



**HAL**  
open science

# Quelle proposition de programme de prévention primaire peut limiter les blessures chez le triple sauteur ?

Marion Queau

## ► To cite this version:

Marion Queau. Quelle proposition de programme de prévention primaire peut limiter les blessures chez le triple sauteur ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03011636

**HAL Id: dumas-03011636**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03011636>**

Submitted on 18 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



## **INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

22 avenue Camille Desmoulins

29238 Brest CEDEX 3

**Quelle proposition de programme de prévention primaire  
peut limiter les blessures chez le triple sauteur ?**

QUEAU Marion

En vue de l'obtention du diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute

Promotion 2016-2020

Juin 2020

# Remerciements

Je tiens à remercier

Mathilde Mace pour son écoute et son accompagnement au début de mes recherches et de mes réflexions sur ce mémoire.

Marc Le Roy, mon directeur de mémoire, pour sa patience, sa disponibilité, son écoute et ses conseils avisés

Toute l'équipe pédagogique de l'IFMK de Brest pour ses quatre années riches en apprentissage

Ma famille pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements durant toutes ses années d'étude et particulièrement ma mère pour ses nombreuses relectures et ma sœur pour son aide sur l'abstract

Pauline Kerebel, ma shrab, pour son soutien sans faille même dans les moments critiques et ces discussions pertinentes permettant d'avancer dans notre réflexion

Lisa Nguyen pour ses conseils et ses explications méthodologiques

La promo 2016-2020, pour leur bonne humeur et ces moments partagés tout au long de ces quatre années

Tous mes amis qui m'ont supporté pendant l'écrit de ce travail pour leurs encouragements et la motivation qu'ils ont pu me communiquer

# Sommaire

<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Cadre conceptuel .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.</b>	<b>Triple saut .....</b>	<b>2</b>
2.1.1.	Définition .....	2
2.1.2.	Histoire .....	2
2.1.3.	Biomécanique.....	2
2.1.4.	Hypothèses lésionnelles.....	11
2.1.5.	Épidémiologie.....	12
2.1.6.	Pathologies rencontrées.....	16
<b>2.2.</b>	<b>Prévention .....</b>	<b>21</b>
2.2.1.	Définition .....	21
2.2.2.	Rôle du Masseur-kinésithérapeute.....	22
2.2.3.	Prévention dans le sport.....	23
2.2.4.	Prévention en athlétisme.....	25
<b>3.</b>	<b>Démarche réflexive .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.</b>	<b>Synthèse .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.</b>	<b>Problématique .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.</b>	<b>Objectifs .....</b>	<b>26</b>
<b>4.</b>	<b>Méthodologie .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.</b>	<b>Critères d'inclusion .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2.</b>	<b>Interrogation des bases de données .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3.</b>	<b>Sélection des études.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.</b>	<b>Extraction des données .....</b>	<b>29</b>
<b>4.5.</b>	<b>Qualité des études sélectionnées.....</b>	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>30</b>

<b>5.1. Résultat de la recherche .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2. Caractéristique des études sélectionnées.....</b>	<b>31</b>
5.2.1. Types d'étude .....	31
5.2.2. Participants.....	31
5.2.3. Objectifs .....	32
5.2.4. Critères de jugement .....	33
5.2.5. Types d'intervention .....	33
5.2.6. Évaluation de la qualité des études.....	38
<b>5.3. Synthèse des données .....</b>	<b>40</b>
<b>6. Discussion .....</b>	<b>41</b>
6.1. Analyse des résultats .....	41
6.2. Validité externe .....	45
6.3. Implantation d'un protocole de prévention .....	47
<b>7. Conclusion.....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>50</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>59</b>

## Liste des abréviations

ADD : Adducteurs

BEP : Bounding Exercise Program

CA : Copenhagen Adduction exercise

CIO : Comité International Olympique

CONSORT : CONSolidated Standards Of Reporting Trials

DOMS : Delayed Onset Muscle Soreness

EEA : European Athletic Association

FFA : Fédération Française d'Athlétisme

FIFA : Fédération Internationale de Football Association

IAAF : International Association of Athletics Federations

IFMK : Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie

IJ : Ischio-Jambiers

INSEP : Institut Nationale du Sport, de l'Expertise et de la Performance

MK : Masseur-Kinésithérapeute

NHE : Nordic Hamstring Exercise

OMMC : Code Médical du Mouvement Olympique

## 1. Introduction

Quel pourrait être le rôle du masseur-kinésithérapeute (MK) dans le domaine du sport ? Une question bien vague que je me suis posée dès l'entrée à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie (IFMK). Étant moi-même pratiquante de sports, je me suis toujours intéressée à ce domaine.

Au cours de la 2ème année de formation, nous devions mettre en place un projet de groupe. Nous avons choisi de conduire une intervention de prévention et d'éducation auprès de jeunes sportifs pratiquant le handball. À la suite de ce projet, je me suis rendue compte que la prévention faisait partie intégrante de nos compétences en tant que MK. De plus, dans le sport, une blessure peut être synonyme d'un temps d'arrêt ou même d'un arrêt définitif de la pratique. Le sport et l'exercice jouent un rôle essentiel dans le temps libre des gens et influencent ainsi leur bien-être mental. La perte de temps de sport est un facteur psychosocial important (1). Ainsi, les blessures peuvent contrer les effets bénéfiques de la participation sportive si un athlète n'est pas en mesure de continuer à participer en raison des effets résiduels de la blessure (2).

Pratiquant l'athlétisme depuis 9 ans, je me suis donc intéressée à ce sport. J'ai observé toutes les disciplines qu'il contient, c'est-à-dire les courses, les lancers, les sauts. Les concours étant peu étudiés, mon intérêt s'est déplacé sur ces disciplines. Ayant pratiqué le triple saut au cours de quelques compétitions, je me suis souvenue des contraintes importantes engendrées par la discipline. Puis, j'ai commencé à lire sur cette discipline. Dans la littérature, le triple saut est reconnu comme l'une des épreuves sportives les plus exigeantes techniquement et physiquement (3). Les raisons de cette exigence ont commencé à me poser question.

Lors de mon deuxième stage de 3ème année de formation à l'Institut Nationale du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP), j'ai pu rencontrer des athlètes et des entraîneurs de triple saut et discuter avec eux des différentes problématiques du triple saut. Ces échanges m'ont permis de comprendre les différentes contraintes induites par cette discipline et ont attisé mon intérêt.

