

Année universitaire 2022-2023

Master 1<sup>ère</sup> année     Master 2<sup>ème</sup> année

Master STAPS mention : *Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive*

Parcours : *Préparation du sportif : aspects physiques, nutritionnels et mentaux*

## MEMOIRE

TITRE : Effets d'un protocole de prévention spécifique au déséquilibre musculaire agoniste – antagoniste (quadriceps – Ischio jambiers), chez une équipe de footballeuses de haut niveau.

Par : Ophelie Bolzon

Sous la direction de : Jérémy Coquart

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et  
de l'Éducation Physique le : 15/05/2023



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

## Remerciements

Je suis reconnaissante envers Sarah M'Barek, ma tutrice de stage depuis trois saisons, qui m'a beaucoup appris, ainsi que Samuel Delcroix et Marie Schepers. Je les remercie pour cette opportunité offerte de pouvoir mener cette étude et pour la confiance accordée. Travailler, apprendre, partager et évoluer à vos côtés est un plaisir, et je vous suis reconnaissante de tout ce que vous m'avez apporté sur le plan professionnel. J'aimerais également remercier les joueuses pour leur accueil chaleureux, leur curiosité et leur engagement. Enfin, je tiens à exprimer mes remerciements envers le personnel médical qui ont été un réel soutien.

J'ai été sensible à toutes ces rencontres qui ont été un enrichissement.

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Revue de la littérature</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Épidémiologie des blessures des footballeuses</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Déficits musculaires</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Facteurs intrinsèques</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Facteurs extrinsèques</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Évaluation de l'efficacité des stratégies préventives</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Objectifs et hypothèses</b> .....	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Stage</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1</b>	<b>Sujets</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2</b>	<b>Matériel et techniques de mesure</b> .....	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Protocole</b> .....	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Analyse statistique</b> .....	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Résultats</b> .....	<b>18</b>
<b>7.1</b>	<b>Discussions</b> .....	<b>24</b>
<b>7.2</b>	<b>Limites</b> .....	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>Annexe(s)</b> .....	<b>32</b>
<b>11</b>	<b>Résumé – Mots clés / Abstract – Keywords</b> .....	<b>42</b>
	<b>compétences acquises : Analyser, adapter, organiser</b> .....	<b>42</b>

## Abréviations

**FFF** : Fédération française de football

**AFCF** : Arras Football Club Féminin

**CTS** : Centre Technique et Sportif

**D2** : Ligue 2

**EBE** : Exercice avec élastique en excentrique

**IB** : Incidence de blessures.

**LCA** : Ligament croisé antérieur

**LLE** : Ligament latéral externe du genou.

**LLI** : Ligament latéral interne du genou.

**NHE** : Nordic Hamstring Excentric

**OL** : Olympique lyonnais

**Poly** : Plusieurs

**PSG** : Paris Saint Germain

**RCL** : Racing Club de Lens

**Rep** : Répétition

**TFL** : Tenseur du fascia lata.

' : Minutes

" : Secondes

**Q** : Quadriceps

**IJ** : ischio jambier

**Con** : concentrique

° : degré

/ : par

s : seconde

**Exc** : excentrique

**SD** : Standard Deviation

**n** : nombre de sujet

**SEM** : Standard Error of Measurement

**MCID** : Minimal Clinically Important Difference

# 1 Introduction

Le football est un sport collectif opposant deux équipes de onze joueurs. L'objectif étant de faire pénétrer un ballon rond dans les buts adverses sans utiliser les mains, hormis le gardien. L'aire de jeu est délimitée (de façon à ce que la longueur varie de 90 à 120 mètres et la largeur de 45 à 90 mètres) et orientée, en respectant des règles régies par un corps arbitral. Un match de football est constitué de deux mi-temps de 45 minutes séparées par une phase de repos, de 15 minutes. Les rencontres footballistiques possèdent deux dimensions. D'une part, les valeurs et normes universelles que le sport promeut telles que la solidarité, le respect, la fierté, l'ambition, l'esprit d'équipe. D'autre part le sport est un levier important pour lutter contre la discrimination, le racisme, l'exclusion sociale ou encore l'inégalité des genres (Quand le football s'accorde au féminin, 2019 Unesco, iris, Unfp).

Le football féminin a longtemps été pratiqué dans l'ombre médiatique de son homologue masculin. Dans les années 60, le football réapparaît sous un aspect « folklorique », en effet des rencontres entre deux équipes féminines sont organisées afin d'attirer le public masculin dans les clubs de football. Par la suite les femmes ont continué de pratiquer, ce qui a permis un développement progressif. Elles ont dû patienter jusqu'en 1970 pour que les fédérations de football acceptent d'intégrer des femmes (Prudhomme-Poncet et Thiney, 2015). Puis en 1991 fut l'année de la reconnaissance officielle avec la première coupe du monde féminine. C'est seulement en 1996 que le football féminin entre dans la liste officielle des disciplines olympiques. A l'heure actuelle seules deux équipes françaises de football féminin ont le statut de professionnel, à savoir le PSG et l'OL. En 2018 Ada Hegerberg, joueuse de l'OL a été lauréate du premier ballon d'or féminin (Magazine Women sport, 2022). En 2024, la ligue 1 féminine deviendra professionnel (FFF).

Le football est un sport qui est considéré comme une activité intermittente ayant de fortes contraintes au niveau musculaire, articulaire et tendineux, principalement des membres inférieurs. En effet, le joueur doit varier sa vitesse et son rythme de déplacement par des mouvements multidirectionnels au cours du match ou de l'entraînement (Zouhal et al, 2021).

Il a été montré (Zouhal et al, 2021) qu'identifier les exigences spécifiques du football de haut niveau fournit des informations primordiales sur les facteurs d'optimisation de la performance lors des compétitions. On parle ici des mesures anthropométriques et des capacités physiques (la force, l'endurance cardio-respiratoire et musculaire, la vitesse, la capacité à répéter des sprints, la coordination, la mobilité, la flexibilité et l'aspect psychologique). Le défi pour le préparateur est de maintenir une

forme physique et mentale optimale toute une saison et diminuer le risque de blessures. Ainsi, identifier les déséquilibres musculaires des membres inférieurs et mettre en place un programme de prévention des blessures individualiser, seraient bénéfiques tant pour le staff que pour la joueuse. Une joueuse compétitive est d'abord, une joueuse saine. Il est donc nécessaire d'avoir un suivi afin de permettre au staff de posséder une meilleure disponibilité des joueuses lors des matchs et une bonne santé physique et mentale.

Dans cette étude, nous souhaitons montrer les bénéfices d'un programme de prévention des blessures spécifiques au déficit agoniste-antagoniste recueilli lors du test isocinétique afin d'augmenter la force musculaire, réduire les déficits musculaires et le risque de blessure. De plus, cela va permettre une meilleure disponibilité, forme physique et mentale des joueuses de haut niveau. Dans un premier temps, nous allons faire un état de la littérature scientifique sur le sujet. Ensuite nous présenterons notre méthodologie, en décrivant notre échantillon de participantes et le protocole d'entraînement individualisé. Enfin, nous exposerons les résultats, la discussion et les limites.

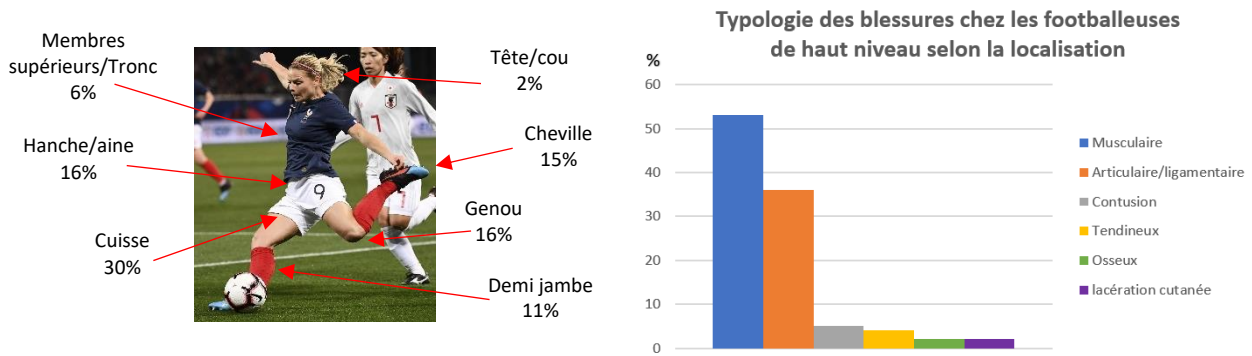
## **2 Revue de la littérature**

Le football féminin connaît une évolution et une popularité croissantes. Malgré cela, les recherches restent encore trop peu nombreuses tant sur l'activation, la fatigabilité musculaire, le déséquilibre que sur la prévention des blessures liées aux nombreuses particularités anatomiques.

### **2.1 Épidémiologie des blessures des footballeuses**

Les joueuses de football féminin ont une incidence globale des blessures de 6,1 blessures sur 1000 heures d'exposition. De récentes études (Lopez-Valenciano, 2021 ; Mullins, 2022) ont montré que l'incidence de blessures (IB) est donnée par la formule suivante : (incidence des blessures / exposition totale en heures) x 1000. En match l'IB est de 19,2 blessures / 1000 h d'exposition, soit presque 6 fois plus élevée qu'à l'entraînement (3,5 blessures / 1000h d'exposition). Bien que certaines différences existent, le type de blessures (musculaires, tendineuses, articulaires ou osseuses) ainsi que leur localisation sont similaires chez les hommes et chez les femmes.





**Figure 1 et 2 : Répartition et typologie des blessures des footballeuses (Larruskain et al 2017)**

Selon Larruskain et al, 2017, les membres inférieurs sont particulièrement sujets aux blessures dans le football, ce qui est logique compte tenu de la nature de ce sport. La cuisse est la région la plus touchée (30%), suivie par les genoux, les hanches (16%) et les chevilles (15%). Ce constat s'observe également par le nombre de traumatismes au niveau musculaire (>50%) et au niveau des articulations (>35%). Les femmes auraient des blessures de gravité plus élevée que les hommes, ce qui augmente leur taux d'indisponibilité lors des entraînements et des matchs au cours d'une saison.

le système national des rapports sur les blessures et maladies sportives à crée en 1975, un classement selon de la gravité des blessures en 3 catégories. Aujourd'hui encore, le plus utilisé est constitué de 4 catégories (Ekstrand et al, 2008) : Une blessure dite « minime » compte en moyenne 1 à 3 jours d'absences sur les terrains. Une blessure dite « moyenne » compte en moyenne 4 à 7 jours d'absences sur les terrains. Une blessure dite « modérée » compte 8 à 28 jours d'absences sur les terrains et pour une blessure dite « sévère » on compte plus de 28 jours d'absences sur les terrains.

## 2.2 Déficits musculaires

« Quand des joueurs se blessent à répétition, ce n'est pas qu'un manque de chance, c'est une question d'hygiène de vie, intelligence dans l'engagement physique, dans la préparation et la récupération. » (Guy Novès, sélectionneur de l'équipe de France de rugby.).

Certains auteurs montrent (Croisier et al 2008 ; Espinosa et al 2015) qu'un déséquilibre musculaire peut être source de blessures. Un manque de force à l'ischio jambier serait prédictif d'un risque de blessure. Le paramètre prédominant d'un risque accru de blessure est le ratio mixte (rapport de force maximale ischio jambier – quadriceps) ; on notera qu'il existe encore trop peu d'études sur l'impact d'un déficit musculaire sur le risque de blessures dans le football féminin. Le déséquilibre ou faiblesse musculaire se caractérisent par une faiblesse de la force, la puissance, l'activation ou de l'endurance de force, qui

affectent la stabilisation et le contrôle articulaire et musculaire. Les déséquilibres musculaires sont une des causes qui peuvent expliquer les lésions musculaires au niveau des quadriceps et des ischio jambiers, en raison de leur rôle freinateur du mouvement. Par ailleurs, les femmes ont une activation plus faible des fléchisseurs iliaques et des adducteurs que les hommes. Le coup de pied et les changements de directions sont les principaux facteurs de tensions au niveau des quadriceps et des adducteurs (Croisier et al 2008 ; Espinosa et al 2015).

### **2.2.1 Facteurs intrinsèques**

Les facteurs intrinsèques proviennent de soi, de l'individu et influencent son fonctionnement.

#### **Les facteurs anthropométriques :**

Plusieurs études (Lexell et al,1998 ; Doherty, 2019 ; Wang et al, 2020) ont montré que les femmes possèdent plus de fibres de type I (lente) que des fibres de type II (rapide) que les hommes. On observe une diminution significative de la proportion des fibres de type II (contraction rapide) et une augmentation des fibres de type I (contraction lente) vers 30 ans. De même pour, la taille des fibres musculaires et la densité capillaire qui diminue. Cela, a pour conséquence une perte de masse musculaire, de force et une diminution des adaptations nerveuse. De plus, le vieillissement perturbe la diffusion des messages nerveux entre le cerveau et les cellules, ce qui ralentit la cicatrisation cellulaire. Cela a pour conséquence d'augmenter le risque de développer une pathologie. Ce qui explique les retraites sportives vers 30 ans (Zouhal et al, 2021). Les risques dus au vieillissement cellulaire dépendent essentiellement de l'activité physique hebdomadaire et de l'hygiène de vie.

