



**Institut de Formation de  
Professions de Santé**



**UFMK**

**Intérêt du renforcement excentrique dans la  
prévention des lésions myo-aponévrotiques  
des ischio-jambiers chez le footballeur**

Revue de littérature

**UE 28**

Gabriel MACEDO

Promotion 2018-2022

**Directeur de Mémoire : GREGOIRE Sophie**



## Remerciements

Je tiens d'abord à remercier ma directrice de mémoire Sophie Grégoire pour ses conseils et sa disponibilité.

13/12/2021 12:17:00

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'IFMK de Besançon qui nous a apporté, à toute notre promotion, une formation de qualité. Je remercie également les intervenants rencontrés au cours de ma formation qui ont aussi grandement contribué à mon épanouissement dans ce parcours.

Je tiens à remercier tout particulièrement mes amis avec qui j'ai eu la chance de partager 4 années d'études fantastiques. Merci à Alexandre, Théo, Simon, Louis, Benjamin, Arthur, Théo, Elsa, Léa et Louise car sans vous ces années n'auraient pas eu la même saveur. Une mention spéciale pour Arthur qui m'aura prodigué de précieux conseils pour la rédaction de ce mémoire

Un immense merci à ma famille sans qui tout cela n'aurait pas été possible. Votre soutien a été essentiel dans mon parcours et même si cela n'a pas toujours été facile, vous avez toujours cru en moi et pour cela je vous en serai toujours reconnaissant.

Enfin, une mention particulière pour Latisha qui a toujours été là pour moi et qui m'aura aidé à la mise en page de ce mémoire. Merci pour ta confiance et ton soutien.

## **Glossaire**

IJ : Ischio-jambiers

DOMS: Delayed Onset Muscle Soreness = courbatures

GI : groupe intervention

GC : groupe contrôle

LMA : lésion myo-aponévrotique

FIFA : Fédération Internationale de Football Association

UEFA : Union européenne de football association

CMJ : Countermovement jump = saut en contre-mouvement

# Table des matières

<b>1.Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>2.Cadre conceptuel</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.Anatomie et biomécanique des ischio-jambiers</b> .....	<b>2</b>
2.1.1. Anatomie des ischio-jambiers .....	2
2.1.2. Biomécanique des ischio-jambiers .....	3
<b>2.2.Football</b> .....	<b>4</b>
2.2.1. Contexte .....	4
2.2.2. Traumatismes courants du football.....	4
<b>2.3.LES LMA</b> .....	<b>4</b>
2.3.1. Définitions, épidémiologie et classification .....	4
2.3.2. Classification.....	5
<b>2.4.Physiopathologie</b> .....	<b>9</b>
2.4.1. Mécanismes lésionnels.....	9
2.4.2. Facteurs de risques .....	10
2.4.3. Critère de retour au sport.....	11
<b>2.5.Prévention des lésions myo-aponévrotiques</b> .....	<b>12</b>
2.5.1. Prévention en masso-kinésithérapie.....	12
2.5.2. Programmes de prévention .....	12
2.5.3. FIFA 11+ .....	13
2.5.4. Le travail excentrique dans la prévention .....	13
<b>2.6.Processus de problématisation</b> .....	<b>16</b>
<b>3.Méthode</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1.Bases de données</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2.Équation de recherche</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3.Critères d'éligibilité</b> .....	<b>17</b>
3.3.1. Critères d'inclusion : .....	17
3.3.2. Score Pedro.....	17
1.1.1. Sélection d'article.....	18
3.3.3. Diagramme de Flux .....	20
<b>4.Résultats</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1.Présentation des études sélectionnés</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2.Caractéristiques des échantillons</b> .....	<b>22</b>
4.2.1. Taille et répartition des groupes .....	22
4.2.2. Age moyen des échantillons.....	23
4.2.3. Niveau de jeu des joueurs .....	23
<b>4.3.Critères de sélections des sujets :</b> .....	<b>24</b>
4.3.1. Critères d'inclusions.....	24
4.3.2. Critère d'exclusion .....	24
<b>4.4.Protocole utilisé et modalités</b> .....	<b>25</b>
4.4.1. Entraînement de football classique.....	25

4.4.2.	Entrainement excentrique des ischio-jambiers .....	26
4.4.3.	Test complémentaire .....	28
4.4.4.	Observance du protocole et différentes données relevées.....	28
<b>4.5.</b>	<b>Résultat des études selon les différents critères de jugements.....</b>	<b>29</b>
4.5.1.	L'incidence des blessures aux ischio-jambiers .....	29
4.5.2.	Gravité des blessures .....	31
4.5.3.	Critères de jugement secondaire .....	32
<b>5.</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1.</b>	<b>Analyse des résultats.....</b>	<b>34</b>
5.1.1.	Efficacité sur l'incidence des blessures .....	34
5.1.2.	Efficacité sur la gravité des blessures.....	35
5.1.3.	Efficacité sur la capacité de sprint .....	36
<b>5.2.</b>	<b>Réponse à la problématique.....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.</b>	<b>Limite des études incluent .....</b>	<b>37</b>
5.3.1.	Détails par item .....	37
5.3.1.1.	<i>Validité externe</i> .....	38
5.3.2.	Population et taille des échantillons.....	39
5.3.3.	Différence programme .....	42
5.3.4.	Conformité .....	43
5.3.5.	Critères de jugement (nombre) .....	43
5.3.6.	Conflits d'intérêt .....	44
5.3.7.	Date de publication .....	44
<b>5.4.</b>	<b>Construction de la revue .....</b>	<b>44</b>
5.4.1.	Méthodologie de recherche .....	44
5.4.2.	Limite de la littérature.....	45
5.4.3.	Limite personnelle.....	45
5.4.4.	Points forts .....	45
<b>5.5.</b>	<b>Synthèse et piste d'amélioration .....</b>	<b>46</b>
<b>5.6.</b>	<b>Applicabilité a la pratique clinique .....</b>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>48</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>I</b>
	<b>Table des figures .....</b>	<b>V</b>
	<b>Table des Tableaux .....</b>	<b>V</b>
	<b>Table des annexes.....</b>	<b>V</b>
	<b>Annexes.....</b>	<b>VI</b>
	<b>Résumé.....</b>	<b>.....</b>

# 1. Introduction

Les lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers sont des traumatismes très fréquents dans le milieu sportif. Que ce soit dans le milieu amateur ou professionnel, elles représentent un enjeu majeur de santé publique mais elles sont également importantes dans la performance sportive. Elles ont aussi un impact économique, que ce soit par le coût qu'elles engendrent pour les soins ou sur les pertes de revenus dans le monde professionnel. Dans un sport comme le football, la performance est un enjeu majeur, surtout dans le milieu professionnel. La prévention de ces blessures se place donc comme essentielle pour performer et limiter la perte de temps pour le sport. Les lésions des ischio-jambiers représentent 10 à 23% des blessures sportives. (1) Cette lésion est la plus importante dans le football où elles représentent 37% des cas recensés. (2) Le retour au jeu suite à cette atteinte peut être long et faire perdre beaucoup de temps au sportif touché, en effet, environ la moitié (51%) de ces blessures génère une durée d'absence entre 8 et 28 jours avec une moyenne de 14 jours d'absence (2) Cette blessure, en plus d'avoir une forte prévalence, comporte un risque de récurrence très élevé. (3) Ce mémoire a pour but de réaliser une revue de littérature sur le thème de la prévention des lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers chez les footballeurs. La revue est construite selon la structure IMRaD.

Dans un premier temps, le cadre conceptuel permettra de poser les bases concernant cette thématique en abordant les différentes notions essentielles à la compréhension du sujet. Ce cadre abordera des points d'anatomie, de physiologie, d'épidémiologie, de physiopathologie avec également des définitions importantes. Il se terminera par le « processus de problématisation » qui explique le cheminement qui a mené à la problématique finale.

Dans un second temps, une partie sur la méthodologie de recherche sera détaillée. Il y figurera les différentes étapes qui ont permis d'aboutir à la sélection des articles retenus dans cette revue. Dans cette partie, un détail sur l'élaboration de l'équation de recherche est réalisé en précisant le choix des mots-clés et des critères d'éligibilités des articles. Un détail des bases de données utilisées est également présent.

La partie suivante abordera les résultats qui découlent des différents articles sélectionnés.

Une discussion est menée sur notre méthodologie de recherche ainsi que nos résultats. Une réponse à la problématique sera donnée suite à l'analyse des résultats. Les potentiels biais seront évoqués dans cette partie peu importe leur nature (personnel, méthodologique, ...). Cette partie se finit par l'évocation de potentiels pistes de recherches futures ainsi que par les liens qui peuvent se faire avec la pratique de la kinésithérapie suite à l'analyse de ces études.

Pour finir, une conclusion récapitulant les grandes lignes de ce mémoire sera faite.

## 2. Cadre conceptuel

### 2.1. Anatomie et biomécanique des ischio-jambiers

#### 2.1.1. Anatomie des ischio-jambiers

Les ischio-jambiers sont des muscles de la face postérieure de la cuisse. Ils sont bi-articulaires et composés de trois muscles : le biceps fémoral avec une courte et une longue portion, le semi-tendineux et le semi-membraneux. Les IJ sont constitués de fibres tendineuses en majorité, les rendant très peu extensibles. (4)

#### **Le biceps fémoral :**

Il est composé de deux chefs : un court et un long. La longue portion a pour origine la tubérosité ischiatique de l'os coxal entre l'insertion des deux autres muscles qui composent les ischio-jambiers, par un tendon commun. La courte portion prend son origine aux 2/3 inférieurs de la lèvre latérale de la ligne âpre du fémur par une lame tendineuse. Les deux chefs se terminent par un tendon commun sur la face postérolatérale de la tête de la fibula et envoie une expansion au fascia jambier. Chaque portion est innervée par un filet du nerf sciatique provenant des racines L5 (sauf pour la longue portion), S1 et S2. (4)

#### **Le semi-tendineux :**

Il s'insère sur la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal en dedans de la longue portion du biceps. Il se prolonge jusqu'à la face médiale du corps du tibia où il se termine par un tendon élargi et aplati pour former la patte d'oie avec le muscle gracile, le sartorius et le ligament collatéral tibial du genou. Comme le biceps fémoral, il envoie une expansion sur le fascia jambier. C'est un muscle fortement tendineux. Il est innervé par le nerf supérieur et inférieur du semi-tendineux, issus du nerf sciatique (racine L5, S1 et S2). (4)

#### **Le semi-membraneux :**

Il prend son origine sur la tubérosité ischiatique de l'os coxal, face postérieure en dehors de la longue portion du biceps fémoral. Il se poursuit jusqu'à l'épiphyse supérieure du tibia où il présente trois insertions : un tendon direct qui se termine sur la face postérieure de l'épiphyse supérieure, un tendon réfléchi sur la partie antérieure du sillon infra-condyloire de l'épiphyse supérieure et une fibre tendineuse récurrente au niveau de la coque condylienne latérale, sur la fabella. Comme les deux autres muscles composant les ischio-jambiers, le semi-membraneux est innervé par le nerf sciatique (racine L5, S1 et S2). (4)

Pour revenir sur la situation des IJ dans la cuisse et entre eux :

**Le biceps fémoral :** à la partie supérieure de la cuisse, il se situe en arrière du grand adducteur et en avant du grand glutéal. En dehors, on trouve le nerf sciatique et le grand glutéal. En dedans on trouve le semi-tendineux.

A la partie inférieure de la cuisse, la courte portion se situe en avant de la longue portion. En dehors des deux, on trouve le vaste latéral.

**Le semi-tendineux :** par rapport à la cuisse, on trouve devant lui le grand adducteur puis le semi-membraneux. En arrière, on a le grand glutéal. En dehors, on trouve le long biceps et en dedans, le semi-membraneux. Au niveau du poplité, le semi-membraneux est en arrière du semi-membraneux et de la coque condylienne médiale. Il est en avant de la peau, en dehors du gracile et de la peau et en dedans du gastrocnémien médial et de la fosse poplitée. Par rapport à la patte d'oie, on trouve en profondeur le ligament collatéral tibial du genou et le tibia. A sa superficie, on a le sartorius (et en avant) et la peau.

**Le semi-membraneux :** à la partie moyenne de la cuisse, il est en arrière du grand adducteur et du septum intermusculaire. Il est en avant du semi-tendineux et de la peau. Il est en dehors du gracile et de la peau et en dedans du nerf sciatique, du semi-tendineux et du biceps fémoral.

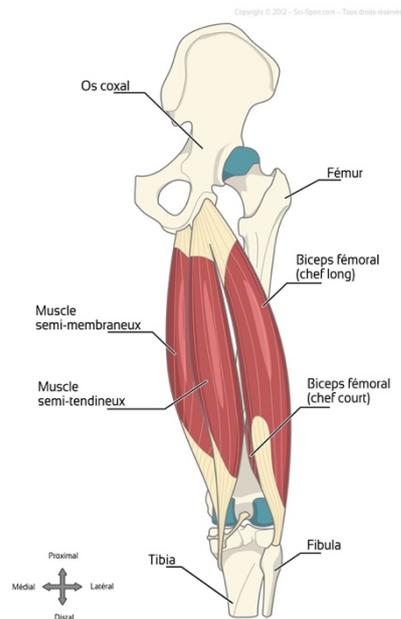


Figure 1: Aspect des ischio-jambiers en vue postérieure

### 2.1.2. Biomécanique des ischio-jambiers

Les IJ sont des muscles bi-articulaires (sauf la courte portion du biceps fémoral). Ils ont une action sur la hanche et le genou : ils sont extenseurs de hanche et fléchisseur de genou en chaîne cinétique ouverte et ils sont extenseurs de genou en chaîne cinétique fermée. Au niveau de la hanche, ils ont principalement une action statique de maintien de la position lorsque le tronc est penché vers l'avant. Au niveau de l'articulation du genou, ils protègent le ligament croisé antérieur en empêchant le glissement antérieur du tibia sous le fémur lors de la contraction du quadriceps. Le mouvement d'extension de genou en chaîne fermée se fait en co-contraction avec les gastrocnémiens, permettant ainsi de diminuer les contraintes fémoro-patellaires. La course externe du muscle se fait lors d'une flexion de hanche et une extension de genou simultanées. En rééducation, pour les étirements des IJ le praticien peut majorer l'étirement en jouant sur les deux articulations. Il sera majoré au niveau des insertions distales si la hanche est mobile avec un genou en rectitude et proximales si le genou est mobile avec une hanche en flexion maximale. On retrouve cette position dans le football, lors des mouvements de frappe, ou lors du pas antérieur durant la course à pied. Les lésions au niveau des IJ surviennent lors d'une contraction brutale associée à un allongement rapide. Plus la vitesse d'allongement est importante, plus le risque de lésion est augmenté. On retrouve ce mécanisme de contraction allongement lorsque les IJ ont une action frénatrice sur l'extension de genou du quadriceps : lors de la frappe dans un ballon ou lors de la fin de la phase oscillante du sprint. (5) Les IJ ont également une composante rotatoire : une rotation latérale pour le biceps fémoral et une rotation médiale pour le semi-tendineux et le semi-membraneux (par l'action du tendon réfléchi). (4)

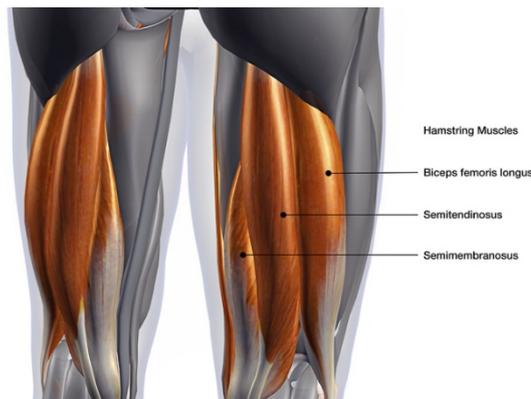


Figure 2 : Situation des ischio-jambiers dans la loge postérieure de cuisse

## 2.2. Football

### 2.2.1. Contexte

Le football fait partie des sports les plus pratiqués en France mais aussi dans le monde. Peu importe l'âge, le football attire la ferveur populaire. (6) En 2018, en France, on dénombre 14 500 clubs de football avec 2,1 millions de licenciés ; Depuis quelques années, ce sport intéresse de plus en plus de pratiquantes avec 162 000 femmes licenciées. (7) J'ai déjà été amené à effectuer des stages en milieu sportif comme dans le club professionnel de football de Sochaux (FCSM). J'y ai croisé un nombre important de blessure de ce type. De plus, la probabilité de croiser ce genre de pathologie chez des patients pratiquant ce sport, sans forcément le pratiquer en haut niveau est élevée dans ma future pratique professionnelle de masseur-kinésithérapeute.

### 2.2.2. Traumatismes courants du football

Dans le monde du football, on dénombre un nombre important de blessure surtout au niveau du membre inférieur. C'est un sport exigeant, tant au niveau de l'endurance et de la vitesse que la discipline exige mais aussi de la concentration ou encore de la précision lors des entraînements et matchs. Si l'on intéresse aux principales pathologies que l'on retrouve dans ce sport, au niveau des membres inférieurs, on en trouve de divers types. On observe des entorses (cheville et genou), des pathologies de surcharge (tendinopathie et microtraumatismes) et des lésions musculaires. (1) Une étude de l'UEFA sur la saison 2016-2017 recense les blessures, le taux de blessures, les jours d'absence et l'impact des blessures survenus dans les clubs de l'élite professionnelle participant à l'UEFA champions league. Ces clubs ont enregistré 795 blessures au total dont 142 blessures graves (18%), 132 blessures ligamentaires (17%) et 359 blessures musculaires (45%). (8)

## 2.3. LES LMA

### 2.3.1. Définitions, épidémiologie et classification

La lésion myo-aponévrotique (LMA) est un terme difficile à définir. Selon le dictionnaire médical de l'académie de médecine, une lésion est une "altération morphologique d'un tissu ou d'un organe dont la cause peut être connue ou inconnue, pouvant se manifester par des signes physiques ou des symptômes fonctionnels." (9) Une lésion myo-aponévrotique correspond donc à une altération du tissu musculaire, aponévrotique ou du tendon. Ce terme de LMA n'a pas de définition officielle. Afin de standardiser les termes pour faciliter la pratique, un consensus d'experts s'est réuni dans le but de la définir. La LMA est une perte de fonction

causée par une lésion de la structure anatomique qui génère (muscle) et transmet la force (tendon). (10) Selon une autre référence, la lésion myo-aponévrotique est une atteinte de l'unité muscle-aponévrose par un mouvement excentrique ou par over-stretching (étirement au-delà des possibilités du muscle). Les différentes composantes du muscle (tissu conjonctif, tendon, fibres musculaires, vaisseaux, nerfs, nocicepteurs et mécanorécepteurs) peuvent être atteintes à des degrés variables selon l'intensité du mécanisme lésionnel. (11) Les LMA sont les traumatismes les plus courants dans le sport et sont responsables de la plupart du temps perdu à l'entraînement et en compétition.(2,10) Dans le football professionnel, elles représentent 30% de toutes les blessures enregistrées et 48% en athlétisme. Au football, les groupes musculaires les plus sujets aux blessures sont les ischio-jambiers (37% de tous les LMA), suivi des adducteurs (23%), du droit fémoral (19%) et des muscles du mollet (13%). (10) D'après une étude (2), portée sur l'épidémiologie des blessures musculaires dans le football, 92% des blessures dans le football touchent les membres inférieurs. Les muscles ischio-jambiers (37%), adducteurs (23%), quadriceps (19%) et mollets (13%) étaient les zones de blessure les plus courantes. Les blessures au groupe des muscles ischio-jambiers étaient le sous-type de blessure le plus courant, représentant 12% de toutes les blessures enregistrées dans ce sport. Les LMA sans contact sont les plus fréquentes dans le sport. Lors des jeux olympiques de Londres (2012), une étude a montré que 174 blessures avait entraîné un arrêt de l'activité sportive supérieur à une semaine, 38 étaient d'origine musculaire dont 24 situées au niveau de la cuisse.(12) Selon une autre source, la majorité des blessures musculaires se produisent dans des situations sans contact (96% du temps pour les IJ). (13) Ainsi les études épidémiologiques ont montré que les LMA des IJ représentaient les lésions musculaires les plus importantes dans le sport.(14–16) L'athlétisme n'échappe pas à ses blessures et subit également la forte prévalence des LMA. Dans la catégorie du sprint, les LMA des IJ comptent pour 26% de toutes les blessures subies. (16) Des études statistiques lors des rassemblements internationaux montrent que depuis 2007, les LMA au niveau de la cuisse représente toujours plus de 20% des blessures recensées.(12,17,18) On peut également préciser qu'il n'y a pas que le milieu du sport de haut niveau qui est concerné car la prévalence des LMA des IJ est importante dans les activités sportives au collège, au lycée et chez les sportifs quel que soit le niveau de pratique. (19) Parmi les muscles composants les IJ, on note, que le biceps fémoral est le plus souvent lésé avec une prévalence de 53%. (20) Dans le football professionnel, on estime qu'il est le muscle le plus touché (plus de 94% des blessures de type « sprint »). (21) Par ailleurs, on peut noter qu'en athlétisme, 75% des lésions des ischio-jambiers se situent au niveau du biceps fémoral dont 93% au niveau de la jonction musculotendineuse. (15) L'un des points remarquables concernant les LMA est le fort taux de récurrence, avec pour certaines, plus de 25%. (19) Dans le football professionnel, bien que les clubs disposent d'une logistique médicale et de moyens très importants, 16% des blessures ont entraîné une récurrence et dans 30% des cas en générant des absences bien plus longues qu'initialement. (2,3) Un tiers de ces récurrences ont lieu au cours des deux premières semaines après le retour au sport. (22,23) Dans une revue de la littérature, on nous montre également qu'elle arrive le plus souvent dès la première semaine de reprise. (24) Dans le football, les LMA se produisent la plupart du temps à la fin de chaque mi-temps d'un match. (2) On peut se demander si la fatigue explique ces résultats. Il a récemment été démontré en laboratoire grâce à une étude sur 10 footballeurs professionnels masculins que la force excentrique des ischio-jambiers diminuait avec le temps et, en particulier, après la mi-temps, ce qui favoriserait la blessure. De plus, on peut noter que l'incidence des blessures est 6 fois plus importante pendant les matchs par rapport aux entraînements (8,70 vs 1,37 1000 heures). (13)

### 2.3.2. Classification

La classification des LMA est relativement compliquée. En effet, de nombreuses classifications sont mentionnées dans la littérature. Dans la plupart des cas, c'est l'analyse des lésions à l'aide d'examen complémentaires, comme l'échographie et l'imagerie par résonance magnétique, déterminent la gravité et la durée de repos sportif préconisée. (25) Ces outils de diagnostics permettent de déterminer le(s) muscle(s) des ischio-jambiers atteint(s), la localisation au sein de la loge postérieure de la cuisse (tiers proximal, tiers moyen ou tiers

distal) et la structure anatomique atteinte (jonction myotendineuse, jonction myo-aponévrotique, tendon ou muscle). (26)

### 2.3.2.1. Consensus sur le sujet

Selon le consensus de Munich, (13) différents systèmes de classification sont publiés dans la littérature (tableau 1), mais il y a peu de cohérence entre les études et la pratique quotidienne. Les systèmes de notation antérieurs sont basés sur les signes cliniques. L'un des systèmes de classification des lésions musculaires les plus utilisés a été conçu par O'Donoghue. Ce système de classification repose sur la gravité de la blessure en fonction de l'importance des lésions musculaires et de la perte fonctionnelle qui en résulte. Il classe les lésions musculaires en trois catégories de grades. Les anciens systèmes de classification étaient basés uniquement sur l'imagerie. Takebayashi et al. (27) ont publié en 1995 un système de classification basé sur l'échographie. Les limites des systèmes de classification précédents sont l'absence de sous-classifications. Certains des systèmes de classification, comme celui mentionné précédemment sont relatifs et ne sont pas systématiquement mesurables. (27) Une étude (13) fait une synthèse des différents systèmes de classification couramment utilisés ou mentionnés. (Tableau 1)

Tableau 1: Aperçu des systèmes antérieurs de classification des lésions musculaires

	<b>O'Donoghue 1962</b>	<b>Ryan 1969 (Initialement pour les quadriceps)</b>	<b>Takebayashi 1995, Peetrans 2002 (Basé sur les ultrasons)</b>	<b>Stoller 2007 (Basé sur l'IRM)</b>
<b>Grade 1</b>	Pas de déchirure appréciable des tissus, pas de perte de fonction ou de force, seulement une réponse inflammatoire de faible intensité.	Déchirure de quelques fibres musculaires, le fascia restant intact.	Pas d'anomalie ou de saignement diffus avec/sans rupture des fibres focales, moins de 5% du muscle concerné.	IRM-négatif=0% de dommages structurels. Œdème hyperintense avec ou sans hémorragie.
<b>Grade 2</b>	Lésion tissulaire, réduction de la force de l'unité musculo-tendineuse, une certaine fonction résiduelle.	Déchirure d'un nombre modéré de fibres, aponévrose restant intact.	Rupture partielle : rupture des fibres focales sur plus de 5% du muscle concerné avec/sans lésion aponévrotique.	IRM-positif avec déchirure Jpg à 50% des fibres musculaires. Possible défaut focal hyperintense et rétraction partielle des fibres musculaires.
<b>Grade 3</b>	Déchirure complète de l'unité musculo-tendineuse, perte totale de la fonction.	Déchirure de nombreuses fibres avec déchirure partielle du fascia.	Rupture musculaire complète, avec rétractation, lésion aponévrotique.	Rupture musculaire = 100% de dommages structurels. Déchirure

				complète avec ou sans rétraction musculaire.
Grade 4	X	Déchirure complète du muscle et de l'aponévrose de l'unité muscle-tendon.	X	X

L'étude a donné une définition claire de chaque type de lésion musculaire, une différenciation en fonction des symptômes, des signes cliniques, de la localisation et de l'imagerie. (13) Une échographie post-traumatique précoce entre 2 et 48 h après le traumatisme musculaire fournit des informations utiles sur toute perturbation existante de la structure musculaire, en particulier s'il y a un hématome ou si l'examen clinique révèle un trouble fonctionnel sans preuve d'un trouble structurel. (25) L'étude recommande une IRM pour toute blessure suspecte de lésion musculaire structurelle. L'IRM est utile pour déterminer si un œdème est présent, dans quel schéma, et s'il y a lésion structurelle, y compris sa taille approximative. En outre, l'IRM est utile pour confirmer le site de la blessure. (13) L'IRM reste un outil de référence dans la classification même si celui-ci est souvent difficilement accessible.

