référence ». Dans la littérature, aucune étude ne nous a permis de comparer ces résultats.

4.1.2 Lien entre la latéralité et l'extensibilité musculaire du poignet

En ce qui concerne l'influence de la latéralité sur l'extensibilité des muscles du poignet, nous constatons que les fléchisseurs sont plus hypo-extensibles du côté dominant par rapport au côté non dominant, aussi bien dans le groupe « joueurs de tennis » que dans le groupe « référence ». Le déficit est de 39 % pour le premier groupe et de 41% pour le second. Cette perte d'extensibilité, statistiquement significative, est en accord avec les données de Cornu C. et al. Selon cette étude, les fléchisseurs sont plus forts que les extenseurs chez toute personne lambda (15). Ceci peut s'expliquer par les activités de la vie journalière qui sollicitent plus souvent les fléchisseurs (par exemple lorsque nous saisissons ou serrons quelque chose). De ce fait, ces derniers sont plus forts et donc plus raides car nous n'entretenons pas leur souplesse quotidiennement. Cependant, la littérature reste très controversée sur ce sujet. En effet, certains auteurs s'accordent pour soutenir cette différence d'amplitude entre le poignet dominant et non dominant. Ces derniers l'expliquent par l'effet du travail manuel, de la surutilisation de la main dominante comparativement à la main non dominante (15,23). D'autres chercheurs, qui sont d'un avis opposé, précisent que les différences observées sont minimes et que le choix d'utiliser le poignet controlatéral comme référence lors d'une mesure sur le poignet homolatéral est donc tout à fait approprié (21,24,25).

Les extenseurs du poignet dominant sont également concernés par l'hypo-extensibilité, mais les différences sont uniquement significatives dans le groupe des joueurs de tennis. En effet, pour ces derniers, la perte d'extensibilité est de 50 % par rapport au côté non dominant.

Nous pouvons donc conclure que la latéralité influence l'extensibilité des fléchisseurs uniquement, dans une population lambda. Ainsi, l'hypothèse 4 (la latéralité influence l'extensibilité des muscles du poignet) est partiellement validée. Pour des joueurs de tennis réguliers, les extenseurs du côté dominant deviennent hypo-extensibles en plus des fléchisseurs. Ceci est une adaptation spécifique à ce sport. Selon Ellenbecker et al., les muscles du poignet chez des jeunes joueuses de tennis élites sont plus forts du côté dominant par rapport au côté non dominant (6). Et, ces adaptations de la force musculaire se retrouvent aussi bien chez les juniors que chez les adultes (6). Si un programme préventif adapté n'est pas instauré, des rétractions apparaîtront et les joueurs auront un risque majoré de se blesser (5,6,13,18).

4.1.3 Lien entre le volume de jeu et l'extensibilité musculaire du poignet

À propos du volume de jeu, nos résultats suggèrent que celui-ci n'influence pas l'extensibilité musculaire du poignet des joueurs de manière significative. Nous rejetons donc l'hypothèse 5. Pourtant, nous savons que la pratique prolongée et l'enchaînement des matchs/entraînements accentuent la perte d'amplitude (3,9). Quand nous comparons l'extensibilité des extenseurs du poignet dominant entre les joueurs jouant 6 heures par semaine maximum et ceux jouant plus de 6 heures par semaine, nous observons tout de même une différence d'environ 7°. Celle-ci n'est certes pas statistiquement significative, mais elle est tout de même non négligeable. Nous pouvons donc penser qu'une comparaison avec un seuil horaire plus élevé permettrait peut-être d'observer une différence significative. Par exemple, comparer l'extensibilité des extenseurs du poignet dominant entre des joueurs jouant moins de 10 heures et plus de 10 heures par semaine serait une possibilité. Nous n'avons pas pu faire ce test du fait de la faible proportion de joueurs jouant plus de 10 heures par semaine dans notre échantillon. Cependant, lorsque nous observons cette proportion de joueurs dans notre étude, la différence d'extensibilité semble être plus marquée (environ 9°). Des recherches supplémentaires devraient s'intéresser à l'influence du volume de jeu sur l'extensibilité des muscles du poignet. En effet, il serait intéressant de savoir si une augmentation conséquente du volume de jeu entraîne un déficit d'extensibilité plus marqué. De plus, s'il existe, il serait pertinent de trouver le seuil horaire à partir duquel les adaptations de l'amplitude articulaire du poignet se mettent en place. Enfin, une autre

amélioration possible de cette étude serait de ne pas considérer le volume horaire uniquement mais de tenir compte également de la technique, de l'intensité du jeu et du nombre d'années de pratique qui sont d'autres facteurs pertinents pouvant influencer l'extensibilité musculaire du poignet (10). En effet, chez les amateurs, nous ne retrouvons pas les mêmes répercussions au niveau de l'épaule que chez les joueurs professionnels. Ceci s'explique par une technique et une intensité de jeu diminuées. De ce fait, les adaptations corporelles sont moindres voire absentes (10). L'ajout de ces différents items dans notre questionnaire s'avèrerait donc pertinent pour améliorer notre interprétation des résultats.

4.1.4 Lien entre l'âge et l'extensibilité musculaire du poignet

Concernant l'âge, nos résultats ne montrent aucune corrélation entre ce dernier et l'extensibilité musculaire du poignet. Nous rejetons donc l'hypothèse 2. Cependant, l'homogénéité d'âge des groupes n'a pas facilité la mise en évidence de cette corrélation. En ce qui concerne la littérature, les résultats sont très controversés. Certains auteurs affirment que la perte d'amplitude liée à l'âge est faible et donc négligeable (20,22). D'autres soulignent les changements musculo-squelettiques liés à l'âge (diminution de la résistance du cartilage et des structures musculo-squelettiques, et perte d'élasticité des ligaments) et donc cette perte d'amplitude associée (23–25). En considérant cela, nous pouvons rebondir sur le fait que l'amplitude mesurée au cours de notre étude ne reflète pas uniquement l'extensibilité musculaire. Même si la position de prise des mesures a été choisie de sorte à ce que les muscles se mettent rapidement en tension, il ne faut pas occulter la mise en jeu potentielle d'autres éléments (capsule articulaire, ligaments, os). Tous les poignets n'ont pas nécessairement la même morphologie (38,39). Les 8 os du carpe peuvent en effet varier en forme selon les individus et donc modifier la cinétique articulaire. Selon Bain et al., une modification de la morphologie du lunatum, s'accompagne de variations ligamentaires et donc influence l'amplitude du poignet (39). Ceci est une limite potentielle dans notre étude. Nous devons donc garder à l'esprit que la méthode utilisée pour mesurer l'extensibilité des muscles du poignet n'exclut pas les autres éléments en présence (ligaments, os) qui ont pu influencer les mesures. De plus, concernant la position du sujet pour prendre la mesure, celle-ci aurait pu être améliorée notamment pour la mesure d'extensibilité des extenseurs. Nous savons qu'il existe un mouvement synergique entre les doigts et le poignet (40). Notre

objectif étant de mettre en tension les muscles extenseurs du poignet, nous aurions pu demander au sujet de fléchir les doigts en plus de fléchir son poignet afin d'accentuer la mise en tension musculaire (40). En effet, dans cette position d'extension du coude et pronation, de flexion du poignet et des doigts, la mise en tension sur les insertions de l'ED et du CERC est maximale au niveau du coude (41–43). Cependant, la flexion des doigts aurait pu être très différente entre les sujets et donc cela aurait manqué de reproductibilité. Nous avons donc fait le choix de laisser la main à plat contre le mur, même si la mise en tension musculaire est moins efficace.

4.1.5 Lien entre le sexe et l'extensibilité musculaire du poignet

À propos du sexe, nos résultats suggèrent que celui-ci n'influence pas l'extensibilité musculaire du poignet de façon significative. Nous pouvons donc valider l'hypothèse 3. Dans la littérature, les auteurs ne sont pas d'accord entre eux. Pour certains, les femmes sont plus souples que les hommes (23). Pour d'autres, les différences entre les sexes sont minimes et donc négligeables, surtout au niveau du poignet (22). Notre étude présente une limite concernant l'appréciation de cette hypothèse. En effet, même si la proportion de femmes et d'hommes entre les deux groupes est environ la même (1/3 et 2/3 respectivement), elle n'est pas égale au sein d'eux. De ce fait, nos résultats sont à prendre avec précaution.