Il existe une corrélation significative entre la masse grasse et la force musculaire des membres inférieurs. Les athlètes ayant une masse grasse plus faible ont montré une force musculaire et une endurance plus élevée dans les membres inférieurs. Or, il n'y a pas de corrélation significative entre la masse grasse et les performances sportives. Ainsi, il existe une influence sur la force musculaire des membres inférieure chez les femmes sportive de haut niveau, mais pas sur les performances en générales (Shang-Chu et al, 2017).

Selon Memain et al (2021) et Zouhal et al (2021), Les spécificités morphologiques et anatomiques liés au sexe ont une incidence sur le développement de la masse musculaire et augmente le risque de blessure musculaire et articulaire - ligamentaire, surtout chez les femmes.

### **Les spécificités morphologiques et anatomiques :**

Chez un public féminin, les os sont naturellement plus fragiles. Toutefois, la pratique d'une activité physique renforce et augmente la densité minérale et le capital cartilagineux (Wang et al, 2020). Les femmes présentent des différences anatomiques par rapport aux hommes, notamment au niveau de leur bassin et de leurs hanches. Elles ont un bassin plus large avec une plus grande antéversion (rotation vers l'avant) des hanches, une grande antéversion fémorale et une ceinture scapulaire, pelvienne inversées par rapport à l'homme ; Ce qui est nécessaire pour le développement du fœtus. Ces caractéristiques entraînent une faible activation du moyen fessier et du tibial antérieur, ce qui favorise un valgus (vers l'intérieur) des genoux et un pied pronateur (affaissement médio pied avec une cheville qui s'écrase vers l'intérieur) (Dubois et al, 2020). En effet, la diminution de l'efficacité du moyen fessier est également le fruit, d'un manque d'endurance à répéter un geste en abduction (mouvement qui éloigne un membre du corps). Comme les ischio jambiers sont en relation avec le fessier pour l'extension et l'abduction de la hanche, en plus de jouer un rôle important dans la stabilité du genou et le contrôle neuromusculaire, alors il est nécessaire de ne pas négliger le renforcement des fessiers dans un programme de prévention (Houck et al, 2005 ; O'Sullivan et al, 2022). Ces spécificités ont pour conséquence d'accroître les tensions sur les ligaments, les tendons du genou, de la cheville et de la voûte plantaire, ce qui favorise les tensions musculaires (surtout les lésions aux ischio jambiers et ilio-psoas), les entorses ou inflammations des tendons et ligaments latéraux (TFL, Sartorius ou LLI, LLE) du genou (O'Sullivan et al, 2022). Ceci montre la nécessité d'améliorer l'équilibre agoniste - antagoniste pour limiter les tensions au niveau ligamentaire et tendineuses (O'Sullivan et al, 2022).

Le public féminin à une échancre inter condylienne plus étroite, une pente tibiale plus importante, des ligaments croisés antérieur (LCA) plus courts, moins dense, une certaine rigidité des ischio jambiers et une tendance à l'hyperlaxité ligamentaire que l'homme (O'Sullivan et al, 2022). Les spécificités citées ci-dessus favorise une instabilité articulaire, varus (vers l'extérieur) ou valgus), qui entraîne des contraintes et tensions au niveau musculaire et ligamentaire ; et donc un risque de blessure 2 à 7 fois plus élevé que les hommes au niveau des LCA (Memain et al, 2021 ; Zouhal et al, 2021). Lors d'un saut ou d'un sprint à haute intensité les muscles de la cuisse (quadriceps, ischio jambiers, fessiers) ont un rôle de stabilisation du genou, et de coordination motrice dans la transmission de force et de puissance. S'il y a un manque de stabilité unipodal, une faiblesse de l'activation du fessier et une faiblesse musculaire quadriceps et (ou) ischio jambiers, alors cela affecte le contrôle neuromusculaire qui émet une forte contrainte sur les LCA. La conséquence est une augmentation du risque de blessure aux ischio jambiers, quadriceps et surtout aux LCA (Randell et al, 2021 ; Zouhal et al, 2021).

Le tronc joue un rôle essentiel dans les mouvements des membres inférieurs et supérieurs, tant sur le transfert de la force, que sur la stabilité (Houck et al, 2006). Il est important d'en tenir compte dans la prévention et l'amélioration des performances. Un travail des muscles abdominaux, dorsaux, intercostaux, pelvien et des fessiers améliore le contrôle neuromusculaire, la stabilité et musculaire et de ces chaînes (Zazulak et al, 2007 ; O'Sullivan et al, 2022), ce qui optimise le transfert de force, la coordination et la propulsion lors des appuis.

L'équilibre entre la souplesse et la stabilité est un enjeu important car ces deux paramètres s'opposent. En effet, la souplesse demande une amplitude de mouvement et une certaine élasticité, tandis que la stabilité demande un tonus musculaire, ligamentaire. Il est donc crucial de trouver un juste milieu et obtenir une combinaison bénéfique entre ces deux paramètres. Dans cette optique, les recherches de O'Sullivan et al (2022) ont souligné l'importance de travailler cet équilibre afin d'améliorer la stabilité du tronc et le contrôle neuromusculaire. De même que cet équilibre doit se retrouver sur les chaînes fonctionnelles musculaires afin de réduire les tensions et améliorer les performance musculaire (Broussal-Derval et Ganneau, 2018).

La femme possède également des différences métaboliques telles que le pourcentage d'eau dans le corps d'une femme varie en fonction de plusieurs facteurs tels que l'âge, la masse musculaire, le pourcentage de graisse corporelle et de la santé générale. La déshydratation est plus souvent observée chez les femmes que les hommes. Cela apporte des problèmes inflammatoires, de digestion, de comportement, physiologiques et psychologiques (Belval et al, 2019). Le corps est composé en moyenne chez une femme de 50 à 55% d'eau, ce qui aide à la thermorégulation (sudation). Peu de données existent sur les effets de la déshydratation, hydrations ou surhydratation chez une population de sportives de haut niveau. Or il est important de maintenir un équilibre hydrique adéquat pour optimiser leur performance sportive et prévenir les problèmes de santé.

Tous sportifs de haut niveau à un suivi médical sur sa santé physique et psychologique. Il est important de connaître les antécédents de blessure et autre contrainte afin d'optimiser de manière individuelle, la prévention des blessures. Ou lors d'une blessure, adapter au mieux pour une reprise le plus rapidement possible et sans récurrence. Il a été montré Hagglund et al, 2012 qu'un joueur ayant des antécédents de blessures à plus de risque de se blesser la saison suivante qu'un joueur « sain ». Un footballeur en rééducation doit retrouver une forme physique et mentale semblable ou supérieur aux tests effectués avant blessure afin d'éviter une récurrence.

Lors de la course (Annexe 1 et 2), L'étude de Morin et al (2015) montre le rôle des ischio jambiers qui est de ralentir, freiner, à la fin de la phase de swing. Un pic d'activité est recensé lors de la phase oscillante (avant l'attaque du pied au sol). La capacité des ischio jambiers à produire une force horizontale dépend de la force excentrique qu'elle peut déployer lors des courses à haute intensité. Un pic d'activation plus légère est également présent lors de la phase d'appuis en co-contraction ischio jambier – quadriceps pour stabiliser le genou et transférer une force horizontale. Lors de la réception et de la propulsion sur un saut ou sur un sprint, les membres inférieurs et les articulations subissent trois fois le poids du corps. Ce phénomène disparaît lors de la phase aérienne. « Les impacts lourds avec le sol liés à une hyperlaxité et une forte pronation médio pied accroissent le risque d'entorse de la cheville » (Dubois et al, 2020). Les sollicitations des ischio jambiers sont plus importantes lors des sprints, accélération, décélération et course en montée (Dr. Bacquaert et al, 2020).

### **2.2.2 Facteurs extrinsèques**

La distance effectuée à haute vitesse par les joueuses (>16km/h) est comprise entre 700 et 2000m et une distance en sprint de 280m en match (Mohr et al 2004 ; 2008). Les postes parcourant le moins de distance et le moins de course à haute intensité lors d'un match sont les défenseurs centraux. Les milieux centraux et excentrés sont ceux qui parcourent le plus de distance et de course à haute intensité lors d'un match (Zouhal et al, 2021). Il ne faut pas oublier que « chaque poste a des contraintes et sollicitations différentes » (Bessière, 2021). Cette discipline demande des changements de rythme multidirectionnel et une diversité de mouvement tels que sauter, tacler, recule-frein, accélération, etc., ce qui a pour conséquence des microtraumatismes musculaires qui sont sources de blessure.

L'alternance entre le terrain naturel et synthétique est un facteur qui augmente le risque de blessure (Bessière, 2021). Il est préférable de s'entraîner et jouer le plus possible sur le même type de terrain. Dubois et al (2020) a montré qu'un équipement neuf demande une adaptation biomécanique du sportif, cette période augmenterait le risque de blessures (le risque serait deux fois plus important lors de l'utilisation de crampons d'une tierce personne). De même que, les crampons (fer ou moulés) doivent convenir à la morphologie du pied, mais aussi au type de terrain pour réduire les traumatismes des éventuels impacts et appuis.

## **2.3 Évaluation de l'efficacité des stratégies préventives**

Croisier et al. (2008) ont montré que les déséquilibres musculaires quadriceps – ischio jambiers décelés par un test isocinétique montre un réel risque accru de blessures. Rééquilibrer les déficits diminue

significativement l'incidence de blessures musculaires des membres inférieurs. Un ratio quadriceps / ischio jambier à 60°/s inférieur à 0,6 est augmenté le d'un risque de blessure à l'ischio jambier (égale à un déficit à l'ischio jambier). A l'inverse, un ratio supérieur à 0,7 augmente le risque de blessure au quadriceps (égale à un déficit au quadriceps). En effet les normes requises pour des sportifs sont d'avoir un ratio ischio jambier / quadriceps à 60°/s entre 0,5 à 0,7 et pour le ratio ischio jambier / quadriceps à 240°/s entre 0,7 et 0,9. De plus un déficit plus grand que 10 N.m est prédictif de blessure, mais moins accru que pour un ratio hors des normes (Lehnert et al, 2016).

Il a été montré (Espinosa et al, 2015), qu'un programme excentrique sur la prévention des lésions aux ischio jambiers chez des joueuses de football de haut niveau, de 21 semaines, a réduit significativement le risque et à améliorer le temps au sprint. Ce protocole est construit selon deux exercices : Le Nordic Hamstring (NHE) et exercice avec élastique en excentrique (EBE) (Annexe 3). Plusieurs études ont montré que l'utilisation du Nordic Hamstring Excentric (NHE) a été bénéfique en prévention des blessures, principalement pour les lésions aux ischio jambiers (Guruhan et al, 2020 ; O'Sullivan et al, 2022).

De même que dans l'étude de Biz et al, (2021b) ont montrés la différence d'efficacité de trois méthodes excentriques. Le premier été le Fifa 11+ (la partie 1 et 3 à l'échauffement et la partie 2 après entraînement), le second consiste en des exercices excentriques de prévention tels que le pont sur tapis de glisse (avant entraînement : phase d'activation) et le troisième, des exercices excentriques, le Nordique Hamstring (NHE), associé à des exercices de stabilité du tronc (fait avant et après l'entraînement). Cette revue montre plusieurs programmes de prévention afin de diminuer l'incidence des blessures de la cuisse (surtout des ischio jambiers) et des ligaments croisés antérieur chez des joueurs de football de haut niveau. Les exercices excentriques, le NHE et le protocole Fifa 11+ sont des méthodes qui permettent de réduire le risque de blessures. Or il est important de différencier les types de contractions et la spécificité des exercices pour améliorer l'équilibre, l'agilité et le contrôle neuro-musculaires. Tamalet & Maillé (2014) ont montré qu'un travail de stabilité et d'équilibre du tronc réduirait significativement le risque de blessures. Un travail de renforcement et de rééquilibrage musculaires, améliore la stabilité et le contrôle des mouvements (cependant il réduit la flexibilité), de même qu'un travail de souplesse et de mobilité améliorerait l'amplitude (Espinosa, 2015).

Il est nécessaire dans l'élaboration d'un programme de prévention de se rapprocher des diverses contraintes musculaires et de mouvements polyarticulaires et de différent type de contraction (concentrique, excentrique) effectués lors de la pratique. Ainsi des exercices de chaînes articulaires et

musculaires doivent être élaborés. Broussal-derval et al (2018) ; O’Sullivan et al (2022) ont montré que « Chaque système musculaire propulseur du mouvement (agoniste) est suivi par un système frénateur (antagoniste) ». Cela permet le bon contrôle d’un mouvement avec précision. Par conséquent, un déséquilibre musculaire peut réduire la stabilité et le contrôle d’un mouvement et donc provoquer un risque de blessure non pas seulement du muscle portant un déficit, mais aussi des muscles conjointement liés par la chaîne musculaire. De plus, les muscles agonistes – antagonistes sont assistés lors des mouvements par des muscles dit auxiliaires (adducteur, fessiers, psoas), aussi appelés synergistes. Dans le cas d’un déficit quadriceps - ischio jambier, lié aux caractéristiques anatomiques de la femme, il expose les membres inférieurs et l’articulation du genou à un risque de blessure élevée.