Je me suis alors questionnée sur l'existence d'un protocole de prévention en athlétisme. J'ai remarqué que peu d'études avaient été effectuées dans ce domaine. Puis, je me suis intéressée aux pathologies les plus fréquentes au triple saut. L'objectif de ce

travail étant de proposer un protocole de prévention adapté aux contraintes retrouvées dans le triple saut et aux pathologies les plus fréquentes de la discipline.

## **2. Cadre conceptuel**

### **2.1. Triple saut**

#### **2.1.1. Définition**

Selon l'International Association of Athletics Federations (IAAF), « le triple saut consiste en un saut à cloche-pied, une enjambée et un saut effectués dans cet ordre. Le saut s'effectuera de telle sorte que l'athlète retombe d'abord sur le pied avec lequel il a pris son appel, puis au deuxième saut, sur l'autre pied, à partir duquel le saut est terminé » (4). Cette discipline fait partie des sauts horizontaux régis par les règles 184, 185 et 186 de l'IAAF (5).

#### **2.1.2. Histoire**

Dans l'antiquité, des épreuves d'athlétisme étaient proposées lors des différentes manifestations. On retrouve le saut en longueur, dont le résultat était l'addition des trois sauts en longueur à cette époque (6).

En 1896, le triple saut faisait partie des disciplines programmées aux premiers Jeux Olympiques Modernes d'Athènes sous la forme de « Hop-Hop-Jump » (4). C'est-à-dire que l'athlète effectuait deux foulées avant le dernier saut. C'est en 1908, que la technique décrite comme « Step-Hop-Jump » connue actuellement apparaît (4).

Par la suite, le triple saut est peu pratiqué, cette discipline étant jugée comme traumatisante et fantaisiste (6).

Enfin, le triple saut fait partie des dernières disciplines de l'athlétisme à être pratiquées par les femmes. Ces dernières étant considérées comme trop fragiles pour cette épreuve, elle n'apparaît qu'en 1990 dans le programme féminin (6).

#### **2.1.3. Biomécanique**

##### **2.1.3.1. Course d'élan**

Chaque saut commence par une course d'élan. Le sprint est composé d'une succession de foulées.



Chaque foulée commence quand un pied est au contact avec le sol et se termine quand ce même pied est de nouveau en contact avec le sol. Ces moments sont appelés contact initial. On peut définir deux phases au cours de chaque foulée. La phase d'appui qui correspond au moment où le pied est en contact avec le sol et la phase de suspension qui commence lorsque le pied n'est plus en contact avec le sol (7)

La phase d'appui est divisée en 3 parties : l'amortissement, le soutien et la propulsion (8).

L'amortissement commence lorsque le pied est en contact avec le sol et se termine lorsque la verticale du centre de gravité correspond à la verticale de l'appui au sol (8).

Au niveau de la cheville, pendant le sprint, il n'y a pas de flexion dorsale initiale comme pour la marche puisque le contact initial se fait directement sur l'avant-pied. Ainsi, la flexion plantaire absorbe le choc dû au contact avec le sol (7). Le tendon calcanéen tout comme l'aponévrose plantaire ont un rôle dans l'absorption du choc. Le tendon calcanéen s'allonge lors de la phase d'amortissement pour absorber l'énergie et se raccourcit lors de la phase de propulsion pour restituer l'énergie (7).

Ensuite, au niveau du genou, le temps d'amortissement est court. Le quadriceps et le droit fémoral absorbent l'impact du contact initial. Avant le contact initial, le quadriceps se contracte pour induire une extension de genou, ce qui amène le genou à environ 45° de flexion lors de l'amortissement (7). Les ischio-jambiers (IJ) se contractent lors de l'amortissement pour étendre la hanche. De plus, les ischio-jambiers diminuent la vitesse d'extension du genou avant le contact initial et ils ont un rôle dans le transfert d'énergie entre les différents segments du membre inférieur. Les ischio-jambiers ont donc une fonction excentrique sur cette période (7). Cependant, lors de l'amortissement, l'extension de genou est dominante ce qui veut dire que le quadriceps doit produire un effort plus important que les ischio-jambiers qui ont une fonction de flexion de genou pour maintenir l'extension de genou et l'extension de hanche (9). La co-contraction des muscles antagonistes permet d'améliorer la stabilité de l'articulation lors de la phase d'appui (7).

Enfin, au niveau de la hanche, tout comme les ischio-jambiers, les extenseurs de hanche et notamment le grand glutéal se contractent lors de l'amortissement pour étendre la hanche. Ils sont dominants et ont une fonction concentrique (7). Les ischio-jambiers et le grand glutéal amènent le corps vers l'avant par extension active de la hanche (7).

L'amortissement est suivi du soutien qui correspond à l'instant où le centre de gravité est au-dessus de l'appui (8).

Lorsque le pied est fixé au sol, la flexion dorsale de cheville induit une rotation interne du tibia et donc une pronation du pied. La pronation bloque l'articulation transverse du tarse et augmente la flexibilité du pied, ce qui améliore l'absorption du choc. Cependant, une pronation excessive est un mouvement anormal de l'articulation et peut être à l'origine de syndrome de sur-utilisation (7).

Le genou se tend progressivement pendant la phase de soutien et la hanche continue vers l'extension.

La propulsion suit le soutien et se termine lorsque le pied quitte le sol. Le but de ce moment est de créer l'accélération, il correspond à une phase de poussée (8).

Le triceps sural se contracte pour réaliser une flexion plantaire de cheville (7), il est responsable de la propulsion vers l'avant (du décollage) (3). Le tendon calcanéen restaure l'énergie emmagasinée par son étirement lors de la première période de la phase d'appui (7).

Le quadriceps se contracte également de manière concentrique et est un des acteurs de la propulsion par extension du genou. La plus grande extension retrouvée lors de la phase de propulsion est de l'ordre de 20° (7). Les ischio-jambiers sont actifs et assurent la stabilité et la proprioception lors de la propulsion (9).

L'extension maximale de hanche a lieu juste avant le décollage du pied du sol (10). Elle est suivie d'une contraction des fléchisseurs de hanche qui permet de ralentir le mouvement de cycle arrière de la cuisse. Au cours de cette phase le psoas est tendu et l'énergie absorbée lors de l'étirement va être restituée au début de la phase de suspension (7).