4.2 Limites et pistes d'améliorations

Notre travail présente donc plusieurs limites. La proportion de joueurs jouant de façon intense (plus de 10 heures par semaine) est relativement faible. Avec un nombre plus grand, nous aurions pu mieux objectiver l'effet d'une pratique intense par rapport à une pratique régulière sur l'extensibilité des muscles du poignet. De plus, l'enrichissement du questionnaire des joueurs par l'ajout de facteurs impactant l'extensibilité musculaire (comme la technique, l'intensité du jeu, le nombre d'années de pratique), permettrait d'améliorer notre étude. Les autres changements que nous pourrions apporter concernent l'âge, le sexe et le protocole. Il serait plus pertinent d'avoir des groupes plus hétérogènes en âge pour tester l'influence de l'âge sur l'extensibilité. Aussi, une meilleure répartition des sexes permettrait

d'optimiser le test concernant l'impact du sexe sur l'extensibilité du poignet. Concernant le protocole, la position pour la mesure d'extensibilité des extenseurs aurait pu être améliorée. De plus, l'échauffement musculaire mis en place pour le groupe « référence » permet d'essayer de se rapprocher au mieux des conditions musculaires dans lesquelles se trouvent les joueurs. Cependant, celui-ci ne vaut en rien l'échauffement tennistique pratiqué par les joueurs. Enfin, il faut garder à l'esprit que notre méthode de mesure n'est pas spécifique au tissu musculaire et que les structures anatomiques adjacentes ont pu influencer les résultats.

4.3 Implication pratique

Le tennis est un sport qui entraîne des modifications morphologiques spécifiques au niveau du membre supérieur dominant (2,4–6,9,13). Nous savons actuellement que la diminution d'amplitude articulaire et la raideur en extension sont des signaux pertinents pour alerter du risque de survenu d'une blessure de surutilisation du poignet (18). De plus, il est admis que ces modifications sportives retrouvées dans de nombreuses études chez l'adulte, sont également présentes chez l'enfant (4,6,29). En effet, le remodelage du membre supérieur dominant commence très jeune chez les joueurs professionnels, et dès la prépuberté, entre 50 et 75 % de l'asymétrie est déjà en place (4). Si la souplesse n'est pas travaillée, le joueur s'expose alors à un risque majoré de blessure de surmenage (du type tendinopathie) (3,5,9,12,13,18). La surveillance est d'autant plus importante chez les enfants, en raison du développement en cours, qui pourrait accentuer les déséquilibres (29). La population de notre étude est particulièrement concernée par les blessures du poignet. Effectivement, selon Chevinsky et al. les 14 - 29 ans sont les plus touchés avec les 55 ans et plus (19).

Notre étude a permis de fournir un profil descriptif de l'extensibilité musculaire du poignet des joueurs de tennis réguliers. Nous avons constaté que celui-ci différait de la population de référence. Les athlètes ont les extenseurs du poignet dominant qui sont hypo-extensibles.

De ce fait, nous pouvons conseiller à tout joueur régulier de réaliser des étirements statiques de ces muscles en position d'extension du coude et pronation, flexion du poignet et inclinaison ulnaire et flexion des doigts. Cette position cible particulièrement les tendons des muscles épicondyliens latéraux (41–43). Ces derniers, s'ils sont rétractés, risquent de se

léser au niveau de leur insertion sur l'humérus, provoquant alors un tennis-elbow (épicondylite latérale). En s'appuyant sur l'étude de Chepeha et al., voici un exemple de programme que nous pouvons proposer : 5 répétitions de 2 minutes d'étirement une fois par jour, avec 2 minutes de repos entre chaque répétition (44).

Ainsi, le joueur pourra obtenir une amélioration de sa souplesse musculaire (si ces muscles sont déjà rétractés) ou conserver une bonne flexibilité (si ces muscles sont suffisamment extensibles) (37,44). Le but est de prévenir les blessures musculaires de l'avant-bras et du poignet, et d'optimiser les performances sportives (3,5,9,13,36,45).

5 CONCLUSION

Pour conclure, cette étude nous a montré que la pratique régulière du tennis entraine des modifications de l'extensibilité musculaire du poignet. Nos résultats, statistiquement significatifs, montrent chez les joueurs un déficit d'environ 57 % d'extensibilité sur les extenseurs du poignet dominant par rapport à la population de référence. Ceci valide notre hypothèse 1b. Nous conseillons donc à tout joueur régulier de réaliser des étirements statiques de ces muscles extenseurs du poignet en position d'extension du coude et pronation, flexion du poignet et inclinaison ulnaire et flexion des doigts (41–43).

Nous pouvons également valider partiellement l'hypothèse 4, puisque la latéralité influence l'extensibilité des fléchisseurs du poignet dominant uniquement. Ces derniers sont hypo-extensibles aussi bien chez les joueurs de tennis que pour la population de référence. Respectivement, le déficit est de 39 % et de 41 %. Ces différences sont statistiquement significatives. De plus, nous validons l'hypothèse 3, puisque le sexe n'influence pas l'extensibilité musculaire du poignet.

En revanche, nous rejetons les hypothèses 2 et 5, puisque l'âge et le volume de jeu ne semblent pas influencer l'extensibilité des muscles du poignet selon nos résultats.

Le but de cette étude était de donner un profil descriptif du poignet du joueur de tennis en matière d'extensibilité musculaire.

Promouvoir la prévention dans le domaine sportif est primordiale (6,8,18,19,29,30). Tout sportif redoute la blessure. Il faut donc la retarder au maximum voire l'anticiper et

l'éviter. Beaucoup de travaux ont étudié l'épaule du tennisman (2,9,10). Trop peu s'intéressent au poignet, au coude, au dos, à la hanche... Des recherches supplémentaires dans ces régions du corps permettraient d'établir le profil complet d'un joueur de tennis régulier en matière d'extensibilité. Nous pourrions alors mettre en place un programme spécifique et complet de travail de la souplesse musculaire pour celui-ci. Ainsi, la récupération et la prévention seraient optimisées en ciblant les zones prioritaires. Bien évidemment, ce programme servirait de base et ne devrait pas faire office de « recette de cuisine ». Il est évident que pour perfectionner la prise en charge d'un patient (sportif ou non) il faut s'adapter au cas par cas. Cependant, cela nous permettrait d'avoir une vision globale des spécificités corporelles du tennisman et ainsi de connaître les zones les plus à risque de rétractions musculaires, et donc de blessures.

BIBLIOGRAPHIE

1. Kaffel C, Creveaux T, Genevois C, Rahme M, Botta A, Rogowski I. Épidémiologie des pathologies du membre supérieur dominant chez les joueurs de tennis français. J Traumatol Sport. 2013;30(3):124-8.

2. Gillet B, Begon M, Sevrez V, Berger-Vachon C, Rogowski I. Adaptive Alterations in Shoulder Range of Motion and Strength in Young Tennis Players. J Athl Train. 2017;52(2):137-44.

3. Gallo-Salazar C, Del Coso J, Barbado D, Lopez-Valenciano A, Santos-Rosa FJ, Sanz-Rivas D, et al. Impact of a competition with two consecutive matches in a day on physical performance in young tennis players. Appl Physiol Nutr Metab. 2017;42(7):750-6.

4. Rogowski I, Creveaux T, Genevois C, Klouche S, Rahme M, Hardy P. Upper limb joint muscle/tendon injury and anthropometric adaptations in French competitive tennis players. Eur J Sport Sci. 2016;16(4):483-9.

5. Kovacs MS. Applied physiology of tennis performance. Br J Sports Med. 2006;40(5):381-5; discussion 386.

6. Ellenbecker TS, Roetert EP, Riewald S. Isokinetic profile of wrist and forearm strength in elite female junior tennis players. Br J Sports Med. 2006;40(5):411-4.

7. Lucado AM, Kolber MJ, Cheng MS, Echternach JL. Upper extremity strength characteristics in female recreational tennis players with and without lateral epicondylalgia. J Orthop Sports Phys Ther. 2012;42(12):1025-31.