Les articles précédemment cités montrent qu’un déséquilibre musculaire au niveau des ischio jambiers est source d’un risque de blessures élevé au niveau de la cuisse mais aussi de la chaîne musculaire à laquelle il appartient. Ainsi, il est important dans l’élaboration d’un programme de prévention des blessures de mettre des exercices spécifiques au déficit (ici pour l’ischio jambier en excentrique), de travailler les muscles auxiliaires souvent faibles mais à risque et de travailler la stabilité et l’équilibre neuro-musculaire du tronc.

### **3 Objectifs et hypothèses**

#### **Problématique**

Un programme de prévention individualisé, permet-il de rééquilibrer les déséquilibres musculaires observés lors du test isocinétique du genou ?

#### **Objectif(s)**

L’objectif est de réduire le déséquilibre musculaire agoniste – antagoniste (quadriceps – ischio jambiers) par un programme de prévention spécifique au déficit afin de renforcer les muscles et de diminuer les risques de blessure.

#### **Hypothèse(s)**

Un programme de prévention individualisé aux déficits observés grâce au test isocinétique permettrait de renforcer et rééquilibrer les déficits musculaires.

## 4 Stage

### Lieu de stage

Le Racing Club de Lens (RCL) évolue au sein du centre technique et sportif de la Gaillette.

Adresse : 33 rue Arthur Lamendin, 62210 Avion

### Présentation

Le Racing Club de Lens a été fondé en 1906 et son Centre Technique et Sportif de la Gaillette a été inauguré en 2002. Cette structure accueille toutes les équipes du club, des U6 à la ligue 1 masculine et la ligue 2 féminine. Il existe en ses murs de multiples secteurs d'activité : médical, surveillant, éducateurs, intervenant, stagiaire, informaticien, médiatique, etc. la Gaillette possède une infrastructure d'accueil, de restauration, d'hébergement et plusieurs terrains.

### La section féminine

Le Racing Club de Lens féminin s'est officialisé en juillet 2020. Pour ce faire, le club à travailler en étroite collaboration avec le club D'Arras Football Club Féminin et son maire, aboutissant au transfert des droits sportifs. La première saison du RCL Féminin fut en 2020-2021 sous les couleurs Sang et Or. la Gaillette ouvre ses portes à la D2 féminine, or, il n'y a pas la place pour toute une section féminine. Ainsi, il utilise le Stade Degouve à Arras pour les matchs et le Stade Pierre Bolle pour les jeunes (Organigramme de la section annexe 4).

### 4.1 Sujets

L'étude est menée lors de la saison 2022 – 2023. 10 joueuses de la D2 féminine ont participé à l'étude. Les critères d'inclusion étaient les suivants : être disponible et volontaire, ne pas avoir subi de blessure de type lésionnel à la cuisse depuis 1 mois, avoir un déséquilibre musculaire décelé lors du test isocinétique effectué en juillet 2022. Les 10 joueuses sélectionnées sont âgées de 20 à 29 ans ( $23,4 \pm 2,8$ ), de taille 1,57 à 1,76 mètre ( $1,66 \pm 0,05$ ) et d'une masse corporelle de 53 à 66 kg ( $59,4 \pm 4,52$ ) (**Annexe 6**). Il a été décelé sur 10 joueuses des déséquilibres au niveau des ischio jambiers et des quadriceps. Ces joueuses ont souvent des gênes ou des douleurs au niveau de la cuisse. Ainsi nous allons mettre en place un programme de 6 semaines afin d'éviter une blessure et rééquilibrer les déficits au niveau des ischio jambiers qui peuvent être une des sources de ses tensions et un risque de blessure.



**Le protocole sera effectué 2 fois par semaine :**

<b>JOUR</b>	<b>AXE DE TRAVAIL</b>	<b>MISE EN PLACE DU PROGRAMME</b>
<b>LUNDI</b>	Repos ou Soir : Récupération ou technique	
<b>MARDI</b>	Matin et soir : Force et Endurance	Après la musculation
<b>MERCREDI</b>	Matin : Force	
<b>JEUDI</b>	Soir : Vitesse	Pendant l'activation
<b>VENDREDI</b>	Soir : Vivacité	
<b>SAMEDI</b>	Matin : Réactivité	
<b>DIMANCHE</b>	Match ou repos	

#### **4.2 Matériel et techniques de mesure**

Les joueuses ont été familiarisée avec la machine Cybex lors du premier test de la saison effectué en aout 2022. Pour cette étude, elles ont effectué sur la même machine une machine isocinétique (cybex), le 15 février 2023. Le test est effectué par un kinésithérapeute et le préparateur physique en charge de la prévention (moi-même).

Le test isocinétique sur Cybex évalue l'équilibre musculaire entre le membre droit et le gauche, mais aussi par un ratio agoniste – antagoniste (quadriceps – ischio jambiers). Il permet d'obtenir un ensemble de paramètres sur les couples de force maximal, l'endurance, la puissance, la fatigabilité et de comparer les groupes musculaires pour en observer l'état fonctionnel du membre et de ses répercussions lors de mouvements complexes. Le protocole d'installation et la réalisation du test permettent d'obtenir une évaluation spécifique, mesurable, atteignable, reproductible, temporelle. (CHR Haute Seine).

##### **Test sur machine isocinétique**

Un échauffement de 10 minutes est effectué sur vélo. Ensuite, le sujet s'installe sur la machine en position assise : s'assoie au fond du siège, les hanches à 90° de flexion, sanglé au niveau du thorax, de la cuisse et à 1,5 à 2 cm de la malléole avec un support de résistance (après avoir placé le dynamomètre) de la jambe testée. La jambe non testée n'est pas sanglée. L'axe du dynamomètre doit être positionné au niveau de l'axe du genou, ensuite sanglé, puis placé le support de résistance. L'amplitude angulaire a été fixée à 100° de flexion du genou par rapport à l'extension active maximale à 0° de flexion.

### **Déroulement du test :**

#### **En mode concentrique des ischio jambiers (IJ) et quadriceps (Q) :**

Dans une première partie à vitesse lente 60°/s, on effectue 3 essais de familiarisation, puis après 1'30 de repos, 3 répétitions à effort maximal. Ensuite, à vitesse rapide 240°/s, 3 essais de familiarisation, puis 1'30 de repos et 5 répétitions maximales.

#### **En mode excentrique des ischio jambiers (IJ) :**

Dans cette seconde partie en excentrique à vitesse lente 30°/s, on effectue 3 essais de familiarisation, puis 1'30 de repos et 3 répétitions maximales.

## **5 Protocole**

Les joueuses ont chacune une fiche médicale individuelle sur le suivi des blessures (date de blessure, date de réathlétisation et de reprise terrain), test isocinétique et des données anthropométriques. Il a été décelé sur 10 joueuses des déséquilibres au niveau musculaires. Nous allons mettre en place un programme de 6 semaines afin de rééquilibrer les déficits au niveau des quadriceps et ischio jambiers, puis, dans un second objectif diminuer le risque de blessure. L'Annexe 7 montre le suivi du sujet 3 et 9 avec le test isocinétique de février, le protocole adapté et individualisé et le test de retour.

Les exercices ont été choisis par rapport à notre population et ses spécificités, à savoir une tendance à une instabilité articulaire en particulier genou et cheville, un manque d'activation du moyen fessier et une faiblesse des ischio-jambiers. Ainsi pour les déficits du quadriceps, nous avons choisis la fente bulgare (sol stable 2 semaines et instable 3 semaines) qui a une sollicitation musculaire du quadriceps, du biceps fémoral et du fessier lors de l'impulsion et sollicite l'articulation du genou et de la cheville de manière similaire. Par conséquent cette exercice permet une amélioration neuro-musculaire, une stabilité du tronc et des membres inférieurs (hanches, genoux, chevilles) et de l'impulsion (Andersen et al, 2014 ; Mackey et al, 2021). L'étude de Hegyi et al (2019) montre l'activité électromyographie des ischio jambiers selon divers exercices. Cette étude montre une plus grande activation des muscles du biceps fémoral long et court, semi tendineux de manière générale (Annexe 5), et une activation médiale du semi membraneux (une activité plus générale avec l'exercice du « Russian belt » ; Mendez-Villanueva, 2016).

## **6 Analyse statistique**

Les données ont été analysées à l'aide de l'application JASP. Pour les groupes de travail ayant 3 ou plus de sujets, nous avons d'abord vérifié la normalité par le biais du test de Shapiro-Wilk. Ensuite, si le paramètre est validé, nous avons effectué un T test, sinon le test de Wilcoxon. La significativité statistique  $p = <0,05$  pour l'accepter. De plus, nous avons fait une analyse de la différence minimale cliniquement importante (MCID).

## **7 Résultats**

L'ensemble des données sont sur un tableur Excel codé en annexe 6. De même pour les tests effectués par le biais de l'application JASP en annexe 8.

**Titre :** Etude statistique et clinique de l'évolution des muscles lésés.

Tests	Moyennes Avant (N.m)	Moyennes après (N.m)	Evolution / sujet (S) (N.m)	SD (N.m)	SEM (N.m)	MCID (N.m)
Quadriceps droit en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=3)	133 (25,87)	164,33 (15,01)	S3 = 69 S7 = 4 S10 = 21	22,15	4,95	9,71
Quadriceps gauche en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=2)	112,5 (14,85)	124 (19,8)	S1 = 8 S10 = 15	8,13	1,82	3,56
Quadriceps gauche en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=2)	119 (5,66)	133 (16,97)	S1 = 6 S10 = 22	9,90	2,21	4,34
Ischio jambier droit en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=2)	75,5 (16,26)	78 (19,8)	S5 = 0 S7 = 5	1,77	0,40	0,77
Ischio jambier droit en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=2)	91,5 (26,16)	95,5 (20,506)	S5 = 8 S7 = 0	2,83	0,63	1,24
Ischio jambier gauche en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	70 (14,93)	84 (10,44)*	S1 = 13 S3 = 19 S9 = 10	9,90	2,21	4,34
Quadriceps droit en concentrique 240°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	88 (19,975)	93 (18,33)	S3 = 3 S7 = 6 S10 = 6	3,54	0,79	1,55
Quadriceps gauche en concentrique 240°/s. Travail du pic de couple. (n=1)	70,5 (12,021)	78,5 (3,54)	S1 = 14	5,66	1,26	2,48
Quadriceps gauche en concentrique 240°/s. Travail de répétitions. (n=1)	54 (5,66)	61,5 (4,95)	S1 = 8	5,30	1,19	2,32
Ischio jambier droit en excentrique 30°/s. Travail en pic de couple. (n=1)	103	108	S8 = 5	3,54	0,79	1,55
Ischio jambier droit en excentrique 30°/s. Travail de répétitions. (n=1)	129	132	S8 = 3	2,12	0,47	0,93
Ischio jambier gauche en excentrique 30°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	117,5 (4,95)	125,5 (0,71)	S2 = 12 S3 = -2 S6 = 4	5,66	1,26	2,48
Ischio jambier gauche en excentrique 30°/s. Travail de répétitions. (n=3)	118,33 (25,72)	138 (12,53)	S2 = 14 S3 = 37 S6 = 8	13,91	3,11	6,10

On remarque une amélioration significative pour le groupe ayant travaillé l'ischio jambier gauche en concentrique 60°/s, en pic de couple ( $p < 0,05$ , annexe 8). De plus, on observe que l'ensemble des groupes ont une différence clinique supérieur au minimum, sauf pour le sujet 7 sur le travail du quadriceps droit en concentrique 60°/s (travail de répétitions ; 4 N.m < 9,71 N.m) et sur le travail de l'ischio jambier droit en concentrique 60°/s (travail de répétitions ; 0 N.m < 1,24 N.m), le sujet 5 sur le travail de l'ischio jambier droit en concentrique 60°/s (travail du pic de couple ; 0 N.m < 0,77 N.m), le

sujet 3 sur le travail de l'ischio jambier gauche en excentrique 30°/s (travail du pic de couple ; -2 N.m < 2,48 N.m).