Pendant la phase d'appui, les déplacements dans le plan frontal sont minimes, les muscles et les ligaments ont une fonction de stabilisation (7). Les abducteurs de hanche et principalement le moyen glutéal sont actifs tout au long de la phase d'appui. Lors de l'amortissement, la force de réaction au sol a sa projection verticale en dedans du centre articulaire de la hanche. Le moyen glutéal se contracte en excentrique pour maintenir l'équilibre et les adducteurs de hanche se contractent en concentrique pour compenser le moment des abducteurs qui est inférieur au moment des forces exercées par la force de réaction au sol. Pendant la propulsion, les abducteurs se contractent en concentrique pour

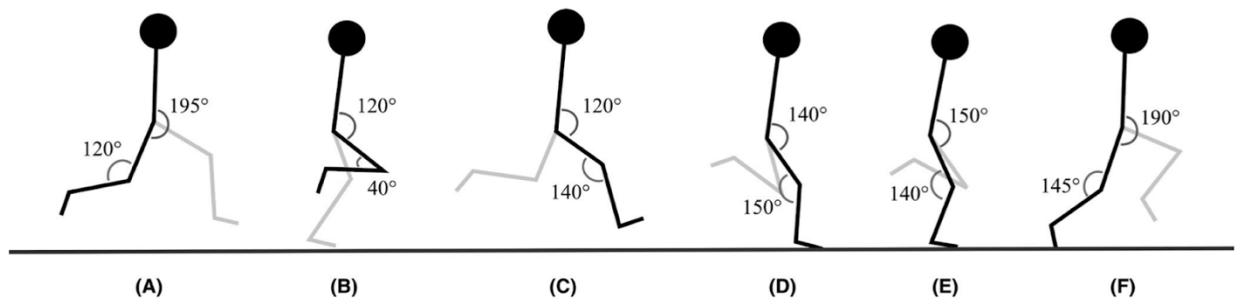
générer une force (7). Concernant le genou et la cheville, peu de mouvements se font dans le plan frontal. Les ligaments et les tendons n'absorbent et ne créent aucune force (7).

La phase de suspension est aérienne, l'athlète n'a aucun appui au sol et donc aucune action sur sa trajectoire (8).

Pendant cette phase, la flexion de genou est maximale entre la moitié et la fin de la suspension et est comprise entre 105 et 135° (7). Lors de la première partie de la suspension, les muscles du genou ne génèrent pas de force, au contraire ils absorbent la force pour contrôler le mouvement du membre inférieur libre. Seul le droit fémoral se contracte en excentrique pour limiter le mouvement postérieur du tibia et éviter une flexion de genou excessive. Le quadriceps et le droit fémoral ont un rôle dans la préparation du membre au contact avec le sol en fin de suspension (7).

La sollicitation des IJ est plus importante lors de la dernière partie de la suspension (9). Les IJ se contractent en excentrique pour contrôler le mouvement du tibia et prévenir l'hyperextension suite à une extension trop rapide (7). Pendant le sprint, les IJ subissent un étirement maximal lors de la phase terminale de la suspension et un raccourcissement au début de la phase d'appui (9).

La flexion maximale de hanche a lieu lors de la deuxième moitié de la phase de suspension. Suite au pic de flexion, les IJ et les extenseurs de hanche se contractent pour étendre la hanche et préparent le membre inférieur au contact initial (7).

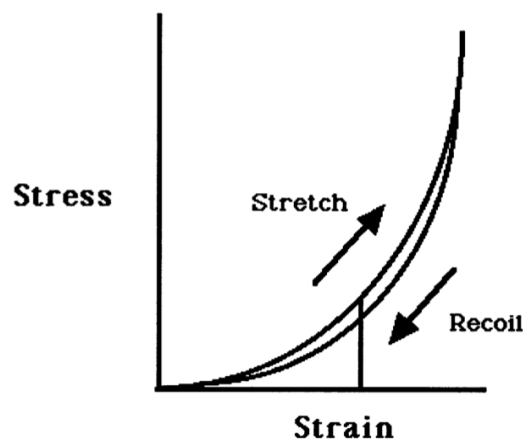


**FIGURE 1** The sprinting gait cycle. (A) Early swing (B) Mid-swing (C) Late swing (D) Early stance/ foot strike (E) Mid-stance (F) Late stance/ toe-off<sup>25,26</sup>

*Figure 1: Le cycle d'un sprint. (A) phase initiale de suspension, (B) phase moyenne de suspension, (C) phase terminale de suspension, (D) phase initiale d'appui (amortissement), (E) phase moyenne d'appui (soutien), (F) phase terminale d'appui (propulsion), de Schache et al. 2012*

Pour maintenir l'énergie acquise, les athlètes utilisent deux stratégies. D'une part, l'énergie est transférée par les muscles bi-articulaires comme les ischio-jambiers et le droit fémoral d'un segment de membre à un autre. En fin de phase de suspension, nous avons vu que la hanche et le genou allaient vers l'extension alors que les ischio-jambiers sont contractés et induisent une flexion de genou. Les ischio-jambiers transfèrent l'énergie de l'extension de genou dans la hanche afin d'augmenter l'extension de hanche. De même, au contact initial, le droit fémoral et le triceps sural transfèrent l'énergie des articulations distales aux articulations proximales afin de disperser l'énergie du choc (7).

D'autre part, l'énergie absorbée lors de l'étirement des structures élastiques est restituée lorsque le muscle se contracte en position courte. Lors de la propulsion, le centre de masse accélère vers le haut grâce à l'énergie libérée par les structures élastiques. Une répétition importante du cycle « stretch and recoil » provoque un stress sur les tendons et peut être à l'origine de syndrome de sur-utilisation (7) (*Figure 2*).



*Figure 2 : Courbe d'étirement et de retour d'énergie du tendon, de Novachek et al. 1998*

La course d'élan des athlètes élités comprend 17 à 26 foulées qui permettent de couvrir entre 37 et 50 mètres. La longueur de la course d'élan au triple saut dépend de l'âge de l'athlète et de ses capacités en sprint. Une course d'élan de 12 à 14 foulées est suffisante pour les athlètes âgés de 15-16 ans (11).

La course d'élan a pour objectif de créer une vitesse horizontale. La vitesse de la course d'élan au triple saut est moins élevée que celle au saut en longueur. Elle peut atteindre 10,29 m/s contre 10,83 m/s au saut en longueur (12). Le sauteur ne peut pas utiliser la vitesse maximale qu'il est capable de générer (11). Cela est dû aux 3 take-off (décollages) consécutifs qui demandent un contrôle des forces exercées sur les segments

du corps et donc une vitesse horizontale moins élevée, on parle de vitesse optimale (12). Une vitesse trop importante pourrait créer des déséquilibres majeurs pendant le saut et donc à des contraintes non contrôlées et traumatisantes pour l'athlète (8).