8. Vigouroux L, Goislard de Monsabert B, Hayot C, Androuet P, Berton É. Assessment of the risk and biomechanical consequences of lateral epicondylalgia by estimating wrist and finger muscle capacities in tennis players. Sports Biomech. 2017;16(4):434-51.

9. Martin C, Kulpa R, Ezanno F, Delamarche P, Bideau B. Influence of Playing a Prolonged Tennis Match on Shoulder Internal Range of Motion. Am J Sports Med. 2016;44(8):2147-51.

10. Stanley A, McGann R, Hall J, McKenna L, Briffa NK. Shoulder strength and range of motion in female amateur-league tennis players. J Orthop Sports Phys Ther. 2004;34(7):402-9.

11. Monteau A. Incidence du ratio des muscles de l'avant-bras chez le tennisman amateur ayant eu des antécédents douloureux d'épicondylite latérale. 2014. 44 p. Mémoire de fin d'études : Rennes, IFPEK.

12. Chung KC, Lark ME. Upper Extremity Injuries in Tennis Players: Diagnosis, Treatment, and Management. Hand Clin. 2017;33(1):175-86.

13. Huang C-C, Yang Y-H, Chen C-H, Chen T-W, Lee C-L, Wu C-L, et al. Upper extremities flexibility comparisons of collegiate « soft » martial art practitioners with other athletes. Int J Sports Med. 2008;29(3):232-7.

14. Burgess RA, Pavlosky WF, Thompson RT. MRI-identified abnormalities and wrist range of motion in asymptomatic versus symptomatic computer users. BMC Musculoskelet Disord. 2010;11:273.

15. Cornu C, Maïsetti O, Maïetti O, Ledoux I. Muscle elastic properties during wrist flexion and extension in healthy sedentary subjects and volley-ball players. Int J Sports Med. 2003;24(4):277-84.

16. Stuelcken M, Mellifont D, Gorman A, Sayers M. Wrist Injuries in Tennis Players: A Narrative Review. Sports Med Auckl NZ. 2017;47(5):857-68.

17. Tagliafico AS, Ameri P, Michaud J, Derchi LE, Sormani MP, Martinoli C. Wrist injuries in nonprofessional tennis players: relationships with different grips. Am J Sports Med. 2009;37(4):760-7.

18. Kox LS, Kuijer PPFM, Opperman J, Kerkhoffs GMMJ, Maas M, Frings-Dresen MHW. Overuse wrist injuries in young athletes: What do sports physicians consider important signals and functional limitations? J Sports Sci. 2018;36(1):86-96.

19. Chevinsky JD, Shah NV, Tretiakov M, Aylyarov A, Penny GS, Dekis JC, et al. Demographics of Tennis-Related Injuries that Presented to Emergency Departments in the United States. Surg Technol Int. 2017;31:352-8.

20. Macedo LG, Magee DJ. Effects of age on passive range of motion of selected peripheral joints in healthy adult females. Physiother Theory Pract. 2009;25(2):145-64.

21. Macedo LG, Magee DJ. Differences in range of motion between dominant and nondominant sides of upper and lower extremities. J Manipulative Physiol Ther. 2008;31(8):577-82.

22. Doriot N, Wang X. Effects of age and gender on maximum voluntary range of motion of the upper body joints. Ergonomics. 2006;49(3):269-81.

23. Klum M, Wolf MB, Hahn P, Leclère FM, Bruckner T, Unglaub F. Normative data on wrist function. J Hand Surg. 2012;37(10):2050-60.

24. Smahel Z, Klímová A. The effect of age and exercise on wrist mobility. Acta Chir Plast. 2005;47(3):92-7.

25. Soucie JM, Wang C, Forsyth A, Funk S, Denny M, Roach KE, et al. Range of motion measurements: reference values and a database for comparison studies. Haemoph Off J World Fed Hemoph. 2011;17(3):500-7.

26. Kapandji AI. Anatomie fonctionnelle - Tome 1. Membre supérieur. 6ème édition. Paris : Maloine ; 2005. 356 p. ISBN : 978-2-224-02647-9

27. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur - Tome 2. Membre supérieur. 2ème édition. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2007. 448 p. ISBN : 978-2-294-08056-2

28. Fave A. Relation entre le type d'étirement et le gain d'extensibilité musculaire aux ischio-jambiers chez le footballeur. 2014. 53 p. Mémoire de fin d'études : Rennes, IFPEK.

29. Sciascia A, Kibler WB. The pediatric overhead athlete: what is the real problem? Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med. 2006;16(6):471-7.

30. Sole JS, Wisniewski SJ, Newcomer KL, Maida E, Smith J. Sonographic evaluation of the extensor carpi ulnaris in asymptomatic tennis players. PM R. 2015;7(3):255-63.

31. Gordon BJ, Dapena J. Contributions of joint rotations to racquet speed in the tennis serve. J Sports Sci. 2006;24(1):31-49.

32. Seeley MK, Funk MD, Denning WM, Hager RL, Hopkins JT. Tennis forehand kinematics change as post-impact ball speed is altered. Sports Biomech. 2011;10(4):415-26.

33. wikiHow : comment calculer la taille de l'échantillon [en ligne]. [consultée le 31 octobre 2018]. Disponible : https://fr.m.wikihow.com/calculer-la-taille-de-l%27%C3%A9chantillon

34. Chery B. La main du grimpeur : étude articulaire et musculaire entre des grimpeurs de haut niveau et une population de référence. 2003. 45 p. Mémoire de fin d'études : Nancy, IFMK.

35. Telmon C. Demarche de validation d'un outil diagnostique : fiabilité du goniomètre électronique « I4 motion, KineO » pour la mesure de l'amplitude articulaire du genou dans le plan sagittal. 2014. 98 p. Mémoire de fin d'études : Grenoble, Université Joseph Fourier.

36. Judge LW, Bellar D, Craig B, Petersen J, Camerota J, Wanless E, et al. An examination of preactivity and postactivity flexibility practices of National Collegiate Athletic Association Division I tennis coaches. J Strength Cond Res. 2012;26(1):184-91.

37. Kibler WB, Chandler TJ. Range of motion in junior tennis players participating in an injury risk modification program. J Sci Med Sport. 2003;6(1):51-62.

38. Kwok YY, Ho P-C, Feldman G, Lo E, Wells E, Wollstein R. Comparison of Wrist Motion and Grip Strength in a Normal Chinese and Caucasian Population. J Hand Surg Asian-Pac Vol. 2016;21(3):364-8.

39. Bain GI, Clitherow HDS, Millar S, Fraysse F, Costi JJ, Eng K, et al. The effect of lunate morphology on the 3-dimensional kinematics of the carpus. J Hand Surg. 2015;40(1):81-89.e1.

40. Gehrmann SV, Kaufmann RA, Li Z-M. Wrist circumduction reduced by finger constraints. J Hand Surg. 2008;33(8):1287-92.

41. Shirato R, Wada T, Aoki M, Iba K, Kanaya K, Fujimiya M, et al. Effect of simultaneous stretching of the wrist and finger extensors for lateral epicondylitis: a gross anatomical

study of the tendinous origins of the extensor carpi radialis brevis and extensor digitorum communis. J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc. 2015;20(6):1005-11.

42. Shirato R, Aoki M, Iba K, Wada T, Hidaka E, Fujimiya M, et al. Effect of wrist and finger flexion in relation to strain on the tendon origin of the extensor carpi radialis brevis: A cadaveric study simulating stretching exercises. Clin Biomech Bristol Avon. 2017;49:1-7.

43. Takasaki H, Aoki M, Muraki T, Uchiyama E, Murakami G, Yamashita T. Muscle strain on the radial wrist extensors during motion-simulating stretching exercises for lateral epicondylitis: a cadaveric study. J Shoulder Elbow Surg. 2007;16(6):854-8.

44. Chepeha JC, Magee DJ, Bouliane M, Sheps D, Beaupre L. Effectiveness of a Posterior Shoulder Stretching Program on University-Level Overhead Athletes: Randomized Controlled Trial. Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med. 2018;28(2):146-52.

45. McGrath MS, Ulrich SD, Bonutti PM, Smith JM, Seyler TM, Mont MA. Evaluation of static progressive stretch for the treatment of wrist stiffness. J Hand Surg. 2008;33(9):1498-504.