**Titre :** Etude clinique de l'évolution des déficits droite – gauche.

Tests : Déficits D/G	Moyennes Avant (N.m)	Moyennes après (N.m)	Evolution / sujet (S) (N.m)	SD (N.m)	SEM (N.m)	MCID (N.m)
Quadriceps droit en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=3)	8,33	1,67	S3 = -11 S7 = -9 S10 = 0	4,71	1,05	2,07
Quadriceps gauche en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=2)	10,50	5,00	S1 = -14 S10 = 3	3,89	0,87	1,70
Quadriceps gauche en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=2)	8,50	6,00	S1 = -5 S10 = 0	1,77	0,40	0,77
Ischio jambier droit en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=2)	10,00	15,00	S5 = 24 S7 = -14	3,54	0,79	1,55
Ischio jambier droit en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=2)	16,00	2,00	S5 = -18 S7 = -10	9,90	2,21	4,34
Ischio jambier gauche en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	19,67	7,00	S1 = -1 S3 = -27 S9 = -10	8,96	2,00	3,93
Quadriceps droit en concentrique 240°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	18,67	4,00	S3 = -20 S4 = -9 S9 = -15	10,37	2,32	4,55
Quadriceps gauche en concentrique 240°/s. Travail du pic de couple. (n=1)	22,00	2,00	S1 = -20	14,14	3,16	6,20
Quadriceps gauche en concentrique 240°/s. Travail de répétitions. (n=1)	23,00	4,00	S1 = -19	13,44	3,00	5,89
Ischio jambier droit en excentrique 30°/s. Travail en pic de couple. (n=1)	22,00	8,00	S8 = -14	9,90	2,21	4,34
Ischio jambier droit en excentrique 30°/s. Travail de répétitions. (n=1)	12,00	6,00	S8 = -6	4,24	0,95	1,86
Ischio jambier gauche en excentrique 30°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	11,67	15,33	S2 = 1 S3 = 15 S6 = -5	2,59	0,58	1,14
Ischio jambier gauche en excentrique 30°/s. Travail de répétitions. (n=3)	18,00	9,00	S2 = 7 S3 = -23 S6 = -11	6,36	1,42	2,79

Ici on recherche une différence de diminution clinique importante des déficits droits - gauches d'un même muscle (MCID). On remarque une diminution cliniquement important des déficits pour l'ensemble des groupes, sauf pour le sujet 10 sur le travail du quadriceps droit en concentrique 60°/s (travail de répétitions ; 0 N.m > -2,07 N.m) et à gauche (travail de pic de couple et de répétitions; 3 N.m

> -1,70 N.m, 0 N.m > - 0,77 N.m), le sujet 5 sur le travail de l'ischio jambier droit en concentrique 60°/s (travail du pic de couple ; 24 N.m < -1,55 N.m), le sujet 1 sur le travail de l'ischio jambier gauche en concentrique 60°/s (travail du pic de couple ; -1 N.m > - 3,93 N.m), les sujets 2 et 3 sur le travail de l'ischio jambier gauche en excentrique 30°/s (travail du pic de couple ; 1 N.m > -1,14 N.m et 15 N.m > -1,14 N.m), le sujet 2 sur le travail de l'ischio jambier gauche en excentrique 30°/s (travail de répétitions ; 7 > -2,79).

**Titre :** Evolution des déficits droits - gauches d'un même muscle.

Genoux SUJETS	DATES CYBEX	Newton-Mètre	Quadriceps 60°/s	Ischio jambiers 60°/s	Quadriceps 240°/s	Ischio jambiers 240°/s	Ischio jambiers 30°/s
			Déficits (N.m)	Déficits (N.m)	Déficits (N.m)	Déficits (N.m)	Déficits (N.m)
Sujets 1	15/02/2023	Pic de couple	<u>19</u>	<u>10</u>	<u>22</u>	<u>11</u>	4
		W Répétition	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>23</u>	8	1
Sujets 1	12/04/2023	Pic de couple	<u>5</u>	<u>9</u>	<u>2</u>	<u>7</u>	3
		W Répétition	<u>9</u>	<u>16</u>	<u>4</u>	<u>9</u>	<u>14</u>
Sujets 2	15/02/2023	Pic de couple	2	5	9	7	<u>18</u>
		W Répétition	2	0	4	4	1
Sujets 2	05/04/2023	Pic de couple	<u>16</u>	<u>16</u>	4	<u>12</u>	<u>19</u>
		W Répétition	10	<u>12</u>	3	10	8
Sujets 3	15/02/2023	Pic de couple	9	<u>36</u>	<u>21</u>	<u>34</u>	7
		W Répétition	<u>13</u>	<u>37</u>	<u>19</u>	<u>60</u>	<u>32</u>
Sujets 3	05/04/2023	Pic de couple	2	<u>9</u>	<u>1</u>	<u>8</u>	<u>22</u>
		W Répétition	<u>2</u>	<u>10</u>	<u>8</u>	<u>22</u>	<u>9</u>
Sujets 4	15/02/2023	Pic de couple	5	9	<u>17</u>	5	8
		W Répétition	4	6	<u>20</u>	3	3
Sujets 4	05/04/2023	Pic de couple	7	2	<u>8</u>	<u>11</u>	<u>15</u>
		W Répétition	7	4	<u>12</u>	7	1
Sujets 5	15/02/2023	Pic de couple	2	6	2	3	<u>11</u>
		W Répétition	<u>11</u>	<u>18</u>	0	4	5
Sujets 5	19/04/2023	Pic de couple	<u>11</u>	<u>30</u>	7	<u>17</u>	<u>27</u>
		W Répétition	7	<u>26</u>	6	<u>19</u>	6
Sujets 6	15/02/2023	Pic de couple	3	<u>12</u>	1	6	10
		W Répétition	3	2	4	<u>12</u>	<u>21</u>
Sujets 6	19/04/2023	Pic de couple	4	<u>14</u>	3	4	5
		W Répétition	4	9	0	<u>14</u>	<u>10</u>
Sujets 7	15/02/2023	Pic de couple	9	<u>14</u>	<u>12</u>	6	5
		W Répétition	9	<u>14</u>	4	8	3
Sujets 7	19/04/2023	Pic de couple	4	<u>0</u>	10	0	1
		W Répétition	0	<u>4</u>	9	3	3
Sujets 8	15/02/2023	Pic de couple	1	8	7	10	<u>22</u>
		W Répétition	2	7	8	9	<u>12</u>
Sujets 8	19/04/2023	Pic de couple	1	5	5	<u>19</u>	<u>8</u>
		W Répétition	4	6	9	<u>20</u>	<u>6</u>
Sujets 9	15/02/2023	Pic de couple	3	<u>13</u>	<u>18</u>	4	3
		W Répétition	10	3	<u>18</u>	3	8
Sujets 9	19/04/2023	Pic de couple	3	<u>3</u>	<u>3</u>	2	6
		W Répétition	4	1	<u>4</u>	0	4
Sujets 10	15/02/2023	Pic de couple	<u>2</u>	<u>6</u>	2	6	<u>19</u>
		W Répétition	<u>3</u>	<u>1</u>	3	2	<u>13</u>
Sujets 10	05/04/2023	Pic de couple	<u>5</u>	<u>2</u>	5	<u>13</u>	<u>11</u>
		W Répétition	3	5	8	8	5

Légendes : orange : déficits >10 N.m. Souligné : cible du protocole.

On remarque que les sujets ont tous une diminution ou stagnation du déficit observé et travaillé dans le protocole. Le sujet 1 à une diminution de ses déficits sous la norme (< 10 N.m) sur le travail du quadriceps à 60°/s et à 240°/s et pour l'ischio jambier à 240°/s. Le sujet 3 à l'ensemble de ses déficits qui sont inférieur à 10 N.m après le protocole, sauf pour l'excentrique. Le sujet 7 passe également sous les 10 N.m sur le travail des ischio jambiers à 60°/s. De même pour le sujet 8 sur le travail en excentrique.

Cependant, sur les données non ciblées par le protocole, des nouveaux déficits sont apparus. Par exemple, le sujet 2 pour les ischios jambiers à 60°/s en concentrique (avant : 5 N.m, après : 16 N.m), le sujet 5 pour les ischios jambiers à 60°/s (avant : 6 N.m, après : 30 N.m) et 240°/s (avant : 2 N.m, après : 17 N.m), ou le sujet 8 pour les ischios jambiers 240°/s en concentrique (avant : 10 N.m, après : 19 N.m).

**Titre : Etude clinique de l'évolution des ratios agonistes antagonistes**

Tests : ratio agoniste - antagoniste	Moyennes Avant (%)	Moyennes après (%)	Evolution / sujet (S) (%)	SD (%)	SEM (%)	MCID (%)
Quadriceps droit en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=3)	0,68	0,59	S3 = 0,1 S7 = 0,02 S10 = 0,17	0,07	0,02	0,03
Quadriceps gauche en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=2)	0,74	0,75	S1 = 1,03 S10 = 0,01	0,01	0,00	0,00
Quadriceps gauche en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=2)	0,77	0,81	S1 = 1,15 S10 = 0,07	0,03	0,01	0,01
Ischio jambier droit en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=2)	0,49	0,53	S5 = 1,02 S7 = 1,06	0,03	0,01	0,01
Ischio jambier droit en concentrique 60°/s. Travail de répétitions. (n=2)	0,58	0,62	S5 = 1,11 S7 = 0,02	0,03	0,01	0,01
Ischio jambier gauche en concentrique 60°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	0,53	0,61	S1 = 1,03 S3 = 1,16 S9 = 1,05	0,06	0,01	0,02
Quadriceps droit en concentrique 240°/s. Travail du pic de couple. (n=3)	0,52	0,52	S1 = 0,09 S3 = 0,01 S9 = 1,09	0,00	0,00	0,00
Quadriceps gauche en concentrique 240°/s. Travail du pic de couple. (n=1)	0,89	0,70	S1 = 0,19	0,13	0,03	0,06
Quadriceps gauche en concentrique 240°/s. Travail de répétitions. (n=1)	0,89	0,70	S1 = 0,19	0,13	0,03	0,06

On remarque une différence cliniquement importante (MCID) pour l'ensemble du groupe sur l'évolution des ratio agoniste-antagoniste, sauf pour le sujet 3 sur le travail du quadriceps droit en concentrique 60°/s (travail de répétitions ; 0,1 < 0,03).

**Titre :** Evolution des ratios agonistes antagonistes avant-après protocole (en référence aux normes).

Genoux SUJETS	DATES CYBEX	Newton-Mètre	Ratio 60°/s 0,5<x<0,7 (%)		Ratio 240°/s 0,7<x<0,9 (%)	
			Droit	Gauche	Droit	Gauche
Sujets 1	15/02/2023	Pic de couple	0,67	<u>0,75</u>	0,78	<u>0,89</u>
		W Répétition	<u>0,71</u>	<u>0,69</u>	0,75	<u>0,89</u>
	12/04/2023	Pic de couple	<u>0,71</u>	<u>0,78</u>	0,74	<u>0,7</u>
		W Répétition	<u>0,78</u>	<u>0,84</u>	0,73	<u>0,7</u>
Sujets 2	15/02/2023	Pic de couple	0,55	0,53	0,73	<u>0,63</u>
		W Répétition	0,62	0,6	<u>0,68</u>	<u>0,62</u>
	05/04/2023	Pic de couple	0,56	0,56	0,76	<u>0,64</u>
		W Répétition	<u>0,72</u>	<u>0,71</u>	0,73	<u>0,63</u>
Sujets 3	15/02/2023	Pic de couple	<u>0,53</u>	<u>0,3</u>	<u>0,47</u>	<u>0,41</u>
		W Répétition	<u>0,55</u>	<u>0,3</u>	<u>0,24</u>	<u>0,41</u>
	05/04/2023	Pic de couple	<u>0,43</u>	<u>0,46</u>	<u>0,45</u>	<u>0,32</u>
		W Répétition	<u>0,45</u>	<u>0,52</u>	<u>0,49</u>	<u>0,45</u>
Sujets 4	15/02/2023	Pic de couple	0,55	<u>0,47</u>	<u>0,71</u>	<u>0,56</u>
		W Répétition	0,62	0,64	<u>0,7</u>	<u>0,54</u>
	05/04/2023	Pic de couple	0,54	0,5	<u>0,67</u>	<u>0,55</u>
		W Répétition	0,64	0,57	<u>0,67</u>	<u>0,55</u>
Sujets 5	15/02/2023	Pic de couple	<u>0,44</u>	<u>0,48</u>	<u>0,49</u>	<u>0,52</u>
		W Répétition	<u>0,47</u>	0,65	<u>0,47</u>	<u>0,49</u>
	19/04/2023	Pic de couple	<u>0,46</u>	0,58	<u>0,62</u>	<u>0,69</u>
		W Répétition	0,58	<u>0,73</u>	<u>0,57</u>	<u>0,67</u>
Sujets 6	15/02/2023	Pic de couple	<u>0,69</u>	0,59	0,8	0,75
		W Répétition	<u>0,75</u>	<u>0,71</u>	0,74	<u>0,68</u>
	19/04/2023	Pic de couple	<u>0,65</u>	0,58	0,79	0,78
		W Répétition	<u>0,77</u>	<u>0,73</u>	0,8	<u>0,69</u>
Sujets 7	15/02/2023	Pic de couple	<u>0,54</u>	0,56	0,74	0,7
		W Répétition	<u>0,68</u>	<u>0,72</u>	<u>0,65</u>	<u>0,68</u>
	19/04/2023	Pic de couple	<u>0,6</u>	0,58	0,8	0,72
		W Répétition	<u>0,66</u>	0,69	0,76	0,7
Sujets 8	15/02/2023	Pic de couple	0,56	0,62	<u>0,63</u>	0,75
		W Répétition	0,59	0,65	<u>0,59</u>	0,71
	19/04/2023	Pic de couple	0,54	0,57	<u>0,61</u>	0,72
		W Répétition	0,6	0,67	<u>0,57</u>	<u>0,65</u>
Sujets 9	15/02/2023	Pic de couple	0,61	<u>0,55</u>	<u>0,75</u>	<u>0,59</u>
		W Répétition	0,67	<u>0,73</u>	<u>0,66</u>	<u>0,56</u>
	19/04/2023	Pic de couple	0,57	<u>0,6</u>	<u>0,77</u>	<u>0,68</u>
		W Répétition	0,65	<u>0,67</u>	<u>0,72</u>	<u>0,65</u>
Sujets 10	15/02/2023	Pic de couple	<u>0,67</u>	<u>0,72</u>	0,73	0,77
		W Répétition	<u>0,82</u>	<u>0,85</u>	0,66	0,74
	05/04/2023	Pic de couple	<u>0,61</u>	<u>0,71</u>	0,65	0,78
		W Répétition	<u>0,65</u>	<u>0,78</u>	0,63	0,75

Légendes : orange : ratios en dehors des normes (60°/s = 0,5 < x < 0,7 et 240°/s = 0,7 < x < 0,9). Souligné : cible du protocole.