La liaison course-appel permet d'organiser la trajectoire du centre de gravité pendant le saut (6). La fréquence des dernières foulées augmente pour atteindre la vitesse optimale (11). Lors de la dernière foulée, l'athlète maintient la vitesse horizontale et diminue la descente du centre de gravité (13) pour effectuer un décollage rasant (6). Dans le triple saut, la dernière foulée permet de réaliser un compromis entre le développement de la vitesse verticale et la minimisation de la perte de vitesse horizontale pendant la phase de support du saut (14).

### 2.1.3.2. Hop

Le hop correspond au cloche-pied, l'athlète prend une impulsion sur un pied et se réceptionne sur ce même pied. Lors de l'appel ou du take-off, l'athlète place la verticale de son centre de gravité au-dessus de son pied d'appel (11) pour limiter la prise d'avance (6).

La propulsion se fait par la flexion de genou, l'action de griffé et la flexion plantaire. L'angle d'envol est faible, compris entre 10 et 15° (8) et permet une phase de suspension rasante et donc un maintien de la vitesse horizontale (6).

Comme pour la course d'élan, la suspension est caractérisée par l'absence d'appui au sol. Les positions des membres vont être inversées pour que le membre de décollage situé en arrière du membre libre soit en avant de cette dernière lors de l'atterrissage (11). Le genou de la jambe d'appui est fléchi, fixé vers l'avant, il passe sous le bassin pour terminer par une extension avant l'atterrissage. L'ouverture de la jambe de réception permet une action de griffé, ce qui allonge la phase de suspension et diminue la phase d'amortissement de l'atterrissage (8).

Le hop correspond au cloche-pied, l'athlète prend une impulsion sur un pied et se réceptionne sur ce même pied. Lors de l'appel ou du take-off, l'athlète place la verticale de son centre de gravité au-dessus de son pied d'appel (11) pour limiter la prise d'avance (6). La propulsion se fait par la flexion de genou, l'action de griffé et la flexion plantaire. L'angle d'envol est faible, compris entre 10 et 15° (8) et permet une phase de suspension rasante et donc un maintien de la vitesse horizontale (6).

Comme pour la course d'élan, la suspension est caractérisée par l'absence d'appui au sol. Les positions des membres vont être inversées pour que le membre de décollage situé en arrière du membre libre soit en avant de cette dernière lors de l'atterrissage (11).

Le genou de la jambe d'appui est fléchi, fixé vers l'avant, il passe sous le bassin pour terminer par une extension avant l'atterrissage. L'ouverture de la jambe de réception permet une action de griffé, ce qui allonge la phase de suspension et diminue la phase d'amortissement de l'atterrissage (8).

Avant l'atterrissage (landing), les muscles antagonistes se contractent pour ajuster la raideur des structures musculaires et les préparer à l'absorption du choc (3). Une co-activation des extenseurs et des fléchisseurs est observée à l'atterrissage (15). Les principaux fléchisseurs de genou sont les ischio-jambiers et les gastrocnémiens qui ont respectivement un rôle d'extenseur de hanche et de cheville, le droit fémoral est extenseur de genou et a également un rôle de fléchisseurs de hanche (15).

L'atterrissage est actif pour maintenir la vitesse horizontale. Le contact initial se fait soit sur le talon, soit pied à plat (11). Les athlètes font avancer le pied tout en restant en arrière du centre de gravité à l'atterrissage (11). Lors de « l'active landing », l'athlète exerce une action vers le bas et l'arrière du membre en avant juste avant le contact au sol. Lors de cet active landing, on observe une extension de hanche lorsque le talon entre en contact avec le sol (16). L'atterrissage actif réduit la vitesse horizontale du pied vers l'avant et réduit donc la force de réaction au sol (14). L'action musculaire lors de l'atterrissage actif réduit la perte de vitesse horizontale (14).

À chaque phase de support, trois membres du sauteur se balancent et exercent des forces sur le tronc qui affectent la force transmise par la jambe d'appui et modifient la force de réaction du sol sur le corps de l'athlète (16). La translation et la rotation du corps de l'athlète sont modifiées par la force de réaction pendant la phase de soutien (16). Les membres libres permettent de maintenir une vitesse horizontale, d'obtenir une vitesse vertical et d'ajuster la rotation (16).