ANNEXES

ANNEXE I : Méthode de recherche bibliographique

ANNEXE II : Questionnaires

ANNEXE III : Graphiques des résultats

ANNEXE I

Méthode de recherche bibliographique

Tableau présentant la méthodologie de recherche documentaire réalisée sur PEDro et Cochrane Library

Mots de recherche	Moteur de recherche	Nombre de résultats obtenus	Retenus après lecture du titre et/ou du résumé	Retenus après lecture du texte intégral et suppression des doublons
range of motion AND wrist	PEDro	177	0	0
range of motion AND tennis	PEDro	5	1	0
range of motion AND wrist AND tennis	PEDro	0	0	0
goniometry AND wrist	PEDro	9	0	0
arthrometry AND wrist	PEDro	0	0	0
goniometry AND wrist AND tennis	PEDro	0	0	0
arthrometry AND wrist	PEDro	0	0	0

AND tennis				
goniometry AND tennis	PEDro	0	0	0
arthrometry AND tennis	PEDro	0	0	0
flexibility AND wrist	PEDro	8	0	0
pliability AND wrist	PEDro	0	0	0
flexibility AND wrist AND tennis	PEDro	0	0	0
pliability AND wrist AND tennis	PEDro	0	0	0
flexibility AND tennis	PEDro	3	0	0
pliability AND tennis	PEDro	0	0	0
imbalance AND wrist	PEDro	1	0	0
imbalance AND wrist AND tennis	PEDro	0	0	0
imbalance AND tennis	PEDro	0	0	0
wrist AND tennis	PEDro	6	0	0
inclinometer AND wrist	PEDro	1	0	0
inclinometry AND wrist	PEDro	0	0	0
range of motion AND	Cochrane Library	431	0	0

wrist				
range of motion AND tennis	Cochrane Library	51	0	0
range of motion AND wrist AND tennis	Cochrane Library	21	0	0
goniometry AND wrist	Cochrane Library	27	0	0
arthrometry AND wrist	Cochrane Library	1	0	0
goniometry AND wrist AND tennis	Cochrane Library	0	0	0
arthrometry AND wrist AND tennis	Cochrane Library	0	0	0
goniometry AND tennis	Cochrane Library	0	0	0
arthrometry AND tennis	Cochrane Library	0	0	0
flexibility AND wrist	Cochrane Library	35	0	0
pliability AND wrist	Cochrane Library	1	1	0
flexibility AND wrist AND tennis	Cochrane Library	1	0	0
pliability AND wrist AND tennis	Cochrane Library	0	0	0
flexibility	Cochrane	8	0	0

AND tennis	Library			
pliability AND tennis	Cochrane Library	2	0	0
imbalance AND wrist	Cochrane Library	8	0	0
imbalance AND wrist AND tennis	Cochrane Library	0	0	0
imbalance AND tennis	Cochrane Library	2	0	0
wrist AND tennis	Cochrane Library	82	0	0
inclinometer AND wrist	Cochrane Library	4	0	0
inclinometry AND wrist	Cochrane Library	0	0	0

ANNEXE II

Questionnaires

Questionnaire joueur de tennis

Contexte :

Actuellement en dernière année d'étude de masso-kinésithérapie à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy, je réalise mon mémoire sur le sujet suivant : la comparaison de l'extensibilité des muscles du poignet entre un joueur de tennis et une population de référence. Ce questionnaire est un outil de travail créé me permettant de recueillir des informations nécessaires à l'étude que je souhaite réalisée. Ces informations seront publiées dans le cadre de mon mémoire de façon anonyme et ne seront jamais diffusées dans un cadre non professionnel.

Votre consentement :

Je reconnais avoir bénéficié d'explications claires et compréhensibles sur les raisons, les objectifs, les avantages, les inconvénients éventuels concernant ma participation à cette étude, que me propose Sabrina HILPERT (étudiante en masso-kinésithérapie), sous la direction de Monsieur André PARENT (kinésithérapeute diplômé d'état).

Fait à le

Signature précédée de la mention « lu et approuvé »

Présentation du sujet	
Prénom + première lettre du nom	
Age	
Sexe	
Latéralité (droitier ou gaucher)	
Profession (ou études)	
Celle-ci sollicite-t-elle beaucoup les membres supérieurs ?	
Sports et loisirs	
Les pratiquez-vous 3 heures ou plus par semaine ? Si oui : préciser lesquels et le nombre d'heures par semaine	

Avez-vous des antécédents au niveau du coude ou du poignet (droit ou gauche) datant de moins d'un an ? Si oui préciser	
Avez-vous une pathologie ou une douleur actuellement au niveau du coude ou du poignet ? Si oui préciser	

Caractéristiques du joueur de tennis	
Nom du club + ville	
De quel côté tenez-vous la raquette ?	
Quel était votre classement au début de la saison 2019 ?	
Combien d'heures vous entraînez vous par semaine ?	
Réalisez-vous des étirements des muscles du poignet/de l'avant-bras plusieurs fois par semaine (par exemple après chaque entraînement) ? Si oui : - Des deux membres supérieurs ? - Préciser lesquels	

Questionnaire étudiant

Contexte :

Actuellement en dernière année d'étude de masso-kinésithérapie à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy, je réalise mon mémoire sur le sujet suivant : la comparaison de l'extensibilité des muscles du poignet entre un joueur de tennis et une population de référence. Ce questionnaire est un outil de travail créé me permettant de recueillir des informations nécessaires à l'étude que je souhaite réalisée. Ces informations seront publiées dans le cadre de mon mémoire de façon anonyme et ne seront jamais diffusées dans un cadre non professionnel.

Votre consentement :

Je reconnais avoir bénéficié d'explications claires et compréhensibles sur les raisons, les objectifs, les avantages, les inconvénients éventuels concernant ma participation à cette étude, que me propose Sabrina HILPERT (étudiante en masso-kinésithérapie), sous la direction de Monsieur André PARENT (kinésithérapeute diplômé d'état).

Fait à le

Signature précédée de la mention « lu et approuvé »

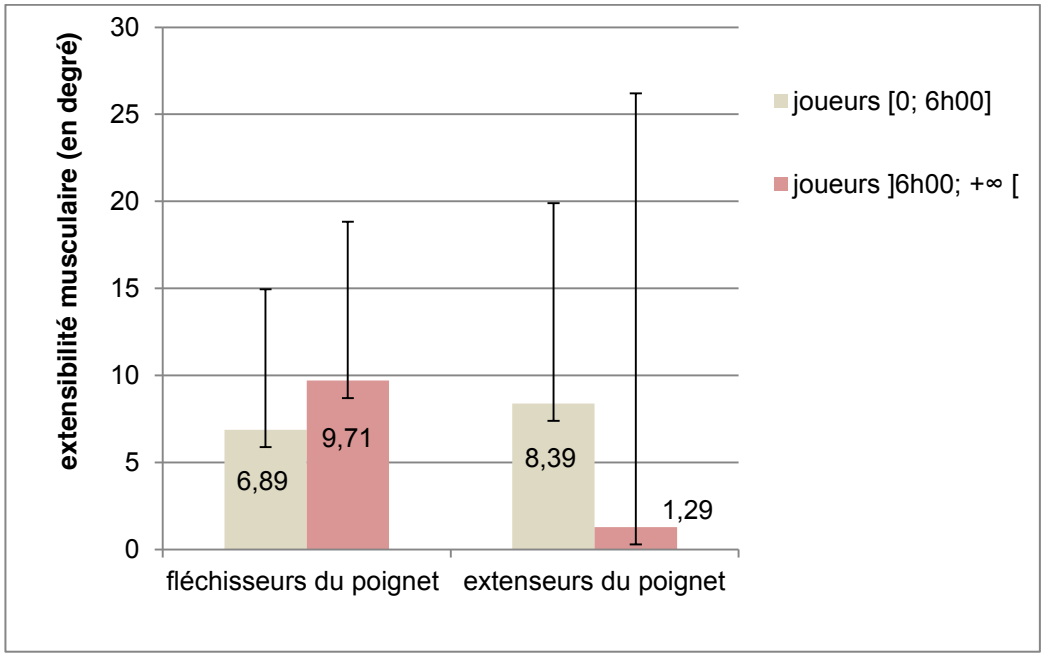
Présentation du sujet	
Prénom + première lettre du nom	
Age	
Sexe	
Latéralité (droitier ou gaucher)	
Profession (ou études)	
Celle-ci sollicite-t-elle beaucoup les membres supérieurs ?	
Sports et loisirs	
Les pratiquez-vous 3 heures ou plus par semaine ? Si oui : préciser lesquels et le nombre d'heures par semaine	
Jouez-vous au tennis ?	
Avez-vous des antécédents au niveau du coude ou du poignet (droit ou gauche) datant de moins d'un an ? Si oui préciser	
Avez-vous une pathologie ou une douleur actuellement au niveau du coude ou du poignet ? Si oui préciser	
Réalisez-vous des étirements des muscles du poignet/de l'avant-bras plusieurs fois par semaine ? Si oui : - Des deux membres supérieurs ? - Préciser lesquels	