#### 2.3.2.2. Classification par mécanisme lésionnel

Il existe 2 modes de lésions qui entraînent ce genre de blessures :

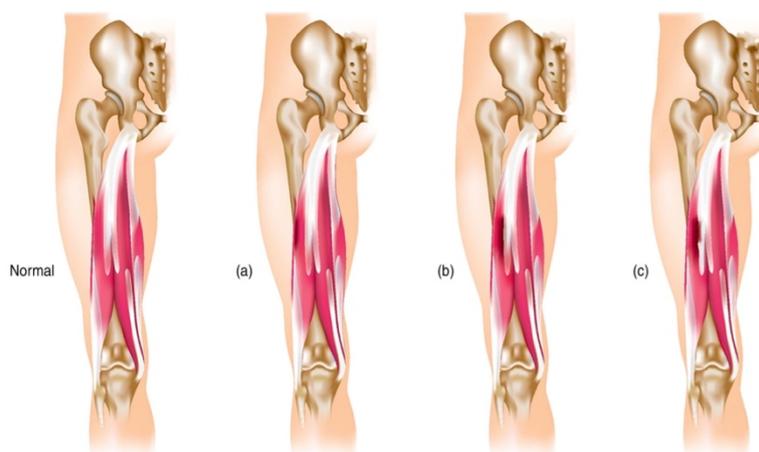
On a d'abord les lésions musculaires intrinsèques (qui correspondent à 90% des cas) : c'est une conséquence de sa propre fonction (mise en tension excessive, sollicitation brutale, contraction excentrique). On a ensuite les lésions musculaires extrinsèques (dans 10% des cas) : elles surviennent par suite d'un choc direct sur le muscle qui va être écrasé entre les différents plans. Le muscle va être comprimé sur l'os. Le choc subit est provoqué par un facteur externe. (25) Ces différents mécanismes lésionnels seront précisés dans une partie ultérieure.

Tableau 2 : Classification des troubles et lésions musculaires aigus

A. Trouble/lésion musculaire indirect(e)	Trouble musculaire fonctionnel	Type 1 : Trouble musculaire lié au surmenage	Type 1A : trouble musculaire induit par la fatigue
			Type 1B : Douleurs musculaires à retardement (DOMS)
		Type 2 : Trouble musculaire neuromusculaire	Type 2A : Trouble musculaire neuromusculaire lié à la colonne vertébrale
			Type 2B : Trouble musculaire neuromusculaire lié à la colonne vertébrale
	Lésion musculaire structurelle	Type 3 : Déchirure musculaire partielle	Type 3A : Déchirure musculaire partielle mineure
			Type 3B : Déchirure musculaire partielle modérée
Type 4 : Déchirure (sub)totale		Déchirure musculaire subtotale ou complète	
		Avulsion tendineuse	
B. Lésion musculaire directe		Contusion	
		Lacération	

### 2.3.2.3. Classification actuelle spécifique aux IJ

The British Athletics Muscle Injury Classification établi en 2014 a été créé pour les blessures aux IJ. Elle a pour but d'établir un pronostic et d'instaurer une prise de décision thérapeutique selon un diagnostic précis. L'évaluation se fait selon 5 grades (0 à 4) qui sont eux-mêmes divisés en 3 groupes (a, b et c) en fonction de la localisation et de l'étendu de la lésion. (Annexe I)



« a » : blessure myo-aponévrotique

« b » : blessure musculaire

« c » : blessure musculotendineuse. (28)

Figure 3 : Classification des lettres en fonction du site anatomique de la lésion musculaire.

Si l'on détaille cette échelle (figure 3), on a :

- **Grade 0** : lésion neuromusculaire focale avec IRM normale ou des DOMS.

- **Grade 1** : petites lésions du muscle avec apparition d'une douleur pendant ou après l'activité. Après 24h, l'amplitude de mouvement de l'athlète est complète mais on a une douleur persistante lors de la contraction. La force et l'initiation de la contraction peuvent tout de même être maintenues.

- **Grade 2** : blessures modérées du muscle avec apparition de douleur lors de l'activité obligeant l'athlète à s'arrêter. Après 24 heures, l'amplitude de mouvement du membre touché montrera généralement une certaine limitation avec une douleur en début de contraction et une faiblesse musculaire.

- **Grade 3** : déchirures importantes du muscle avec apparition soudaine d'une douleur. L'athlète peut même tomber au sol. Après 24 heures, l'amplitude de mouvement de l'athlète est réduite de manière significative avec une douleur à la marche ainsi qu'une faiblesse musculaire évidente.

- **Grade 4** : déchirure complète du muscle avec apparition d'une douleur soudaine et limitation significative et immédiate de l'activité. Il existe un vide palpable avec une douleur à la contraction qui peut cependant être moins importante que le grade 3. (22)

A partir du grade 2, on peut caractériser les lésions avec un chiffre mais également une lettre en fonction de la localisation de la blessure (figure 3). Il y'a une exception pour le grade 4 qui est soit un grade 4, soit un grade 4c (rupture tendineuse).

## 2.4. Physiopathologie

### 2.4.1. Mécanismes lésionnels

Il existe 2 types de mécanismes lésionnels différents. On parle de mécanismes intrinsèques ou de mécanismes extrinsèques. (10,29)

**Le mécanisme indirect** : dans ce cas la LMA est localisée au niveau de la jonction myo-aponévrotique ou le corps tendineux. Elle est subdivisée en deux mécanismes. Pour les ischio-jambiers, les blessures indirectes sont considérées comme étant de type sprint ou étirement, avec une relation entre le mécanisme de la blessure, la localisation et le pronostic. Les lésions musculaires indirectes sont généralement situées à proximité d'une jonction myotendineuse proximale ou distale, ou dans un tendon intramusculaire. Il a également été démontré que l'âge du patient a une influence sur la localisation des lésions musculaires. (29) Le premier mécanisme (« overstretching ») est une lésion en raison d'un étirement excessif et trop rapide des fibres musculaires dans une amplitude dépassant les capacités viscoélastiques du muscle. Le second est une contraction musculaire intense (effort de sprint par exemple). Selon le consensus italien (10), la contraction excentrique joue un rôle important dans la pathogenèse de la LMA indirect.

Pour le mécanisme dit direct : la LMA est localisée au niveau de l'impact. Cependant l'intensité du traumatisme n'est pas toujours bien corrélée aux signes cliniques décrits par le patient. Ce mécanisme est divisé en deux traumatismes :

- Contusion (choc/chute avec contact direct)

- Lacération

Si le muscle est contracté au moment de l'impact, l'énergie est mieux absorbée et par conséquent moins de dommages histologiques sont observés. La taille des lésions musculaires directes n'est pas corrélée aux signes cliniques et à la déficience fonctionnelle, et ces blessures ont généralement une meilleure évolution avec un temps de récupération plus court par rapport aux blessures indirectes. (29) Pour ce qui est des lésions indirectes, certains mécanismes sont déterminés comme étant à risque de potentiel traumatisme lésionnel au sein

des ischio-jambiers. Il y'a l'accélération, le freinage de course, le tir/shoot, le tacle en extension, le choc direct et l'impulsion donnée lors d'un saut. (26) Il s'agit de gestes sportifs effectués à haute vélocité et plus ou moins violemment, On retrouve ce genre de mouvements dans le football.

L'accélération est responsable à elle seule de 61% des LMA des ischio-jambiers. (26) Afin d'identifier ce qui provoque autant de blessure lors de l'accélération, il faut décomposer ce mouvement et se référer à la biomécanique des ischio-jambiers. A la phase aérienne d'accélération lors d'un sprint, il y a un effort de flexion de hanche et d'extension de genou. (30) Cela est traumatique pour les ischio-jambiers car ils sont recrutés en allongement maximal et compromettent leur physiologie en leur apportant davantage de contraintes.

Lors de ce geste sportif, les ischio-jambiers se contractent en utilisant le mode excentrique à haute intensité pour freiner l'extension du genou. A la suite de cette phase, les IJ vont changer brutalement de mode de contraction et passent en concentrique pour emmener le membre inférieur en extension de hanche et flexion de genou. Ce changement brutal est source de contraintes. (1,26) La LMA se produit en grande majorité lorsque les IJ travaillent en excentrique (traumatisme indirect sans contact) mais il reste tout de même la possibilité d'un choc externe. (31) Lors du mouvement de frappe au football, il y a un couplage entre la contraction concentrique du quadriceps (qui donne de la puissance au tir) et la contraction excentrique des IJ (qui permet la stabilité dynamique du genou homolatéral en contrôlant l'allongement de ces fibres musculaires). (32) Lors d'un shoot ou d'un tacle, il y a un étirement rapide des ischio-jambiers qui se crée (overstretching). (33) Dans ce propos, nous ne nous intéresserons uniquement aux LMA dues à un mécanisme intrinsèque car ce sont les seules sur lesquelles le kinésithérapeute peut avoir un impact grâce à la prévention.

## 2.4.2. Facteurs de risques

Les facteurs de risques sont importants à investiguer afin d'élaborer des stratégies préventives cohérentes et adaptées. Ils existent des facteurs de risque spécifiques aux IJ qui sont corrélés à une augmentation du risque de blessures de ce groupe musculaire. Ces facteurs se divisent en 2 groupes. On a d'abord les facteurs intrinsèques (ils dépendent de la personne et de ses propriétés individuelles) et extrinsèques (qui dépendent d'un facteur externe à la personne). Les facteurs de risques présentés par la suite ont un poids plus ou moins important en fonction de la localisation de la lésion et de la pratique sportive en cause. (1)

### 2.4.2.1. Les Facteurs de risque intrinsèques

Le premier épisode lésionnel représente un des facteurs de risque le plus important. Comme nous l'avons cité auparavant, les récurrences de LMA au niveau des IJ sont fréquentes. Le risque pour un footballeur s'étant déjà blessé la saison d'avant est multiplié par 3. On retrouve une adaptation architecturale du muscle après une blessure. Les fascicules d'un muscle lésés se raccourcissent ce qui compromet leurs fonctions. (1,33) L'âge semble aussi exercer une influence sur les LMA des IJ. Cependant son impact semble relativement limité et reste débattu. (13,34) Le ratio quadriceps/ischio-jambiers semble également avoir son importance. Les ischio-jambiers et le quadriceps ont une action en synergie. Pour être efficace, ces 2 antagonistes doivent présenter un ratio de force spécifique. Le risque de lésions aux ischio-jambiers est augmenté lorsque ce ratio n'est pas respecté (notamment en contraction excentrique). Le risque est davantage augmenté lorsque ce déséquilibre de ratio s'applique dans les 2 membres. (1)

### 2.4.2.2. Les facteurs de risque extrinsèques

On observe une corrélation entre le type de sport pratiqué et le risque de lésion musculaire des ischio-jambiers. Le football constitue l'un de ces sports à risques en raison de ses spécificités. En effet, ils demandent des courses à haute intensité, des changements de direction, des frappes de balles, .... La plupart de ces mouvements nécessitent un régime de contraction excentrique des IJ. (1) Le contexte sportif joue également son rôle, en effet, on observe davantage de blessures en matchs qu'à l'entraînement (8,70 versus 1,37 blessures

pour 1000 heures de jeu). (1,13) Le lieu de la pratique sportive est à prendre en compte même si cela reste à prouver. Des études montrent qu'il y a un taux de lésions des IJ au football plus élevé lors des matchs à domicile plutôt qu'à l'extérieur. Cela est expliqué par le fait que les équipes à domicile court un peu plus et ont plus la possession du ballon que lorsqu'elles jouent à l'extérieur. (1) Cependant, L'incidence des surfaces de jeu n'a pas été réellement démontré et n'a que peu d'impact. (13) Les taux de blessures varient également au cours des différentes périodes de la saison. (2)

Au football comme dans d'autres sports, le poste du joueur a également son importance. En effet, en fonction du poste, les caractéristiques physiques des joueurs sont différentes. Les gardiens de buts sont moins sujets à ce danger que leurs coéquipiers car ils effectuent moins de courses à haute intensité et ont un volume de course moins important. (1) D'autres risques sont évoqués dans la littérature mais ceux-ci ne sont pas clairement identifié comme facteur de risque en raison du manque de preuve. Pour finir, plusieurs facteurs de risques sont à noter dans le cadre des LMA des IJ. Cependant ceux-ci restent d'un impact relativement limité. (10)

### 2.4.3. Critère de retour au sport

En collaboration avec les associations française et belge de football, 37 médecins du sport de clubs de football professionnel masculin français (Ligue 1 et 2) et belge (1ère division) ont rempli un questionnaire sur le sujet. Les médecins ont été invité à classer une liste de critères relatifs à la reprise du sport. Les critères sont au nombre de 14. La comptabilisation de tous les votes a donné le classement suivant (le 1 représente le critère de retour au jeu le plus important selon les experts. (35)

Tableau 3 : Classement des critères de retour au sport par importance selon les experts (35)

	Critères
1	Soulagement complet de la douleur
2	Performance de force musculaire
3	Sentiment subjectif rapporté par le joueur
4	Souplesse musculaire
5	Performances spécifiques lors des tests de football
6	Respect d'une période théorique d'arrêt de la compétition
7	Analyse de la course
8	Condition physique
9	Évaluation du contrôle de l'équilibre
10	Imagerie médicale
11	Performances lors des tests fonctionnels dynamiques
12	Correction d'un éventuel dysfonctionnement de l'articulation sacro-iliaque ou lombaire
13	Autres
14	Analyse EMG des ischio-jambiers ou du quadriceps

Le soulagement de la douleur apparaît comme le critère de retour au jeu le plus important. L'évaluation des performances en matière de force musculaire a également été considérée

comme un critère essentiel du retour au sport. Ce résultat s'explique par le fait qu'il est prouvé qu'une anomalie de la force musculaire augmente la récurrence de blessure aux ischio-jambiers. (36) Le sentiment du joueur semble également important pour les médecins interrogés. En effet, l'appréhension, la peur et l'anxiété sont associées à un risque plus élevé de rechute, en plus des effets négatifs sur la performance et certains auteurs insistent sur l'importance d'une conversation avec l'athlète sur sa préparation mentale et sa confiance (peur de l'échec, peur de nouvelles blessures) pour revenir jouer en toute sécurité et au maximum de ses capacités. (37,38) La souplesse des muscles IJ représente le quatrième critère le plus important du retour au sport. Même si la relation entre un manque de souplesse et un risque accru de blessure musculaire reste à prouver, certaines études récentes tendent à établir une relation entre ces deux paramètres. Chez une population de joueurs de football, une étude a démontré une association entre un manque de flexibilité des muscles ischio-jambiers et le risque de développer une lésion sur ce groupe de muscles. (39) Cependant, cela est largement discuté à l'heure actuelle.

Près de 80 % des médecins interrogés utilisent au moins sept critères pour évaluer la capacité des joueurs à reprendre une activité sportive complète. Pour certains d'entre eux, notamment l'évaluation de la force musculaire, il semble qu'il y ait un manque de consensus sur le choix des paramètres d'évaluation et des valeurs limites permettant aux médecins d'autoriser ou d'interdire le retour au jeu. Même si les preuves scientifiques sur le sujet ne sont pas suffisantes pour l'instant, un effort pourrait notamment être réalisé pour appliquer, dans la pratique médicale réelle, les éléments dont il a été scientifiquement démontré qu'ils réduisent le taux de rechute.

## **2.5. Prévention des lésions myo-aponévrotiques**

### **2.5.1. Prévention en masso-kinésithérapie**

Selon la Haute Autorité de Santé (HAS), « La prévention consiste à éviter l'apparition, le développement ou l'aggravation de maladies ou d'incapacités ». (40) L'action du Masseur-kinésithérapeute ne se limite pas seulement aux soins, en effet, dans le Code de la santé publique, l'article L4321-1 stipule que « La pratique de la masso-kinésithérapie comporte la promotion de la santé, la prévention, le diagnostic kinésithérapique et le traitement des troubles du mouvement ou de la motricité de la personne et des déficiences ou des altérations des capacités fonctionnelles ». (41)

Malgré les bénéfices et les bienfaits du sport sur la santé, l'activité sportive engendre aussi des risques comme des blessures, qui peuvent être de différentes natures. Avec l'évolution du métier de masseur-kinésithérapeute, la prévention prend de plus en plus de place dans la profession. En plaçant le patient en tant qu'acteur de sa santé, le masseur-kinésithérapeute va lui apporter une éducation essentielle dans la prise en charge de sa pathologie. Cette éducation peut-être de différents types. Par exemple, il peut lui fournir des connaissances en anatomie et en physiologie pour être plus à même de prévenir les risques de blessures potentielles liés à son environnement et à sa pratique. (42)

Le kinésithérapeute peut intervenir en prévention primaire pour diminuer l'incidence d'une maladie dans une population et réduire les risques d'apparition de nouveaux cas. Il agit également en prévention secondaire pour diminuer la prévalence d'une maladie dans une population et faire disparaître les facteurs de risque. La prévention tertiaire permet d'agir sur la prévalence des incapacités chroniques ou des récurrences dans une population et réduire les complications, les invalidités et les rechutes. (40) Nous allons nous intéresser aux moyens de prévention des LMA des ischio-jambiers chez le footballeur. Ceux-ci peuvent être de différents types et vont être détaillé par la suite.

### **2.5.2. Programmes de prévention**

En 2010, la Cochrane a publié une revue systématique (43) sur les interventions pour prévenir les lésions des ischio-jambiers. En 2015, une autre revue (44) sur le sujet a été publiée. Les

preuves des essais cliniques inclus sont insuffisantes pour conclure de l'efficacité des différentes stratégies préventives étudiées. (43) La prévention des traumatismes chez les sportifs est étudiée depuis de nombreuses années et est en expansion depuis 2010. (45) Cela s'explique par les enjeux financier et sportif que représente certains sports. En effet, la blessure d'un athlète peut entraîner une perte de revenus pour le club, ainsi qu'un impact négatif sur les résultats de l'équipe.

L'importance de la prévention dans ce domaine et notamment dans le football est essentielle. Le football est l'un des sports qui génère le plus d'argent dans le monde. Les recettes au niveau mondial se calculent en centaine de milliards d'euros. (46) La santé des footballeurs, au-delà de l'aspect purement sportif, représente donc un enjeu majeur pour les grandes instances de ce sport. Une étude (3) parle du fait que malgré les nombreux programmes de prévention mis en place, le taux de lésions aux ischio-jambiers des footballeurs professionnels n'a cessé d'augmenter entre 2001 et 2014, par exemple lors des entraînement (4%).

L'augmentation au fil des années de l'intensité du jeu et de l'impact physique qu'exige la discipline pourrait être à l'origine de cette accroissement (augmentation des actions de courses à haute intensité, du nombre de sprints, ...). Entre la saison 2002/03 et la saison 2014/15, le nombre de sprints par match et par joueur est passé de 17,5 à 27,5. (3,47)

Certains programmes spécifiques de prévention des blessures ont été créé par la grande instance du football mondial : la FIFA. Celle-ci s'est rendu compte de l'impact qu'avaient les blessures sur leur sport et leur modèle économique.

### **2.5.3. FIFA 11+**

Le Centre d'évaluation et de recherche médicale (F-MARC) de la Fédération Internationale de Football Association (FIFA) a été créé en 1994 dans le but de « prévenir les blessures liées au football et de promouvoir le football en tant qu'activité de loisir bénéfique pour la santé, améliorant le comportement social ». (48) Le « FIFA 11+ » est une version actualisée du « FIFA 11 » et du « programme PEP ». (49) Le FIFA 11+ est un programme d'échauffement officiel recommandé à partir de 14 ans pour les footballeurs. Selon des études scientifiques, un programme d'échauffement adopté, adapté et bien appliqué réduirait de moitié le risque de blessures. (50) Cet échauffement complet de 20 minutes est composé de 3 parties comprenant 8 minutes d'exercices de course, 10 minutes d'exercices de force, de proprioception, de contrôle musculaire et de gainage et 2 minutes d'exercices de course avancé. Il doit être appliquer 2 fois par semaine. Chaque exercice est décrit dans le programme et peut évoluer selon le niveau de pratique et l'évolution du sportif qui l'utilise (3 niveaux de difficultés). (51) Cette étude (51) a pour objectif de comparer les effets aigus (post-exercice) de 3 protocoles d'échauffement : FIFA 11+ (annexe II), Harmoknee (annexe III) et une routine d'échauffement dynamique. Finalement, l'impact des différents programmes restent relativement similaire sur la performance sportive. Cependant, la FIFA 11+ et l'Harmoknee appliqués quotidiennement aurait un intérêt positif dans la prévention du taux de blessure comparé à l'échauffement standard.

### **2.5.4. Le travail excentrique dans la prévention**

#### *2.5.4.1. Définition et spécificité*

La contraction musculaire excentrique correspond à l'activité où la force appliquée sur le muscle excède le moment de force produit par le muscle lui-même avec le résultat d'une action d'allongement. L'énergie mécanique absorbée peut être dissipée sous forme de chaleur, ou alternativement l'énergie peut être récupérée et additionnée à une production de force active durant une action concentrique consécutive. La fonction du système musculo-tendineux s'apparente à un ressort lors de l'allongement actif du muscle avant le raccourcissement consécutif. Le couple excentrique couplé à l'action musculaire concentrique correspond au cycle de raccourcissement-étirement (SSC) ; Ce phénomène développe de la puissance efficacement. (52)

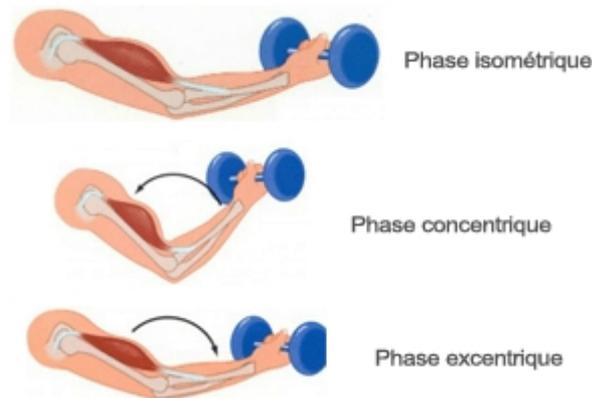


Figure 4: Les modes de contraction du muscle

L'exercice excentrique peut causer des blessures musculaires. Un exercice mal réalisé peut provoquer des dommages sur les fibres musculaires. En effet, on observe de nombreuses lésions du tissu contractile suite à l'utilisation de ce régime de contraction. (53) Les douleurs qu'il peut provoquer après un entraînement sont appelés DOMS. Les DOMS résultent de l'association entre la dégradation du cytosquelette et une inflammation localisée, causées par des tensions importantes non uniformes. L'allongement du muscle durant le travail en contraction excentrique provoque des tensions intra-musculaire. L'excentrique agit également au niveau nerveux. Un recrutement limité des unités motrices par le système nerveux central entraîne une activation plus importante de celles-ci. Les dommages résultent de cette répartition sélective du stress mécanique avec une contrainte mécanique « supra maximale » des fibres sollicitées. (54)

#### 2.5.4.2. Intérêt du travail excentrique

Ce mode de contraction est utilisé en prévention des blessures musculaires ou en réathlétisation. C'est le régime de contraction qui développe le plus de force. (55) Il a plusieurs avantages s'il est utilisé régulièrement et que la charge de travail est bien modulée durant l'entraînement. Il permet notamment un gain de force, une hypertrophie musculaire (augmentation de la surface de section transversale des fibres musculaires), une modification de l'architecture musculaire (augmentation de l'angle de pennation des fascicules, diminution de la force transmise par une fibre musculaire de façon isolée, augmentation de la quantité des fibres musculaires parallèles), une modification des propriétés mécaniques (augmentation du nombre de sarcomères en série qui va entraîner un déplacement du pic de couple de force vers des longueurs musculaires plus grandes) et enfin, une adaptation nerveuse (activation neuromusculaire qui va augmenter). (55) Toutes ces adaptations structurales permettent une amélioration de la capacité musculaire. Le muscle va pouvoir produire plus de force avec une longueur musculaire plus importante.

#### 2.5.4.3. Types d'exercices de renforcement excentrique des IJ

L'exercice « roi » dans ce domaine est le NHE. En effet, on le retrouve très souvent dans les protocoles de prévention des blessures dans le football. Il y est couplé à d'autres types d'interventions. Le NHE a été décrit en 2004 par Mjølsnes et al. (56) C'est un exercice facilement applicable qui ne nécessite pas de matériel particulier. Le joueur doit se placer à genoux dressés avec une rectitude coxo-fémorale, ses chevilles sont maintenues par une tierce personne (coach, coéquipier, kinésithérapeute...) ou à l'aide d'un espalier par exemple, pour permettre le contact des pieds au sol. (54) Le patient freine la descente antérieure de son tronc jusqu'à son arrivée au sol (en gardant 0° d'extension de hanche) puis il doit se remonter en se propulsant avec ses mains sur le sol. La charge en excentrique est maximisée et celle en concentrique minimisée. (54) C'est un exercice relativement difficile pour un débutant.