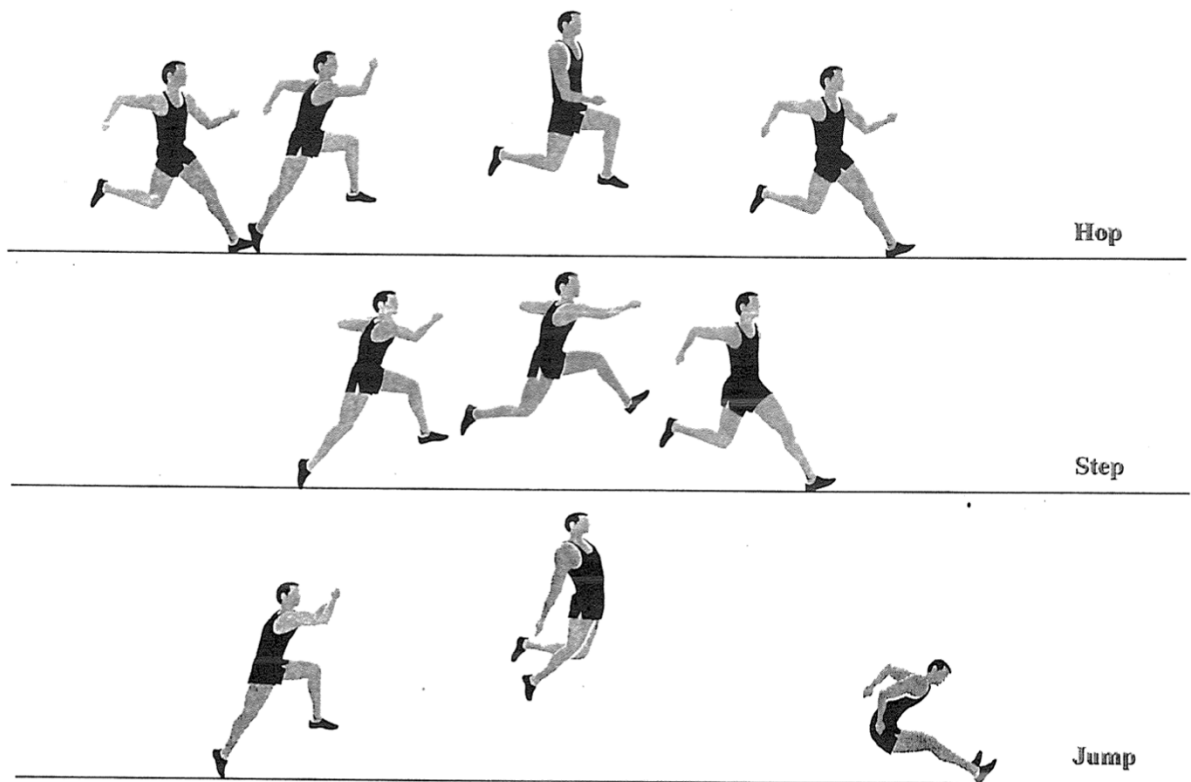


Figure 3 : Trois phases du triple saut (Hop, Step, Jump), Hay et al. 1985

### 2.1.3.3. Step

Le step se prépare dès la fin du hop et correspond à la foulée bondissante (6). La partie pliométrique de cette phase est importante, c'est le moment le plus contraignant de la discipline (6). La distance couverte par le step est la plus petite des trois bonds. Cela est dû à la perte de vitesse horizontale lors de la réception du hop et à l'abaissement du centre de gravité en préparation du jump (12). La hauteur du centre de gravité diminue de 0,25m entre le hop et le step et la distance horizontale entre le pied et le centre gravité diminue de 0,05 m ce qui monte un mouvement en avant du tronc et des membres libres (15).

Au décollage du step, l'athlète subit une résistance de freinage plus forte qu'au hop. La durée de la phase d'amortissement ainsi que celle du décollage sont augmentées. La charge supportée par le membre inférieure portant est plus importante, ce qui provoque une flexion de genou de minimum 125° (11). Lors de l'active landing, l'athlète exerce une action vers le bas et l'arrière du membre avant juste avant le contact au sol (16).

Les contraintes exercées sur le corps de l'athlète sont plus élevées au niveau du step, notamment les forces de réaction horizontale et verticale du sol (17,18). Le pic de force

de réaction au sol commence lors de l'atterrissage du hop et arrive à son maximum lors de la phase d'appui du step, il va de 12,6 à 22,3 fois le poids du corps de l'athlète (12,18,19).

Lors de la suspension, l'athlète positionne son membre avant en position semi-fléchie avec la cuisse à l'horizontal pour chercher un contact au sol en avant. Le membre arrière est dans le prolongement du buste et les membres supérieurs assurent l'équilibre (8).

A l'atterrissage, l'athlète produit une action de griffé c'est-à-dire qu'il exerce une poussée vers le bas et l'arrière sur son membre avant pour réduire la phase d'amortissement et conserver l'énergie horizontale (8). Comme pour le hop, un phénomène de co-contraction se produit en amont de l'atterrissage pour ajuster la raideur des structures musculaires et les préparer à l'absorption du choc (3).

#### 2.1.3.4. Jump

Pendant le jump, l'objectif de l'athlète n'est plus le maintien de la vitesse horizontale, il doit convertir la vitesse horizontale en vitesse verticale afin d'augmenter la longueur du saut (11).

La phase de support du jump commence par l'atterrissage suite au step. La jambe d'appui est presque tendue lors de l'atterrissage ce qui permet au centre de gravité de commencer à monter avant que la jambe d'appui passe la perpendiculaire au sol et facilite la conversion de la vitesse horizontale en vitesse verticale (11).

Lors du décollage, le triple sauteur possède une vitesse inférieure à celle du saut en longueur, il va devoir utiliser un angle d'envol plus important afin d'élever son centre de gravité (8). La longueur du saut augmente avec la hauteur de la trajectoire du centre de gravité. Ainsi, l'angle d'envol lors du jump est aux alentours de 20° (20).

Pour l'atterrissage, l'athlète projette ses pieds le plus loin devant le bassin (6).

Pendant les trois phases du saut, les muscles antérieurs de la cuisse et de la jambe sont actifs lors de l'amortissement et les muscles postérieurs de la cuisse et de la jambe ainsi que les muscles du rachis sont actifs lors de la phase de propulsion (11).



#### 2.1.4. Hypothèses lésionnelles

L'analyse biomécanique du triple saut semble montrer une corrélation entre certaines lésions et les charges qu'impliquent la pratique de la discipline.

Tout d'abord, le triple saut comprend une course d'élan.

Pendant le sprint, les fléchisseurs plantaires absorbent majoritairement le choc du contact au sol puis le genou absorbe une partie minoritaire (7). Le tendon calcanéen est étiré suite à l'atterrissage et lors de la première partie de la phase de support et restitue 90% de l'énergie absorbée en diminuant sa longueur lors de la propulsion (7). Pendant le sprint, la force générée par le tendon calcanéen est estimée entre 6 à 8 fois le poids du corps (7). Le tendon calcanéen et ses insertions sont fréquemment des sites d'apparition de pathologies chroniques (7).

Le sprint impose des forces excentriques élevées sur les IJ, il est considéré comme une activité à risque de lésion musculaire des ischio-jambiers (21). Les IJ sont dominants dans la deuxième partie de la phase de suspension pour préparer le contact initial et contrôle l'extension de genou (7). La charge biomécanique sur les IJ est plus importante sur la fin de la phase de suspension (9) puisque les IJ se contractent en excentrique pour contrôler le mouvement du tibia et prévenir l'hyperextension du genou (7). Les IJ subissent un étirement maximal lors de la phase terminale de la suspension et un raccourcissement au début de la phase d'appui (9). Cependant, il a été montré que les contractions excentriques pouvaient être responsables d'atteintes des fibres musculaires, ces dernières étant dûes à l'étirement et non à la force de contraction (7). Il semblerait donc que les IJ soient plus vulnérables en fin de phase de suspension (9). La comparaison des muscles composant les IJ montrent que le Long biceps fémoral est le muscle qui est le plus étiré, sa longueur augmente de 12%, le Semi-Tendineux a la vitesse d'allongement la plus rapide et le Semi-Membraneux génère et absorbe le plus de force (9).