On remarque que le sujet 9 après protocole à des ratios qui se régulent dans les intervalles des normes recommandées (ratio 60°/s à gauche : travail du pic de couple avant = 0,5 < 0,55 < 0,7, après = 0,5 < 0,6 < 0,7 et sur le travail de répétition 0,5 < 0,73 > 0,7. Ratio 240°/s à droite : travail du pic de couple avant = 0,7 < 0,75 < 0,9, après = 0,7 < 0,77 < 0,9, et sur le travail de répétition avant = 0,5 < 0,66 < 0,7, après = ,5 < 0,72 < 0,7). De même pour le sujet 7. Le sujet 10 à une évolution de ses ratios qui tendent vers les normes (Ratio 240°/s : travail du pic de couple avant = 0,7 < 0,89 < 0,9, après = 0,7 < 0,7 < 0,9).



## 7.1 Discussions

A la suite du protocole de 5 semaine, on observe une diminution des déficits ischio jambiers (droite – gauche) et quadriceps (droit -gauche) sous la norme recommandée (Lehnert et al, 2016) pour 8 sujets sur 10 et de manière cliniquement important (MCID). Cela montre que le protocole a un réel impact sur le rééquilibrage des déficits musculaires observé lors du test. Or pour les données non ciblées par le protocole, nous observons une diminution du pic de force qui pourrait s'expliquer par un manque d'efficacité des séances de musculation pour maintenir ou augmenter la masse musculaire ? En ce qui concerne l'évolution des ratios agonistes-antagoniste après protocole, nous avons le sujet 7 et 9 qui ont des ratios qui entre dans les normes recommandées (un ratio ischio jambier / quadriceps à 60°/s entre 0,5 à 0,7 et pour le ratio ischio jambier / quadriceps à 240°/s entre 0,7 et 0,9 ; Lehnert et al, 2016). Pour mieux réguler les ratios, il faudrait un protocole plus long, sur une saison. Ou de travailler directement sur la machine cybex afin d'avoir des résultats en direct et plus rapide pour la précision des données (vitesse, résistance, angle). L'ensemble des sujets ont eu aucune blessure pendant le protocole et même après celui-ci. Certaines évoquent moins de tension ou de gêne à la suite d'une séance intense. On pourrait ajouter un questionnaire de ressenti musculaire et un test terrain pour voir les effets d'un rééquilibrage musculaire sur des changements de direction.

## 7.2 Limites

Nous pouvons émettre comme limites le temps imparti qui était de 6 semaines. Pour un protocole de rééquilibrage, cela peut correspondre, mais il faudrait approfondir par le maintien de cet équilibre ou l'ajustement afin de continuer dans l'amélioration soit du déficit ( $<10$ ) ou du ratio afin d'atteindre les normes souhaité (60°/s (vitesse lente et contrôlé)  $=0,5 < x < 0,7$  et 240°/s (vitesse rapide, explosivité)  $=0,7 < x < 0,9$ ). De plus il y a un manque d'étude sur la population ou sur les effets des données du cybex sur les performances. Notre échantillon est trop court. Il faudrait élargir l'étude à un échantillonnage plus larges. Les fiches de protocole individuel sont expliquées et distribuées aux sujets afin qu'elles l'exécutent en autonomie sous ma surveillance afin de réguler la posture, vitesse et la charge ou répondre aux questions.

## 8 Conclusion

La prise de conscience des caractéristiques physiques et physiologiques de la femme sportive et du risque accru de blessures au niveau des ischio jambiers et du quadriceps, permettra aux staffs des équipes de footballeuse d'anticiper et d'améliorer le suivi afin d'optimiser de leurs performances, leur disponibilité

et leur santé physique et mentale, par un programme de prévention des blessures spécifiques aux tests et données dits « à risque de blessures ».

Nous pourrions approfondir l'étude par un programme progressif qui pourrait donner de meilleurs résultats sur le long terme en ajustant et améliorant le protocole selon les données du test, afin de maintenir l'équilibre acquis tout en augmentant ses performances. De même qu'ajouter un test terrain afin d'observer l'apport sur les performances fonctionnel serait utile.

## 9 Références bibliographiques

- Andersen, V., Fimland, M. S., Brennsset, Ø., Haslestad, L. R., Lundteigen, M. S., Skalleberg, K., & Saeterbakken, A. H. (2014). Muscle Activation and Strength in Squat and Bulgarian Squat on Stable and Unstable Surface. *International Journal of Sports Medicine*, 35(14), 1196-1202. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1382016>
- Belval, L. N., Hosokawa, Y., Casa, D. J., Adams, W. M., Armstrong, L. E., Baker, L. B., Burke, L. M., Cheuvront, S. N., Chiampas, G., González-Alonso, J., Huggins, R., Kavouras, S. A., Lee, E. C., McDermott, B. P., Miller, K. M., Schlader, Z. J., Sims, S. T., Stearns, R. L., Troyanos, C., & Wingo, J. E. (2019). Practical Hydration Solutions for Sports. *Nutrients*, 11(7), 1550. <https://doi.org/10.3390/nu11071550>
- Biz, C., Nicoletti, P., Baldin, G., Bragazzi, N. L., Crimì, A., & Ruggieri, P. (2021). Hamstring Strain Injury (HSI) Prevention in Professional and Semi-Professional Football Teams : A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8272. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168272>
- Chang, E. C., Chu, C. W., Karageorghis, C. I., Wang, C., Tsai, J., Wang, Y., & Chang, Y. K. (2017). Relationship between mode of sport training and general cognitive performance. *Journal of Sport and Health Science*, 6(1), 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.07.007>
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475. <https://doi.org/10.1177/0363546508316764>

- Del Ama Espinosa, G., Pöyhönen, T., Aramendi, J. F., Samaniego, J. C., Emparanza Knörr, J. I., & Kyröläinen, H. (2015). Effects of an eccentric training programme on hamstring strain injuries in women football players. *Biomedical Human Kinetics*, 7(1). <https://doi.org/10.1515/bhk-2015-0019>
- Doherty, T. J. (2003). Invited Review : Aging and sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, 95(4), 1717-1727. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00347.2003>
- Gu, X., Zhang, Y., Liu, Y., Guo, H., Zhu, G., Wang, Z. (2021). Efficacy of the 11+ Injury Prevention Program for Anterior Cruciate Ligament Injury Reduction in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-analysis, p211-221.
- Guruhan, S., Kafa, N., Ecemis, Z. B., & Guzel, N. A. (2020). Muscle Activation Differences During Eccentric Hamstring Exercises. *Sports Health : A Multidisciplinary Approach*, 13(2), 181-186. <https://doi.org/10.1177/1941738120938649>
- Häggglund, M., & Waldén, M. (2016). Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(3), 737-746. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3922-z>
- Hegyi, A., Csala, D., Péter, A., Finni, T., & Cronin, N. J. (2019). High-density electromyography activity in various hamstring exercises. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(1), 34-43. <https://doi.org/10.1111/sms.13303>
- Houck, J. R., Duncan, A., & Haven, K. E. D. (2006). Comparison of frontal plane trunk kinematics and hip and knee moments during anticipated and unanticipated walking and side step cutting tasks. *Gait & Posture*, 24(3), 314-322. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.10.005>

- Larruskain, J., Lekue, J. A., Diaz, N., Odriozola, A., & Gil, S. M. (2017b). A comparison of injuries in elite male and female football players : A five-season prospective study. *Scandinavian Journal of Medicine & ; Science in Sports*, 28(1), 237-245. <https://doi.org/10.1111/sms.12860>
- Lehnert, M., Sigmund, M., Lipinska, P., & Zahalka, F. (2016). Hamstring-to-quadriceps strength ratio in female soccer players and its relation to anterior cruciate ligament injury. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(11), 1288-1293. 10.23736/S0022-4707.16.06043-4
- Lexell, J. (1995). Human Aging, Muscle Mass, and Fiber Type Composition. *The Journals of Gerontology*, 50A(Special), 11-16. [https://doi.org/10.1093/gerona/50a.special\\_issue.11](https://doi.org/10.1093/gerona/50a.special_issue.11)
- López-Valenciano, A., Raya-González, J., Garcia-Gómez, J. A., Aparicio-Sarmiento, A., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Ayala, F. (2021). Injury Profile in Women's Football : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 51(3), 423-442. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01401-w>
- Mackey, E, Riemann, B. (2021). Biomechanical Differences Between the Bulgarian Split-Squat and Back Squat 1;14(1):533-543. [PMC8136570](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/348136570/)
- Mendez-Villanueva, A., Suarez-Arrones, L., Rodas, G., Fernandez-Gonzalo, R., Tesch, P. A., Linnehan, R. M., Kreider, R. B., & Di Salvo, V. (2016). MRI-Based Regional Muscle Use during Hamstring Strengthening Exercises in Elite Soccer Players. *PLOS ONE*, 11(9), e0161356. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.016135>

- Mohr, M., Krstrup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008). Match Activities of Elite Women Soccer Players at Different Performance Levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 341-349. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318165fef6>
- Morin, J. B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint Acceleration Mechanics : The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Frontiers in Physiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00404>
- Mullins, K., Mac Colgáin, D., & Carton, P. (2022). Incidence and Severity of Hamstring Injuries in Female Athletes Who Play Field Sports : A Systematic Review With Meta-Analysis of Prospective Studies. *Journal of Orthopaedic & ; Sports Physical Therapy*, 52(11), 740-A5. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.11144>
- O'Sullivan, L., Preszler, J., & Tanaka, M. (2022). Hamstring Injury Rehabilitation and Prevention in the Female Athlete. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(6). <https://doi.org/10.26603/001c.38254>
- Prudhomme-Poncet, L., & Thiney, G. (2015). Le football féminin, une pratique en développement. *Informations sociales*, n° 187(1), 119. <https://doi.org/10.3917/inso.187.0119>
- Randell, R., Clifford, T. G., Drust, B., Moss, S. L., Unnithan, V. B., De Ste Croix, M., Datson, N., Martin, D. W., Mayho, H., Carter, J. M., & Rollo, I. (2021). Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations : A Narrative Review. *Sports Medicine*, 51(7), 1377-1399. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01458-1>

Tamalet, B., & Maillé, P. (2014). Programme de prévention des ruptures du LCA. Efficacité dans la pratique du football. L'expérience FIFA d'une mise en place élargie. *Journal de Traumatologie du Sport*, 31(3), 179-184. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2014.07.015>

Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. D., Goldberg, B. B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk. *American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123-1130. <https://doi.org/10.1177/0363546507301585>

Zouhal, H., Coppalle, S., Ravé, G., Dupont, G., Jan, J., Tourny, C. & Ahmaidi, S. (2021). Football de haut-niveau : analyses physique et physiologique – blessures et prévention. *Science & ; Sports*, 36(4), 332-357. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.03.001>

#### **Thèses et sites internet :**

Bacquaert, P. (2020, 2 juin). Déchirure des ischio-jambiers et réathlétisation post-traumatique.

IRBMS. <https://www.irbms.com/dechirure-ischio-jambiers-et-reathletisation-post-traumatique/>

Ekstrand, J. (2008). Epidemiology of football injuries. *Sci Sports*, 223, 73–7

#### **Ouvrages :**

Broussal Derval A., & Ganneau (2018). L'ART DU MOUVEMENT : la mobilité est une priorité. La douleur n'est pas acceptable. Reprenez le contrôle.

Delavier, F., & Gundill, M. (2017). LA METHODE DELAVIER DE MUSCULATION POUR LA FEMME : EXERCICES ET PROGRAMMES DE MUSCULATION POUR RENFORCER ET SCULPTER DOS ABDOS. VIGOT.

Dubois, B. (2020). La Clinique du coureur : la santé par la course à pied.