Concernant la posologie de cet exercice, les avis divergent. Dans son étude, Mjølunes conclut qu'un programme de 10 semaines de renforcement musculaire excentrique des IJ avec le NHE est plus efficace qu'un programme de renforcement musculaire concentrique d'Hamstring curl. Ses critères de jugement sont les suivants : le développement de la force excentrique maximal des IJ, le rapport de force IJ/Q et la force isométrique développée par les IJ. Il s'agit d'un programme de formation de NHE progressif. (56)

Cependant, cette analyse présente certaines limites. En effet, elle se base sur 3 articles qui intègrent le NHE à l'aide du protocole « FIFA 11 ». Le problème est que le FIFA 11 n'utilise pas uniquement le NHE et de ce fait, il est difficile de conclure sur son efficacité propre. Seulement 1 étude a mis en avant uniquement cet exercice. (56)



Figure 5 : Le Nordic Hamstring Exercise (NHE)

Le flywheel leg curl est une machine de musculation permettant d'effectuer des leg curl (flexion de genou). C'est un exercice d'isolation permettant de cibler les ischio-jambiers. Le dispositif est composé d'un volant d'inertie qui permet de cibler particulièrement la phase excentrique. Il consiste à se tenir en décubitus ventral sur la machine. Lorsque l'on se sert de ce genre de machine, on n'est pas à plat ventre, il y'a un angle (figure 6). La résistance est placée en face postérieure du tiers inférieur des mollets. Le sujet doit effectuer une flexion de genou. Les appareils d'entraînement à volant d'inertie YoYo® sont les plus utilisés. Pendant la phase concentrique de l'action musculaire, l'athlète imprime une rotation à un volant d'inertie au moyen d'une sangle reliée à son arbre. À la fin de l'amplitude de mouvement, la sangle est complètement déroulée et le volant continue de tourner en raison de son inertie et fait reculer la sangle, exigeant que l'athlète la ralentisse lors de l'action excentrique suivante. En contrôlant la technique d'exécution (c'est-à-dire en retardant l'action de freinage en phase excentrique), ces dispositifs permettent d'atteindre un degré donné de surcharge excentrique. (The Flywheel Leg-Curl Machine: Offering Eccentric Overload for Hamstring Development). Comme pour le NHE, la posologie de cet exercice dépend du protocole utilisé. (57)



Figure 6 : Le Flywheel Leg Curl

## 2.6. Processus de problématisation

Comme on a pu le voir durant ce propos, les LMA des IJ sont les blessures les plus courantes dans les sports comprenant du sprint et particulièrement dans le football. C'est une problématique importante de cette discipline sportive car elle représente une perte de temps, d'argent et de compétitivité pour les clubs, surtout dans le monde professionnel. Elles représentent 30% de toutes les blessures dans le football professionnel (37% des blessures concernant le membre inférieur) avec une prévalence supérieure pour le biceps fémoral (53% des LMA aux IJ). L'observation des mécanismes lésionnels a montré que dans 96% des cas, les LMA se produisaient avec un mécanisme dit intrinsèque, c'est à dire sans contact.

L'âge ne semble pas influencer de manière significative le risque de blessure entre 20 et 30 ans. D'où l'intérêt de ne pas cibler de tranche d'âge précise. Un grand nombre de classification existe mais il n'est pas adapté de ne pas partir que sur un type de blessure précis. A la suite de la lecture d'un article, un questionnement sur les moyens à m'être en œuvre pour éviter ce type de blessures m'est apparu.

La LMA des IJ est associée à un fort risque de récurrence (25%). De plus, dans 16% des cas, la récurrence a généré des absences plus longues que la blessure initiale. On peut ajouter qu'un tiers de ces récurrences interviennent durant les deux premières semaines après le retour au sport. La prise en charge peut être multiple, à l'aide de protocole bien défini (POLICE, PEACE and LOVE), basée sur une rééducation kinésithérapique précoce. Elle peut également être chirurgicale dans le cas de graves lésions de grades importants. Il existe un grand nombre de protocoles présentant des variabilités entre eux, cependant à quelques points près, ils se ressemblent.

Les grands principes les plus retrouvés sont dans un premier temps : la protection de la lésion, la remise en charge douce et progressive de la zone blessée, la compression de la blessure à l'aide de bande élastique par exemple, l'élévation du membre atteint et l'abstention de prise d'anti-inflammatoire. Dans un second temps, on retrouve la vascularisation de la zone à l'aide d'exercice de type cardio et l'activité physique avec une approche active.

Si l'on s'intéresse à l'après rééducation, la question des techniques de prévention apparaît. Chez une population de sportif, dans la majorité des cas la finalité de la prise en charge est le retour au sport. Celui-ci doit être le plus rapide possible mais surtout en toute sécurité pour limiter les récurrences futures. Il existe un consensus d'experts sur les critères de retour au sport. Il a servi à effectuer un classement selon l'importance de chaque critère pour les différents experts. Les 3 plus importants dans l'ordre sont un soulagement de la douleur, une récupération de la force musculaire et une amélioration du ressenti du sportif. Il n'y a pas de temps avant le retour au sport clairement établi car chaque lésion est particulière, dépend de son grade d'atteinte mais également du patient.

Si l'on s'intéresse aux facteurs de risques de ces blessures, on se rend compte qu'aucun critère n'est vraiment impactant. Cependant, certains ont plus d'effets que d'autres. L'âge, la récurrence des blessures, et l'ethnie semblent être des facteurs de risques plus disposants à ce genre de blessure. Avec ces différents éléments, il est intéressant de s'interroger sur l'efficacité d'une technique de prévention en particulier : le travail excentrique des ischio-jambiers. Une revue de littérature est parue sur le sujet en 2015. (44) L'objectif est donc de faire un état des lieux actuels sur la question. Nous partirons de la problématique suivante : Quel est l'intérêt d'un renforcement excentrique des ischio-jambiers sur la survenue et la gravité des lésions myo-aponévrotiques de ces muscles dans le football ?

## 3. Méthode

### 3.1. Bases de données

Nous avons consulté les bases de recherche PUBMED, SCIENCE DIRECT, PEDro et Cochrane (du 28 Février 2021 au 22 Septembre 2021).

### 3.2. Équation de recherche

La littérature scientifique sur le sujet étant plutôt vaste, il a fallu restreindre les recherches. Il a donc été assez compliqué de trouver des articles correspondant à notre champs restreint. Lors de nos recherches, nous avons remarqué que les lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers sont un sujet important dans la prévention des blessures de nombreux sports (athlétisme, football,). Il y'avait donc de nombreux articles sur le sujet, cependant en réduisant le champ de recherche au football, le nombre d'articles a grandement diminué.

Nous nous intéressons à la prévention de ces blessures grâce au travail excentrique. Cependant, il n'existe pas de MESH relatif aux exercices excentriques ainsi que pour ce type de blessure. Nous devons donc vérifier les techniques employées en lisant le titre et l'abstract de chaque article. Nous ne limitons pas la recherche à une population particulière, il faut simplement que l'étude s'intéresse à des footballeurs, peu importe l'âge ou le sexe. Nous avons pu aboutir à l'équation de recherche suivante: ("eccentric" or "eccentric strength") and ("prevention" or "prevent" or "accident prevention"[Mesh]) and ("hamstring" or "Hamstring Muscles"[Mesh]) and ("injury" or "muscular lesion" or "muscular injury" or "strain" or "muscle lesion" or "muscle injury") and ("football"[Mesh] or "soccer"). Sur la base PEDro, nous avons réalisé une recherche à l'aide de l'équation suivante : eccentric and prevent and hamstring and injury and football. Nous avons également effectué une recherche complémentaire manuelle à partir de la bibliographie d'articles tels que des revues systématiques, afin de rechercher d'autres publications pertinentes pour notre revue de littérature. Nous avons dans un dernier temps recherché des articles dans ScienceDirect en utilisant l'équation suivante : "eccentric" and "prevent" and "hamstring" and "injury" and "football" or "soccer"et en ne sélectionnant que les articles de recherche.

### 3.3. Critères d'éligibilité

#### 3.3.1. Critères d'inclusion :

Afin de trier les résultats que j'ai obtenu, j'ai choisi de ne garder que les essais cliniques et essais cliniques randomisés. Les articles ne seront pas retenus s'ils ont été publiés avant 2014 car une revue ayant traité un sujet similaire et a été publié en 2015 (44), l'objectif est donc de prendre les références les plus actuelles. La revue de 2015 a arrêté de sélectionner des articles à partir du 1 mars 2013. Les articles doivent avoir pour population cible les footballeurs. Ils peuvent être rédigés en français ou en anglais. Nous nous intéressons à la prévention des lésions myo-aponévrotique des ischio-jambiers, le type de blessure n'est donc pas important. Les articles peuvent parler de tous types de lésions hormis les DOMS car ils peuvent être souvent présent après des séances d'entraînement excentrique. Les articles parlant de l'incidence des blessures et de leur gravité pourront être retenus. L'âge n'a également pas d'importance, le critère important est la pratique du football. Les articles sélectionnés doivent avoir une structure IMRAD et être disponible en version intégrale.

#### 3.3.2. Score Pedro

Nous avons décidé d'utiliser la grille PEDro (annexe 4) pour évaluer la qualité des études contrôlées randomisées sélectionnées. Cette grille évalue la validité interne d'un essai clinique randomisé et est composée de 10 + 1 critères d'évaluations, 1 point est attribué à l'article pour chacun des 10 items et donne une note sur 10. Le premier critère (critère d'éligibilité) n'entrant pas dans l'évaluation.

Cette échelle évalue la sélection des participants, leur assignation dans l'étude, la méthodologie de l'étude ainsi que l'interprétation des résultats. La grille est présentée en annexe (Annexe 4). Dans un souci de qualité méthodologique, nous décidons d'inclure uniquement les études ayant un score PEDro supérieur ou égal à 5/10 qui correspond à une qualité méthodologique moyenne. Nous ne pouvons pas nous permettre de prendre seulement les articles avec au moins 6/10 car cela ne nous laisserait pas assez de matière pour travailler. Pour les articles n'étant pas des essais cliniques randomisés, nous avons choisi de les évaluer avec l'échelle PEDro également. Cette grille est une référence dans l'évaluation de la qualité méthodologique d'articles. Cependant, en l'absence de randomisation, le score de l'essai clinique ne peut pas être très élevé en l'absence de randomisation et de contrôle de nos études.

Les critères d'inclusion et de non-inclusion sont résumés dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Récapitulatif des critères d'inclusion et d'exclusion de la revue

Critères	Non-inclusion	Inclusion
<b>Date</b>	Avant 2013	2014 ou plus récent, car une revue sur un sujet similaire a été publié en 2015 (cette revue a arrêté de sélectionner des articles à partir du 1 Mars 2013)
<b>Population</b>	Toute population autre que les footballeurs	Footballeur
<b>Type d'article</b>	Tout autre forme d'article que les essais cliniques	Essai clinique et essai contrôlé randomisé
<b>Langue</b>	Tout article rédigé dans une autre langue que l'anglais et le français	Français ou anglais
<b>Type de blessures</b>	DOMS	Tout type de blessure autre que les DOMS
<b>Age</b>		
<b>Structure IMRAD</b>	Ne respecte pas la structure imrad	Respecte la structure IMRAD
<b>Version intégrale</b>	Uniquement Résumé ou abstract	Version intégrale de l'article
<b>Score Pedro</b>	Inférieur à 5/10	Supérieur à 5/10

### 1.1.1. Sélection d'article

Pour chaque étude, un tableau comme ci-dessous sera complété avec les informations importantes relatives à chaque article. Ce tableau sera présenté en annexe (annexe V).

Articles (titre, auteur, date) type d'étude n° ref biblio	Objectifs de l'étude	Population	Méthodologie/protocole utilisé	Résultats	Grille de lecture utilisée / score	Intérêts pour le mémoire /points-clés d'analyse critique de l'étude

La sélection des articles s'est basée dans un premier temps sur de la lecture de titre afin de trier les résultats n'ayant rien à voir avec le sujet qui nous intéresse. Il a ensuite fallu affiner en lisant les abstracts, ce qui a constitué un autre tri dans nos résultats. Et enfin, nous avons fini par lire les articles qui nous intéressaient en intégralité afin de pouvoir les inclure ou non dans notre revue. Les critères d'inclusion ont été spécifiés un peu plus tôt (voir ci-dessus). Un tableau de synthèse montrant le nombre de résultats sur chaque base de données et les articles finalement conservés est affiché ci-dessous.

Tableau 5: Synthèse des résultats de la recherche par base de données

Moteur de recherche	Equation	Résultats	Premier tri (filtres)	Articles conservés après lecture
Pubmed	("eccentric" or "eccentric strength") and ("prevention" or "prevent" or "accident prevention"[Mesh]) and ("hamstring" or "Hamstring Muscles"[Mesh]) and ("injury" or "muscular lesion" or "muscular injury" or "strain" or "muscle lesion" or "muscle injury") and ("football"[Mesh] or "soccer")	58	11	3
Science Direct	"eccentric" and "prevent" and "hamstring" and "injury" and ("football" or "soccer")	320	56	0
PEDro	eccentric and prevent and hamstring and injury and football	4	2	0
Cochrane	"eccentric" and "prevent" and "hamstring" and "injury" and ("football" or "soccer")	0	0	0

Après lecture des articles en lien avec le sujet, nous avons décidé d'en conserver 3. (58–60)

### 3.3.3. Diagramme de Flux

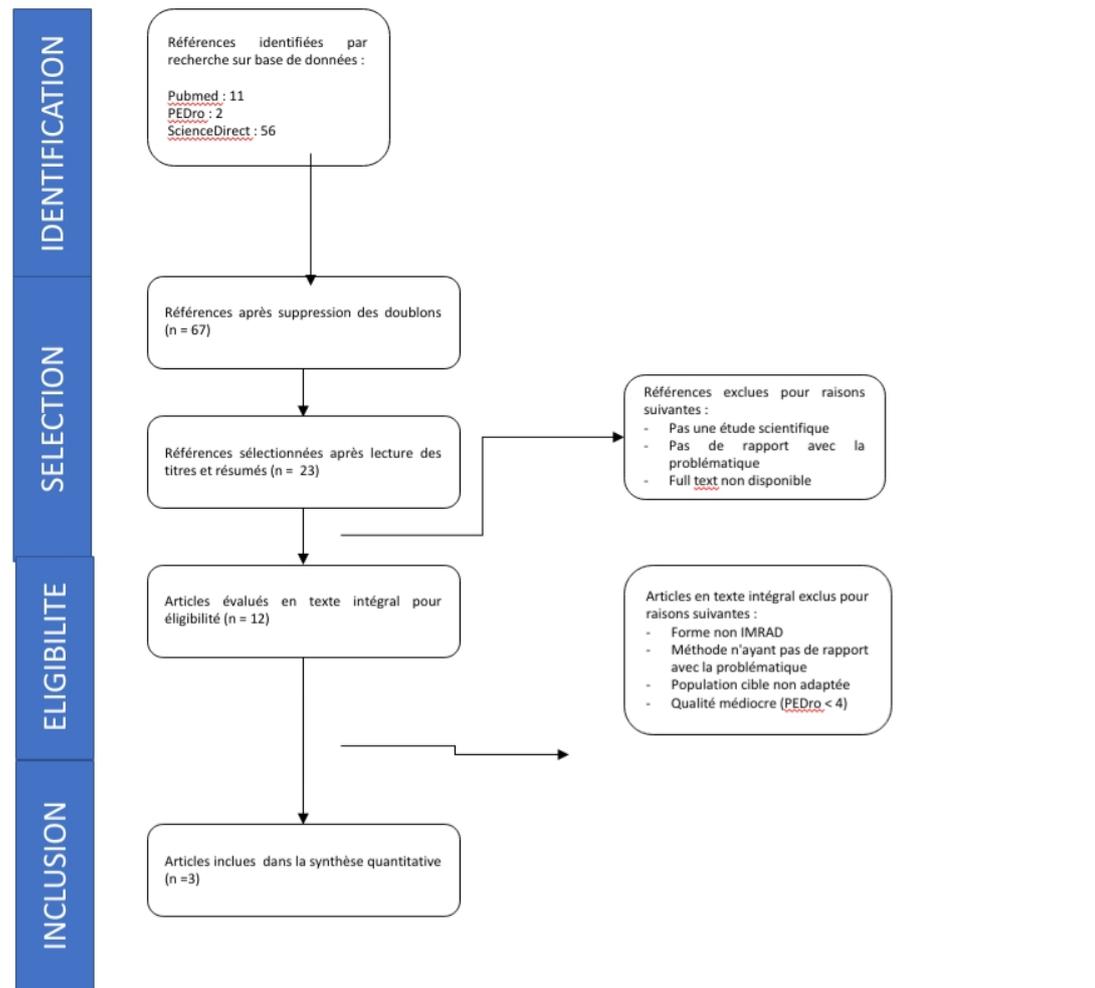


Figure 7 : Diagramme de flux PRISMA

## 4. Résultats

### 4.1. Présentation des études sélectionnés

Au total, nous sélectionnons trois études, dont deux sont des essais contrôlés randomisés et une, un essai clinique. (58–60)

La revue systématique publiée sur le sujet regroupait un grand nombre d'articles pouvant être utilisés ici. Il a donc fallu trouver des articles récents portant sur le même sujet. Les 3 articles sélectionnés n'ont donc pas été étudiés dans la revue systématique de 2015. (44) Les études de De Hoyo et al. (58), Van der Horst et al. (59) et de Hasebe et al. (60) ont pour objectif d'évaluer l'efficacité du renforcement des ischio-jambiers en excentrique dans la prévention des blessures des ischio-jambiers dans le monde du football. Deux études se concentrent uniquement sur l'effet du nordic hamstring exercise dans la prévention des blessures aux ischio-jambiers. (59,60) L'étude de De Hoyo et al. (58) quant à elle, se concentre plutôt sur l'analyse de l'effet d'un programme d'entraînement en surcharge excentrique à l'aide de half-squat et de leg-curl exercices en utilisant des flywheel ergometers. Pour évaluer l'efficacité du travail excentrique dans la prévention des blessures aux ischio-jambiers dans le football, ces articles prennent en compte l'incidence des blessures, mais également leurs gravités. L'incidence est calculée en fonction du nombre de blessure ou alors du nombre de blessures pour 1000 heures de jeu. Cette donnée peut être décomposée en deux : l'entraînement et les matchs. L'étude de De Hoyo et al. (58) prend également en compte un aspect de performance des joueurs. Pour cela, ils réalisent des mesures sur 10 mètres et 20 mètres de sprint mais aussi une mesure du CMJ. Il y'a également une notion de performance dans l'étude de Hasebe et al. (60) qui prend en compte une mesure du sprint sur 50 mètres cette fois. L'étude de Van der Horst et al. (59) et de Hasebe et al. (60) mesurent le taux de conformité au protocole, c'est-à-dire le respect du protocole mis en place par les chercheurs. Dans l'étude de Hasebe et al. (60), on prend en compte l'impact du ratio HQ (ischio-jambiers/quadriceps) sur les LMA des ischio-jambiers. Pour simplifier la présentation, les différents critères de jugements utilisés selon les auteurs sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6: Résumé des critères de jugement par étude

Critères Études	Incidence des blessures aux ischio-jambiers	Gravité des blessures Aux ischio-jambiers	Sprint	CMJ	Conformité au programme	Évaluation fonctionnelle (distance doigt/sol, ...)
Van der Horst et al (2015) (59)	X	X			X	
De Hoyo et al (2015) De Hoyo et al. (2015) (58)	X	X	X	X		
Hasebe et al (2020) (60)	X	X	X		X	X

## 4.2. Caractéristiques des échantillons

L'ensemble des études sélectionnées (58–60) regroupe un total de 874 patients. L'intégralité de ces patients sont des footballeurs de niveau et d'âge différents. Cependant, deux des trois études s'intéressent à des joueurs relativement jeunes : des lycéens et des U19. Dans chaque étude, 2 groupes ont été fait afin d'observer l'efficacité du travail excentrique dans la prévention des blessures aux ischio-jambiers. On recense une étude avec un petit échantillon ( $n < 50$ ), c'est l'étude réalisé par de Hoyo et al. ( $n = 36$ ). (58) Les 2 autres études s'intéressent à des échantillons de plus grandes tailles ( $n > 50$ ).

Celle de Hasebe et al. (60) se concentre sur un échantillon de 259 joueurs de football et celle de Van der Horst et al. (59) sur un échantillon de 579 joueurs. Concernant la population recrutée, dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), les chercheurs recrutent les patients de leur étude dans la première division de football espagnol, c'est-à-dire la Liga BBVA. Ces joueurs appartiennent aux catégories de jeunes de ces clubs professionnels. Trente-six jeunes joueurs de football espagnols d'élite (U-17 à U-19) ont donc été recrutés pour cette étude. Aucun d'entre eux n'avait auparavant utilisé de dispositif à volant d'inertie (flywheel). Un médecin a examiné les antécédents médicaux et a évalué l'aptitude à participer à l'étude. Les participants présentant des lésions musculaires graves des membres inférieurs (LMA pendant plus de 27 jours) au cours des deux derniers mois ont été exclus de l'étude. Ils incluent donc un échantillon de 36 joueurs après ces vérifications.

Dans l'essai contrôlé randomisé de Van der Horst et al. (59), les 579 joueurs recrutés pour l'analyse sont des sportifs jouant au football en amateur. L'âge moyen est de 24,5 ans (l'âge des joueurs va de 18 à 40 ans. Ces joueurs proviennent de 40 clubs amateurs différents. Ces clubs appartiennent à la Royal Netherlands Football Association qui n'est autre que la ligue de football néerlandaise. Les joueurs proviennent donc de ces équipes de football de 4 districts géographiquement séparés jouant dans des compétitions de football amateur de haut niveau. Ils ont habituellement un à deux matchs par semaine, avec 2 ou 3 sessions d'entraînement par semaine. Les équipes néerlandaises de football amateur de haut niveau ont généralement un kinésithérapeute présent lors de tous les matchs et entraînements.

Passons maintenant à l'essai contrôlé randomisé de Hasebe et al. (60), les sujets recrutés correspondent à 259 joueurs masculins d'équipe de lycée évoluant en club. Les sujets ont été recrutés dans 7 écoles. Une invitation à participer à l'étude a été envoyé aux 16 meilleurs lycées sur les 138 de la région de Saitama. Afin d'unifier autant que possible le niveau de compétition des joueurs, les chercheurs ont ciblé les équipes au niveau le plus élevé de la hiérarchie. Les joueurs qui souffraient de blessures aux ischio-jambiers au début de l'étude, ou qui avaient des antécédents de chirurgie de la colonne lombaire ou des membres inférieurs au moment où le consentement a été obtenu n'ont pas pu participer à l'étude. Aucun sujet n'avait reçu d'entraînement de prévention des blessures aux ischio-jambiers avant le début de cette étude.

### 4.2.1. Taille et répartition des groupes

Dans toutes les études incluses, les participants sont séparés en deux groupes distincts. S'ils ont effectué un programme de prévention des LMA des ischio-jambiers par travail excentrique en plus de leur entraînement de football habituel ou s'ils ont uniquement continué à s'entraîner normalement. La taille des groupes est variable selon les études, voici un aperçu de la composition des groupes. Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), les sujets sont répartis en 2 groupes : 292 dans le groupe expérimental et 287 dans le groupe contrôle. Dans celle de Hasebe et al. (60), on a 156 joueurs dans le groupe expérimental et 103 dans le groupe contrôle. Et enfin dans l'étude de de Hoyo et al. (58), le groupe expérimental est composé de 18 joueurs et le groupe contrôle de 15 joueurs. Ces informations sont récapitulées dans le tableau suivant pour plus de lisibilité.

Tableau 7: Population par étude

Étude \ Groupe	Groupe expérimental (excentrique)	Groupe contrôle
Van der Horst et al. (2015) (59)	n = 292	n = 287
Hasebe et al. (2020) (60)	n = 156	n = 103
De Hoyo et al. (2015) (58)	n = 18	n = 15

Concernant la répartition des sexes dans les différentes études, les femmes ne sont pas du tout représentées. On remarque que les trois études n'incluent aucune femme dans leur analyse et se concentre sur une population uniquement composée de footballeur masculin.

#### 4.2.2. Age moyen des échantillons

Pour cette revue de littérature, toutes les études incluses traitent d'une population âgée de moins de 40 ans ou moins et pouvant descendre jusqu'à une moyenne d'âge de 17,5 ans pour l'étude de De Hoyo et al. (58) avec leur population de joueurs de U17/U19. Dans cette même étude il n'y a pas de différence significative sur les moyennes d'âges des deux groupes analysés avec 18 ans pour le groupe expérimental pratiquant le renforcement excentrique et 17 ans pour le groupe contrôle. Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), on ne note aucune différence significative entre les groupes expérimental et de contrôle qui sont respectivement de 24,5 ans et 24,6 ans.

L'âge moyen est relativement proche au vu de la taille des échantillons de cette étude. Dans l'essai contrôlé randomisé de Hasebe et al. (60), comme pour les deux autres articles, on ne retrouve pas de différence significative entre les deux groupes. Pour le groupe expérimental participant à la prévention des blessures par le renforcement excentrique des ischio-jambiers, l'âge moyen est de 16,7 ans avec des âges allant de 15 à 18 ans. Quant au groupe de contrôle n'ayant subi aucune intervention en plus de leurs entraînements de football, l'âge moyen est de 16,3 ans, avec des âges allant de 15 à 17 ans.

Ces différents groupes présentent des sujets avec des âges relativement faible, surtout pour les études de Hasebe et al. (60) et de De Hoyo et al. (58) qui se concentrent sur des joueurs de U17 et U19 ce qui correspond à des joueurs ayant moins de 19 ans. La moyenne d'âge de l'étude de Van der Horst et al. (59) est plus élevée car les sujets ont un plus large écart d'âge et ne se concentre pas uniquement sur une ou deux catégories. Le joueur le plus ancien ayant même 40 ans.

#### 4.2.3. Niveau de jeu des joueurs

Dans chaque étude, il nous est spécifié le niveau de jeu de chaque échantillon de joueurs.