Pendant les trois take-off (décollages) du triple saut, l'athlète est exposé à un risque augmenté de blessures dû à des forces d'impact au sol élevées et des efforts musculaires et tendineux puissants (3). Pour les trois phases, la force verticale subie par l'athlète lors de chaque contact initial est mesurée entre 7 à 12 fois le poids du corps (19). Des analyses électromyographiques montrent que cette charge est supportée par les muscles des parties postérieures de la cuisse et de la jambe pour la phase de propulsion (11). Cette force verticale engendre du stress sur les os, les ligaments et les muscles du membre inférieur (19).

À chaque atterrissage, la pression la plus élevée est retrouvée sur les zones du talon et de l'avant-pied et les pressions les plus faibles sur le médio-pied (17). Un triple sauteur doit être capable de tolérer d'importante force de réaction au sol (17). Des analyses électromyographiques montrent que l'absorption de la charge se fait par les muscles antérieurs de la cuisse et de la jambe (11). Le quadriceps est pré-activé en amont de l'atterrissage et génère une forte activité de freinage (17). L'incidence élevée des blessures du membre inférieur semble être due aux importants pics de pression exercées sur l'athlète (19).

Les forces de réaction au sol sont plus élevées lors du step (17). Lors de la phase du support du step, le pic de force de réaction au sol a été mesuré entre 12,6 et 22,3 fois le poids du corps (3,12,16). La valeur de cette force de réaction au sol suggère que la force a un rôle important dans le triple saut (16).

### **2.1.5. Épidémiologie**

Dans les études épidémiologiques, une blessure correspond à « toute plainte musculo-squelettique ou des dommages observables aux tissus corporels produits par le transfert d'énergie subi par un athlète pendant sa participation à un entraînement ou à une compétition d'athlétisme » (22–25). Le conseil de l'Europe quant à lui définit une blessure sportive comme « toute blessure étant le résultat d'une participation à un sport et présentant une des conséquences suivantes : une diminution de la quantité ou du niveau de l'activité sportive, un besoin de conseil et de traitements médicaux et des effets sociaux ou économiques négatifs » (1). Différents critères de gravité de la blessure ont été mis en avant comme la nature de la blessure, la durée et la nature du traitement, le temps d'arrêt sportif, les dommages permanents et le coût (1).

Une étude suédoise a relevé une incidence cumulée de blessure en athlétisme de 3.57 blessures/1000 h d'exposition à l'activité (26). 68% des athlètes ont signalé une blessure pendant la saison étudiée (26). 90% des blessures signalées sont non-traumatiques et associées à une sur-utilisation (26). 51% des blessures signalées sont sévères et causent une période d'absence d'entraînement normal supérieure à 3 semaine (26). Une autre étude française regroupant trois championnats internationaux a retrouvé une incidence de 108,5 blessures pour 1000 athlètes (22). Dans cette dernière étude, la plupart des blessures survenues touchent les athlètes pratiquant les sauts (31,4 %), le sprint (25,7 %) et le demi-fond (22,9 %) (22).

Les blessures sont localisées dans 70 à 90% des cas sur le membre inférieur en athlétisme (22,26–28). Les localisations les plus fréquentes sont la cheville et le pied (28%) suivis par la hanche et la cuisse (24%) puis le genou et la jambe (24%) selon l'étude suédoise regroupant toutes les disciplines (26). Il a été montré que la localisation des blessures était différente en fonction de la discipline (22,26,29). Concernant les sauts, les blessures touchant le tendon d'Achille, la cheville et le pied (32,3%) et la cuisse (16,9%) sont les plus fréquentes (22). L'étude suédoise montre également une possible atteinte au niveau des hanches, de l'aine et des genoux lors des sauts (26).

En athlétisme, la majorité des blessures sont non-traumatiques. Selon l'étude suédoise 90% des blessures sont non-traumatiques et causées par une sur-utilisation dont 55% ont une apparition progressive et 41% une apparition soudaine (26). Une haute prévalence des blessures musculo-squelettiques a été observée (27). Selon une étude, les blessures musculaires affectent principalement la cuisse (52,9%) dont la lésion des IJ qui représente 17,1% de toutes les blessures et la jambe (20,1%) (30).

La majorité des blessures recensées se produisent lors de l'entraînement, seul 18% des blessures recensées se produisent en compétition (22,26,31).

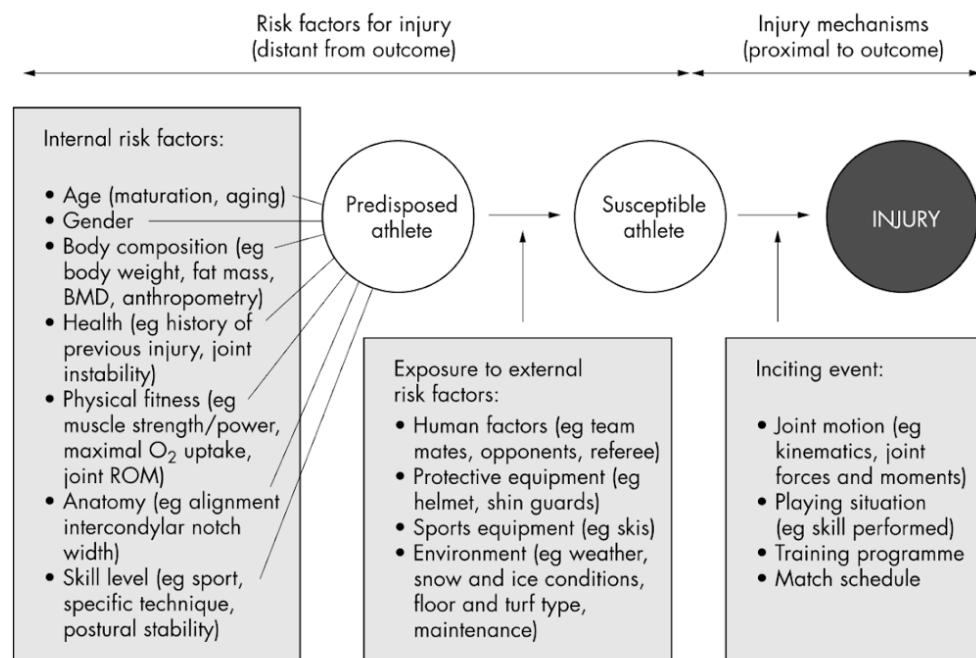


Figure 4 : Modèle dynamique des facteurs étiologiques d'une blessure, Barh et al. 2003