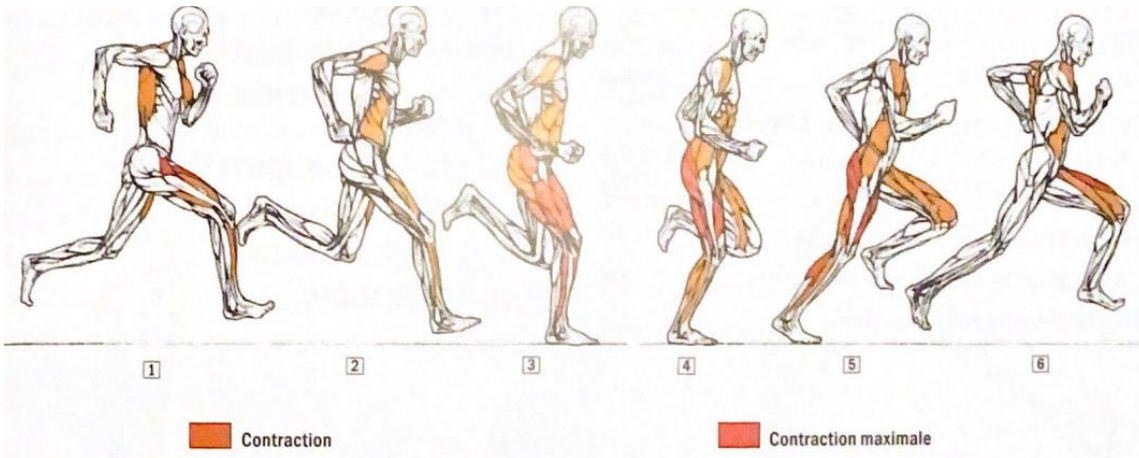
[https://www.usherbrooke.ca/fasap/fileadmin/sites/fasap/Etudiants/Projets\\_etudiant\\_s/Guide\\_d\\_analyse\\_des\\_mouvements\\_fonctionnels.pdf](https://www.usherbrooke.ca/fasap/fileadmin/sites/fasap/Etudiants/Projets_etudiant_s/Guide_d_analyse_des_mouvements_fonctionnels.pdf)

Memain, G., & Pieulhet, M. (2021). La prépa physique Football féminin : Préparation athlétique, spécificités et prévention. 4 TRAINER.

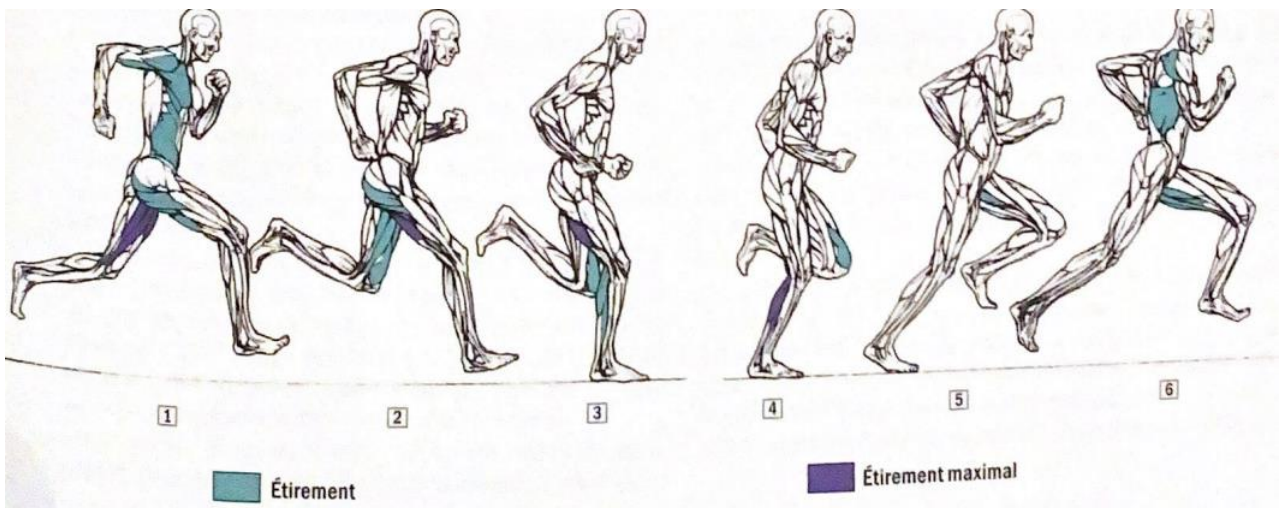


## 10 Annexe(s)

**Annexe 1** : contractions musculaires selon les phases de course (F., Delavier, 2021)



**Annexe 2** : Etirement des muscles selon les phases de la course (F., Delavier, 2021)



**Annexe 3** : Programme de renforcement et prévention excentrique (Espinosa et al, 2015)

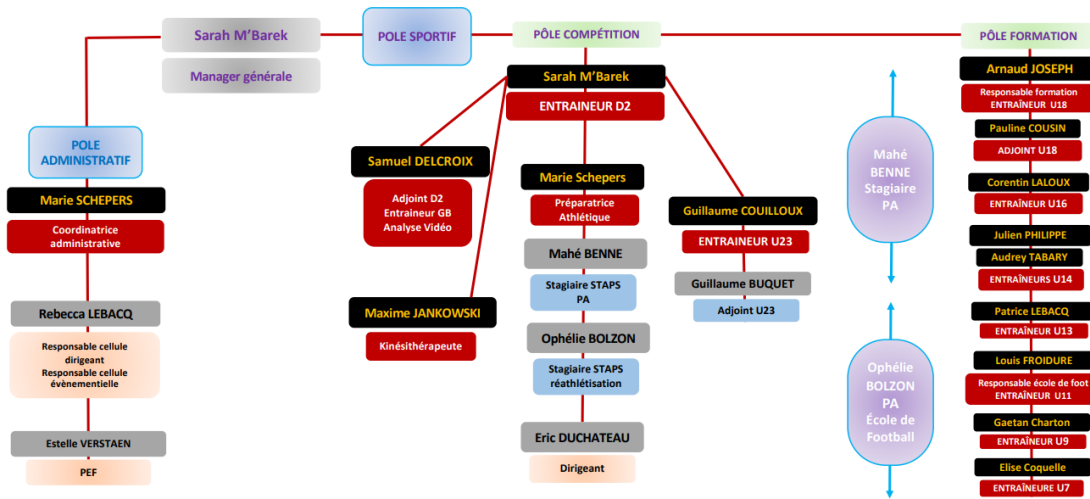
**Table 1.** Periodization of eccentric training programme (ETP)

	IG			CG	
	EBE	NH	SLS	MJ	FLS
Phase 1 (9 Nov–27 Dec)	5 reps/12 s each	1 set/5 reps	1set/10 reps	1 set/5 reps 10m	1set/20reps
Phase 2 (4 Jan–21 Feb)	5 reps/20 s each	1 set/5 reps	3set/15 reps	1 set/7 reps 12m	3set/15 reps
Phase 3 (22 Feb–9 April)	5 reps/15 s each	1 set/5 reps	3set/15 reps	1 set/6 reps 12m	3set/15 reps

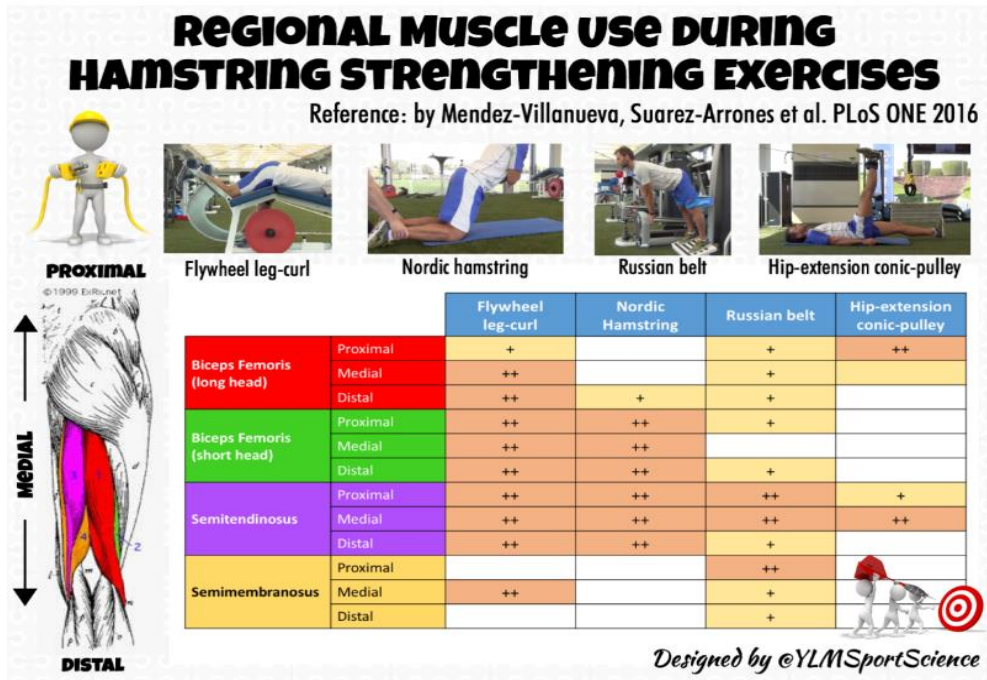
\* NH: Nordic Hamstring; EBE: eccentric band exercise; SLS: side leg swing; MJ: multiple jumping; FLS: frontal leg swing.

**Annexe 4** : organigramme de la section féminine

## Organisation de la section féminine



Annexe 5 : résumé de l'article de Mendez-Villanueva et al, 2016 par YLMSportScience



Annexe 6 : Tableau Excel des données

Général	Anthropométriques				DATES CYBEX	Newton-Mètre	Q con 60°/s			U con 60°/s (Nm)			Ratio		Q con 240°/s			U con 240°/s (Nm)			Ratio		U exc 30°/s (Nm)								
	SUJETS	Age	Taille	Poids			IMC	Droit	Gauche	Déficit	Droit	Gauche	Déficit	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Déficit	Droit	Gauche	Déficit	Droit	Gauche	Déficit	Droit	Gauche	Déficit				
Sujets 1	28	1.6	53	20.70	15/02/2023	Fic de couple	126	102	19	84	76	10	0.67	0.75	80	62	22	62	56	11	0.78	0.89	103	99	4						
					W Répétition	134	115	14	95	80	16	0.71	0.69	65	50	23	49	45	8	0.75	0.89	114	113	1							
					W Répétition	110	118	3	61	89	38	0.71	0.78	77	78	1	57	53	7	0.74	0.7	85	88	3							
Sujets 2	24	1.66	57	20.69	15/02/2023	Fic de couple	180	178	2	99	94	5	0.55	0.53	113	123	9	83	77	7	0.73	0.63	138	114	18						
					W Répétition	184	188	2	114	114	0	0.62	0.6	89	94	4	61	61	58	4	0.68	0.62	138	137	1						
					W Répétition	190	180	16	107	89	16	0.56	0.56	115	121	4	88	77	12	0.76	0.64	156	126	19							
Sujets 3	20	1.68	60	21.26	05/04/2023	Fic de couple	186	187	0	134	118	12	0.72	0.71	89	92	3	66	58	7	0.79	0.63	84	151	8						
					W Répétition	157	174	9	83	83	38	0.53	0.3	110	140	21	52	34	34	0.47	0.41	125	117	7							
					W Répétition	110	206	13	99	62	37	0.55	0.3	83	102	19	34	14	60	0.24	0.41	132	89	32							
Sujets 4	20	1.62	54	20.58	05/04/2023	Fic de couple	162	155	7	85	72	9	0.43	0.46	113	111	1	50	54	0	0.45	0.32	99	116	22						
					W Répétition	179	176	2	81	91	10	0.45	0.52	88	81	5	28	37	22	0.49	0.45	126	126	0							
					W Répétition	144	152	5	79	72	9	0.55	0.47	71	85	17	50	47	5	0.71	0.56	104	114	8							
Sujets 5	21	1.76	65.8	21.24	15/02/2023	Fic de couple	144	143	4	89	95	6	0.52	0.64	85	73	20	41	39	3	0.7	0.54	123	119	3						
					W Répétition	145	158	7	79	77	2	0.54	0.5	77	84	13	52	46	11	0.57	0.55	91	107	15							
					W Répétition	145	156	7	84	89	4	0.64	0.57	61	69	10	41	38	7	0.67	0.55	118	117	1							
Sujets 6	21	1.72	67	22.85	15/02/2023	Fic de couple	145	142	2	64	68	4	0.44	0.48	88	87	2	43	45	3	0.49	0.52	126	113	11						
					W Répétition	155	137	11	73	89	18	0.47	0.65	69	69	0	33	34	4	0.47	0.49	145	138	5							
					W Répétition	130	156	11	64	91	30	0.46	0.58	85	92	7	53	64	17	0.52	0.59	110	151	27							
Sujets 7	24	1.69	60.8	21.29	15/02/2023	Fic de couple	140	151	7	81	110	26	0.58	0.73	69	73	6	39	49	19	0.57	0.67	138	148	1						
					W Répétition	162	157	3	104	92	12	0.69	0.59	89	91	1	72	68	6	0.8	0.75	134	121	10							
					W Répétition	160	165	3	121	118	2	0.75	0.71	94	89	4	69	61	12	0.74	0.68	163	129	21							
Sujets 8	26	1.72	66	22.31	15/02/2023	Fic de couple	159	152	7	103	88	14	0.65	0.58	96	94	3	76	73	3	0.79	0.78	118	125	5						
					W Répétition	124	157	4	126	115	3	0.77	0.73	75	75	0	60	52	14	0.8	0.89	123	137	8							
					W Répétition	161	178	9	87	100	14	0.54	0.56	83	94	12	61	66	6	0.74	0.7	114	119	5							
Sujets 9	29	1.61	53.4	20.80	15/02/2023	Fic de couple	161	178	9	110	127	14	0.68	0.72	69	72	4	45	49	8	0.65	0.68	151	156	3						
					W Répétition	163	160	4	92	92	0	0.6	0.58	83	92	10	66	66	0	0.8	0.72	117	116	1							
					W Répétition	165	165	0	110	114	4	0.66	0.69	66	73	9	50	52	3	0.76	0.7	146	151	2							
Sujets 10	21	1.57	57	23.12	15/02/2023	Fic de couple	142	141	1	80	87	6	0.56	0.62	81	78	7	52	57	10	0.63	0.75	103	132	22						
					W Répétition	152	149	2	89	96	7	0.59	0.65	66	61	8	39	43	9	0.59	0.71	129	146	12							
					W Répétition	169	157	7	85	89	5	0.54	0.57	84	88	5	52	64	19	0.61	0.72	108	118	8							
Sujets 10	21	1.57	57	23.12	05/04/2023	Fic de couple	163	156	4	98	104	6	0.6	0.67	66	73	3	38	47	20	0.57	0.65	132	140	6						
					W Répétition	163	149	3	84	81	13	0.61	0.55	83	100	18	62	60	4	0.75	0.59	83	85	3							
					W Répétition	160	144	10	107	104	3	0.67	0.73	68	83	18	45	45	3	0.66	0.56	99	107	8							
Sujets 10	21	1.57	57	23.12	15/02/2023	Fic de couple	156	151	3	88	91	3	0.57	0.6	89	99	1	69	68	2	0.77	0.65	106	99	6						
					W Répétition	167	151	4	102	100	1	0.65	0.67	73	81	4	53	53	0	0.72	0.65	107	103	4							
					W Répétition	126	123	2	85	89	6	0.67	0.72	77	79	2	56	61	6	0.73	0.77	99	83	19							
Sujets 10	21	1.57	57	23.12	05/04/2023	Fic de couple	128	123	3	105	104	1	0.82	0.85	61	58	3	40	43	2	0.66	0.74	121	105	13						
					W Répétition	143	138	5	88	89	2	0.61	0.71	85	81	5	56	64	13	0.65	0.78	96	85	11							
					W Répétition	149	145	3	110	104	5	0.55	0.76	71	65	8	45	49	8	0.63	0.75	117	111	5							
		23.4	1.66	59.40	21.44																										
		2.8	0.05	4.52	0.75																										