Dans celle de De Hoyo et al. (58), les joueurs sélectionnés font partis de division d'élite junior, c'est-à-dire le plus haut niveau de jeu que l'on peut atteindre en catégories de jeunes. Ils jouent donc dans la première division espagnole de football, qui correspond à la Liga BBVA en sénior. Ce sont les équipes du centre de formation des plus grands clubs espagnols.

Dans l'essai contrôlé randomisé de Van der Horst et al. (59), les joueurs sélectionnés sont des séniors évoluant dans des clubs amateurs des Pays-Bas. Ces clubs font partis de la Royal Netherlands Football Association (KNVB) et jouent dans la même division, c'est-à-dire la KNVB Eerste Klasse, qui correspond à la sixième division de football aux Pays-Bas. Ce sont donc des amateurs de haut niveau.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), on s'intéresse à des joueurs de lycée évoluant dans la ligue de football de la préfecture de Saitama. On nous dit que ces jeunes joueurs évoluent

tous en club, cependant le niveau n'y est pas spécifié, mais on imagine qu'ils jouent le haut niveau en junior car ils font partis des meilleurs lycées de cette région.

### 4.3. Critères de sélections des sujets :

Dans cette partie seront exposés les différents critères d'inclusions et d'exclusions choisis par les différents auteurs afin de sélectionner les sujets de leur étude. Nous parlerons d'abord des critères qu'ont en communs ces différentes études et ensuite de ceux qui diffèrent entre elles.

#### 4.3.1. Critères d'inclusions

##### 4.3.1.1. Critères communs aux études

Les sujets de ces trois études sont tous des joueurs de football. C'est le critère d'inclusion principal. Dans l'étude de Hasebe et al. (60) les critères d'inclusion étaient que les sujets devaient être des membres masculins des clubs de football appartenant aux 16 écoles sur les 138 lycées de la préfecture de Saitama. Pour l'étude de Van der Horst et al. (), les critères d'éligibilité choisis intègrent les joueurs de football amateurs masculins néerlandais âgés de 18 à 40 ans.

L'étude de De Hoyo et al. (58) inclue des jeunes joueurs de football espagnols d'élite. Le deuxième critère est l'approbation des sujets. Les consentements des clubs et des joueurs étaient nécessaires pour être inclus. Le consentement éclairé des sujets fait partie des critères d'inclusion. Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), après une explication détaillée des objectifs, des avantages et des risques de cette étude, tous les participants ont donné leur accord.

Dans l'essai contrôlé randomisé de Van der horst et al. (59), tous les joueurs ont été informés par une lettre d'information et ont été invités à donner leur consentement éclairé avant le début de l'étude. Les joueurs qui ne voulaient pas donner leur consentement ont été exclus de l'essai.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), les critères d'inclusion et d'exclusion et les formulaires de consentement ont été envoyés par courrier, accompagnés d'un document explicatif. Les consentements des clubs et des joueurs étaient nécessaires pour être inclus. Pour ces trois études, les critères d'inclusion ne sont pas très sélectifs car l'objectif est de tester l'intérêt d'un renforcement excentrique des ischio-jambiers dans la prévention des lésions myo-aponévrotique de ces muscles dans le football. Cela peut inclure beaucoup de personnes du moment que celles-ci pratiquent le football. Le niveau de pratique n'importe pas non plus. Les critères sont donc plutôt larges et leur nombre est faible.

##### 4.3.1.2. Critères d'inclusion différents

Comme cité ci-dessus, les critères d'inclusions sont plutôt maigres, cependant, il y'a une étude qui comporte un critère particulier. Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), les joueurs effectuent un renforcement excentrique des ischio-jambiers à l'aide d'une machine de musculation particulière : le flywheel. L'un des critères est que les joueurs ne doivent pas s'être déjà servi d'un flywheel avant l'étude. L'étude de Hasebe et al. (60) mentionne que les sujets ne doivent pas avoir déjà reçu de formation sur la prévention des blessures aux ischio-jambiers pour être inclus dans l'étude. Après l'explication du déroulement de l'étude aux sujets en novembre 2016, une évaluation de la fonction a été réalisée en décembre 2016. La période d'enquête était de janvier à juillet 2017. Cette évaluation a confirmé qu'aucun sujet n'avait reçu de formation sur la prévention des blessures aux ischio-jambiers avant le début de cette étude. L'essai contrôlé randomisé de Van der Horst et al. (59) ne mentionne pas de critères d'inclusion particuliers qui le différencierait des autres.

#### 4.3.2. Critère d'exclusion

##### 4.3.2.1. Critères d'exclusion communs

Dans deux des études, il est mentionné que les joueurs ayant eu une récente lésion au niveau des membres inférieurs doivent être exclu de l'étude. Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), les chercheurs ont relevé les antécédents médicaux des joueurs et ont évalué leurs

aptitudes à participer à l'étude. Les participants présentant des lésions musculaires graves des membres inférieurs (élongations pendant plus de 27 jours) au cours des deux derniers mois ont été exclus de l'étude.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), on retrouve quelque chose de similaire. Pour cet article, les critères d'exclusion étaient que les joueurs qui avaient subis des blessures aux ischio-jambiers au début de l'étude, et/ou qui avaient des antécédents de chirurgie de la colonne lombaire ou des membres inférieurs au moment où le consentement a été obtenu ne pouvaient pas participer à l'étude. Ces chercheurs vont donc plus loin que dans l'étude mentionnée précédemment en excluant les sujets ayant subi une chirurgie lombaire ou des membres inférieurs. Un consentement a été demandé aux joueurs et au club afin de pouvoir participer à cette étude. Cependant, il n'y a que dans une seule de ces trois études qu'il est précisé que les joueurs ne voulant pas participer étaient exclus de l'étude. On peut tout de même imaginer que cela s'applique pour les trois études. Dans l'essai contrôlé randomisé de Van der Horst et al. (59) Les joueurs qui ne voulaient pas donner leur consentement ont été exclus de l'essai.

#### 4.3.2.2. Critères d'exclusion différents

Cela n'est pas précisé dans les études de Hasebe et al. (60) et celle de De Hoyo et al. (58) mais dans l'étude de Van der Horst et al. (59), Les joueurs qui ont rejoint une équipe participante après le début de l'essai n'ont pas été inclus. Comme cité dans la partie critères communs, les joueurs blessés récemment ou ayant subi une chirurgie lombaire ou des membres inférieurs ont été exclus de l'étude de Hasebe et al. (60) et de De Hoyo et al. (58) Cependant, dans l'étude de Van der Horst et al. (59), les joueurs blessés avant ou pendant l'intervention ont tout de même pu continuer à participer à l'étude. Leur récupération devait être complète afin de reprendre le protocole. Cette partie sera détaillée plus tard.

## 4.4. Protocole utilisé et modalités

Pour toutes les études incluses dans cette revue de littérature, la population étudiées est séparée en deux groupes avec un groupe recevant un renforcement excentrique des ischio-jambiers en plus de l'entraînement de football habituel, et le deuxième participant seulement à l'entraînement de football. Ainsi les protocoles et les modalités de ces deux groupes vont être présentés dans les parties suivantes. Cependant, dans certaines études comme celles de De Hoyo et al. (58), les joueurs effectuent également des tests de sprint sur 20 mètres et un test de CMJ.

### 4.4.1. Entraînement de football classique

Dans toutes les études, les sujets ont continué à pratiquer leur entraînement de football classique. Cela implique que tous les joueurs, y compris ceux du groupe expérimental, pratiquent toujours le football. Celui-ci n'est pas expliqué en détails, mais nous pouvons tout de même en sortir quelques informations à son sujet. Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), les deux équipes ont participé à un entraînement de football avec un volume d'entraînement hebdomadaire et une méthodologie similaire (4 ou 5 séances par semaine d'une durée de 60 à 90 min et 1 match par semaine). Les participants incluent dans le groupe contrôle ont continué leur entraînement technique/ tactique habituel, évitant l'entraînement en force pendant toute la saison afin de ne pas fausser les résultats. Les joueurs inclus dans le groupe expérimental, en plus de leur entraînement de football habituel, ont suivi un programme d'entraînement concentrique-excentrique supplémentaire 1 à 2 fois par semaine pendant 10 semaines. Dans cette étude, nous n'avons pas de renseignement sur le temps de jeu moyen des joueurs sur la période d'intervention.

Dans l'essai contrôlé randomisé de Van der Horst et al. (59), les équipes jouent généralement un et parfois deux matchs par semaine, avec 2 ou 3 entraînements par semaine. On nous donne un tableau avec le temps de jeu moyen par joueurs sur la période de 13 semaines en fonction de chaque groupe. Le groupe contrôle composé de 287 joueurs a un temps de jeu moyen de 96,6 heures et le groupe expérimental composé de 292 joueurs a un temps de jeu

moyen de 90,5 heures. Si l'on divise ce temps de jeu sur la période de 13 semaines, cela fait un temps de jeu moyen par semaine et par joueur d'environ 7,4 heures pour le groupe contrôle et d'environ 7 heures pour le groupe expérimental.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), on ne nous donne aucune indication sur le nombre d'entraînement et de matchs auquel prennent part les joueurs chaque semaine. Cependant, nous avons un relevé du nombre d'heures de pratiques en fonction des groupes. Pour le groupe contrôle, composé de 103 sujets, le temps de jeu sur la période de 27 semaines a été de 28 910 heures. Quant au groupe expérimental composé de 156 sujets, ils ont eu un temps de jeu de 45 374 heures sur cette même période. S'il on divise le nombre d'heures de pratiques par le nombre de joueurs de chaque groupe, on arrive à environ 281 heures de temps de jeu par joueur pour le groupe contrôle sur la période de 27 semaines. Pour le groupe expérimental, cela nous donne environ 291 heures de temps de jeu par joueur. Cela nous donne un temps de pratique par semaine et par joueur d'environ 10,4 heures pour le groupe contrôle et d'environ 10,8 heures pour le groupe expérimental.

Pour ces 3 études, nous avons des renseignements sur le temps de jeu des sujets ou le nombre de séances d'entraînements et de matchs par semaine, cependant, nous n'avons pas d'indications sur le contenu de ces séances de football. On nous parle de travail technique, tactique et également d'un peu de renforcement musculaire dans certaines études.

#### **4.4.2. Entraînement excentrique des ischio-jambiers**

Dans ces 3 études, nous avons un protocole détaillé de la façon dont le renforcement excentrique est effectué. Deux des trois études utilisent le Nordic Hamstring Exercise (NHE) pour effectuer ce renforcement excentrique des ischio-jambiers. Il s'agit des études de Van der Horst et al. (59) et de Hasebe et al. (60) Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), on utilise un dispositif particulier, le flywheel ou dispositif à volant d'inertie afin de renforcer les ischio-jambiers en excentrique. Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), avant de débiter les semaines de pratique, une session de familiarisation avec les dispositifs à volant d'inertie (flywheel) et les exercices (half squat et leg curl) utilisés dans l'étude a été développée dans ce groupe expérimental. Durant la première semaine, le groupe expérimental a effectué un test où l'inertie utilisée (la charge) lors de l'intervention (5 premières semaines d'entraînement) dans le dispositif flywheel a été sélectionnée. Lors de ces sessions, une explication complète du protocole expérimental et des recommandations a été données aux participants. Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), deux dispositifs d'entraînement à volant d'inertie YoYo® (YoYo Technology AB, Stockholm, Suède) ont été utilisés dans le programme de renforcement (half squat en YoYo Squat et leg curl en YoYo Prone Leg Curl).

Dans l'étude, on nous explique le fonctionnement de ces machines afin d'en connaître plus précisément l'action. Pendant la phase concentrique de l'action musculaire, le sujet imprime une rotation au volant d'inertie au moyen d'une sangle reliée à son arbre. En fin d'amplitude du mouvement, la sangle est complètement déroulée et le volant continue de tourner en raison de son inertie et fait reculer la sangle, nécessitant que le sujet la ralentisse lors de l'action excentrique suivante. En contrôlant la technique d'exécution du mouvement (c'est-à-dire en retardant l'action de freinage en phase excentrique), ces dispositifs permettent d'atteindre un degré donné de surcharge excentrique. Le mouvement a ensuite été décrit, dans l'exercice de curl des jambes, les sujets doivent effectuer une flexion bilatérale du genou en position couchée à plat ventre en accélérant et en décélérant le volant par une action concentrique, puis excentrique, du groupe musculaire des ischio-jambiers. Les participants ont été encouragés à appliquer l'effort maximum de la position d'extension du genou (0°) à une flexion de 130° à 140° puis ont demandé de résister au mouvement pendant la phase excentrique lorsque la position de 90° a été atteinte.

Dans cet article, les sujets n'ont pas uniquement travaillé la force excentrique des ischio-jambiers, ils ont également travaillé la force excentrique des quadriceps à l'aide de l'exercice half squat. Dans cet exercice, les sujets sont semi-accroupis, ils doivent plier les genoux jusqu'à 90° pendant la phase excentrique, puis effectuer la phase concentrique aussi

rapidement que possible. Les joueurs ont effectué les deux exercices en 1 séance pendant les 2 premières semaines et ensuite sont passés à 2 séances par semaine pendant les 8 autres semaines. Le volume a été augmenté au fil des semaines selon le modèle suivant : 3 × 6 répétitions en semaines 1 à 4, 4 × 6 répétitions pour les semaines 5 et 6, 5 × 6 répétitions en semaines 7 et 8, et 6 × 6 répétitions de la semaines 9 à la semaine 10. Dans l'essai contrôlé randomisé de Van der Horst et al. (59), le renforcement excentrique des ischio-jambiers se fait à l'aide de l'exercice nordique des ischio-jambiers. Le NHE, également appelé boucle nordique, est conçu pour améliorer la force excentrique des muscles ischio-jambiers. L'exercice est effectué en binôme. Les joueurs commencent à genoux dressés, le torse étant tenu rigide et droit. Le partenaire d'entraînement s'assure que les pieds du joueur sont en contact avec le sol tout au long de l'exercice en appliquant une pression sur les talons/le bas des jambes du joueur à l'aide de ses bras. Le joueur abaisse ensuite le haut de son corps en direction du sol sans faire de flexion de hanche mais plutôt en déverrouillant la flexion de genou, aussi lentement que possible pour maximiser la charge dans la phase excentrique. Les mains et les bras sont utilisés pour amortir la chute vers l'avant et pour pousser vers le haut après que la poitrine ait touché le sol, cela permet de limiter le travail concentrique des ischio-jambiers. Pour une exécution parfaite, l'exercice a été supervisé par l'entraîneur de l'équipe ou le personnel médical (le kinésithérapeute par exemple). Les exercices ont eu lieu immédiatement après la fin de l'entraînement de football, pour éviter de se refroidir.

Après la trêve hivernale de la saison 2012-2013 (les 2 dernières semaines de décembre), toutes les équipes ont commencé leur programme d'entraînement normal environ 3 à 5 semaines avant la reprise de la compétition (la saison de football s'étend de juillet à mai). L'intervention a commencé par une phase de renforcement (semaines 1-5) pendant la préparation à la compétition et une phase d'entretien (semaines 6 à 13) pendant la compétition. Les joueurs du groupe expérimental ont été invités à effectuer 25 séances de NHE au cours des 13 premières semaines après la pause hivernale. Les joueurs ont été informés de la possibilité de douleurs musculaires d'apparition retardée (DOMS), un effet secondaire possibles des exercices excentriques. Les joueurs qui ont été blessés au début de l'intervention peuvent commencer le protocole à partir de la semaine 1 après une récupération complète de leur blessure. Des instructions spécifiques ont été fournies pour les joueurs ayant subi une blessure pendant la période d'intervention limitant la réalisation du NHE. Les joueurs ayant subi une blessure au cours des 5 premières semaines de la période d'intervention doivent reprendre le programme après une récupération complète. Le programme doit être repris une semaine en arrière par rapport à l'endroit où le joueur se trouvait lorsqu'il s'est blessé. Les joueurs ayant subi une blessure entre la semaine 6 et la semaine 13 de la période d'intervention ont été invités à reprendre le programme à partir de la semaine 4. Dans l'essai contrôlé randomisé de Hasebe et al. (60), Le renforcement excentrique des ischio-jambiers se fait également grâce au NHE. Le groupe d'intervention a effectué le NHE durant l'intervention, la conformité à l'exercice et les blessures aux ischio-jambiers ont été enregistrées sur la période de 27 semaines prévue pour l'intervention.

Les NHE a été entrepris après un entraînement normal de football et avant le retour au calme. L'athlète commence en position agenouillée, torse tenu rigide et droit. Un partenaire d'entraînement stabilise les pieds de l'athlète pour qu'il reste en contact avec le sol tout au long du mouvement. L'athlète résiste ensuite au mouvement de chute vers l'avant en utilisant ses muscles ischio-jambiers en contraction excentrique. Les participants doivent freiner la chute vers l'avant aussi longtemps que possible. Il a été demandé aux athlètes d'utiliser leurs bras et leurs mains pour amortir la chute, de laisser la poitrine toucher le sol et de revenir immédiatement en position de départ en poussant avec leurs mains pour minimiser la charge dans la phase concentrique des ischio-jambiers. Les joueurs et le staff ont appris l'application correcte de l'exercice grâce à un chercheur. Pendant la période d'intervention, l'entraîneur et le manager ont supervisé l'exercice. Les sujets qui ont développé des blessures aux ischio-jambiers au cours de la période d'intervention ont interrompu le protocole NHE jusqu'à ce que la blessure se soit rétablie.

#### 4.4.3. Test complémentaire

Dans certaines études, le protocole ne s'arrête pas uniquement à l'entraînement de football et à la surcharge excentrique qui y est ajouté pour le groupe expérimental. Les chercheurs ont essayé de démontrer d'autres probables effets de l'entraînement excentrique des ischio-jambiers chez ces sujets.

Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), les chercheurs ont effectué en plus des mesures d'incidence et de gravité des blessures, un test CMJ. Ce test CMJ a été évalué à l'aide d'une plate-forme de lumière infrarouge. Le test CMJ débute par un mouvement préparatoire en descendant jusqu'à 90° de flexion du genou il faut ensuite sans pause, sauter vers le haut le plus haut possible. Il est exécuté sans l'utilisation des bras, les sujets sont invités à garder leurs mains sur leurs hanches. Les sujets effectuent 3 sauts, le meilleur résultat a été utilisé pour les analyses ultérieures. Les participants ont été autorisés à récupérer pendant 90 secondes entre les sauts.

Un autre test de performance a également été effectué. Il s'agit d'un test de vitesse sur 10 mètres et 20 mètres. Les tests d'accélération et de sprint ont été mesurés à l'aide de portes de chronométrage électroniques à double faisceau. Les temps de sprint de tous les sujets ont été évalués sur des distances de 10 m et 20 m. La position de départ est standardisée avec l'orteil gauche à 1 mètre de la ligne de départ et l'orteil droit aligné avec le talon du pied gauche. Tous les sujets ont effectué leur série de sprint sur du gazon naturel. Les sujets portent tous des chaussures de football spécifiques. Tous les participants ont effectué 3 tests de sprint, le meilleur score est retenu pour une analyse ultérieure. Un temps de récupération de 120 secondes entre les actions était autorisé. Les variables suivantes ont été utilisées pour l'analyse a posteriori : temps de sprint de 10 m (0–10 m), temps de sprint de 20 m (0–20 m) et temps de sprint de 10 m (10–20 m).

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), Le temps de course sur 50 mètres a été mesuré. Cette mesure est réalisée car il a été démontré que l'accélération et la vitesse maximale en course s'avèrent être des facteurs de risques importants de lésions des ischio-jambiers. Le temps de course de 50 mètres a été mesuré deux fois à l'aide d'un chronomètre. Le temps le plus rapide a été retenu pour l'analyse des données.

Dans cette étude, la force musculaire isométrique d'extension et de flexion du genou a également été mesurée à l'aide d'un appareil de test musculaire manuel. L'extension du genou a été évaluée à 90 ° de flexion du genou en position assise, et la flexion du genou a été examinée à 30 ° de flexion en position couchée sur le ventre. Pendant le test de force, les membres supérieurs sont placés en travers de la poitrine, c'est-à-dire avec les bras croisés.

La mesure a été effectuée deux fois pour une contraction volontaire maximale pendant 5 secondes à chaque essai, et la valeur maximale est retenue pour l'analyse des données. Une autre mesure a également été effectuée. La longueur de la jambe inférieure est mesurée depuis l'articulation du genou jusqu'au centre de la malléole latérale.

Et enfin, les valeurs de la force musculaire en extension et en flexion du genou ont été normalisées. A partir de ces résultats, le ratio HQ (ischio-jambiers/quadriceps) a été calculé. L'évaluation fonctionnelle a été mesurée dans chaque école, ce qui correspond à l'évaluation de toutes les fonctions physiques par l'équipe de recherche.

#### 4.4.4. Observance du protocole et différentes données relevées

Pour chaque étude hormis celle de De Hoyo et al. (58), l'observance des patients a été relevée. A chaque fois que les sujets effectuaient le protocole, une personne était chargée de relever cela et de tenir un registre. Il en va de même pour les résultats aux différents tests, etc. Dans l'étude de Hasebe et al. (60), les participants ont enregistré la présence et la durée des entraînements et des matchs, et ont indiqué s'ils avaient suivi le programme NHE.

En ce qui concerne les blessures aux ischio-jambiers, nous avons enregistré la présence ou l'absence de blessure, la durée et le nombre de matchs, l'absence d'un joueur due à une

blessure, la durée et le nombre de jours d'absence de l'entraînement ou des matchs, si celle-ci durait pendant plus d'un jour en raison d'une blessure. Les détails de chaque blessure étaient également relevés. Pour chaque lycée, un responsable a été élu pour vérifier si les enregistrements étaient correctement effectués. Un membre de l'équipe de recherche a contacté chaque responsable des registres de l'école au moins une fois toutes les deux semaines ainsi que par courrier tous les mois, et a effectué une visite de l'école tous les deux mois.

Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), le personnel médical des équipes participantes était chargé d'enregistrer toutes les blessures aux ischio-jambiers pour une année civile complète (2013). Toutes les blessures aux ischio-jambiers sont enregistrées sur un formulaire spécial et un formulaire dit de récupération était rempli lorsque le joueur était complètement rétabli.

Il relevait également le nombre de fois qu'un joueur a effectué le protocole NHE, le nombre et la durée (en minutes) des séances d'entraînement (à la fois collectives et individuelles) suivies, et le nombre et la durée (en minutes) des matchs joués ont été enregistrés. L'équipe de recherche a eu des contacts réguliers (par téléphone, e-mail ou visites) avec les entraîneurs et les joueurs de l'équipe en vue d'encourager la conformité et l'enregistrement des données. En outre, des bulletins d'information, des réunions d'évaluation et un site Web conçu pour cette étude spécifique ont également été utilisés pour stimuler la participation et la conformité.

## **4.5. Résultat des études selon les différents critères de jugements**

L'incidence des blessures aux ischio-jambiers a été défini comme un critère de jugement principal pour cette revue de littérature. Toutes les études incluses dans ce propos traitent de ce critère. Le terme d'incidence des blessures fait référence au nombre de nouvelles blessures dans la population cible qui se développent pendant la période définie de l'intervention. L'autre critère principal de cette revue de littérature est la gravité des blessures. La gravité désigne le caractère péjoratif d'une situation médicale ou d'une affection, dans le cadre des lésions musculaires myo-aponévrotiques, cela correspond au niveau d'atteinte du tissu musculaire.

Nous allons détailler les résultats des études selon ces deux critères dans deux parties distinctes.

### **4.5.1. L'incidence des blessures aux ischio-jambiers**

L'efficacité d'un programme de prévention des blessures aux ischio-jambiers, peut s'évaluer grâce à son effet sur l'incidence des blessures. En fonction de l'étude, la manière de quantifier l'incidence des blessures est différente.

Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), l'incidence des blessures est comptabilisée en incidence d'entraînement et en incidence de match. Cela donne une valeur de l'incidence totale des blessures. L'incidence des blessures a été relevée pour les 2 groupes avant l'intervention et à la fin de celle-ci. Pour le groupe expérimental, les incidences de blessures en pré-intervention étaient respectivement de  $4,4 \pm 5,7$  à l'entraînement et de  $7,0 \pm 14,9$  en match. Ce qui donne une incidence totale de  $4,7 \pm 5,8$ . Ces chiffres sont donnés pour 1000 heures de jeu. Pour le groupe contrôle, les incidences de blessures en pré-intervention étaient de  $3,7 \pm 3,4$  à l'entraînement et de  $8,3 \pm 13,4$  pour les matchs. L'incidence totale pour ce groupe est de  $4,3 \pm 4,0$ . On peut noter que bien qu'elles soient différentes, ces valeurs restent tout de même proches.

Passons maintenant aux valeurs relevées après l'intervention. Dans le groupe expérimental, ces valeurs sont de  $2,6 \pm 3,9$  à l'entraînement et de  $7,0 \pm 10,6$  en match. L'incidence totale est de  $3,4 \pm 4,1$ . Pour le groupe contrôle, les incidences de blessures en post-intervention sont de  $3,7 \pm 3,9$  à l'entraînement et de  $12,5 \pm 14,0$  en match. L'incidence totale est de  $5,9 \pm 6,6$ .

Dans cette étude, nous n'avons pas de p value. Cependant, dans le tableau récapitulatif des résultats, les chercheurs présentent un item noté « chances ». Cet item donne un pourcentage

de chance d'avoir des valeurs meilleures/similaires/moins bonnes que la valeur de base après avoir effectué l'intervention. On a également un autre item dans ce tableau : QA, qui correspond à l'évaluation qualitative du résultat.

Pour le groupe expérimental, l'item chances est de 21/65/15% pour l'incidence des blessures à l'entraînement, 25/68/7% pour les matchs et 43/56/1% au total. Au final, la différence n'est pas significative. L'item QA nous dit d'ailleurs que les résultats pour l'incidence en match et à l'entraînement ne révèlent pas d'effet clairement identifiable et que pour l'incidence total, les effets sont possibles, probables mais pas plus.