Une blessure sportive résulte d'une interaction complexe entre des facteurs de risque et des événements (32). Deux types de facteurs de risque sont distingués, les facteurs de risque intrinsèques qui sont des facteurs personnels et les facteurs de risque extrinsèques qui sont des facteurs environnementaux (1). Meeuwisse définit les facteurs de risque internes comme des facteurs prédisposants qui agissent de l'intérieur et qui peuvent être nécessaires, mais pas suffisants, pour provoquer une blessure et les facteurs de risque externes comme des facteurs extérieurs agissant sur l'athlète prédisposé facilitant la manifestation de la blessure (33). La présence de facteurs de risque intrinsèques et extrinsèques rend l'athlète vulnérable aux blessures mais leur simple présence n'est pas suffisante pour provoquer la blessure. C'est l'interaction de ses facteurs de risque dans une situation donnée avec un événement incitatif qui va être la cause de la blessure (32). (*Figure 4*)

Les facteurs intrinsèques en athlétisme regroupent notamment l'âge, le genre et les antécédents de blessure. La prévalence des blessures varie en fonction de l'âge (27). Les athlètes plus âgés ont une incidence de blessures plus importante (22). D'souza observe une augmentation significative du nombre de blessure chez les athlètes âgés (31). La majorité des blessures se produisent chez les athlètes âgés de plus de 30 ans (28). Cela serait dû à l'élasticité des ligaments et des tendons qui diminue à partir de 30 ans environ et la force musculaire et la force osseuse qui diminuent toutes les deux dans le groupe des 40 à 50 ans (31).

La prévalence des blessures a tendance à varier en fonction du genre (27). Lors du championnat du monde d'athlétisme de Daegu en 2011, 59% des hommes souffrent d'une blessure contre 40,2% des femmes, une différence significative est montrée (28). Cependant, D'souza n'a pas trouvé de différence significative entre homme et femme dans son étude menée sur l'année 1991 (31). Des études restent à effectuer pour déterminer l'impact du genre sur la survenue de blessures en athlétisme.

Un antécédent de blessure constitue un facteur de risque de subir une nouvelle blessure (34–36). En athlétisme, Bennel et al. constate que 33% des blessures en athlétisme sont associées à une blessure antérieure (29). Un antécédent de blessure peut entraîner un risque accru de subir une blessure future en contribuant à la faiblesse et au déséquilibre musculaire, à la détérioration des ligaments et à la peur d'une nouvelle

blessure, ce qui pourrait amener l'athlète à utiliser des stratégies de recrutement musculaire modifiées (32).

Les facteurs extrinsèques en athlétisme regroupent la discipline, le niveau de compétition, les conditions d'entraînement, la charge d'entraînement.

Les différentes disciplines n'ont pas d'incidence sur le risque de blessure (26).

Le niveau de compétition influe sur le risque de blessure. D'souza observe que 70% des athlètes qui concouraient dans la catégorie la plus basse ont été blessés alors que seulement 33,3% de athlètes impliqués aux niveaux les plus élevés ont subi une blessure (31). Plus les niveaux de compétition auxquels participent les athlètes sont élevés, plus ils sont expérimentés et accompagnés. La présence d'un entraîneur à plein temps pourrait être responsable de la prévention des blessures (31).

Concernant les conditions d'entraînement, la présence d'un entraîneur semble avoir eu un effet significatif sur la prévention des blessures (31). D'souza observe que les athlètes qui avaient un entraîneur présent tout le temps, seulement 40,4% ont subi une blessure tandis que 81,8% des athlètes qui se sont entraînés et ont participé seul ont été blessés au moins une fois au cours de la saison (31). Un entraîneur est essentiel pour ajuster la technique de l'athlète, de sorte que non seulement ses performances sont améliorées, mais aussi son risque de se blesser est diminué (31).

La survenue d'une blessure est corrélée à la charge d'entraînement (26). Plus l'intensité de la charge d'entraînement est élevée, plus le risque d'une nouvelle blessure augmente (26).

Les différentes études épidémiologiques permettent de mettre en évidence des pathologies plus fréquentes dans la pratique de l'athlétisme et notamment des sauts. La majorité des blessures sont dues à une hypersollicitation et sont localisées au niveau de la cheville, de la cuisse, du genou et de l'aine. En lien avec l'analyse biomécanique, quatre pathologies vont être détaillées : la lésion des IJ, la pubalgie, la tendinopathie patellaire et la tendinopathie calcanéenne.

## 2.1.6. Pathologies rencontrées

### 2.1.6.1. Lésion des ischio-jambiers

Les ischio-jambiers sont des muscles bi-articulaires de la loge postérieure de la cuisse. Ils sont composés de trois muscles : le biceps fémoral formé d'un chef long et d'un chef court, le semi-membraneux et le semi-tendineux (37). Le biceps fémoral est tendu de la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal par un tendon commun à la lèvre latérale de la ligne âpre du fémur pour le chef court et au versant postéro-latéral de la tête de la fibula pour le chef long (37). Le semi-tendineux est tendu de la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal à la face médiale du tibia, se terminant par un tendon élargi faisant partie de la patte d'oie (37). Le semi-membraneux est tendu de la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal à l'épiphyse supérieure du tibia et la partie supérieure de la coque condylienne latérale (37).

La lésion des ischio-jambiers représente la pathologie traumatique sans contact la plus importante dans les sports nécessitant des efforts explosifs de sprints et de sauts (38). Survenant à la fois dans les sports récréatifs et professionnels, ces blessures peuvent entraîner une perte de temps considérable en sport et se reproduire fréquemment (39–41). Elle est caractérisée par une douleur aiguë dans la loge postérieure de la cuisse avec une atteinte des fibres musculaires (21,38) ayant un retentissement fonctionnel allant de la simple gêne à l'impotence fonctionnelle totale (38). La gravité d'une lésion des IJ peut aller d'une déchirure microscopique mineure accompagnée d'une certaine perte de fonction (grade I) à une rupture complète du muscle avec perte complète de fonction (grade III) selon la classification de Järvinen et al. (42). La lésion peut être de trois types: elle peut toucher l'aponévrose seule, nous parlerons de "décollement", elle peut toucher la jonction myotendineuse, elle peut être mixte et toucher la jonction myo-aponévrotique et la jonction myotendineuse (38). Différents facteurs de risque interviennent dans la survenue d'une lésion des IJ. L'augmentation de l'âge, le déséquilibre du rapport Quadriceps/Ischio-jambiers par une augmentation du pic de force du quadriceps et des antécédents de blessures aux IJ augmentent le risque de présenter une lésion des IJ (43). Ces facteurs de risque font partie des clés dans la proposition de protocole de prévention (44).