ANNEXE III

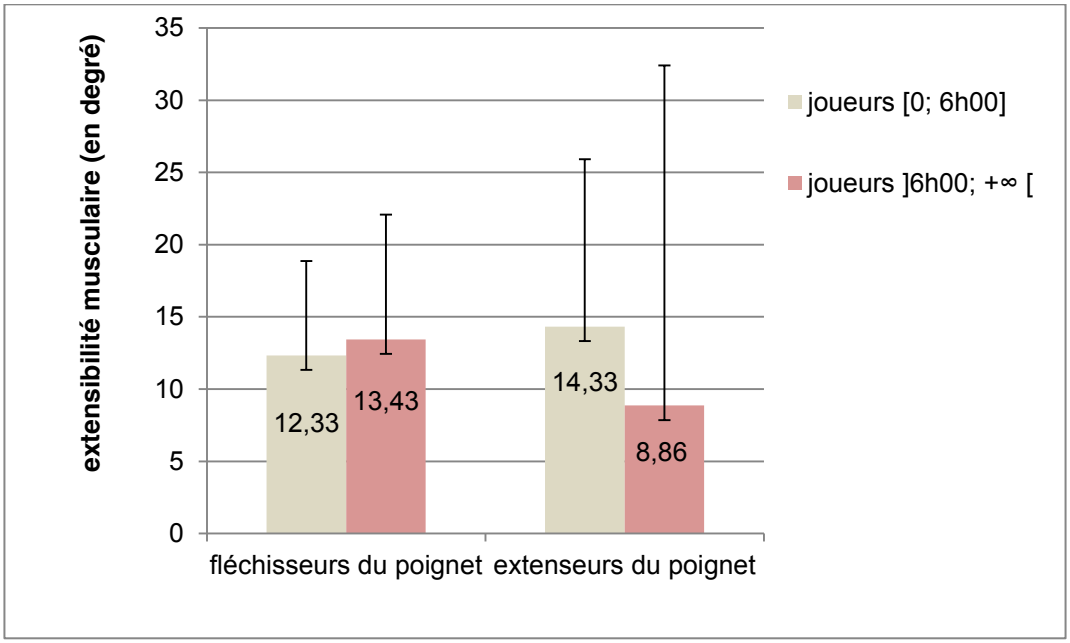
Graphiques des résultats

Résultats reflétant l'influence du volume de jeu sur l'extensibilité musculaire du poignet :

Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté dominant, entre le groupe « 4 entraînements d'1h30 par semaine maximum » et le groupe « plus de 4 entraînements d'1h30 par semaine ».

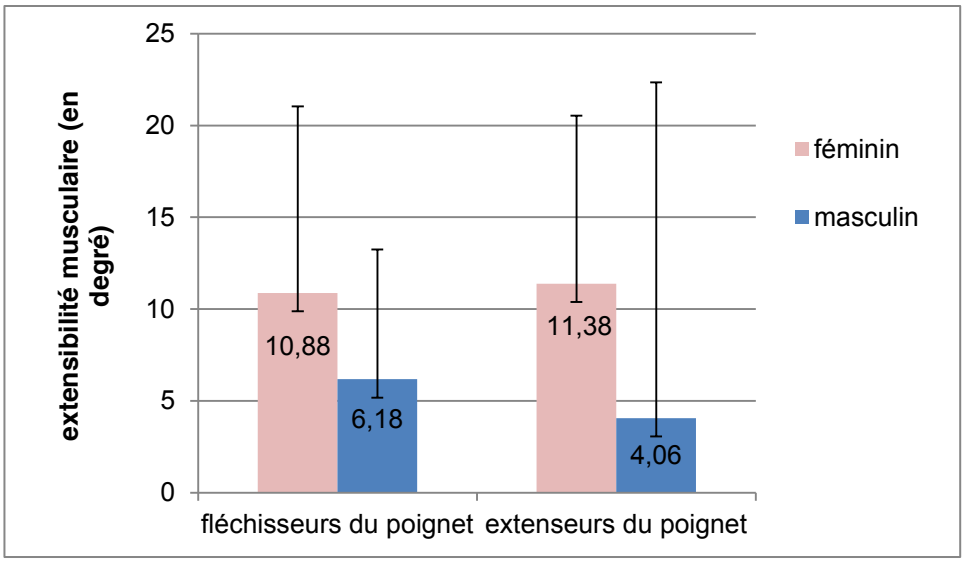


Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté non dominant, entre le groupe « 4 entraînements d'1h30 par semaine maximum » et le groupe « plus de 4 entraînements d'1h30 par semaine ».

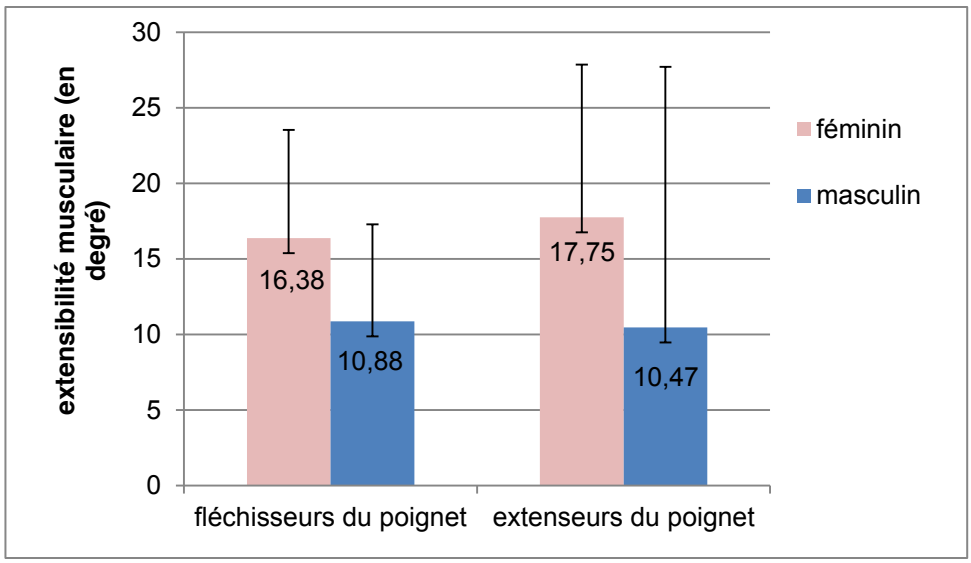


Résultats reflétant l'influence du sexe sur l'extensibilité musculaire du poignet :

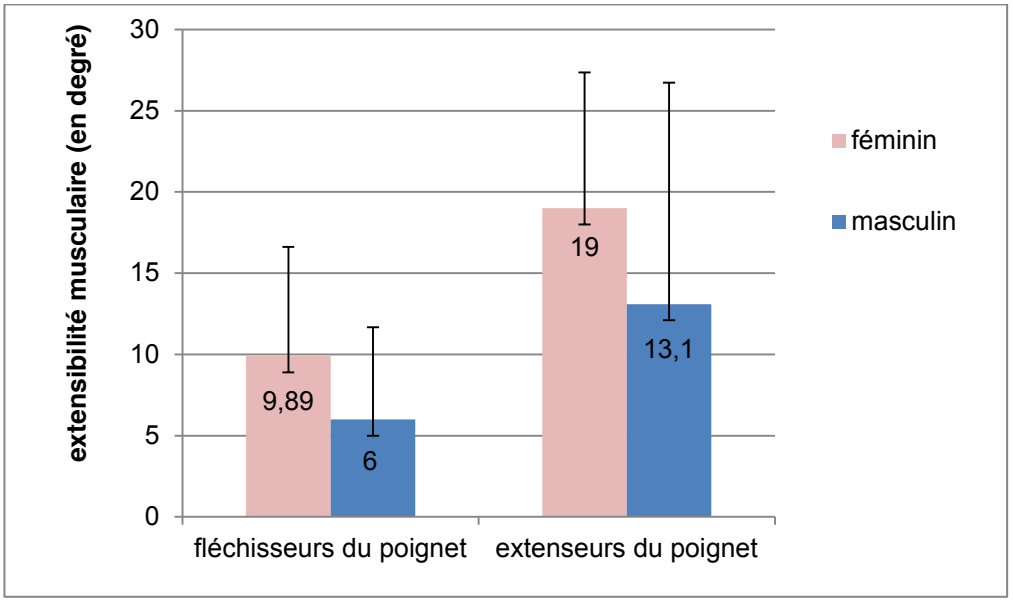
Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté dominant, dans le groupe « joueurs de tennis », en fonction du sexe.