Pour le groupe contrôle, l'item chances est de 22/24/53% pour l'entraînement, 12/27/61% pour les matchs et 18/21/62 % au total. Quant au QA, il nous dit que les résultats ne sont pas clairs pour ces trois valeurs d'incidence. Les résultats ne sont pas significatifs.

Dans l'essai clinique de Van der Horst et al. (59), l'incidence des blessures a été rapportée en chiffres absolus ainsi qu'en taux d'incidence des blessures pour 1000 heures de jeu en match et à l'entraînement. Pendant la période d'enregistrement, 36 blessures initiales aux ischio-jambiers ont été enregistrées pour les 579 joueurs (6,2 %). Le taux global de blessures pour les deux groupes était de 0,7 (IC 95 %, 0,6-0,8) pour 1000 heures de jeu, 0,33 (IC 95 %, 0,25-0,46) à l'entraînement et 1,2 (IC 95 %, 0,82-1,94) en match. La plupart des blessures sont survenues pendant les matchs par rapport à l'entraînement (23 vs 11, respectivement) ; les autres blessures sont survenues pendant l'échauffement (n = 1) ou n'ont pas été signalées (n = 1). Onze blessures aux ischio-jambiers (31 %) ont été relevées dans le groupe d'intervention et 25 (69 %) dans le groupe témoin. Cinq des 11 blessures aux ischio-jambiers (45 %) dans le groupe d'intervention et 7 des 25 blessures aux ischio-jambiers (28 %) dans le groupe témoin se sont produites au cours de la période d'intervention de 13 semaines (de la semaine 1 à la semaine 13). À la fin de la période d'intervention de 13 semaines, il n'y avait pas de différence statistiquement significative ( $P = .427$ ) concernant l'incidence des blessures aux ischio-jambiers entre les groupes d'intervention et de contrôle.

Cependant, Après la période d'intervention (de la semaine 13 à la semaine 52), 18 blessures aux ischio-jambiers (72 %) ont été relevées dans le groupe témoin et 6 (55 %) dans le groupe d'intervention, montrant une différence significative dans les blessures aux ischio-jambiers entre les deux groupes durant cette période ( $P = .005$ ). Le risque de blessures a été réduit dans le groupe d'intervention après l'exécution du protocole et était statistiquement significatif ( $P = .005$ ). Dans l'étude de Hasebe et al. (60), le taux de blessures aux ischio-jambiers a été calculé en prenant en compte le nombre de blessures aux ischio-jambiers pour 1000 heures de jeu (match et entraînement confondus). Des blessures aux ischio-jambiers sont survenues chez 7 joueurs (3 dans le groupe témoin, 4 dans le groupe d'intervention), les 252 autres joueurs n'ont signalé aucune blessure. Tous les joueurs blessés aux ischio-jambiers ne s'étaient jamais blessés aux ischio-jambiers auparavant. Le taux de blessures aux ischio-jambiers était de 1,04 pour 1000 heures de jeu dans le groupe témoin et de 0,88 pour 1000 heures de jeu dans le groupe NHE, et le risque relatif est de 1,14. De plus, le taux de blessures aux ischio-jambiers avec du temps perdu est de 0,69 dans le groupe témoin et de 0,44 dans le groupe d'intervention, et le risque relatif est de 1,52. Si l'on revient sur le taux de blessure entre les 2 groupes, on peut dire que celui-ci n'est pas statistiquement significatif ( $p = 0,83$ ).

Tableau 8 : Récapitulatif des résultats sur l'incidence des blessures par étude

	Outcome	Incidence des blessures	Valeur de p (QA pour de Hoyo et al. (58))
De Hoyo et al. (58)	Nombre de blessure/1000h de jeu	L'incidence n'a pas évolué significativement en match à l'entraînement et au total des deux.	La différence n'est pas significative QA : possible pour l'incidence totale
Van der Horst et al. (59)	Nombres de blessures Taux de blessures/1000 heures de jeu	Le risque de blessures a été réduit dans le groupe d'intervention après l'exécution du protocole (Incidence dans GI : 0,25 Incidence dans GC : 0,8)	P = 0,005
Hasebe et al. (60)	Taux de blessures/1000 heures de jeu	Peu de différence inter-groupe en termes d'incidence des blessures (GI : 1,14 fois moins de blessures)	P = 0,83

#### 4.5.2. Gravité des blessures

L'autre critère de jugement important et commun aux 3 études est la gravité des blessures. L'efficacité d'un programme de prévention des blessures aux ischio-jambiers, peut en plus de s'évaluer grâce à son effet sur l'incidence des blessures, montrer son intérêt en agissant sur la gravité des blessures En fonction de l'étude, la manière de quantifier la gravité des blessures est différente.

Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), la gravité des blessures est exprimée en jours d'absence par blessure. Concernant le groupe expérimental, La valeur de gravité des blessures est de  $5,9 \pm 8,2$  en pré-intervention. En post-intervention, cette valeur est de  $1,9 \pm 1,8$ . L'item chances est de 97/3/0% et le QA est qualifié de très probable. Ce qui veut dire que l'effet de l'intervention sur la gravité des blessures semble très probable statistiquement parlant. Pour le groupe contrôle, les résultats sont moins nets et exprimé comme pas clairement identifiable (QA). Les chances sont de 26/11/63%. Ces résultats sont donnés pour des valeurs de gravité des blessures de  $7,1 \pm 6,9$  en pré-intervention et de  $8,5 \pm 12,1$  en post-intervention. Cela montre la différence avec le groupe expérimental.

Dans l'essai contrôlé randomisé de Van der Horst et al. (59), La gravité des blessures est relevée de 2 façons différentes. D'abord en jours d'absence moyen par blessure aux ischio-jambiers, mais également en chiffre absolu. Elles sont classées en 5 sous catégories en fonction de la gravité. Chaque sous-catégorie est définie par une fourchette de jours d'absence. La première catégorie est qualifiée de blessure légère. Elles sont définies comme des blessures qui n'entraînent pas d'indisponibilité des joueurs (0 jour). La deuxième sous-catégorie est celle des blessures minimales (de 1 à 3 jours d'absences. La troisième est qualifiée de blessures « moyennes » (4 à 7 jours). La quatrième sous-catégorie est celles des blessures modérées (8 à 28 jours). La dernière sous-catégorie est considérée comme sévère (indisponibilité supérieure à 28 jours. Les blessures ont été classés par gravité selon ces catégories mais ceci concerne les blessures arrivées entre la semaine 13 et la semaine 52. Si l'on va dans le détail, on peut noter que pour le groupe expérimental, sur les 6 blessures

arrivées après la période d'intervention, 4 étaient classées comme modérées et 2 comme sévères. Pour le groupe contrôle, 18 blessures ont été enregistrées après la fin de l'intervention, 1 légère, 1 minime, 2 moyennes, 5 modérées et 9 graves. Après la période d'intervention, les joueurs des groupes d'intervention et de contrôle étaient absents du football pendant une moyenne de  $31 \pm 15$  jours et  $28 \pm 19$  jours, respectivement. La différence de gravité des blessures entre les groupes d'intervention et de contrôle n'était pas statistiquement significative ( $p = .342$ ).

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), la gravité des blessures est exprimée en jours d'absence (temps perdu pour le sport). Pour le groupe contrôle, celui-ci est de 95 jours pour un effectif de 103 joueurs contre 12 jours d'absence pour le groupe expérimental qui a un effectif de 156 sujets. On a également une valeur qui concerne le temps de perdu pour 10000 heures de jeu. Cette valeur est de 1116,3 heures perdues pour le groupe contrôle et de 113,7 heures pour le groupe intervention. Pour les sujets souffrant de blessures aux ischio-jambiers, 4 participants ont signalé avoir perdu du temps pour faire du sport (2 dans le groupe témoin et 2 dans les groupes NHE). Le temps total perdu était de 50 jours (95 h) dans le groupe témoin et de 6 jours (12 h) dans le groupe intervention. Si l'on compare le temps perdu au sport dû aux blessures aux ischio-jambiers entre les 2 groupes, on remarque une réduction de temps perdu. Celle-ci est de 1,52 fois moins de temps perdu dans le groupe intervention par rapport au groupe témoin. Ces données suggèrent un effet positif de réduction des blessures aux ischio-jambiers associées au NHE.

Tableau 9: Récapitulatif des résultats sur la gravité des blessures par étude

	Outcome	Gravité des blessures	Valeur de p (QA pour de Hoyo et al.)
De Hoyo et al. (58)	Nombre de jours d'absence par blessure	Diminution du nombre de jours d'absence de 4 avec un écart type plus faible.	QA : très probable
Van der Horst et al. (59)	Nombres de jours perdus pour le sport pour cause de blessures	Jours d'absence en plus non significatif dans le GI par rapport au GC	$p = 0,342$
Hasebe et al. (60)	Nombres de jours perdus pour le sport pour cause de blessures/10 000 heures d'entraînement et matchs	Taux de temps perdu 9,81 fois plus faible dans le GI par rapport au GC	$P < 0,001$

### 4.5.3. Critères de jugement secondaire

#### 4.5.3.1. Le sprint

Deux des 3 études incluait également la performance au sprint comme critère de jugement. Il s'agit des études de Hasebe et al. (60) et de De Hoyo et al. (58)

Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), les joueurs sont chronométrés sur 20 mètres. Cette performance est décortiquée en 3 : le temps sur 20 mètres, sur 10 mètres et de 10 à 20 mètres. Le temps a été exprimé en seconde (s). Pour le groupe contrôle, aucune évolution n'a vraiment

été significative. Les temps de passage restent sensiblement les mêmes. De 0 à 10 mètres, le chiffre est resté le même entre la période pré-intervention et la post-intervention :  $1,71 \pm 0,08$  s. Pour le sprint de 20 mètres, le temps est passé de  $2,99 \pm 0,11$  s à  $3,00 \pm 0,13$  s. Et enfin le temps de sprint de 10 à 20 mètres est passé de  $1,27 \pm 0,05$  s à  $1,26 \pm 0,06$  s. Au final, on ne note aucune évolution significative entre les 2 tests. Pour le groupe intervention, le temps de passage de 0 à 10 mètres était de  $1,73 \pm 0,12$  s en pré-intervention et de  $1,71 \pm 0,08$  s en post-intervention. Pour cette valeur, le pourcentage de chance d'avoir des valeurs meilleures/similaires/moins bonnes est de 40/55/5% et l'impact de l'intervention est décrite comme possible mais pas significative. Il en est de même pour le sprint total sur 20 mètres, les chances sont de 75/25/0%, ce qui est meilleur que pour le sprint de 10 mètres, cependant, cela est également décrit comme ayant un possible effet mais rien de significatif. Les temps sont passés de  $3,03 \pm 0,14$  s à  $2,99 \pm 0,12$  s après l'intervention. Pour le sprint de 10 à 20 mètres, le chronomètre est passé de  $1,30 \pm 0,04$  s à  $1,26 \pm 0,05$  s. Les chances pour cette valeur sont de 100/0/0%. Le résultat est significatif.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), le sprint est évalué sur 50 mètres.

Le temps de course de 50 mètres a été mesuré deux fois à l'aide d'un chronomètre. Le temps le plus rapide a été adopté pour l'analyse des données. Le temps de course moyen sur 50 m est de  $6,92 \pm 0,35$  s dans le groupe témoin et de  $6,73 \pm 0,28$  s dans le groupe d'intervention.

Le temps de course sur 50 m est significativement différent entre les deux groupes ( $p = 0,03$ ).

#### 4.5.3.2. Conformité

Un autre critère de jugement est présent dans 2 des 3 études, il s'agit de la conformité au protocole. Celle-ci apparaît dans l'étude de Hasebe et al. (60) Et de Van der Horst et al. (59)

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), Le taux de conformité pour la tenue des dossiers et le NHE étaient respectivement de 100% et 88 %. Le taux de conformité à la tenue des registres et au programme NHE a été calculé sur la base des jours réels d'enregistrement et de mise en œuvre du NHE, divisés par les enregistrements et les jours de mise en œuvre du NHE prévus par l'équipe de chercheurs, respectivement. Dans cette étude, les chercheurs ont conçu le processus d'enregistrement comme étant simple à entretenir et ont nommé l'un des participants en tant qu'archiviste pour obtenir un taux de conformité élevé sur une base régulière. De plus, les chercheurs ont affiché la feuille d'enregistrement dans la salle du club pour que les joueurs n'oublient pas ou pour que quelqu'un le leur rappelle dans le cas contraire. Enfin, ils ont visité fréquemment les lycées pour assurer la mise en œuvre continue du NHE selon le protocole de l'étude.

Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), Deux équipes n'ont pas pleinement rapporté le respect du protocole d'intervention en raison d'une perte de suivi. La conformité des équipes d'intervention au protocole est de 91 %. Les raisons pour lesquelles le protocole d'intervention n'a pas été pleinement respecté sont que les joueurs se plaignaient de DOMS et n'ont pas effectué 2 sessions d'entraînement en raison de matchs en milieu de semaine ou d'autres activités. Les DOMS ont principalement été signalés dans les premières semaines (phase de construction) du protocole NHE. Aucune des équipes du groupe témoin n'a réalisé un protocole NHE comparable au programme d'intervention.

D'autres critères de jugement apparaissent pour certaines études. Par exemple l'étude de De Hoyo et al. (58) prend également en compte la performance sur le test CMJ. Nous ne détaillerons pas plus les résultats de ce test ni d'autres tests présents dans l'étude de Hasebe et al. (60) car ils ont moins d'intérêt pour ce propos.

## 5. Discussion

Cette partie aura pour but de répondre à la problématique initiale qui découle du cadre conceptuel. Tout d'abord, une analyse et une interprétation des résultats va permettre de ressortir des éléments pertinents en réponse à la problématique. Ensuite, la qualité des différentes études retenues sera commentée en abordant les différents biais. Les limites de cette revue de littérature seront présentées ainsi que le lien possible à effectuer avec ma pratique professionnelle future. Pour terminer, une approche sur des pistes de recherches futures sera proposée.

### 5.1. Analyse des résultats

L'analyse des résultats de nos différentes études se feront critères par critère pour une meilleure lisibilité du propos.

#### 5.1.1. Efficacité sur l'incidence des blessures

Sur ce premier critère de jugement, les études ne sont pas toutes en accord. En effet, on a d'abord l'étude de Van der Horst et al. (59), qui nous donne un résultat différent des 2 autres. Dans l'essai clinique de Van der Horst et al. (59), Le risque de blessures a été réduit dans le groupe d'intervention après l'exécution du protocole. Cette diminution de l'incidence est statistiquement significative ( $p = 0,005$ ). L'incidence dans le groupe intervention est de 0,25 contre 0,8 dans le groupe contrôle. Cette intervention s'est déroulée sur 13 semaines et incluait 579 sujets. C'est l'étude qui comprenait le plus de sujets.

Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), On a 3 valeurs d'incidence des blessures (en match, à l'entraînement et le total des deux). Au final, pour aucune de ces valeurs nous n'avons d'évolution statistiquement significative, même si on peut entrevoir un effet du renforcement excentrique des ischio-jambiers sur l'incidence totale des blessures ( $3.4 \pm 4.1$  pour le groupe intervention contre  $5.9 \pm 6.6$  pour l'autre). On peut également entrevoir son effet sur les blessures relevées pendant les matchs ( $7.0 \pm 10.6$  pour le groupe intervention contre  $12.5 \pm 14$ ), cependant le groupe contrôle présentait une incidence de blessure aux IJ déjà supérieure avant l'intervention ( $7.0 \pm 14.9$  pour le GI contre  $8.3 \pm 13.4$  pour le GC). N peut se demander si la nature de l'intervention peut expliquer la différence de résultats. En effet, dans l'étude de De Hoyo et al. (58) et contrairement aux 2 autres, le renforcement excentrique est réalisé à partir d'une machine le flywheel et pas grâce aux NHE. L'intervention de cette étude à durer 10 semaines, on peut se demander si le temps d'intervention n'était pas un peu trop court pour entrevoir de réel effet sur l'incidence des blessures aux IJ. Pour rappel, l'étude de Van der Horst et al. (59), s'est étendue sur 13 semaines. Cependant, l'étude de Hasebe et al. (60) ne révèle pas non plus d'effet significatif sur l'incidence des blessures alors que le programme s'est étalé sur 27 semaines.

En effet, cette étude révèle également un résultat non significatif du renforcement excentrique sur l'incidence des lésions aux IJ. Lorsque l'on compare le nombre de blessures de cette étude avec les 2 autres, on se rend compte qu'il est faible. Est-ce que ce faible nombre de blessure peut expliquer le faible impact du NHE sur l'incidence des blessures aux IJ ? D'autres aspects seront développés dans d'autres parties ultérieurement.

Au final, seul l'étude de Van der Horst et al. (59) montre un effet significatif de l'entraînement excentrique sur la prévention des blessures des IJ. Les deux autres ne révèlent pas d'effet significatif (l'étude de De Hoyo et al. (58) n'a pas de p value). On ne peut donc rien en conclure à ce sujet.

Une autre étude (61) portant sur le même sujet nous apporte des résultats positifs du renforcement excentrique des IJ sur la prévention des LMA des IJ. Cette étude avait pour but de comparer l'effet du renforcement excentrique appliqué avant et après l'entraînement de football contre une seule séance de renforcement avant la séance de football pour l'autre groupe. Ces valeurs ont été comparé avec celles de la saison précédente où aucune action

n'avait été mise en place. Au final, Les résultats groupés basés sur le nombre total de blessures ont montré que le groupe 1 (renforcement excentrique avant et après l'entraînement) avait beaucoup moins de blessures initiales aux ischio-jambiers (92% de moins) que la saison précédente et aucune blessure récurrente, tandis que le groupe 2 avait 80% de moins de blessures initiales et 85% de moins de blessures récurrentes que la saison précédente. On remarque donc l'effet du renforcement excentrique des IJ sur la prévention de ces blessures. On peut tout de même mettre en lumière le fait qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes intervention en ce qui concerne les blessures initiales des ischio-jambiers à la fin du protocole d'intervention ( $p=0,287$ ). Cela montre qu'il n'y pas une si grande différence entre les 2 groupes alors que Lovell et al. (62) ont montré que le NHE était plus efficace s'il était appliqué après l'entraînement de football. Cela montre peut-être une limite de cette étude. Le biais que l'on peut noter sur cette étude est qu'elle n'inclue que des footballeurs professionnels contrairement à nos 3 études.

On peut comparer ses résultats à la revue systématique de 2015 sur le sujet. (44) 4 des 8 articles composant cette revue traitaient du sujet des LMA des IJ. Au final, seules deux d'entre elles montraient un effet statistiquement significatif du renforcement excentrique des IJ sur la diminution de l'incidence de ces blessures. De plus, cette revue systématique a identifié des preuves de faible qualité sur l'efficacité de l'exercice sur la prévention des blessures dans le football masculin adulte, en raison d'un manque d'étude de haute qualité évaluant l'efficacité de ces techniques.

#### 5.1.2. Efficacité sur la gravité des blessures

Pour ce critère, une fois de plus les études divergent. L'étude de Van der Horst et al. (59) Ne retrouve pas d'effet significatif du renforcement excentrique des IJ sur la prévention des LMA des IJ ( $p = 0,342$ ). Après la période d'intervention, les joueurs du groupe expérimental et de contrôle étaient absents du football pendant une moyenne de  $31 \pm 15$  jours et  $28 \pm 19$  jours, respectivement. On voit en effet qu'il y'a même une gravité moyenne des blessures plus importantes chez le groupe expérimental. Dans cette étude, on montre que le NHE a un impact positif sur l'incidence des blessures aux IJ, le nombre de blessures entraînant un arrêt du sport est de 6 pour le groupe expérimental contre 18 pour le groupe contrôle. Si l'on en revient à la gravité de ces blessures, on peut voir que sur les 6 blessures entraînant une perte de temps, 4 sont classées dans la catégories modérées et 2 dans la catégorie sévère. Pour le groupe contrôle, 5 sont classées comme modérées et 9 comme sévères. On peut dire que la moitié des LMA ayant entraîné une perte de temps pour le GC sont sévères, contre seulement un tiers pour le groupe intervention. Même si l'effet n'est pas statistiquement significatif, on peut entrevoir un léger impact tout de même.

Si l'on regarde maintenant les 2 autres études, le renforcement excentrique des ischio-jambiers a montré un réel impact sur la gravité des blessures, qui de plus est statistiquement significatif. Dans l'étude de Hasebe et al. (60), Le taux de temps perdu pour cause de blessure était de 1116,3/10 000 h pour le groupe témoin et de 113,7/10 000 h pour le groupe d'intervention. On peut noter l'importante différence entre ces deux valeurs. Le NHE a considérablement réduit le temps perdu pour le sport chez le groupe intervention. Le temps de perdu caractérise la sévérité d'une blessure et cette étude montre donc l'efficacité du NHE dans la prévention de la gravité des blessures aux IJ. Ce résultat est statistiquement significatif ( $p < 0,001$ ). On peut cependant discuter le résultat car il se base sur un nombre très faible de blessures (3 pour le GC et 4 pour le GI). Il nous faudrait peut-être un échantillon plus grand pour se rendre compte d'un réel impact même s'il est déjà visible et statistiquement significatif.

L'étude de de Hoyo et al. (58) montre également un effet du renforcement excentrique sur la gravité des blessures aux ischio-jambiers. En effet, on relève une forte diminution de la gravité des blessures dans le groupe expérimental avec des valeurs passant de  $5,9 \pm 8,2$  jours d'absence par blessure en moyenne avant l'intervention, à  $1,9 \pm 1,8$  jours d'absence par blessure. L'impact du renforcement excentrique sur la gravité des blessures est qualifié de très probable par les chercheurs avec des chances de 97/3/0%. On a une différence importante

entre les 2 groupes en termes de gravité des blessures en post-intervention ( $8,5 \pm 12,1$  pour le GC contre  $1,9 \pm 1,8$  pour le GI). L'impact du renforcement excentrique saute aux yeux même si le groupe contrôle avait déjà tendance à avoir des blessures un peu plus sévères avant l'intervention ( $5,9 \pm 8,2$  pour le GI et  $7,1 \pm 6,9$  pour le GC). Le renforcement excentrique des IJ, que ce soit grâce au NHE ou au flywheel a montré un impact positif sur la gravité des blessures aux IJ dans les études de Hasebe et al. (60) et de De Hoyo et al. (58)

Si l'on compare à nouveau avec l'étude de Elerian et al. (61), en ce qui concerne la gravité des blessures l'année précédente à l'intervention, le nombre de jours d'absence variait de 5 à 10 jours, avec une moyenne de 7,95 jours. Ce chiffre est significativement plus élevé que la gravité des blessures dans les deux groupes d'intervention ( $p=0,001$ ). Encore une fois, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes d'intervention.

La revue systématique de 2015 ne mentionne pas d'effet sur la gravité des blessures. Nous ne pouvons donc pas comparer nos résultats avec. (44)

Au final, nous avons 2 études qui montrent un effet significatif du renforcement excentrique sur la gravité des blessures aux IJ et une qui n'en montrent pas. Ainsi, l'interprétation tendrait plutôt vers un impact positif du NHE avec une diminution de la sévérité même si nous n'avons pas de p value dans l'étude de De Hoyo et al. (58) Cependant, ce résultat est tout de même à prendre avec des pincettes, il faut rester prudent et ne pas faire de conclusion trop hâtive.

En conclusion, seul l'étude de Van der Horst et al. (59) montre un effet significatif de l'entraînement excentrique sur la prévention des blessures des IJ. Les deux autres ne révèlent pas d'effet significatif (l'étude de De Hoyo et al. (58) n'a pas de p value). On ne peut donc rien en conclure à ce sujet.

### 5.1.3. Efficacité sur la capacité de sprint

Le renforcement excentrique n'a pas été utilisé uniquement pour diminuer l'incidence et la gravité des blessures. Dans 2 études (), les chercheurs s'intéressent à l'amélioration de la capacité de sprint car celle-ci a un rapport direct avec la performance du joueur, mais également sur le risque de blessure car de nombreuses blessures se produisent lors de cette phase (53% à 68%). (16) Dans l'étude de Hoyo et al. (58), on a un résultat significatif concernant l'amélioration du temps de sprint de 10 à 20 mètres ( $1,30 \pm 0,04$  s contre  $1,26 \pm 0,05$  s en post-intervention avec des chances de 100/0/0%). Pour les 2 autres mesures réalisées dans l'étude (10 mètres et 20 mètres), on n'a pas de résultats significatifs même si on remarque une bonne progression sur le sprint de 20 mètres ( $3,03 \pm 0,14$  s contre  $2,99 \pm 0,12$  s en post-intervention avec des valeurs de chances de 75/25/0%). L'absence de p value est regrettable dans cette étude car cela ne nous permet pas d'affirmer que les résultats sont statistiquement significatifs.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), On nous précise juste une amélioration de la performance de sprint sans nous donner de valeurs de départ. Les valeurs post-intervention pour le groupe témoin sur 50 mètres sont de  $6,92 \pm 0,35$  s et de  $6,73 \pm 0,28$  s pour le groupe intervention. L'amélioration du temps de course sur 50 m est statistiquement significative entre les 2 groupes ( $p < 0,01$ ).

Ces 2 études montrent une amélioration de la performance de sprint après l'intervention. L'une d'elle est statistiquement significative, et même si l'on n'a pas de p value pour l'étude de de Hoyo et al. (58), elle semble également aller dans le sens d'une amélioration (surtout pour le sprint de 10 à 20 mètres).

## 5.2. Réponse à la problématique

Nous nous intéressons à l'impact du renforcement excentrique des IJ sur la prévention des LMA de ces muscles. Pour cela, nous nous sommes intéressés à 2 critères de jugement importants et présents dans les 3 articles que nous avons sélectionnés : l'incidence et la gravité des blessures.

Pour ce qui est de la gravité des blessures, 2 études montrent un effet significatif du renforcement excentrique sur la gravité des blessures aux IJ et une n'en montrent pas. Ainsi, après avoir interpréter les résultats, nous pourrions tendre vers le fait que le renforcement excentrique des IJ diminuerait la gravité des LMA des IJ. Cependant, ce résultat est tout de même à prendre avec des pincettes, il faut rester prudent car l'étude de Van der Horst et al. (59) dément ce résultat. Des études d'une qualité supérieure seraient nécessaire pour approfondir le sujet.