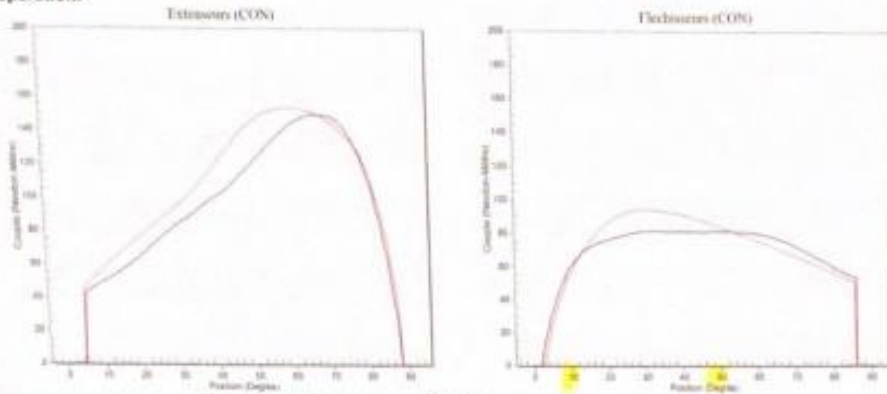
## Annexe 7 : Suivi des tests et du protocole du sujet 3 et 9.

Sujet 9

Use File, Preference to set Report Heading

Rapport Court Force vs. Position - Genou Ex/FI











Nom: [Redacted] Identification: Droit/Gauche: 14/02/2023 14/02/2023  
 Date de naissance: 10/06/1995 Côté lésé: Groupe 1:  
 Taille: 161 Centimètres Côté dominant: Droit Groupe 2:  
 Poids: 54 Kilogrammes Médecin:  
 Sexe: Féminin Opérateur: Ghuou  
 Diagnostique:  
 Type d'opération:



Courbes côté Droit		Courbes côté Gauche		Série: 1					
Isocinétique CON/CON		Extenseurs (CON)		Flexisseurs (CON)				Ratio	
Vitesse	60/60 d/s	3 Mouvements	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>									
Droit			153	0.04	283	94	0.03	173	61
Gauche			149	0.04	274	81	0.05	149	55
Déficit			3			13			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>									
Droit			160	0.03	295	107	0.01	197	67
Gauche			144	0.03	265	104	0.06	194	73
Déficit			10			3			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>									
Droit			1	0.00		90	0.00		
Gauche			0	0.39		90	0.00		
Isocinétique CON/CON		Extenseurs (CON)		Flexisseurs (CON)					
Vitesse	240/240 d/s	5 Mouvements	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>									
Droit			83	0.03	152	83	0.07	116	75
Gauche			100	0.07	185	90	0.03	110	59
Déficit			16			4			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>									
Droit			68	0.02	125	45	0.07	83	66
Gauche			83	0.05	152	46	0.05	86	56
Déficit			15			3			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>									
Droit			3	0.37		89	0.01		
Gauche			3	0.28		89	0.01		
Isocinétique EXC/CON		Flexisseurs (CON)		Flexisseurs (EXC)					
Vitesse	30/30 d/s	3 Mouvements	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>									
Droit			72	0.78	134	83	0.08	152	115
Gauche			69	1.18	128	85	0.08	158	124
Déficit			4			3			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>									
Droit			16	0.80	30	99	0.08	182	608
Gauche			12	0.87	24	107	0.08	197	678
Déficit			25			8			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>									
Droit			90	0.00		1	0.68		
Gauche			90	0.00		0	1.01		

HUMAC2015® Version: 15.000 0103 © Computer Sports Medicine, Inc. [www.computersports.com](http://www.computersports.com)



Planning	Rep / charge	Exercices
<b>Cybex 14 février</b>		
<b>Semaine 1</b>	3x8 reps 8-10 kg → 3x8 reps pdc Rythme : <b>Rapide et explosif</b> <b>Jambe Droite</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
Mardi 7		
Jeudi 9 mars <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x 6-8 reps 5-10 kg Rythme : <b>Lent contrôlé</b> <b>Jambe Gauche</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
<b>Semaine 2</b>		
<b>Semaine 2</b>	3x8 reps 8-10 kg → 4x8 reps pdc Rythme : <b>rapide et explosif</b> <b>Jambe Droite</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
Mardi 14		
Jeudi 16 <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x 6-8 reps 5-10 kg Rythme : <b>Lent contrôlé</b> <b>Jambe Gauche</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
<b>Semaine 3</b>		
<b>Semaine 3</b>	3x8 reps 8-10 kg → 3x8 reps pdc Rythme : <b>rapide et explosif</b> <b>Jambe Droite</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
Mardi 21		
Jeudi 23 <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x 6-8 reps 5-10 kg Rythme : <b>Lent contrôlé</b> <b>Jambe Gauche</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
<b>Semaine 4</b>		
<b>Semaine 4</b>	3x8 reps 8-10 kg → 3x8 reps pdc Rythme : <b>rapide et explosif</b> <b>Jambe Droite</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
Mardi 28		
Jeudi 30 <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x 6-8 reps 5-10 kg Rythme : <b>Lent contrôlé</b> <b>Jambe Gauche</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
<b>Semaine 5</b>		
<b>Semaine 5</b>	3x8 reps 8-10 kg → 3x8 reps pdc Rythme : <b>rapide et explosif</b> <b>Jambe Droite</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
Mardi 4 avril		
Jeudi 6 Avril <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x 6-8 reps 5-10 kg Rythme : <b>Lent contrôlé</b> <b>Jambe Gauche</b> <b>Repos : 2'30 à 3'</b>	
<b>Cybex semaine du 3 avril.</b>		

## Use File, Preference to set Report Heading

Rapport Court Force vs. Position - Genou Ex/FI

Identification: Droit/Gauche: 25/04/2023 25/04/2023

Nom:                     

Date de naissance: 10/06/1995 Côté lésé: Groupe 1:

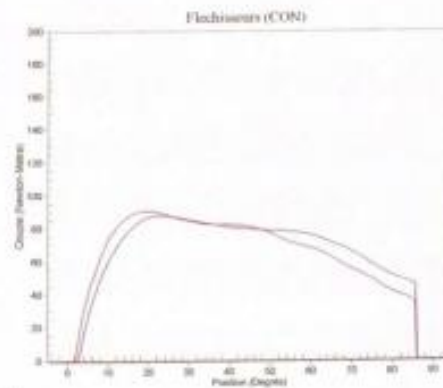
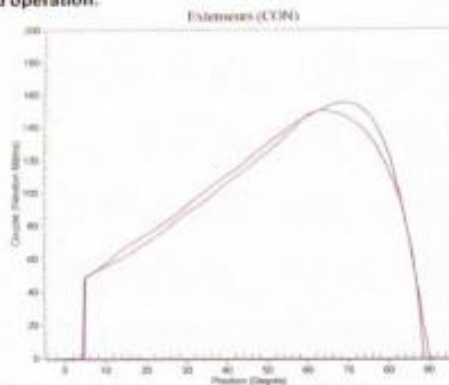
Taille: 161 Centimètres Côté dominant: Droit Groupe 2:

Poids: 54 Kilogrammes Médecin:

Sexe: Féminin Opérateur: Ghuou

Diagnostique:

Type d'opération:



Série: 1		Extenseurs (CON)		Flexisseurs (CON)			Ratio
Isocinétique CON/CON	Vitesse 60/60 d/s 3 Mouvements	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	156	0,08	289	88	0,04	164	57
Gauche	151	0,06	277	91	0,11	167	60
Déficit	3			3			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	157	0,07	289	102	0,03	188	65
Gauche	151	0,07	277	100	0,14	185	67
Déficit	4			1			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>							
Droit	1	0,18		90	0,00		
Gauche	0	0,28		90	0,01		
Isocinétique CON/CON	Vitesse 240/240 d/s 5 Mouvements	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	89	0,03	164	69	0,06	126	77
Gauche	99	0,07	182	68	0,09	125	68
Déficit	10			2			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	73	0,04	134	53	0,05	98	72
Gauche	81	0,07	149	53	0,07	98	65
Déficit	10			0			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>							
Droit	4	0,19		89	0,01		
Gauche	3	0,12		89	0,01		
Isocinétique EXC/CON	Vitesse 30/30 d/s 3 Mouvements	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	84	0,87	155	106	0,15	197	126
Gauche	84	0,83	155	99	0,06	182	118
Déficit	0			6			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	20	0,76	39	107	0,08	197	527
Gauche	18	0,59	33	103	0,03	191	585
Déficit	13			4			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>							
Droit	90	0,00		1	0,77		
Gauche	90	0,00		1	0,77		
MaxGET			Droit 25/04/2023 15			Gauche 25/04/2023 14	

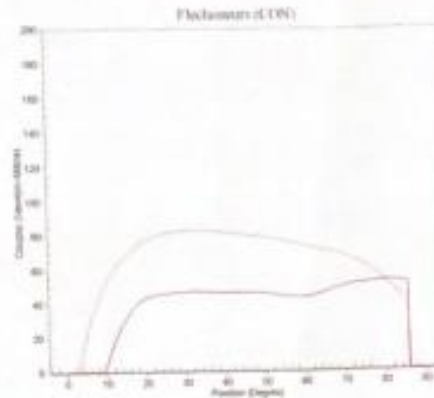
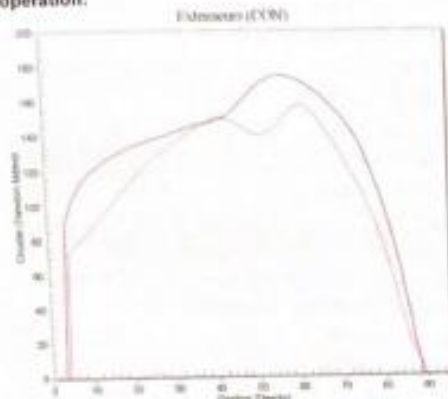
HUMAC2015® Version 15.000.0103 © Computer Sports Medicine, Inc. [www.csmisolutions.com](http://www.csmisolutions.com)



Use File, Preference to set Report Heading



Rapport Court Force vs. Position - Genou Ex/FI

Nom: M Identification: Droit/Gauche: 15/02/2023 15/02/2023  
 Date de naissance: 23/10/2004 Côté lésé:  
 Taille: 168 Centimètres Côté dominant: Droit Groupe 1:  
 Poids: 60 Kilogrammes Médecin: Groupe 2:  
 Sexe: Masculin Opérateur: avercruyse  
 Diagnostique:  
 Type  
 d'opération:



Série 1		Extenseurs (CON)		Flechisseurs (CON)		Ratio
Isocinétique CON/CON		Moyenne	Coef Var	Moyenne	Coef Var	
Vitesse 60/60 d/s 3 Mouvements		Couple/Poids		Couple/Poids		
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>						
Droit	157	0.07	262	83	0.04	137
Gauche	174	0.03	269	53	0.04	89
Déficit	9			36		
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>						
Droit	179	0.04	298	99	0.04	164
Gauche	206	0.02	343	62	0.03	104
Déficit	13			37		
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>						
Droit	1	0.57		90	0.01	
Gauche	4	0.32		90	0.01	
Isocinétique CON/CON		Extenseurs (CON)		Flechisseurs (CON)		Ratio
Vitesse 240/240 d/s 5 Mouvements		Moyenne	Coef Var	Moyenne	Coef Var	
		Couple/Poids		Couple/Poids		
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>						
Droit	110	0.20	182	52	0.23	85
Gauche	140	0.11	232	34	0.12	57
Déficit	21			34		
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>						
Droit	83	0.21	137	34	0.23	57
Gauche	102	0.10	170	14	0.18	24
Déficit	19			60		
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>						
Droit	1	0.17		89	0.01	
Gauche	2	0.10		89	0.01	
Isocinétique EXC/CON		Flechisseurs (CON)		Flechisseurs (EXC)		Ratio
Vitesse 30/30 d/s 3 Mouvements		Moyenne	Coef Var	Moyenne	Coef Var	
		Couple/Poids		Couple/Poids		
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>						
Droit	103	0.86	173	125	0.11	209
Gauche	39	0.84	66	117	0.40	194
Déficit	63			7		
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>						
Droit	18	0.18	30	132	0.07	218
Gauche	54	0.32	89	89	0.11	149
Déficit	68			32		
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>						
Droit	90	0.00		1	0.77	
Gauche	90	0.00		2	0.97	
MaxGET						

HUMAC2015B Version 15.000 0103 © Computer Sports Medicine, Inc. [www.computer-sports.com](http://www.computer-sports.com)

Planning	Rep / charge	Exercices
<b>Cybex 14 février</b>		
<b>Semaine 1</b>	3x8 reps 15-20kg → 3x8 reps 8-10 kg Rythme : <b>Modéré</b> → <b>Rapide et explosif.</b>	
Mardi 7	<b>Jambe Droite</b> Repos : 2'30 à 3'	
Jeudi 9 mars <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x6-8 reps 10 kg <b>Jambe Gauche</b> Repos : 2'30 à 3'	
<b>Semaine 2</b>		
<b>Semaine 2</b>	3x8 reps 15-20kg → 3x8 reps 8-10 kg Rythme : <b>Modéré</b> → <b>Rapide et explosif.</b>	
Mardi 14	<b>Jambe Droite</b> Repos : 2'30 à 3'	
jeudi 16 <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x6-8 reps 10 kg <b>Jambe Gauche</b> Repos : 2'30 à 3'	
<b>Semaine 3</b>		
<b>Semaine 3</b>	3x8 reps 15-20kg → 3x8 reps 8-10 kg Rythme : <b>Modéré</b> → <b>Rapide et explosif.</b>	
Mardi 21	<b>Jambe Droite</b> Repos : 2'30 à 3'	
Jeudi 23 <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x6-8 reps 10 kg <b>Jambe Gauche</b> Repos : 2'30 à 3'	
<b>Semaine 4</b>		
<b>Semaine 4</b>	3x8 reps 15-20kg → 3x8 reps 8-10 kg Rythme : <b>Modéré</b> → <b>Rapide et explosif.</b>	
Mardi 28	<b>Jambe Droite</b> Repos : 2'30 à 3'	
jeudi 30 <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x6-8 reps 10 kg <b>Jambe Gauche</b> Repos : 2'30 à 3'	
<b>Semaine 5</b>		
<b>Semaine 5</b>	3x8 reps 15-20kg → 3x8 reps 8-10 kg Rythme : <b>Modéré</b> → <b>Rapide et explosif.</b>	
Mardi 4	<b>Jambe Droite</b> Repos : 2'30 à 3'	
Jeudi 6 Avril <b>(2 séries + 1 jambe opposée)</b>	3x6-8 reps 10 kg <b>Jambe Gauche</b> Repos : 2'30 à 3'	
<b>Cybex semaine du 3 avril.</b>		

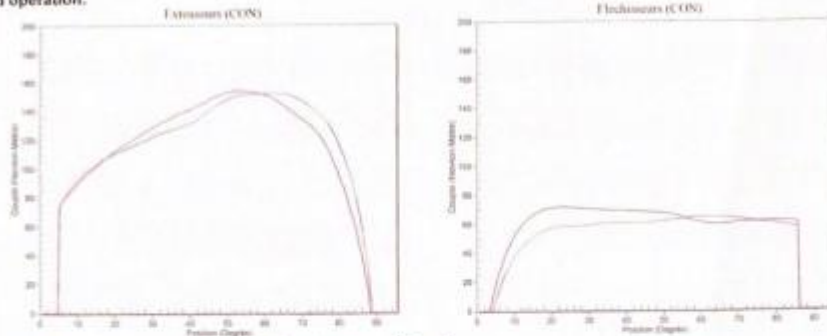


Use File, Preference to set Report Heading

Report Court Force vs. Position - Genou Ex/FI

Identification: Droit/Gauche:05/04/2023 05/04/2023

Nom:   
 Date de naissance: 23/10/2004 Côté lésé:   
 Taille: 168 Centimètres Côté dominant: Droit Groupe 1:   
 Poids: 60 Kilogrammes Médecin: Groupe 2:   
 Sexe: Masculin Opérateur: avercruyse   
 Diagnostique:   
 Type d'opération:



Courbes côté Droit Courbes côté Gauche Série: 1

Isocinétique CON/CON		Extenseurs (CON)		Flechisseurs (CON)			Ratio
Vitesse 60/60 d/s 3 Mouvements		Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	152	0.07	253	65	0.03	107	43
Gauche	155	0.04	256	72	0.03	119	46
Déficit	2			9			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	179	0.04	298	81	0.05	134	45
Gauche	176	0.04	292	91	0.04	152	52
Déficit	2			10			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>							
Droit	2	0.48		90	0.00		
Gauche	1	0.25		90	0.00		
Isocinétique CON/CON		Extenseurs (CON)		Flechisseurs (CON)			Ratio
Vitesse 240/240 d/s 5 Mouvements		Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	113	0.05	188	50	0.10	83	45
Gauche	111	0.05	185	54	0.04	89	49
Déficit	1			8			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	88	0.04	146	28	0.16	48	32
Gauche	81	0.04	134	37	0.05	60	45
Déficit	8			22			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>							
Droit	1	0.22		89	0.01		
Gauche	1	0.14		89	0.01		
Isocinétique EXC/CON		Flechisseurs (CON)		Flechisseurs (EXC)			Ratio
Vitesse 30/30 d/s 3 Mouvements		Moyenne	Coef Var	Couple/Poids	Moyenne	Coef Var	Couple/Poids
<b>Pic de couple (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	73	0.71	122	99	0.06	164	135
Gauche	88	0.81	146	126	0.17	209	143
Déficit	17			22			
<b>Travail par répétition (Newton-Mètre - Meilleure répétition)</b>							
Droit	19	0.14	33	115	0.01	191	607
Gauche	22	0.09	36	126	0.02	209	581
Déficit	13			9			
<b>Amplitude angulaire (Degrés)</b>							
Droit	90	0.00		1	0.87		
Gauche	90	0.00		1	0.97		
MaxGET	Droit 05/04/2023 43			Gauche 05/04/2023 35			

HUMAC2015® Version: 15 000 0103 © Computer Sports Medicine, Inc. [www.computersportmedicine.com](http://www.computersportmedicine.com)

**Annexe 8 : Analyse statistique significative à l'aide de l'application JASP**

**Paired Samples T-Test**

Measure 1	Measure 2	t	df	p	Mean Difference	SE Difference
IJ con 60°/s G Avant	- IJ con 60°/s G Après	-5.292	2	0.017	-14.000	2.646

*Note.* For all tests, the alternative hypothesis specifies that IJ con 60°/s G Avant is less than IJ con 60./s G Après.

*Note.* Student's t-test.

**Test of Normality (Shapiro-Wilk)**

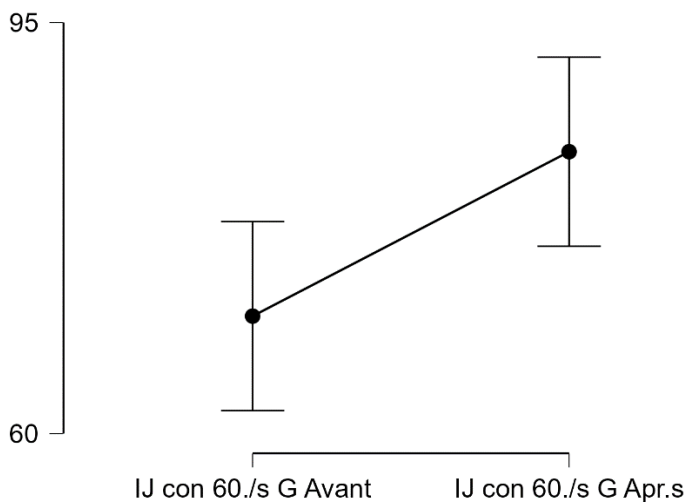
	W	p
IJ con 60°/s G Avant - IJ con 60°/s G Après	0.964	0.637

*Note.* Normality.

**Descriptives**

	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
IJ con 60°/s G Avant	3	70.000	14.933	8.622	0.213
IJ con 60°/s G Après	3	84.000	10.440	6.028	0.124

IJ con 60°/s G Avant - IJ con 60°/s G Après



## 11 Résumé – Mots clés / Abstract – Keywords

Les membres inférieurs sont particulièrement sujets aux blessures dans le football, ce qui est logique compte tenu de la nature de ce sport. La cuisse est la région la plus touchée (30%), suivie par les genoux, les hanches (16%) et les chevilles (15%). Ce constat s'observe également par le nombre de traumatismes au niveau musculaire (>50%) et au niveau des articulations (>35%). Les femmes auraient des blessures de gravité plus élevée que les hommes, ce qui augmente leur taux d'indisponibilité lors des entraînements et des matchs au cours d'une saison (Larruskain et al, 2017). Certains auteurs montrent (Croisier et al 2008 ; Espinosa et al 2015) qu'un déséquilibre musculaire peut être source de blessures. Le plus couramment observé est un manque de force à l'ischio jambier. Le paramètre prédominant d'un risque accru de blessure est le ratio mixte. Le déséquilibre ou faiblesse musculaire se caractérisent par un manque de force, puissance, activation ou endurance de force, ce qui affecte le contrôle neuro-musculaire. Ce déficit est une des causes qui explique les lésions musculaires au niveau des quadriceps et des ischio jambiers, en raison de leur rôle freinateur. Par ailleurs, les femmes ont une activation plus faible des fléchisseurs iliaques, du moyen fessier et des adducteurs que les hommes. Le test cybex est utilisé ici pour sa précision dans le choix de la vitesse, résistance et de l'amplitude. Plusieurs études montrent l'efficacité d'un programme de prévention des ischios jambier en excentrique (Biz et al, 2021b) et d'autre sur la nécessité de diversifier les types de contraction dans un protocole (O'Sullivan et al, 2022). Le choix des exercices a été étudié selon l'activation électromyographie ayant le plus de sollicitation du groupe musculaire « Leg curl » pour les ischios jambiers et « la fentes bulgare » pour les quadriceps, mais également pour le contrôle neuro-musculaire (stabilité, renforcement du moyen fessier et du quadriceps). L'étude cherche à montrer l'efficacité d'un protocole de renforcement musculaire unipodal et individualisé, sur le rééquilibrage des déficits observer lors du test isocinétique.

### **compétences acquises : Analyser, adapter, organiser**

Lower limbs are particularly sensible to injuries in football, what is logical due to sport characteristics. The thigh is the most touch area (30%), followed by kness, hips (16%) and ankles (15%). This statement is also seen in the number of muscular (>50%) or articular traumas (>35%). Women would have greater injury gravity than men, which will increase the number of training time loss during the season (Larruskain et al, 2017). Some research showed that a muscular desequilibrium can be the reason of injury. The most seen is a lack of hamstring strength, explain especially by the desequilibrium of the combined ratio. The muscular desequilibrium or weakness is characterised by a lack of strength,

endurance of strength, power, or muscular activation, which affect the neuromuscular control. This deficit is one of the causes which explain quadriceps and hamstring injuries, due to their braking role. Furthermore, women have a lower activation of iliac flexors, middle gluteus, and adductor than men. The cybex test is used here because of its accuracy in speed, resistance, and range of motion choices. Some studies showed the efficiency of a hamstring eccentric prevention program and others on the need to diversify muscular type of contraction in a protocol. Some exercises had been studied in function of muscular activation with electromyography, which showed better activation of hamstring during « Leg curl » and quadriceps during « Bulgarian split squat », but also because of a better target of neuromuscular control. This study wants to show the efficacy of an individualized and unipodal muscular reinforcement protocol to rebalance muscular deficit observed during isokinetic test.

**skills acquired:** Analyze, adapt, organize