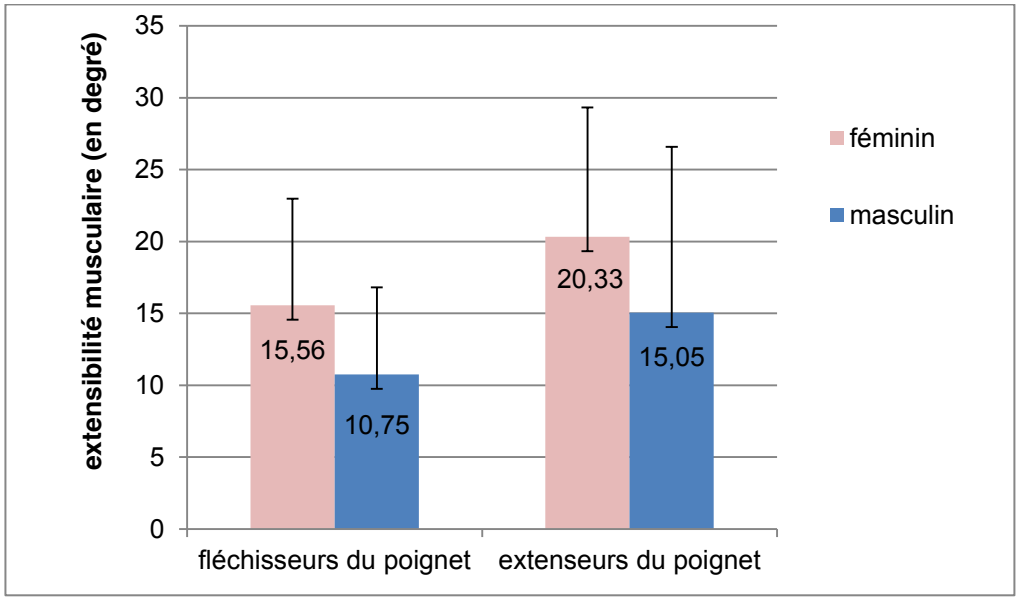
Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté non dominant, dans le groupe « joueurs de tennis », en fonction du sexe.



Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté dominant, dans le groupe « référence », en fonction du sexe.

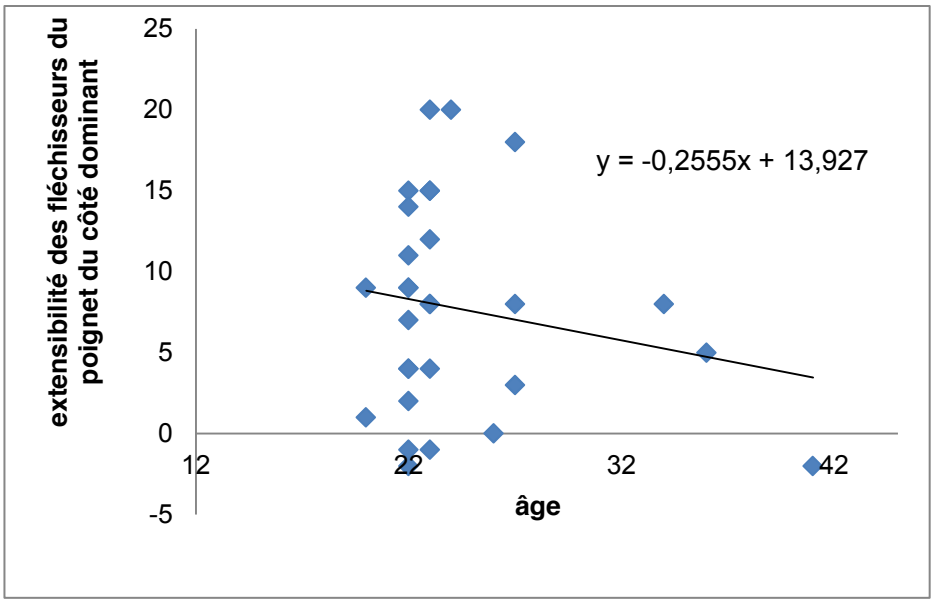


Comparaison des valeurs moyennes de l'extensibilité des muscles du poignet du côté non dominant, dans le groupe « référence », en fonction du sexe.

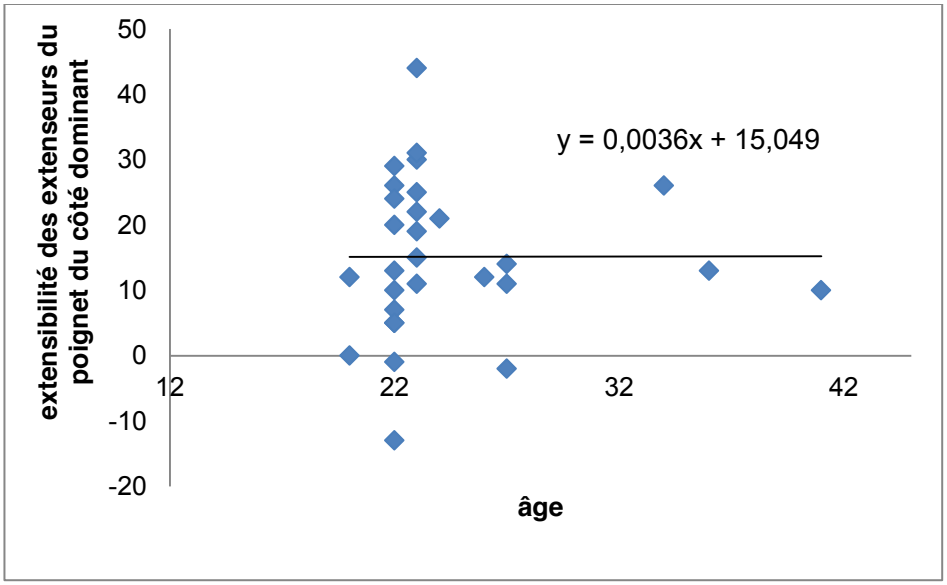


Résultats reflétant la corrélation entre l'âge et l'extensibilité musculaire du poignet :

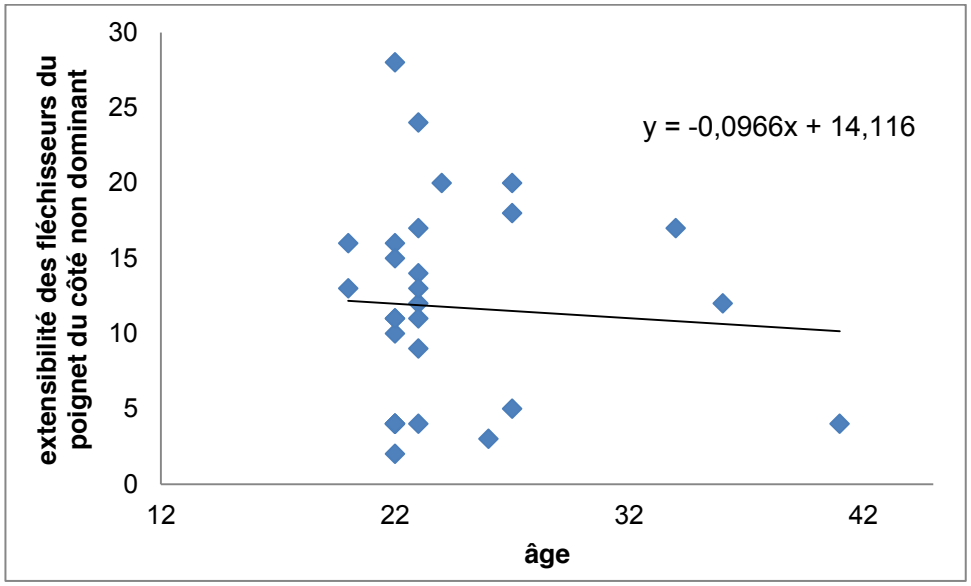
Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté dominant, dans le groupe « référence ».