Concernant l'incidence des blessures, seul l'étude de Van der Horst et al. (59) montre un effet significatif de l'entraînement excentrique sur la prévention des LMA des IJ. Les deux autres études ne signalent pas d'effet significatif (l'étude de De Hoyo et al. (58) n'a pas de p value). On ne peut donc rien en conclure à ce sujet. Encore une fois, des études d'une qualité supérieure serait nécessaire pour approfondir ce sujet.

Le renforcement excentrique semble donc avoir un impact sur la prévention des LMA des IJ car il semble diminuer la gravité des blessures, cependant rien n'est significatif pour l'incidence de ces blessures. On ne peut donc pas donner de réponses définitives sur le sujet. Il nécessite encore de nouvelles études afin de pouvoir en tirer de réelles conclusions.

De plus, dans cette revue, nous nous intéressons uniquement aux paramètres d'incidence et de gravité des blessures. D'autres critères peuvent être inclus pour prendre en compte l'impact du renforcement excentrique sur les IJ dans sa totalité. Il serait intéressant de les développer.

### 5.3. Limite des études incluent

Pour rappel, parmi les 3 études composants cette revue, 2 d'entre elles sont des essais contrôlés randomisés. (59,60) La dernière étude, celle de De Hoyo et al. (58) est un essai clinique. Ainsi, dans le but d'analyser et critiquer le plus objectivement possible la qualité méthodologique de ces études, nous avons utilisé l'échelle PEDro qui a été conçu pour évaluer la qualité méthodologique des essais cliniques. A l'aide de cette échelle nous pouvons mettre en avant les différents points forts et points faibles des différentes études incluses afin d'identifier d'éventuel biais et limites méthodologique. Cette échelle se décline en 11 critères permettant d'étudier la qualité méthodologique des articles. Elle permet d'identifier rapidement les essais qui ont une validité interne et qui présente suffisamment d'informations statistiques pour aider à prendre les bonnes décisions cliniques. Aucun de nos 3 articles n'a été sélectionnés sur la base de données PEDro. Nous avons donc dû effectuer l'évaluation des articles nous-mêmes à l'aide de la grille et d'un document détaillant précisément chaque critère. Au final, 2 articles sont notés d'un 5/10 (58,59), ce qui correspond à une qualité méthodologique modérée et un article à légèrement plus avec un 6/10. (60)

Le tableau ci-dessous (tableau 6), synthétise l'évaluation des 3 études sélectionnées pour cette revue de littérature par l'échelle PEDro. Le détail pour chaque critère d'évaluation y est représenté.

#### 5.3.1. Détails par item

Tableau 10 : Synthèse des scores PEDro par critère pour chaque étude

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	Total
De Hoyo et al. (58)	○	X	X	○	X	X	X	○	○	○	○	5/10
Van der Horst et al. (59)	○	○	X	○	X	X	X	X	○	○	○	5/10
Hasebe et al. (60)	X	○	○	X	X	X	X	○	○	○	○	6/10

**C1** : critères d'éligibilité ; **C2** : répartition au hasard ; **C3** : assignation secrète ; **C4** : similarité des groupes ; **C5** : sujets « aveugles » ; **C6** : thérapeutes « aveugles » ; **C7** : examinateurs « aveugles » ; **C8** : mesures de suivi > 85% ; **C9** : analyse intention traiter ; **C10** : comparaison statistiques inter-groupes ; **C11** : estimation effets/variabilité ; **O** = oui ; **X** = non

#### 5.3.1.1. Validité externe

- **Critère d'éligibilité (item 1) :**

Cet item n'entre pas en compte dans le calcul du score PEDro, cependant, il reste tout de même important et n'est pas à négliger. Seule l'étude de Hasebe et al. (60) ne précise pas les critères d'éligibilité pour être inclus dans l'étude. Ce critère influence la validité externe de cette étude.

#### 5.3.1.2. Validité interne

- **Randomisation et assignation secrète (items 2 et 3) :**

La randomisation permet de réduire le risque de biais de sélection des participants et d'assurer que le traitement et/ou l'intervention puissent être comparés rigoureusement. Seule l'étude de De Hoyo et al. (58) ne valide pas cet item. L'auteur ne se justifie pas sur le choix de ne pas utiliser de randomisation dans son étude.

L'assignation secrète signifie que la personne en charge de déterminer si un participant répond aux critères d'inclusion, ne connaît pas le groupe dans lequel ce participant a été admis. Les études de De Hoyo et al. (58) et de Van der Horst et al. (59) ne valident pas cet item ce qui entraîne une remise en question de la randomisation des groupes.

- **Comparabilité des groupes au départ (item 4) :**

Lors de la randomisation et l'assignation secrète des participants, il est possible que les groupes établis ne soient pas homogènes sur différentes caractéristiques (par exemple, l'âge, la taille, le poids, le nombre de sujets dans le groupe, ...). Une comparaison statistique doit donc être faite entre ces groupes. L'étude de Hasebe et al. (60) est la seule à ne pas valider cet item. En effet, même si les caractéristiques des 2 groupes sont semblables, il y'a une importante différence entre le nombre de sujets dans chaque groupe (GC : n = 103 ; GI : n = 156).

- **Aveuglement (items 5, 6 et 7) :**

Un sujet en aveugle suggère que les résultats obtenus ne sont pas dus à un effet placebo. Un thérapeute en aveugle suggère que les résultats obtenus ne sont pas dus à l'enthousiasme ou au manque d'enthousiasme du thérapeute. L'aveuglement du patient et du thérapeute est difficilement réalisable en masso-kinésithérapie, notamment dans le cadre de l'activité physique. Le patient et le thérapeute sont tous deux conscients du traitement reçu ou appliqué et par conséquent sont conscients du groupe dans lequel ils sont affectés. Aucune des études sélectionnées pour cette revue ne valide ces 2 items.

L'aveuglement de l'évaluateur signifie qu'il ne doit pas être conscient du groupe auquel appartient le sujet lors de son évaluation (lors de la mesure de critères de jugement établis), afin de ne pas influencer les résultats. Cela permet d'écartier des biais d'évaluation. Aucune des 3 études ne valide cet item. (58–60)

La notion d'aveuglement du sujet, du thérapeute ou de l'évaluateur représente la principale source de biais méthodologique de ces essais cliniques.

- **Biais d'attrition (item 8)**

On parle de biais d'attrition lorsque plus de 15% des participants ne terminent pas l'étude. Cela entraîne une hétérogénéité des groupes et impacte la significativité des résultats. Au moins 85% des participants doivent avoir terminé l'étude et avoir subi les mesures d'au moins un critère de jugement principal. L'étude de Van der Horst et al. (59) ne valide pas cet item.

L'étude de Van der Horst et al. (59) ne valide pas cet item car il n'y a que 80% des participants qui sont allés au bout de l'étude.

- **Analyse en intention de traiter (item 9) :**

Le biais d'attrition peut être réduit grâce à une analyse en intention de traiter. L'analyse des résultats est effectuée même pour les sujets ne terminant pas l'étude. C'est-à-dire que lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles.

Les 3 études inclus dans cette revue valident cet item. (58–60)

#### 5.3.1.3. *Partie statistique*

- **Comparaison statistique intergroupe (item 10) :**

La comparaison statistique intergroupe correspond à une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Dans les essais cliniques, des tests statistiques sont réalisés afin de vérifier si la différence observée entre les groupes est plus grande que celle que l'on pourrait attribuer au simple hasard. Toutes les études inclus dans cette revue valident cet item. (58–60)

- **Estimation des effets et leurs variabilité (item 11) :**

L'estimation de l'effet correspond à la mesure de la taille de l'effet. L'effet du traitement se caractérise par une différence entre les groupes ou par un résultat au sein de chaque groupe.

Toutes les études valident cet item. (58–60)

#### 5.3.2. *Population et taille des échantillons*

En s'intéressant aux populations étudiées dans les différentes études, on peut remarquer certains points. Il s'agit uniquement de footballeurs de tous niveaux confondus. Les sujets inclus dans l'étude sont tous considérés comme sains.

##### 5.3.2.1. *Répartition des sexes*

La première chose que l'on peut relever est qu'aucune de ces études n'incluent de femmes. Les sportifs considérés sont uniquement masculins. Les résultats de ces études ne peuvent donc pas s'appliquer aux femmes en raison de l'absence de sujets féminins dans les trois études. Cela permet cependant de limiter les biais dans l'étude dû à la répartition des femmes dans les groupes.

##### 5.3.2.2. *Taille des échantillons*

On peut remarquer un autre point, la taille des échantillons est très variable en fonction de l'étude. 2 des trois études ont un effectif plutôt important (plus de 200 sujets). Il s'agit des études de Hasebe et al. (60) et de Van der Horst et al. (59) qui regroupent respectivement 259 et 579 sujets. Cependant, l'étude de De Hoyo et al. (58) a un effectif de 36 sujets. Ce faible effectif constitue un biais avéré. De plus, il n'est pas expliqué par des critères d'inclusion ou d'exclusion très spécifiques car ils sont au contraire plutôt larges. Nous n'avons pas d'explication dans l'étude qui justifient le choix de sélectionner si peu de sujets. Pour l'étude de Hasebe et al. (60), les 2 groupes ne font pas la même taille. On a un groupe intervention constitué de 156 sujets et un groupe contrôle qui n'en comporte que 103. Cela est dû au fait que l'intervention est répartie sur 4 groupes contre seulement 3 groupes contrôle. Les groupes ne sont donc pas équitables au début de l'étude, ce qui peut constituer un biais supplémentaire. Pour obtenir un effet significatif, Hasebe et al. (60) évaluent qu'il est nécessaire d'introduire 190 cas dans l'étude, ils en introduisent 259 au final.

##### 5.3.2.3. *Age des populations sélectionnées*

Deux des trois études sélectionnées ont choisi de s'intéresser à des populations plutôt jeunes. Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), l'âge moyen de la population est de  $17 \pm 1$  ans. Dans

celle de Hasebe et al. (60), les sujets sont âgés de 15 à 18 ans avec une moyenne de  $16.7 \pm 0.5$  pour le GI et de  $16.3 \pm 0.6$  pour le GC.

L'essai clinique de Van der Horst et al. (59), quant à lui, s'intéresse à une population dont l'âge moyen est de  $24.5 \pm 3.6$  pour le GI et  $24.6 \pm 4.1$  pour le GC avec des âges allant de 18 à 40 ans.

Le fait que les 2 études () ne s'intéresse qu'à une population particulière constitue une limite de l'étude et un biais évident. De plus, les résultats ne peuvent pas être extrapolés à tous les footballeurs. Le fait que l'étude de Van der Horst et al. (59) s'intéresse à une population moins ciblée et avec un plus grand effectif permet d'avoir une meilleure vision de l'efficacité de l'intervention.

Le fait que les 2 études (58,60) s'intéresse uniquement à des jeunes peut avoir un impact sur les résultats recueillis. En effet, on sait que les jeunes sont moins soumis à ce type de blessures (Delvaux). Cela peut donc expliquer des différences de résultats entre l'étude de Van der Horst et les deux autres. Le facteur d'incidence est impacté car les jeunes ont déjà tendance à moins souvent se blesser.

#### 5.3.2.4. Antécédents

Dans deux des études, il est mentionné que les joueurs ayant eu une récente lésion au niveau des membres inférieurs doivent être exclus de l'étude. Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), les participants présentant des lésions musculaires graves des membres inférieurs (élongations pendant plus de 27 jours) au cours des deux derniers mois ont été exclus.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), les joueurs ayant subis des blessures aux ischio-jambiers au début de l'étude, et/ou qui avaient des antécédents de chirurgie de la colonne lombaire ou des membres inférieurs ne pouvaient pas participer à l'étude. L'étude de Van der Horst et al. (59) ne parle pas de ce genre de critère. Les 2 études () ne permettent pas d'extrapoler les résultats du renforcement excentrique sur la prévention des LMA des IJ à des personnes ayant eu des lésions musculaires récentes ou à des joueurs ayant subi une rupture du ligament croisé antérieur par exemple. Cependant, le fait que Van der Horst et al. (59) incluent ce type de patient contrebalance avec les 2 autres études. Néanmoins, d'autres études seraient nécessaires pour ce type de sujet.

#### 5.3.2.5. Origine des sujets

Dans cette revue, les sujets proviennent de 3 pays différents. L'étude de De Hoyo et al. (58) s'intéresse à des joueurs évoluant en Espagne. Celle de Van der Horst et al. (59) comprend des joueurs évoluant aux Pays-Bas, et enfin, L'essai clinique de Hasebe et al. (60) s'intéresse à de jeunes joueurs japonais.

Cette différence entre les provenances des joueurs peut impacter la prise en charge en fonction de la qualité des soins et des services médicaux dans ces différents pays.

Il semble intéressant de comparer les systèmes de soin de ces différents pays afin d'avoir une idée de l'accès à la kinésithérapie sur chaque territoire. On peut s'intéresser au nombre de kinésithérapeutes dans chacun de ces pays (Pays-Bas, Espagne et Japon) mais également à l'accès au soin (accès direct ou non, remboursement, ...).

Pour avoir un point de comparaison, la France compte 14,93 kinésithérapeutes pour 10 000 habitants. Elle bénéficie de l'accès direct pour la lombalgie aiguë et l'entorse de cheville. Le traitement kinésithérapique est remboursé s'il est prescrit par un médecin. (63)

La kinésithérapie en Espagne : En Espagne, on a 12,23 kinésithérapeutes pour 10 000 habitants, l'accès direct est autorisé mais les soins ne sont pas remboursés. (64)

La kinésithérapie aux Pays-Bas : Aux Pays-bas, on a 20,77 kinésithérapeutes pour 10 000 habitants. L'accès direct est autorisé et le traitement est remboursé en partie. (65)

La kinésithérapie au Japon : Au Japon, on a 10,27 kinésithérapeutes pour 10 000 habitants, l'accès direct n'est pas autorisé et la source utilisée n'a pas d'informations sur le remboursement ou non des soins. Dans ce pays, les compétences du kinésithérapeute sont limitées par rapport aux 2 autres pays ainsi qu'à la France. Il n'a pas le droit d'agir en tant que premier contact/ praticiens autonomes, ni de faire des bilans. Ils n'ont pas non plus le droit de réorienter vers d'autres spécialistes. La pratique de la kinésithérapie au Japon semble bien différente de celle qui se fait en France ou dans les 2 autres pays représentés dans cette étude. (66)

En observant ces paramètres, l'objectif est d'identifier une éventuelle différence de prise en charge entre les différents pays qui peut marquer une différence dans la prise en charge des patients ayant subis une blessure lors de ces études par exemple.

Finalement, L'utilisation de kinésithérapeute apparaît dans 2 études. (58,59) Ils sont surtout présents pour superviser les exercices et vérifier qu'ils sont correctement effectués. On peut voir l'importance des kinésithérapeutes aux Pays-Bas car les clubs en disposent alors que ce ne sont pas des clubs professionnels. Cela peut peut-être s'expliquer par une différence de culture avec le Japon par exemple, où d'après les chiffres et leurs droits, les kinésithérapeutes semblent moins en vue.

L'étude japonaise (60) ne dispose pas de personnel médical, il est même précisé que c'est une différence importante avec le milieu du football professionnel et plus largement, du sport professionnel.

#### *5.3.2.6. Niveau de jeu*

En fonction de l'étude, le niveau de jeu où performant les sujets de cette revue est différent. Aucune étude n'inclut de footballeurs professionnels. C'est un point positif car ceux-ci disposent de moyens et de matériels que le « commun des mortels » n'a pas. On peut donc mieux envisager de transposer ces résultats à une population de sportifs amateurs. On peut noter que le niveau de jeu est souvent représentatif du volume de jeu dans la semaine, plus il est élevé et plus cela demande d'entraînement. Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), la population étudiée se compose de 36 joueurs d'élite de football espagnols junior. Ces joueurs évoluent sous les couleurs de clubs professionnels mais n'en sont pas car ils sont encore en catégorie jeune. Ils effectuent 4 ou 5 séances par semaine d'une durée de 60 à 90 min et 1 match. L'étude de Van der Horst et al. (59) regroupe des joueurs de football amateurs. Ce sont des amateurs d'un haut niveau, mais cela reste tout de même des amateurs. Ils font 2 à 3 séances d'entraînement par semaine et un match (2 en cas d'exception). La dernière étude (60) s'intéresse à des lycéens évoluant en club. Nous n'avons pas d'indication particulière sur leur niveau de jeu mais on sait que celui-ci est tout de même relativement élevé.

Au final, ces 3 études regroupent des joueurs amateurs même si certains joueurs de l'étude de De Hoyo et al. (58) sont sûrement destinés à être professionnels et qu'ils disposent déjà de moyen et de matériel important. Cependant, on peut remarquer une différence dans le volume d'entraînement entre les études. On sait que les joueurs de l'étude de Van der Horst et al. (59) s'entraîne 2 à 3 fois par semaine avec un match, cela fait un temps de jeu moyen par semaine et par joueur d'environ 7,4 heures pour le groupe contrôle et d'environ 7 heures pour le groupe expérimental.

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), Cela nous donne un temps de pratique par semaine et par joueur d'environ 10,4 heures pour le groupe contrôle et d'environ 10,8 heures pour le groupe expérimental. Comme dans l'étude de De Hoyo et al. (58), les joueurs jouent plus que dans celle de Van der Horst et al. (59) Cette différence peut signifier un plus haut risque de blessures pour les joueurs concernés par un entraînement plus important et remet donc en question les résultats obtenus car nous n'avons pas la même exposition au risque de blessure dans ces 3 études. (67)

### 5.3.3. Différence programme

Ces 3 études diffèrent par le type de protocole qu'elles ont choisies pour réaliser le renforcement excentrique des IJ. Dans l'essai clinique de De Hoyo et al. (58), contrairement aux 2 autres, on utilise une machine de musculation : le flywheel pour travailler en excentrique. Cependant, en plus de travailler les ischio-jambiers en excentrique, le protocole inclut également un renforcement des quadriceps en excentrique avec une machine de musculation à volant d'inertie qui permet de travailler en half squat. Le protocole pour ces 2 mouvements était deux exercices en 1 séance pendant les 2 premières semaines et 2 séances par semaine pendant les 8 autres semaines. Le volume a été augmenté comme suit : 3 × 6 répétitions en semaines 1 à 4, 4 × 6 répétitions en semaines 5 et 6, 5 × 6 répétitions en semaines 7 et 8, et 6 × 6 répétitions en semaines 9 et 10.

Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), le renforcement excentrique des ischio-jambiers s'est fait grâce aux NHE. Il y'a eu une seule séance la première semaine puis 2 séances par semaine jusqu'à la dernière semaine. Le nombre de série était de 2 lors des 2 premières semaines avec chacune 5 répétitions en première semaine, puis 3 en deuxième semaine. De la semaine 3 à la semaine 13, le nombre de série est de 3 par séances avec 6 répétitions en semaine 3. En semaine 4, on se base sur un système de répétitions croissant 6 répétitions pour la première série, 7 pour la deuxième et enfin 8 pour la dernière. En semaine 5, les répétitions sont décroissantes : 8, 9 et 10. Et enfin de la semaine 6 à 13, on est sur un principe décroissant : 10, 9 et 8. Dans l'étude de Hasebe et al. (60), le renforcement excentrique se fait également grâce au NHE. Le protocole se compose d'une séance en semaine 1 puis de 2 jusqu'en semaine 27. Le modèle est le même que pour l'étude de Van der Horst et al. (59).

Tous ces protocoles sont détaillés dans une partie antérieure (voir entraînement excentrique).

Au final, tous les groupes n'ont pas eu le même volume de travail. Nous allons détailler cela dans les parties suivantes.

#### 5.3.3.1. Durée du programme

D'abord si l'on s'intéresse à la durée des programmes, on remarque qu'il y'a une différence entre les 3 études. Van der Horst et al. (59) se base sur un protocole de 13 semaines, Hasebe et al. (60) sur un protocole de 27 semaines et De Hoyo et al. (58) sur un protocole de 10 semaines. Cette différence de durée des programmes implique une différence de volume de travail sur la durée. Cette différence de volume de travail peut expliquer des différences dans les résultats et montrer un biais dans notre revue. (68)

#### 5.3.3.2. Fréquence des séances

Au niveau de la fréquence des séances, il n'y a pas de différence à relever entre les trois articles. Dans les trois articles, on a le même modèle avec une séance par semaine durant la première semaine et 2 séances par semaine à partir de la deuxième semaine. On ne peut donc pas relever de différence sur ce point, ce qui nous évite une source de biais pour notre revue.

#### 5.3.3.3. Durée de la séance, répartitions des séries et des répétitions

Dans aucune des études les chercheurs précisent le temps de récupération ou la durée de la séance. On a juste une indication avec le nombre de séries et de répétitions. Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), Les séries sont au nombre de 3 jusqu'à la semaine 4, puis 4 séries pour la semaine 5 et 6. On a 5 séries pour les semaines 7 et 8 et 6 séries pour les 2 dernières semaines. Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), les séances deux premières semaines se composent de 2 séries. Les séances des autres semaines se composent de 3 séries. Dans l'essai clinique de Hasebe et al. (60), les trois premières semaines comportent des séances de 2 séries. Les séances se composent de 3 séries de la semaine 4 à la semaine 27.

Finalement, on ne remarque pas de différence importante entre le nombre de séries entre l'étude de Hasebe et al. (60) et celle de Van der Horst et al. (59). L'étude de De Hoyo et al. (58) se démarque sur ce point-là avec un nombre de séries plus importantes.

Pour le nombre de répétitions, les études de Van der Horst et al. (59) et de Hasebe et al. (60) utilisent un protocole dégressif ou progressif en fonction de la semaine avec un nombre de répétitions croissant ou décroissant (de 10 à 8 ou de 8 à 10 par exemple). Le nombre de répétitions évoluent en fonction de l'avancée des semaines.

Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), il n'y a pas de progressif ou de dégressif. Les séances sont composées de 6 séries de 6 répétitions vers la fin du programme. Ces 3 articles respectent un principe de progression dans leur nombre de séries, de séries et de répétitions. Ce principe est important pour assurer la progression des joueurs et éviter le surentraînement des joueurs. La surcharge progressive La tolérance à l'augmentation de la surcharge est un sujet essentiel pour la gestion et le contrôle de la progression à l'entraînement par le praticien. (69)

La différence dans le nombre de série marque une différence importante entre l'étude de De Hoyo et al. (58) et les 2 autres études et présente un biais pour notre revue.

Selon le livre « la médecine du sport : pour le praticien », (69) de nombreuses études montrent la supériorité des protocoles composés de plusieurs séries par rapport au protocole n'en présentant qu'une ou deux. Dans notre cas les autres études en incluent 3 assez tôt dans le protocole. Nous n'avons pas de donnée précise sur la différence entre un programme de 6 séries contre un programme de 3 séries mais cela implique forcément un biais.

#### 5.3.3.4. *Supervision des séances*

Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), l'exercice a été supervisé par l'entraîneur de l'équipe ou le personnel médical (par exemple, un physiothérapeute). Les exercices ont eu lieu immédiatement après la fin de l'entraînement normal,

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), les joueurs et le personnel d'entraîneurs ont appris à réaliser l'exercice avec un chercheur. Pendant la période d'intervention, l'entraîneur et le chef de service ont supervisé l'exercice.

Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), une session de familiarisation avec les dispositifs à volant d'inertie et les exercices (half squat et leg curl) utilisés dans l'étude a été réalisé avant le début de celle-ci. Lors de ces sessions d'entraînements, une explication complète du protocole expérimental et des recommandations a été données aux participants, et ils ont été autorisés à pratiquer tous les tests pour se familiariser avec.

Aucune donnée sur la supervision lors de la réalisation des exercices n'est précisée dans cette étude. Cela représente un biais pour les résultats de cette étude et donc de notre revue.

#### 5.3.4. **Conformité**

La conformité aux exercices a été détaillé dans les études excepté dans l'étude de De Hoyo et al. (58) où on sait simplement que les participants n'ayant pas assisté à 80 % des séances d'entraînement (en raison d'une blessure musculaire) ont été omis de l'analyse.

Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), la conformité des équipes d'intervention au protocole était de 91 %.

Dans celle de Hasebe et al. (60), Le taux de conformité pour la tenue des dossiers et le NHE étaient de 100 et 88 %, respectivement. Les valeurs de conformité sont assez similaires dans les 2 études.

Cette absence de valeur de conformité au protocole dans l'étude espagnole représente un biais pour notre revue

#### 5.3.5. **Critères de jugement (nombre)**

En fonction de l'étude, les critères de jugement diffèrent par leur nature et par leur nombre.

Dans l'étude de De Hoyo et al. (58), on a 4 critères de jugement : l'incidence des blessures, la gravité des blessures, le CMJ, et le sprint.

Dans l'étude de Van der Horst et al. (59), on s'intéresse seulement à 2 critères de jugement : l'incidence des blessures et à leur gravité.

Pour l'essai clinique de Hasebe et al. (60), les critères de jugement étudiés sont plus nombreux. On s'intéresse toujours à l'incidence et à la gravité des blessures, l'évaluation fonctionnelle (distance au sol, extension isométrique du genou et force de flexion, et temps de course de 50 m). On a 6 critères de jugement au total.

Le fait que les critères soient aussi diversifiés dans cette étude implique qu'on se concentre moins sur les critères importants pour notre propos. Cela constitue un biais pour notre revue.

### 5.3.6. Conflits d'intérêt

Dans l'étude de Hasebe et al. (60), Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Dans celle de Van der Horst et al. (59), Un ou plusieurs des auteurs ont déclaré un conflit d'intérêt potentiel ou une source de financement. Cette étude a été financée par l'Organisation néerlandaise pour la recherche et le développement dans le domaine de la santé (ZonMW 50-50310-98-152) et l'Association royale néerlandaise de football (KNVB).