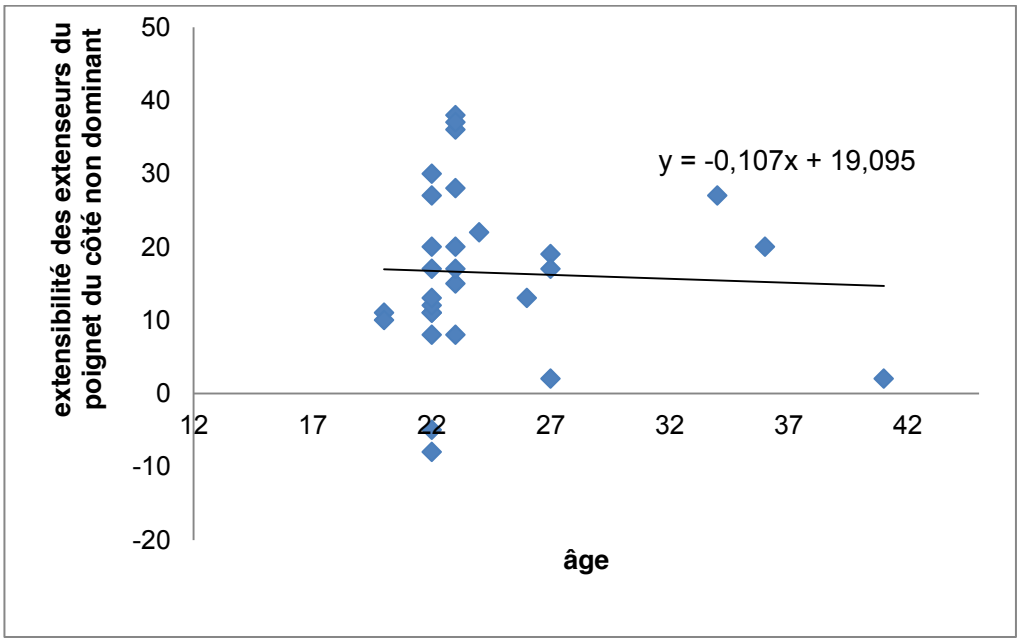
Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des extenseurs du poignet du côté dominant, dans le groupe « référence ».



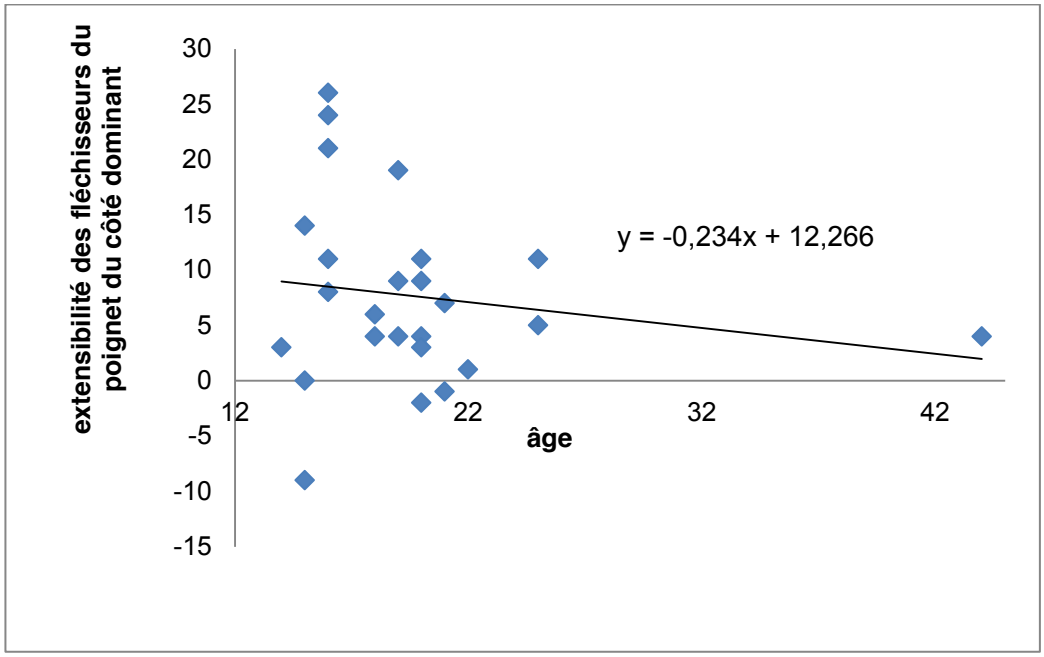
Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté non dominant, dans le groupe « référence ».



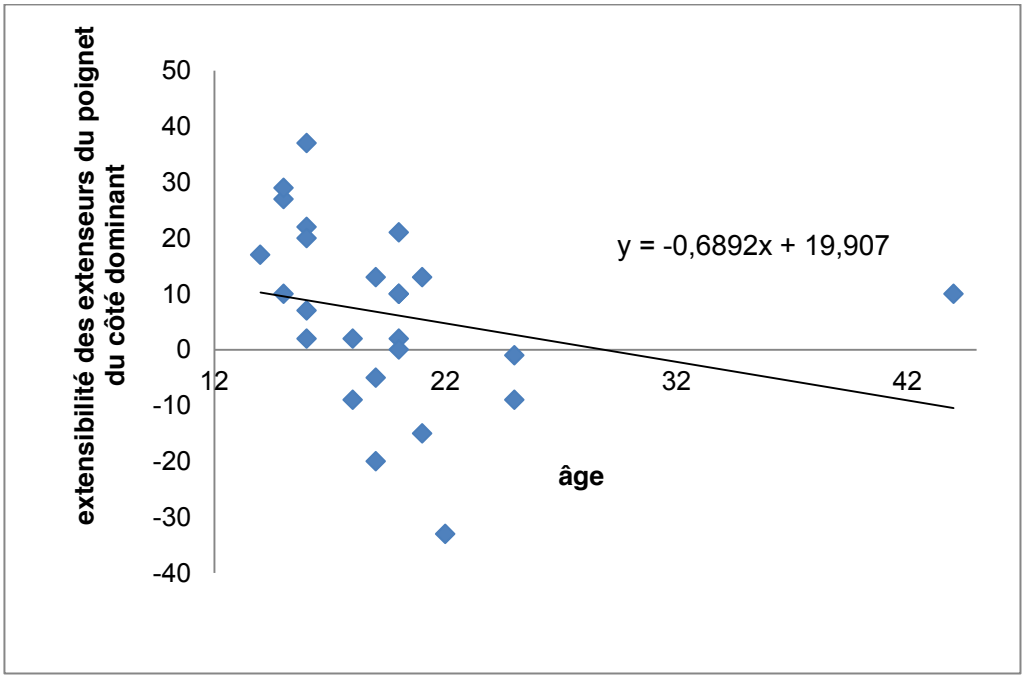
Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des extenseurs du poignet du côté non dominant, dans le groupe « référence ».



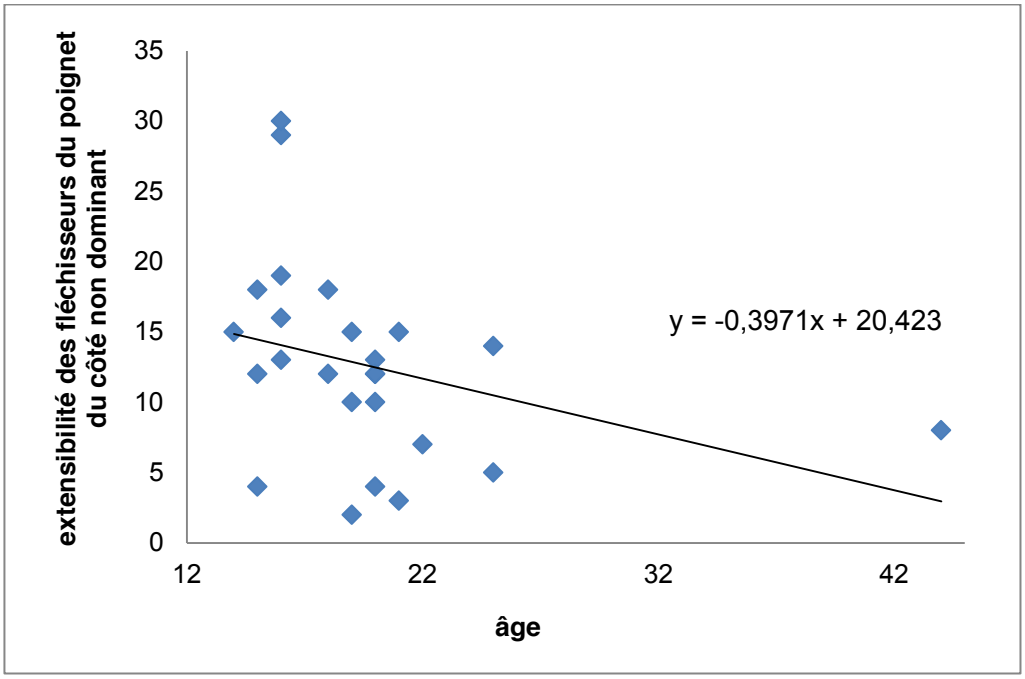
Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté dominant, dans le groupe « joueurs de tennis ».



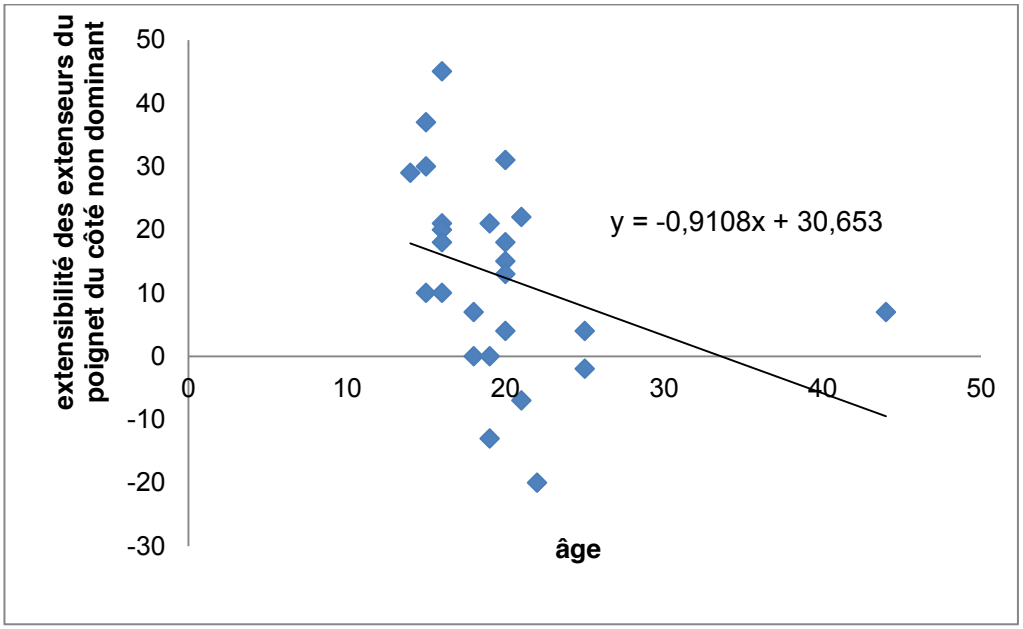
Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des extenseurs du poignet du côté dominant, dans le groupe « joueurs de tennis ».



Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des fléchisseurs du poignet du côté non dominant, dans le groupe « joueurs de tennis ».



Etude de la corrélation entre l'âge et l'extensibilité des extenseurs du poignet du côté non dominant, dans le groupe « joueurs de tennis ».



Étude comparative de l'extensibilité des muscles du poignet entre des joueurs de tennis réguliers et une population de référence.

Contexte : Le tennis est un sport qui sollicite particulièrement le membre supérieur dominant de son adepte. En effet, nous pouvons constater chez les joueurs des modifications anatomiques sur l'ensemble de celui-ci. Avec la modernisation du jeu, les blessures au niveau des poignets augmentent. Pourtant, ces derniers sont très peu documentés dans la littérature scientifique.

Objectifs : Déterminer s'il existe une différence d'extensibilité musculaire entre les poignets de joueurs de tennis réguliers et une population de référence. Evaluer l'influence de l'âge, du sexe, de la latéralité et du volume de jeu sur l'extensibilité des muscles du poignet.

Méthode : Une recherche bibliographique dans les bases de données suivantes a été effectuée : MEDLINE, PEDro, Cochrane Library, LiSSa, Kinédoc. Celle-ci s'est étalée sur les 16 dernières années et s'est uniquement intéressée aux publications anglaises et françaises. De plus, un protocole de mesure détaillé a été mis en place pour recueillir les données nécessaires. Nous avons utilisé un inclinomètre de Rippstein pour faire les mesures. Notre population était composée de 54 participants volontaires ayant signé un consentement (25 joueurs de tennis et 29 étudiants de l'Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie de Nancy).

Résultats : Les joueurs de tennis réguliers présentent une perte d'extensibilité marquée (environ 57 %) sur les extenseurs du poignet du côté dominant (comparativement à la population de référence). La latéralité influence l'extensibilité musculaire du poignet. En effet, chez toute personne lambda, les fléchisseurs sont plus hypo-extensibles du côté dominant (comparativement au côté non dominant). Ce déficit est d'environ 40 %. Le volume de jeu, le sexe et l'âge ne semblent pas influencer l'extensibilité des muscles du poignet.

Conclusion : La pratique du tennis entraîne un profil d'extensibilité spécifique au niveau du membre supérieur dominant. Au poignet, les extenseurs perdent en souplesse. Ceci étant une source possible de diminution des performances et d'augmentation des blessures, nous conseillons à tout joueur régulier de s'étirer les extenseurs du poignet afin de conserver une bonne extensibilité.

Mots-clés : extensibilité musculaire, flexibilité, poignet, tennis

---

Comparative study of extensibility of wrist muscles between regular tennis players and a reference population.

Background : Tennis is a sport that particularly solicits the use of a player's dominant upper limb. Overall, we can observe certain anatomical changes in tennis players. With the modernization of the game, players have suffered from increasing wrist injuries. However, these injuries are scarcely documented in the scientific literature.

Objectives : To determine if there is a difference in muscular extensibility between the wrists of regular tennis players and a reference population. Evaluate the influence of age, sex, laterality, and play on the extensibility of the wrist muscles.

Method : A bibliographic search of the following databases was performed : MEDLINE, PEDro, Cochrane Library, LiSSa and Kinédoc. The search covered the time span overs the past 16 years and focused solely on English and French publications. In addition, a detailed measurement protocol was initiated to collect the necessary data. We used a Rippstein inclinometer to perform measurements. Our population consisted of 54 voluntary participants who provided signed consent (25 tennis players and 29 students from the "Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie" in Nancy).

Results : Regular tennis players show a marked loss of extensibility (approximately 57%) in the wrist extensors on the dominant side (compared with the reference population). Laterality influences the wrist's muscular extensibility. We observed that, in any lambda person, the flexors are more hypo-extensible on the dominant side (compared with the non-dominant side). This deficit is appromately 40%. Play volume, sex, and age appear to have no influence on wrist muscle extensibility.

Conclusion : The practice of tennis results in a specific extensibility profile along regions of the dominant upper limb. On the wrist, the extensors lose flexibility. Since this may be a possible source of decreased performance and increased injury, we advise any regular player to stretch the wrist extensors to maintain good extensibility.

Keywords : muscular extensibility, flexibility, wrist, tennis