Nous n'avons aucune précision à ce sujet dans l'étude de De Hoyo et al. (58).

Les potentiels conflits d'intérêt et l'absence de précision à ce sujet dans l'étude de De Hoyo et al. (58) constituent un biais pour notre revue.

### 5.3.7. Date de publication

Concernant les dates de publication des différents articles sélectionnés, elles s'étendent de 2015 à 2020. Comme expliqué dans la méthode, les articles sélectionnés devaient dater de 2014 ou être plus récent, car une revue sur un sujet similaire a été publiée en 2015 (cette revue a arrêté de sélectionner des articles à partir du 1 Mars 2013). Le but de notre revue est de donner des résultats actualisés de la revue de 2015. (44)

Le fait de sélectionner les articles à partir d'une date particulière nous prive de certaines données pertinentes présents dans des articles plus anciens mais cela est nécessaire pour garder la logique de notre travail. Le fait d'opter pour ces articles permet un apport de données scientifiques récentes et cela représente un point fort pour notre revue.

## 5.4. Construction de la revue

### 5.4.1. Méthodologie de recherche

- **Analyse Prisma**

Afin d'évaluer la construction de mon mémoire, j'ai utilisé la grille PRISMA. Cette grille est composée de 27 items regroupés en 7 sections différentes. Les sections sont les suivantes : titre, résumé, introduction, méthode, résultats, discussion, financement. Cette grille a été écrite en anglais, M. Gedda fournit une traduction française. (70)

Après évaluation de cette revue, on peut dire que 18 items ont été respectés sur les 27. La grille qui nous a servi à évaluer notre travail est disponible en annexe (Annexe 6). Si l'on s'intéresse aux items non validés, on remarque que la majorité se trouvent dans la section méthode. Cela peut s'expliquer par plusieurs raisons. Tout d'abord, aucun protocole de conduite de revue n'est réalisé. On peut également parler du manque d'expérience dans le domaine qui ne permet pas de réaliser certaines actions exigées par la grille. On peut aussi noter que certains critères concernent l'élaboration d'une méta-analyse et que notre propos constitue une revue de littérature, ce qui ne permet pas de valider ces items. Enfin, on peut noter que ce travail ne dispose d'aucune source de financement.

## 5.4.2. Limite de la littérature

### 5.4.2.1. Analyse des articles

On peut trouver un biais dans l'évaluation des articles retenus dans cette revue. En effet, aucun des articles retenus n'avait de notes déjà établie comme on peut le voir pour certains articles sur la base de données PEDro. Le fait que j'évalue moi-même les articles peut donc constituer un biais en raison de ma faible expérience dans l'analyse critique et l'évaluation d'articles.

### 5.4.2.2. Résultats obtenus

On peut également relever un biais dans les résultats recueillis. En effet, on peut relever l'hétérogénéité des résultats qui a rendu complexe leur interprétation. Les études ne s'intéressent pas toutes aux mêmes critères de jugement même si les principaux restent les mêmes. De plus, on a une différence dans les moyens de prévention utilisés entre les études. Toutes vont étudier les effets du renforcement excentrique sur les lésions des IJ chez les footballeurs mais certains utilisent le NHE et une autre le Flywheel. Toutes ces études s'intéressent à l'incidence et à la gravité des blessures qui sont les 2 critères de jugement essentiels de cette revue. Cependant, nous aurions également pu nous intéresser à d'autres critères qui entrent également en compte dans la prévention des LMA des IJ (les facteurs de risque de ces lésions par exemple comme la force musculaire excentrique, la longueur des fascicules du biceps fémoral, ...). L'ensemble des études permet de répondre à la problématique avec des paramètres similaires, mais leur analyse est parfois difficile.

## 5.4.3. Limite personnelle

Durant l'écriture de ce mémoire, j'ai dû faire face à quelques difficultés. Tout d'abord, j'ai dû lire un grand nombre d'articles en anglais, et malgré mon bon niveau, j'ai eu quelques soucis avec l'anglais « scientifique » et les termes qu'il regroupe. Une mauvaise interprétation de certaines expressions ou de certains termes auraient pu biaiser ma compréhension et ma rédaction. Cependant, avec le temps j'ai réussi à m'adapter.

Un autre point à évoquer est que je n'ai pas compris toutes les statistiques auxquelles j'ai été confronté dans les différentes études. Cela constitue un biais dans l'analyse des résultats.

Enfin, le fait que je n'avais jamais vraiment fait de recherches avant ce mémoire. J'ai été amené à en effectuer pour le besoin de certains travaux dans mes années d'études antérieures, mais cela a tout de même été complètement différent pour cette revue. Je n'ai pas l'expérience et l'analyse critique que nécessite la recherche pour en sortir les résultats les plus rigoureux possible. Mon manque d'expérience peut expliquer certains biais cités précédemment.

## 5.4.4. Points forts

Malgré les limites observées et évoquées dans ce travail, il existe tout de même des points forts mettant en avant la pertinence et l'intérêt de celui-ci. Tout d'abord l'évaluation de mon mémoire avec la Grille PRISMA a donné un total de 18/27, ce qui se traduit comme une qualité correcte et acceptable. Le point fort de cette revue est d'avoir repris un sujet déjà abordé dans la littérature et y avoir incorporer des données récentes de la littérature. En effet, le but de cette revue était d'actualiser la revue déjà écrite sur le sujet en 2015. En n'incluant que des articles datant de 2015 ou moins, la littérature la plus actuelle est ciblée. Le fait de retrouver des articles publiés récemment montre que le sujet de ce mémoire soulève encore des questionnements. Ces questionnements vont continuer à se poser car l'importance de la prévention dans le sport et notamment dans le sport professionnel grandit d'années en années. En effet, comme nous l'avons cité dans cette revue un peu plus tôt, les conséquences ne sont pas uniquement sportives ou d'ordre médical, cela engendre aussi un impact financier important. La thématique mise en évidence dans ce travail est donc d'actualité. En effet, la prévention des lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers chez les footballeurs est un enjeu majeur de santé publique. De plus, la kinésithérapie est en train de prendre un tournant

actuellement, la prévention devient un enjeu majeur de notre système de santé. Nous y sommes sensibilisés à l'école, mais il y'a également une prise de conscience de tous les professionnels de santé sur ce sujet. Elle a donc une place centrale dans la pratique actuelle en masso-kinésithérapie. Pour finir, cette revue ne comporte pas de conflit d'intérêts et n'a reçu aucun financement.

## 5.5. Synthèse et piste d'amélioration

Cette recherche permet de mettre en évidence le fait que rien n'est vraiment clair au sujet de la prévention des LMA des IJ même si certaines techniques de prévention semblent montrer des effets positifs sur ces blessures. Les résultats de notre revue sont plutôt hétérogènes avec 2 études qui disent une chose et une autre qui dit son contraire. Cela peut s'expliquer par l'hétérogénéité des programmes. En effet, on remarque une différence entre les moyens utilisés (flywheel ou NHE) mais également en termes de posologie pour ces exercices. Concernant le NHE, il est souvent évalué lorsqu'il est intégré dans le programme « Fifa 11+ ». En effet, le renforcement excentrique des IJ s'apparente souvent à d'autres exercices de prévention et sont peu utilisés comme seul moyen (De Hoyo et al. (58) par exemple). On peut également s'interroger sur l'impact de la conformité au programme car il varie selon les études et peut expliquer certaines différences de résultats.

Des études d'une qualité supérieure seraient nécessaire pour pouvoir donner un résultat plus tranché sur la question. En effet, la différence entre les populations choisis dans ces études est trop importante. Cela a un impact sur les résultats et ne permet donc pas de conclure sur l'efficacité de ces programmes. Le nombre de sujets retenus dans ces études est également bien différents. Cela peut représenter un biais dans l'analyse des résultats. Il faudrait des études avec des populations similaires et assez nombreuses (au moins 200 sujets) pour pouvoir avoir un regard sur l'impact de ces interventions. Nous aurions un point de vue plus globale de la population de footballeurs. La différence d'âge est également à homogénéiser car cela représente un biais en raison du facteur de risque qu'il représente. Des études moins ciblées sur une jeune tranche d'âge comme nos 2 études semblent nécessaires.

On peut également parler du fait que les blessés ou opérés avant le début de l'intervention ont été exclus. Il serait intéressant d'avoir de la littérature sur ce genre de sujet afin d'évaluer l'impact des protocoles sur le plus grand nombre. Cela serait d'autant plus pertinents que le nombre joueurs ayant contracté des blessures aux IJ et de plus en plus importants. Le volume de travail dans les protocoles sont peut-être trop importants et ne favorisent pas l'observance dans le milieu amateur. Il serait intéressant d'avoir des protocoles moins volumineux qui favoriseraient l'observance dans le milieu amateur. C'est une piste à aborder. En effet, l'impact du NHE se fait tout de même ressentir même à plus petite dose. (71)

Cette méta analyse prouve avec ses résultats que la dose de NHE prescrite peut être réduite pour améliorer la conformité aux interventions sans toutefois diminuer l'efficacité de cet exercice dans la réduction des lésions aux IJ. Un suivi plus long comme dans l'étude de Hasebe et al. (60) pour étudier les effets à long terme de la NHE sur son efficacité est aussi une piste pertinente. Il serait intéressant de se positionner sur une durée de protocole précise pour homogénéiser les études et permettre ainsi une meilleure reproductibilité et une analyse des résultats plus pertinente. Enfin, il serait intéressant de comparer l'excentrique dans la prévention des LMA des IJ avec un autre moyen de prévention. Une récente étude parle de la prévention et la réhabilitation des LMA des IJ par la course à pied. Il serait intéressant d'avoir davantage de recul sur ce mode de prévention afin d'évaluer son efficacité par rapport à l'excentrique et peut-être même leur complémentarité.

## 5.6. Applicabilité a la pratique clinique

En tant que masseur-kinésithérapeute, il est de notre devoir de constamment être à même d'effectuer des recherches pour nous mettre à jour et permettre au patient de profiter des meilleurs soins possibles. Nous devons baser notre prise en charge sur les dernières

recommandations. A travers ce mémoire de recherche, j'ai appris à utiliser les différentes bases de données scientifiques, ce qui a été compliqué pour moi, et j'en ai tiré des informations pertinentes, cela va grandement faciliter mes investigations futures. Au cours de mes différents stages, j'ai constaté que le système de santé était principalement orienté vers le curatif et peu vers le préventif.

Ce mémoire m'a permis d'en connaître d'avantage sur la prévention des LMA des IJ chez le footballeur. Je pourrai me servir de ces nouvelles connaissances dans ma pratique future mais également lors de mon prochain stage, qui sera au Paris FC (ligue 2). De plus, j'envisage de travailler dans le milieu sportif et ce travail a donc été très enrichissant pour moi, tant au niveau de l'apprentissage de la méthodologie en recherche, que pour la mise en pratique de ces programmes. J'ai appris l'importance de la prévention et de l'éducation thérapeutique dans notre profession.

Étant moi-même footballeur, je pense qu'il serait pertinent de sensibiliser les footballeurs mais également le staff à la prévention des blessures avec des conférences ou des formations, et cela que ce soit en amateur ou en professionnel. L'applicabilité au football amateur reste compliquée car les joueurs ne sont pas suivis médicalement comme le sont les professionnels, de plus, il manque de moyen pour mettre en œuvre des programmes de prévention. Cependant, cela pourrait avoir un impact positif sur les joueurs et leur santé. Pour finir, j'aimerais me former à la kinésithérapie du sport pour en connaître d'avantage sur ce milieu et pouvoir y travailler car cela ouvre certaines portes.

## 6. Conclusion

L'objectif de ce mémoire est de répondre à la problématique suivante : « **Quel est l'intérêt d'un renforcement excentrique des ischio-jambiers sur la survenue et la gravité des lésions myo-aponévrotiques de ces muscles dans le football ?** ». Pour répondre à cette question, une revue de littérature incluant 3 essais cliniques a été réalisée. (58–60) L'impact du renforcement excentrique des IJ a été évalué à l'aide de 2 critères de jugement important : l'incidence et la gravité des blessures aux IJ.

Cette revue a été réalisée dans le but d'évaluer l'effet de l'excentrique dans la prévention des LMA des IJ. Elle avait pour but de faire le point actuel sur l'efficacité de l'excentrique sur l'incidence et la gravité des blessures dans le football. Cette question est très étudiée dans la littérature mais il n'en ressort pas de réponses claires. Certaines tendances tendent tout de même à se dégager. En effet, on peut noter que le renforcement excentrique semble diminuer la gravité des blessures même si cela n'est pas clairement établi dans l'étude néerlandaise. (59) Cet exercice a peut-être aussi un effet sur l'incidence des blessures aux IJ mais cela reste tout de même à prouver car les résultats ne sont pas assez significatifs dans 2 des 3 études. (58,60)

Au final, malgré les tendances qui se dégagent, aucune conclusion ne peut être faite sur le sujet et celui-ci mériterait davantage d'études avec des populations, des protocoles, ainsi que des durées d'intervention plus homogènes.

A travers ce travail, un manque de littérature scientifique est constaté sur la prévention des lésions myo-aponévrotiques des IJ chez les footballeurs. Cependant, même si des effets clairs du renforcement excentrique étaient établis, il est difficile d'espérer l'application de cet exercice à grande échelle. En effet, la mise en place dans le monde du football amateur semble toujours complexe malgré le fait que certaines interventions comme le NHE demandent peu de moyens. Cet exercice a une applicabilité clinique accessible ne nécessitant rien de plus que le corps du sportif. Le renforcement excentrique peut se faire de diverses manières comme nous l'avons vu dans ce propos, mais le NHE semble être une option plutôt intéressante pour le football amateur en raison de ces différents points. Le flywheel quant à lui, nécessite davantage de moyen financier et sera plus destiné à une population de professionnels. Le renforcement excentrique dans la prévention mériterait une homogénéisation des protocoles afin de le rendre plus facilement évaluable et reproductible pour le plus grand nombre. Cela est nécessaire pour apporter davantage de réponses à ce travail. L'arrivée de nouveaux travaux sur le sprint dans la prévention des LMA des IJ semblent être une option intéressante et mériterait des recherches plus poussées afin de définir son intérêt, sa différence avec le renforcement excentrique, mais également sa possible complémentarité dans la prise en charge.

## Bibliographie

1. Delvaux F, Kaux J-F, Croisier J-L. Les lésions musculaires des membres inférieurs : facteurs de risque et stratégies préventives. *Sci Sports*. 1 sept 2017;32(4):179-90.
2. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer): *Am J Sports Med* [Internet]. 18 févr 2011 [cité 4 déc 2020]; Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546510395879>
3. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study - PubMed [Internet]. [cité 11 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26746908/>
4. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur - Tome 1 : Membre inférieur. 2007.
5. R R. Les ischio-jambiers du footballeur: isocinétisme et prévention. *Mens Prat Tech Kinésithérapeute* [Internet]. 10 oct 2003 [cité 11 déc 2021];437. Disponible sur: <https://www.ks-mag.com/article/6611-les-ischio-jambiers-du-footballeur-isocinetisme-et-prevention>
6. Dietschy P. Histoire du football. Place des éditeurs; 2018. 585 p.
7. FIFA [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.fifa.com/fr/womens-football/development-programmes>
8. Ekstrand J. Étude de l'UEFA sur les blessures dans les clubs d'élite, rapport sur la saison 2016/17. 2017; Disponible sur: ([https://fr.uefa.com/MultimediaFiles/Download/uefaorg/Medical/02/51/05/04/2510504\\_DOWNLOAD.pdf](https://fr.uefa.com/MultimediaFiles/Download/uefaorg/Medical/02/51/05/04/2510504_DOWNLOAD.pdf)).
9. Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://dictionnaire.academie-medecine.fr/index.php?q=1%C3%A9sion>
10. Bisciotti GN, Volpi P, Amato M, Alberti G, Allegra F, Aprato A, et al. Italian consensus conference on guidelines for conservative treatment on lower limb muscle injuries in athlete. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1):e000323.
11. PUIG P, TROUVE P, L S, E L. Les accidents des muscles ischiojambiers : Un comportement très excentrique. *J Traumatol Sport*. mars 2009;(vol. 26/1):18-23.
12. Engebretsen L, Soligard T, Steffen K, Alonso JM, Aubry M, Budgett R, et al. Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *Br J Sports Med*. 1 mai 2013;47(7):407-14.
13. Mueller-Wohlfahrt H-W, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *Br J Sports Med*. 1 avr 2013;47(6):342-50.
14. Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med*. août 2006;34(8):1297-306.
15. Malliaropoulos N, Isinkaye T, Tsitas K, Maffulli N. Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med*. févr 2011;39(2):304-10.
16. Opar DA, Drezner J, Shield A, Williams M, Webner D, Sennett B, et al. Acute hamstring strain injury in track-and-field athletes: A 3-year observational study at the Penn Relay Carnival. *Scand J Med Sci Sports*. août 2014;24(4):e254-259.
17. Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): Consensus statement | *British Journal of Sports Medicine* [Internet]. [cité 11 déc 2021]. Disponible sur: <https://bjsm.bmj.com/content/48/7/483.short>
18. Injuries in 13 international Athletics championships between 2007-2012 - PubMed [Internet]. [cité 11 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24620039/>

19. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* févr 2010;40(2):67-81.
20. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A, et al. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* févr 2004;38(1):36-41.
21. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols - PubMed [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23536466/>
22. Orchard J, Seward H. Epidemiology of injuries in the Australian Football League, seasons 1997-2000. *Br J Sports Med.* févr 2002;36(1):39-44.
23. Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther.* mars 2004;34(3):116-25.
24. de Visser HM, Reijman M, Heijboer MP, Bos PK. Risk factors of recurrent hamstring injuries: a systematic review. *Br J Sports Med.* févr 2012;46(2):124-30.
25. Masson E. Lésions musculaires : l'approche échographique [Internet]. EM-Consulte. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/es/article/1184116/figures/lesions-musculaires-l-approche-echographique>
26. Localisation en IRM des lésions musculaires des ischio-jambiers survenues lors de la pratique sportive et liens avec le mécanisme lésionnel : résultats préliminaires de l'étude HAMMER (Hamstring mechanics and MRI) - EM consulte [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1299582/localisation-en-irm-des-lesions-musculaires-des-is>
27. Sonographic findings in muscle strain injury: clinical and MR imaging correlation. - Takebayashi - 1995 - Journal of Ultrasound in Medicine - Wiley Online Library [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.7863/jum.1995.14.12.899>
28. British athletics muscle injury classification: a new grading system - PubMed [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25031367/>
29. Valle X, Alentorn-Geli E, Tol JL, Hamilton B, Garrett WE, Pruna R, et al. Muscle Injuries in Sports: A New Evidence-Informed and Expert Consensus-Based Classification with Clinical Application. *Sports Med Auckl NZ.* juill 2017;47(7):1241-53.
30. Prise en charge des lésions musculaires aiguës en 2018 [Internet]. *Revue Medicale Suisse.* [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2018/revue-medicale-suisse-613/prise-en-charge-des-lesions-musculaires-aigues-en-2018>
31. Muscle Injuries: A Brief Guide to Classification and Management - PubMed [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26535183/>
32. Linklater JM, Hamilton B, Carmichael J, Orchard J, Wood DG. Hamstring injuries: anatomy, imaging, and intervention. *Semin Musculoskelet Radiol.* juin 2010;14(2):131-61.
33. Prévention des lésions musculaires des ischio-jambiers [Internet]. *Revue Medicale Suisse.* [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2018/revue-medicale-suisse-613/prevention-des-lesions-musculaires-des-ischio-jambiers>
34. Italian consensus conference on guidelines for conservative treatment on lower limb muscle injuries in athlete - PubMed [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29862040/>
35. Delvaux F, Rochcongar P, Bruyère O, Bourlet G, Daniel C, Diverse P, et al. Return-To-Play Criteria after Hamstring Injury: Actual Medicine Practice in Professional Soccer Teams. *J Sports Sci Med.* 1 sept 2014;13(3):721-3.
36. Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. Strength imbalances and prevention

of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med.* août 2008;36(8):1469-75.

37. Glazer DD. Development and Preliminary Validation of the Injury-Psychological Readiness to Return to Sport (I-PRRS) Scale. *J Athl Train.* 2009;44(2):185-9.

38. Clover J, Wall J. Return-to-play criteria following sports injury. *Clin Sports Med.* janv 2010;29(1):169-75, table of contents.

39. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* févr 2003;31(1):41-6.

40. Haute Autorité de Santé - Prévention [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_410178/fr/prevention](https://www.has-sante.fr/jcms/c_410178/fr/prevention)

41. Chapitre Ier : Masseur-kinésithérapeute. (Articles L4321-1 à L4321-22) - Légifrance [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000006171311/>

42. La kinésithérapie préventive - Kiné Médical [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.kinemedical.fr/content/25-la-kinesitherapie-preventive>

43. Interventions for preventing hamstring injuries - PubMed [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20091605/>

44. Porter T, Rushton A. The efficacy of exercise in preventing injury in adult male football: a systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med - Open.* déc 2015;1(1):4.

45. Delvaux F, Kaux J-F, Forthomme B, Croisier J-L. La prévention des blessures sportives: modèles théoriques et éléments-clés d'une stratégie efficace. *J Traumatol Sport* [Internet]. oct 2018 [cité 12 déc 2021];35(3). Disponible sur: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/228848>

46. L'Argent du Football | CEPREMAP [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.cepremap.fr/publications/largent-du-football/>

47. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League - PubMed [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25009969/>

48. Implementation of the FIFA 11+ football warm up program: How to approach and convince the Football associations to invest in prevention | *British Journal of Sports Medicine* [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://bjsm.bmj.com/content/47/12/803>

49. FIFA Médical [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.fifa.com/fr/about-fifa/origin1904-p.cxm.fifa.com/about-fifa/medical>

50. FIFA [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.fifa.com/fr/static-pages/injury-prevention>

51. Bruchard A. Effets aigus sur la performance post exercice lors de 3 protocoles d'échauffement neuromusculaire chez les joueurs de football [Internet]. *KINESPORT : Formations continues en kinésithérapie du sport et thérapie manuelle.* [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: [https://www.wmaker.net/kinesport/Effets-aigus-sur-la-performance-post-exercice-lors-de-3-protocoles-d-echauffement-neuromusculaire-chez-les-joueurs-de\\_a3530.html](https://www.wmaker.net/kinesport/Effets-aigus-sur-la-performance-post-exercice-lors-de-3-protocoles-d-echauffement-neuromusculaire-chez-les-joueurs-de_a3530.html)

52. Bruchard A. L'exercice excentrique : les caractéristiques physiologiques et les réponses aiguës [Internet]. *KINESPORT : Formations continues en kinésithérapie du sport et thérapie manuelle.* [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: [https://www.wmaker.net/kinesport/L-exercice-excentrique-les-caracteristiques-physiologiques-et-les-reponses-aigues\\_a3293.html](https://www.wmaker.net/kinesport/L-exercice-excentrique-les-caracteristiques-physiologiques-et-les-reponses-aigues_a3293.html)

53. Le travail musculaire excentrique : intérêts dans la prise en charge thérapeutique du sportif - ScienceDirect [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168605404000972>

54. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric

- exercise - PubMed [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20542752/>
55. Hedayatpour N, Falla D. Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *BioMed Res Int*. 2015;2015:193741.
  56. Mjøl̄snes R, Arnason A, Østhaagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. oct 2004;14(5):311-7.
  57. Tous-Fajardo J. he Flywheel Leg-Curl Machine: Offering Eccentric Overload for Hamstring Development. 2006;
  58. de Hoyo M, Pozzo M, Sañudo B, Carrasco L, Gonzalo-Skok O, Domínguez-Cobo S, et al. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. janv 2015;10(1):46-52.
  59. van der Horst N, Smits D-W, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. juin 2015;43(6):1316-23.
  60. Hasebe Y, Akasaka K, Otsudo T, Tachibana Y, Hall T, Yamamoto M. Effects of Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in High School Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *Int J Sports Med*. mars 2020;41(3):154-60.
  61. Elerian AE, El-Sayyad MM, Dorgham HAA. Effect of Pre-training and Post-training Nordic Exercise on Hamstring Injury Prevention, Recurrence, and Severity in Soccer Players. *Ann Rehabil Med*. août 2019;43(4):465-73.
  62. Lovell R, Knox M, Weston M, Siegler JC, Brennan S, Marshall PWM. Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scand J Med Sci Sports*. févr 2018;28(2):658-66.
  63. French National Council of Physiotherapists | World Physiotherapy [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://world.physio/membership/france>
  64. Association espagnole des physiothérapeutes [Internet]. World Physiotherapy. [cité 1 déc 2021]. Disponible sur: <https://world.physio/fr/membership/spain>
  65. Royal Dutch Society for Physiotherapy | World Physiotherapy [Internet]. [cité 1 déc 2021]. Disponible sur: <https://world.physio/membership/netherlands>
  66. Japanese Physical Therapy Association [Internet]. World Physiotherapy. [cité 1 déc 2021]. Disponible sur: <https://world.physio/membership/japan>
  67. Delecroix B. Charge de travail et blessure dans le football de haut niveau [Internet] [phdthesis]. Université de Lille; 2019 [cité 2 déc 2021]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02296586>
  68. Ben Belgith A, Ahmaidi S, Maille P, Noirez P, Desgorces F-D. Quantification de la charge d'entraînement imposée au footballeur professionnel en phase de réhabilitation athlétique post-blessure. *Sci Sports*. juin 2012;27(3):169-74.
  69. Amoretti R, Bigard X, Monod H, Rivière D, Rochcongar P, Rodineau J. Médecine du sport: Pour le Praticien. Elsevier Health Sciences; 2020. 749 p.
  70. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses - ScienceDirect [Internet]. [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S177901231400432X>
  71. Cuthbert M, Ripley N, McMahon JJ, Evans M, Haff GG, Comfort P. The Effect of Nordic Hamstring Exercise Intervention Volume on Eccentric Strength and Muscle Architecture Adaptations: A Systematic Review and Meta-analyses. *Sports Med Auckl NZ*. janv 2020;50(1):83-99.

## Table des figures

Figure 1: Aspect des ischio-jambiers en vue postérieure .....	3
Figure 2 : Situation des ischio-jambiers dans la loge postérieure de cuisse.....	4
Figure 3 : Classification des lettres en fonction du site anatomique de la lésion musculaire. (a) Myofascial, (b) Musculo-tendineux (c) Intratendineux (26) .....	8
Figure 4: Les modes de contraction du muscle .....	14
Figure 5 : Le Nordic Hamstring Exercise (NHE) .....	15
Figure 6 : Le Flywheel Leg Curl .....	15
Figure 7 : Diagramme de flux PRISMA.....	20

## Table des Tableaux

Tableau 1: Aperçu des systèmes antérieurs de classification des lésions musculaires .....	6
Tableau 2 : Classification des troubles et lésions musculaires aigus .....	8
Tableau 3 : Classement des critères de retour au sport par importance selon les experts (33) .....	11
Tableau 4 : Récapitulatif des critères d'inclusion et d'exclusion de la revue.....	18
Tableau 5: Synthèse des résultats de la recherche par base de données .....	19
Tableau 6: Résumé des critères de jugement par étude .....	21
Tableau 7: Population par étude .....	23
Tableau 8 : Récapitulatif des résultats sur l'incidence des blessures par étude .....	31
Tableau 9: Récapitulatif des résultats sur la gravité des blessures par étude .....	32
Tableau 10 : Synthèse des scores PEDro par critère pour chaque étude .....	37

## Table des annexes

Annexe 1: british athletics muscle injury classification.....	VI
Annexe 2 : Protocole FIFA 11+ .....	VII
Annexe 3 : Protocole harmorknee.....	VIII
Annexe 4 : Grille d'évaluation PEDro .....	IX
Annexe 5 : Tableaux de lecture .....	X
Annexe 6 : Grille PRISMA.....	XIII

## Annexes

### Annexe 1: british athletics muscle injury classification

Grade	Extent of edema	Site	Architectural disruption
0	Nil	Nil	Nil
1: Small tear	< 10% CSA < 5 cm long	a. Myofascial b. MTJ	< 1-cm gap < 1-cm gap
2: Moderate tear	10–50% CSA 5–15 cm long	a. Myofascial b. MTJ c. Tendon < 50% CSA	a. 1- to 5-cm gap b. 1- to 5-cm gap c. No redundancy, no gap
3: Extensive tear	> 50% CSA > 15 cm long	a. Myofascial b. MTJ c. Tendon > 50% CSA	a. > 5-cm gap b. > 5-cm gap c. Tendon redundancy
4: Complete tear			Complete muscle tear Complete tendon tear with retraction

Abbreviations: CSA, cross-sectional area; MTJ, muscle-tendon junction.

Annexe 2 : Protocole FIFA 11+

11+

**1<sup>ère</sup> PARTIE EXERCICES DE COURSE - 8 MINUTES**

 <p><b>1 COURSE TOUT DROIT</b> Le joueur se tient à un mètre de son partenaire, un ballon est en jeu au milieu du terrain. Chaque joueur se déplace vers son partenaire en marchant, puis en courant. Le joueur qui arrive en premier doit courir jusqu'à son partenaire et lui passer le ballon.</p>	 <p><b>2 COURSE HANCHES VERS L'EXTÉRIEUR</b> Après le coup de sifflet, les joueurs se déplacent vers l'extérieur du terrain en courant. Le joueur qui arrive en premier doit courir jusqu'à son partenaire et lui passer le ballon.</p>	 <p><b>3 COURSE HANCHES VERS L'INTÉRIEUR</b> Après le coup de sifflet, les joueurs se déplacent vers l'intérieur du terrain en courant. Le joueur qui arrive en premier doit courir jusqu'à son partenaire et lui passer le ballon.</p>
 <p><b>4 COURSE CERCLES AUTOUR DU PARTENAIRE</b> Après le coup de sifflet, les joueurs se déplacent en courant autour de leur partenaire. Le joueur qui arrive en premier doit courir jusqu'à son partenaire et lui passer le ballon.</p>	 <p><b>5 COURSE SAUT ET CONTACT ÉPAULE</b> Après le coup de sifflet, les joueurs se déplacent en courant vers leur partenaire. Le joueur qui arrive en premier doit sauter et toucher l'épaule de son partenaire.</p>	 <p><b>6 COURSE COURSE RAPIDE</b> Après le coup de sifflet, les joueurs se déplacent en courant vers leur partenaire. Le joueur qui arrive en premier doit courir jusqu'à son partenaire et lui passer le ballon.</p>

**2<sup>e</sup> PARTIE FORCE - PLIOMÉTRIE - ÉQUILIBRE - 10 MINUTES**

<p><b>LE BANC STATIQUE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur un banc statique pendant 30 secondes.</p>	<p><b>LE BANC UNE JAMBE APRÈS L'AUTRE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur un banc statique pendant 30 secondes, une jambe après l'autre.</p>	<p><b>LE BANC TENIR UNE JAMBE LEVÉE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur un banc statique pendant 30 secondes, en tenant une jambe levée.</p>
<p><b>PLANCHE LATÉRALE STATIQUE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur une planche latérale pendant 30 secondes.</p>	<p><b>PLANCHE LATÉRALE SOULEVER ET ABAISSER LES HANCHES</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur une planche latérale pendant 30 secondes, en soulevant et abaissant ses hanches.</p>	<p><b>PLANCHE LATÉRALE AVEC JAMBE LEVÉE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur une planche latérale pendant 30 secondes, avec une jambe levée.</p>
<p><b>ISCHIO-JAMBIERS DÉBUTANT</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur ses ischio-jambiers pendant 30 secondes.</p>	<p><b>ISCHIO-JAMBIERS INTERMÉDIAIRE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur ses ischio-jambiers pendant 30 secondes, en levant une jambe.</p>	<p><b>ISCHIO-JAMBIERS AVANCÉ</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur ses ischio-jambiers pendant 30 secondes, en levant les deux jambes.</p>
<p><b>ÉQUILIBRE SUR UNE JAMBE TENIR LE BALLON</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur une jambe pendant 30 secondes, en tenant un ballon.</p>	<p><b>ÉQUILIBRE SUR UNE JAMBE ENVOYER LE BALLON AU PARTENAIRE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur une jambe pendant 30 secondes, en envoyant le ballon à son partenaire.</p>	<p><b>ÉQUILIBRE SUR UNE JAMBE TESTER SON PARTENAIRE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur une jambe pendant 30 secondes, en testant son partenaire.</p>
<p><b>ACCROUISSEMENTS EXTENSION SUR LA POINTE DES PIEDS</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur la pointe des pieds pendant 30 secondes.</p>	<p><b>ACCROUISSEMENTS FENTES AVANT DYNAMIQUES</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur la pointe des pieds pendant 30 secondes, en faisant des fentes avant dynamiques.</p>	<p><b>ACCROUISSEMENTS SUR UNE JAMBE</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur se tient sur la pointe des pieds pendant 30 secondes, sur une jambe.</p>
<p><b>SAUTS SAUTS VERTICAUX</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur saute verticalement pendant 30 secondes.</p>	<p><b>SAUTS SAUTS LATÉRAUX</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur saute latéralement pendant 30 secondes.</p>	<p><b>SAUTS SAUTS EN CROIX</b></p>  <p>Après le coup de sifflet, le joueur saute en croix pendant 30 secondes.</p>

**3<sup>e</sup> PARTIE EXERCICES DE COURSE - 2 MINUTES**

 <p><b>13 COURSE TRAVERSÉE DE TERRAIN</b> Après le coup de sifflet, le joueur traverse le terrain en courant.</p>	 <p><b>14 COURSE FOULÉE BONDISSANTE</b> Après le coup de sifflet, le joueur traverse le terrain en courant, en faisant des foulées bondissantes.</p>	 <p><b>15 COURSE CHANGEMENT DE DIRECTION</b> Après le coup de sifflet, le joueur traverse le terrain en courant, en changeant de direction.</p>
--	---	--





Annexe 3 : Protocole harmorknee

<b>Exercise</b>	<b>Duration</b>
Part 1: Warm up	10 minutes
1. Jogging	4 minutes
2. Backward jogging on the toes	1 minute
3. High-knee skipping	30 s
4. Defensive pressure technique	30 s
5. One and one	2 minutes
Part 2: Muscle activation	2 minutes
6. Calf	4 s each leg/side
7. Quadriceps	
8. Hamstrings	
9. Hip flexor muscles	
10. Groin muscles	
11. Hip and lower back muscles	
Part 3: Balance	2 minutes
12. Forward and backward double leg jumps	30 s
13. Lateral single leg jumps	
14. Forward and backward single leg jumps	
15. Double leg jump with or without ball	
Part 4: Strength	4 minutes (1 min each exercise)
16. Walking lunges in place	15 repetitions each leg
17. Hamstring curl	12 repetitions
18. Single-knee squat with toe raises	12 repetitions
Part 5: Core stability	4 minutes (1 min each exercise)
19. Sit-ups	2 sets x 12 repetitions
20. Plank on elbows and toes	2 sets x 20 s
21. Bridging	2 sets x 12 repetitions

## Échelle PEDro – Français

---

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

---

Annexe 5 : Tableaux de lecture

Articles (titre, auteur, date) Type d'étude N° ref biblio	Objectifs de l'étude	Population	Méthodologie-protocole utilisé	Résultats	Grille de lecture utilisée / score établi par l'étudiant	Intérêts pour le mémoire /points-clés d'analyse critique de l'étude
<p><b>Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players</b></p> <p>Moisés de Hoyo, Marco Pozzo, Borja Sañudo, Luis Carrasco, Oliver Gonzalo-Skok, Sergio Domínguez-Cobo, Eduardo Morán-Camacho</p> <p>2015</p> <p>Essai clinique</p> <p><b>(58)</b></p>	<p>Analyser l'effet d'un programme d'entraînement avec surcharge excentrique (c'est-à-dire des exercices de demi-squat et de curl des jambes utilisant des ergomètres à volant) avec une charge individualisée sur l'incidence et la gravité des blessures musculaires et les performances chez les joueurs de football juniors d'élite.</p>	<p>Trente-six jeunes joueurs volontaires (U-17 à U-19) ont été recrutés et affectés à un groupe expérimental ou témoin</p> <p>→ <b>1 groupe témoin</b> (n = 15) n'effectuant pas de surcharge excentrique en plus de l'entraînement commun à tous 8 abandons</p> <p>→ <b>1 groupe exercice</b> (n = 18) ayant reçu un programme de surcharge excentrique</p> <p>Les participants présentant des lésions musculaires graves des membres inférieurs (pendant plus de 27 jours) au cours des deux derniers mois ont été exclus de l'étude.</p>	<p><b>Intervention :</b></p> <p>Les deux équipes s'entraînaient au football avec un volume et une méthodologie similaire (4 ou 5 sessions d'entraînement/semaine de 60-90 min et 1 match/ Semaine).</p> <p>Les joueurs du groupe expérimental, en plus de leur entraînement de football habituel, ont subi un programme d'entraînement concentrique/excentrique supplémentaire 1 à 2 fois par semaine pendant 10 semaines</p> <p><b>Évaluation :</b></p> <p>Test de contre-mouvement (CMJ)</p> <p>Test de sprint sur 20m</p> <p>Résultat décomposé en sprint sur 20m, 10m et temps de passage de 10 à 20m</p> <p>Nombre de lésions musculaires pour 1000h de jeu</p> <p>Gravité de la blessure</p>	<p><b>Test de contre-mouvement (CMJ) : amélioration des performances sur ce test (</b></p> <p>Amélioration sur 20m, 10m et de 10 à 20m</p> <p><b>Diminution de la gravité des blessures</b></p> <p><b>Diminution du nombre de blessures (pas certains)</b></p> <p>Pas d'amélioration visible chez le groupe témoin</p>	<p>Echelle PEDro : 7/10</p> <p>Qualité méthodo : BONNE</p>	<p>Utilisation de tests fiables et validés</p> <p>Possibilité d'appliquer le programme dans la préparation physique des footballeurs</p> <p>Forte adhésion au programme d'exercices (sujets volontaires)</p> <p>Suivi à long terme (10 semaines)</p>

Articles (titre, auteur, date) Type d'étude N° ref biblio	Objectifs de l'étude	Population	Méthodologie-protocole utilisé	Résultats	Grille de lecture utilisée / score établi par l'étudiant	Intérêts pour le mémoire /points-clés d'analyse critique de l'étude
<p><b>The Preventive Effect of the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in Amateur Soccer Players: A Randomized Controlled Trial</b></p> <p>Nick van der Horst, Dirk-Wouter Smits, Jesper Petersen, Edwin A. Goedhart and Frank J.G. Backx 2015</p> <p>Essai clinique randomisé</p> <p><b>(59)</b></p>	<p>Étudier l'effet préventif du Nordic Hamstring sur l'incidence et la gravité des blessures aux ischio-jambiers chez les footballeurs amateurs masculins.</p>	<p>40 équipes au début de l'étude (joueurs âgés de 18 à 40 ans)</p> <p>→ <b>1 groupe témoin</b> composé de 16 équipes (n = 287) n'ayant reçu aucun traitement particulier en plus de leur entraînement habituel</p> <p>4 équipes ont abandonné</p> <p>→ <b>1 groupe exercice composé de 16 équipes (n=292)</b> 13 semaines de renforcement excentrique des IJ (NHE) en augmentant progressivement la charge de travail</p> <p>4 équipes ont abandonné</p> <p>Les joueurs arrivés au club après le début de l'étude ou n'ayant pas donné leur consentement n'ont pas été retenus</p>	<p><b>Intervention :</b> Le groupe d'intervention a reçu pour instruction d'effectuer 25 sessions de NHE sur une période de 13 semaines. Le programme a été débuté 3 à 5 semaines avant le début des compétitions. Les groupes d'intervention et de contrôle se sont entraînés régulièrement au football (3 séances/semaine). L'exercice NHE est effectué directement après la séance d'entraînement pour éviter le refroidissement. Le nombre de séances par semaines, de séries et de répétitions par série a augmenté progressivement durant le programme</p> <p><b>Évaluation :</b> Incidence des blessures Gravité des blessures</p>	<p><b>Incidence des blessures Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les 2 groupes durant la période de protocole.</b></p> <p><b>Après la période d'intervention, 18 blessures aux ischio-jambiers (72%) ont été enregistrées dans le groupe témoin et 6 (55%) dans le groupe d'intervention. L'impact du NHE est statistiquement significatif (p = 0,005).</b></p> <p><b>Gravité des blessures La différence de gravité des blessures entre les groupes d'intervention et de contrôle n'était pas statistiquement significative (P = 0.342).</b></p>	<p>Echelle PEDro : 5/10</p> <p>Qualité méthodo : MOYENNE</p>	<p>Utilisation d'un exercice facile à mettre en place durant les séances</p> <p>Possibilité d'appliquer le programme au quotidien</p> <p>Forte adhésion au programme d'exercices (volontaires)</p> <p>Suivi à long terme (13 semaines)</p> <p>Impact sur l'incidence des blessures</p>

Articles (titre, auteur, date) Type d'étude N° ref biblio	Objectifs de l'étude	Population	Méthodologie-protocole utilisé	Résultats	Grille de lecture utilisée / score établi par l'étudiant	Intérêts pour le mémoire / points-clés d'analyse critique de l'étude
<p>Effects of Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in High School Soccer Players: A Randomized Controlled Trial  <b>Yuki Hasebe, Kiyokazu Akasaka, Takahiro Otsudo, Yomei Tachibana, Toby Hall, Mitsuru Yamamoto</b>  2020  Essai contrôlé randomisé    <b>(60)</b></p>	<p>Déterminer si les variables de l'examen physique sont en corrélation avec les blessures aux ischio-jambiers chez les joueurs de football du secondaire et si le NHE et son taux de conformité affectent le taux de blessures aux ischio-jambiers.</p>	<p>259 joueurs masculins provenant de 7 écoles secondaires.  → 3 <b>groupes témoins</b> (n = 103) n'ayant reçu aucun traitement particulier en plus de l'entraînement de football classique    → 4 <b>groupes exercice</b> (n = 156) ayant reçu un programme de NHE durant 27 semaines</p>	<p>Randomisation avec méthode des enveloppes.  Les joueurs ont été répartis selon :    - 4 groupes intervention (156 joueurs) : NHE pendant 27 semaines effectué après l'entraînement normal et avant la période de récupération    3 groupes contrôle (103 joueurs)</p>	<p>Nombre de blessure : 1,14 fois moins de blessures dans le groupe exercice et 1,52 fois moins de blessures aux ischio-jambiers liées à la perte de temps de pratique du sport  Cependant, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes.    Nombre de jours d'indisponibilité (gravité des blessures) : l'amélioration du taux d'arrêt de jeu pour les blessures aux ischio-jambiers s'est avéré très efficace (9,81 fois plus faible pour le groupe exercice).    Taux de conformité : Tenue des registres : 100%    Avec le protocole NHE : 88%</p>	<p>Echelle PEDro : 6/10    Qualité méthodo : <b>BONNE</b></p>	<p>Le NHE chez les joueurs de football du secondaire a permis de réduire considérablement la gravité des blessures aux IJ par rapport à une intervention de contrôle.    Suivi à long terme (27 semaines)</p>

Annexe 6 : Grille PRISMA

<b>Tableau I. Traduction française originale de la liste de contrôle PRISMA 2009.</b>			
<b>Section/sujet</b>	<b>N°</b>	<b>Critères de contrôle</b>	<b>Page N°</b>
<b>TITRE</b>			
Titre	1	Identifier le rapport comme une revue systématique, une méta-analyse, ou les deux.	
<b>RÉSUMÉ</b>			
Résumé structuré	2	Fournir un résumé structuré incluant, si applicable : contexte ; objectifs ; sources des données ; critères d'éligibilité des études, populations, et interventions ; évaluation des études et méthodes de synthèse ; résultats ; limites ; conclusions et impacts des principaux résultats ; numéro d'enregistrement de la revue systématique.	
<b>INTRODUCTION</b>			
Contexte	3	Justifier la pertinence de la revue par rapport à l'état actuel des connaissances.	
Objectifs	4	Déclarer explicitement les questions traitées en se référant aux participants, interventions, comparaisons, résultats, et à la conception de l'étude (PICOS <sup>2</sup> ).	
<b>MÉTHODE</b>			
Protocole et enregistrement	5	Indiquer si un protocole de revue de la littérature existe, s'il peut être consulté et où (par exemple, l'adresse web), et, le cas échéant, fournir des informations d'identification, y compris le numéro d'enregistrement.	
Critères d'éligibilité	6	Spécifier les caractéristiques de l'étude (par exemple, PICOS, durée de suivi) et les caractéristiques du rapport (par exemple, années considérées, langues, statuts de publication) utilisées comme critères d'éligibilité, et justifier ce choix.	
Sources d'information	7	Décrire toutes les sources d'information (par exemple : bases de données avec la période couverte, échange avec les auteurs pour identifier des études complémentaires) de recherche et la date de la dernière recherche.	
Recherche	8	Présenter la stratégie complète de recherche automatisée d'au moins une base de données, y compris les limites décidées, de sorte qu'elle puisse être reproduite.	
Sélection des études	9	Indiquer le processus de sélection des études (c.-à-d. : triage, éligibilité, inclusion dans la revue systématique, et, le cas échéant, inclusion dans la méta-analyse).	
Extraction des données	10	Décrire la méthode d'extraction de données contenues dans les rapports (par exemple : formulaires pré-établis, librement, en double lecture) et tous les processus d'obtention et de vérification des données auprès des investigateurs.	
Données	11	Lister et définir toutes les variables pour lesquelles des données ont été recherchées (par exemple : PICOS, sources de financement) et les suppositions et simplifications réalisées.	
Risque de biais inhérent à chacune des études	12	Décrire les méthodes utilisées pour évaluer le risque de biais de chaque étude (en spécifiant si celui-ci se situe au niveau de l'étude ou du résultat), et comment cette information est utilisée dans la synthèse des données.	
Quantification des résultats	13	Indiquer les principales métriques de quantification des résultats (par exemple : <i>risk ratio</i> , différence entre les moyennes).	
Synthèse des résultats	14	Décrire les méthodes de traitement des données et de combinaison des résultats des études, si effectué, y compris les tests d'hétérogénéité (par exemple : $I^2$ ) pour chaque méta-analyse.	
Risque de biais transversal aux études	15	Spécifier toute quantification du risque de biais pouvant altérer le niveau de preuve global (par exemple : biais de publication, rapport sélectif au sein des études).	
Analyses complémentaires	16	Décrire les méthodes des analyses complémentaires (par exemple : analyses de sensibilité ou en sous-groupes, méta-régression), si effectuées, en indiquant celles qui étaient prévues <i>a priori</i> .	

**Tableau I. Traduction française originale de la liste de contrôle PRISMA 2009 (suite).**

Section/sujet	N°	Critères de contrôle	Page N°
<b>RÉSULTATS</b>			
Sélection des études	17	Indiquer le nombre d'études triées, examinées en vue de l'éligibilité, et incluses dans la revue, avec les raisons d'exclusion à chaque étape, de préférence sous forme d'un diagramme de flux.	
Caractéristiques des études sélectionnées	18	Pour chaque étude, présenter les caractéristiques pour lesquelles des données ont été extraites (par exemple : taille de l'étude, PICOS, période de suivi) et fournir les références.	
Risque de biais relatif aux études	19	Présenter les éléments sur le risque de biais de chaque étude et, si possible, toute évaluation des conséquences sur les résultats (voir item 12).	
Résultats de chaque étude	20	Pour tous les résultats considérés (positifs ou négatifs), présenter, pour chaque étude : (a) une brève synthèse des données pour chaque groupe d'intervention ; (b) les ampleurs d'effets estimés et leurs intervalles de confiance, idéalement avec un graphique en forêt ( <i>forest plot</i> ).	
Synthèse des résultats	21	Présenter les principaux résultats de chaque méta-analyse réalisée, incluant les intervalles de confiance et les tests d'hétérogénéité.	
Risque de biais transversal aux études	22	Présenter les résultats de l'évaluation du risque de biais transversal aux études (voir item 15).	
Analyse complémentaire	23	Le cas échéant, donner les résultats des analyses complémentaires (par exemple : analyses de sensibilité ou en sous-groupes, méta-régression [voir item 16]).	
<b>DISCUSSION</b>			
Synthèse des niveaux de preuve	24	Résumer les principaux résultats, ainsi que leur niveau de preuve pour chacun des principaux critères de résultat ; examiner leur pertinence selon les publics concernés (par exemple : établissements ou professionnels de santé, usagers et décideurs).	
Limites	25	Discuter des limites au niveau des études et de leurs résultats (par exemple : risque de biais), ainsi qu'au niveau de la revue (par exemple : récupération incomplète de travaux identifiés, biais de notification).	
Conclusions	26	Fournir une interprétation générale des résultats dans le contexte des autres connaissances établies, et les impacts pour de futures études.	
<b>FINANCEMENT</b>			
Financement	27	Indiquer les sources de financement de la revue systématique et toute autre forme d'aide (par exemple : fourniture de données) ; rôle des financeurs pour la revue systématique.	

<sup>a</sup>Note du traducteur : *Patient, problem or population, Intervention, Comparison, control or comparator, Outcomes, Study design*



## Résumé

### Prévention des lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers chez le footballeur

**Introduction** - Les lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers sont les blessures les plus fréquentes dans le monde du football. Ces blessures ont un impact fort sur le fonctionnement d'un club au niveau amateur mais surtout au niveau professionnel. La prévention représente donc un enjeu important de ce milieu. Le renforcement excentrique des ischio-jambiers permet de prévenir ce genre de blessures. L'objectif de cette revue est de montrer l'effet de ce type d'exercice sur les lésions myo-aponévrotiques du footballeur en faisant un point actuel de la littérature. **Méthode** - Pour réaliser cette revue, 4 bases de données ont été sollicitées (PubMed, Cochrane, Science Direct, PEDro). 3 essais cliniques datant de 2015 à 2020 ont été sélectionnés pour cette revue de littérature (tous sur PubMed). **Résultats** - L'analyse de ces 3 articles montre un effet très probable du renforcement excentrique sur la gravité des blessures et sur la performance de sprint. Cependant, on ne note pas d'effet significatif sur l'incidence des blessures où l'efficacité de ce renforcement reste à prouver. **Discussion** - Le nombre d'articles inclus dans cette revue est faible et l'analyse réalisée présente des biais de différents types. Des études complémentaires d'une qualité supérieure sont nécessaires pour apporter des preuves supplémentaires et pouvoir conclure sur le sujet.

**Mots-clés** : excentrique, football, ischio-jambiers, lésions musculaires, prévention

### Prevention of hamstring myofascial injuries in soccer players

**Introduction** - Hamstring injuries are the most frequent injuries in the world of soccer. These injuries have a strong impact on the functioning of a club at the amateur level but especially at the professional level. Prevention is therefore an important issue in this field. Eccentric strengthening of the hamstrings can prevent this type of injury. The objective of this review is to show the effect of this type of exercise on myoaponeurotic injuries in footballers by reviewing the current literature. **Method** - To perform this review, 4 databases were solicited (PubMed, Cochrane, Science Direct, PEDro). Three clinical trials dating from 2015 to 2020 were selected for this literature review (all on PubMed). **Results** - Analysis of these 3 articles shows a highly likely effect of eccentric strengthening on injury severity and sprint performance. However, there was no significant effect on the incidence of injury, where the effectiveness of this strengthening remains to be proven. **Discussion** - The number of articles included in this review is small and the analysis performed has biases of various types. Additional studies of higher quality are needed to provide further evidence and to be able to conclude on the subject.

**Keywords**: eccentric, hamstring, muscle injury, prevention, soccer