Les ischio-jambiers ont une fonction d'extension de hanche et de flexion de genou (9,32,37). La majorité des blessures de type lésion musculaire aux ischio-jambiers survient lorsque l'athlète court à des vitesses maximales ou proches des maximales (9). La plupart des blessures aux muscles ischio-jambiers impliquent le muscle biceps fémoral (9). La force

maximale développée par les IJ se produit pendant l'oscillation terminale de la foulée, elle implique une contraction excentrique donc une longueur maximale des muscles (9). Elle est suivie d'une contraction concentrique au début de la phase d'appui de la foulée (7). Le changement rapide du mode de contraction (excentrique à concentrique) avec une augmentation significative concomitante des forces appliquées sur les ischio-jambiers peuvent représenter une étape de fragilité pendant le cycle de sprint (28). Le triple saut comprend une phase de course d'élan où le sauteur doit développer une vitesse la plus importante possible pour réaliser les trois sauts à la suite. La course d'élan est un possible mécanisme lésionnel pour l'athlète.

#### 2.1.6.2. Pubalgie

Les structures anatomiques impliquées dans la pubalgie du sportif font partie de l'ensemble « lombo-pelvi-fémoral » qui s'étend du rachis lombaire aux coxo-fémorales (45). Il comprend la symphyse pubienne en avant qui est une arthrodie sans synoviale dont les surfaces sont recouvertes de cartilage hyalin. Les berges sont séparées par un disque de fibrocartilage. Elle est stabilisée par les ligaments antérieur, postérieur et inférieur arqué qui sont liés à l'enthèse des abdominaux en haut (droits, aponévrose de l'oblique externe) et du long adducteur en bas (45). À la partie supérieure du pubis s'insèrent les muscles droits abdominaux droit et gauche séparés par la ligne blanche puis, plus en dehors, les obliques internes et externes et le transverse. En dedans des muscles abdominaux, on retrouve le canal inguinal qui se dirige obliquement en bas, en dedans et en avant, juste au-dessus et parallèlement au ligament inguinal. À la partie inférieure du pubis s'insèrent les quatre muscles adducteurs (ADD) (pectiné, long, court et grand adducteurs) ainsi que l'obturateur interne et le gracile. Seul le long adducteur s'insère sur la symphyse (45,46).

La douleur à l'aine chez les athlètes est un problème complexe (47). Par exemple, la revue systématique de Serner et al. sur le traitement de la douleur à l'aine chez les athlètes a inclus 72 études, dans lesquelles 33 termes diagnostiques différents ont été utilisés (48). Une grande variété de blessures touchant de nombreuses structures anatomiques contribue à la complexité de définir cette pathologie. Bouvard et al. définit la pubalgie comme « une pathologie s'exprimant par un syndrome douloureux fréquemment récurrent du carrefour pubien, lié à l'effort sportif, touchant essentiellement le couple ost-tendon et regroupant de façon isolée ou combinée 4 formes cliniques » (49).

Ces quatre formes comprennent :

- l'ostéo-arthropathie pubienne qui touche l'articulation symphysaire mais aussi les branches osseuses adjacentes,
- les atteintes pariétales et neurologiques du canal inguinal sans hernie cliniquement décelable à l'origine de douleurs. Ces souffrances comprennent les douleurs causées par des défauts de paroi sur la face postérieure et antérieure du canal inguinal mais aussi des douleurs secondaires à des compressions de rameaux nerveux et notamment du nerf ilio-inguinal,
- les tendinopathies de l'insertion des grands droits.
- les tendinopathies du corps et de l'insertion des adducteurs qui, elles également, peuvent se compliquer de syndrome canalaire (nerf obturateur) (45,49).

La dernière définition des douleurs à l'aine (groin pain) est donnée dans l'accord de Doha. Nous utiliserons cette dernière qui définit trois entités distinctes responsables de la douleur de l'aine (47) :

- Entités cliniques responsables de la douleur de l'aine :
  - Les adducteurs présentant une sensibilité et douleur à la contraction
  - L'ilio-psoas présentant une sensibilité et douleur à la contraction
  - Le canal inguinal
  - La symphyse pubienne
- Douleurs de l'aine liée à la hanche
- Autres causes de douleur à l'aine : les principales catégories sont orthopédiques, neurologiques, rhumatologiques, urologiques, gastro-intestinales, dermatologiques, oncologiques et chirurgicales (47).

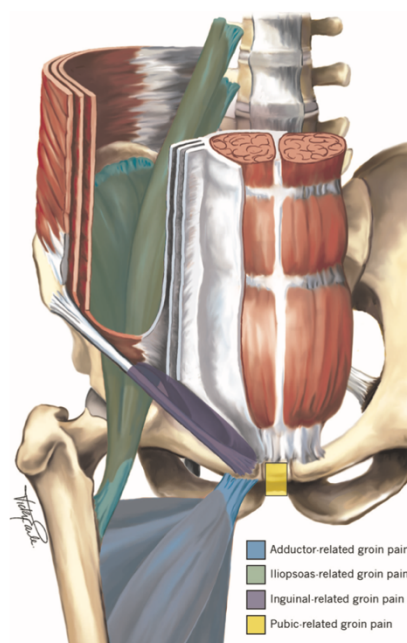


Figure 5 : entités cliniques liées aux douleurs à l'aine, Weir et al. 2015

Les lésions de l'aine liées à l'adducteur, à l'ilio-psoas et à l'aine sont les causes les plus fréquentes de douleur à l'athlète (50). (Figure 6) Différents facteurs de risque ont été mis en évidence. Un antécédent de blessure à l'aine, une faiblesse musculaire des adducteurs, un manque d'entraînement spécifique au sport pratiqué augmentent le risque de développer une douleur à l'aine (51).



Les douleurs à l'aine sont des blessures dues à une hypersollicitation. Les études épidémiologiques ont montré que les sauteurs étaient exposés aux blessures à l'aine surtout dans un contexte de sur-utilisation.

### 2.1.6.3. Tendinopathie patellaire

Le tendon patellaire est une lame tendineuse large qui s'insère sur le sommet et la face antérieure de la patella se dirige en bas et en dehors, et qui s'insère sur et en dessous de la tubérosité tibiale antérieure dont il est séparé à sa partie supérieure par un corps adipeux et une bourse séreuse rétro-tendineuse profonde et superficielle (37,52,53). Le tendon est formé de la réunion du ligament patellaire et des fibres tendineuses du droit fémoral et du reste des fibres des vastes latéral et médial (37).

La tendinopathie patellaire est la souffrance de l'appareil extenseur la plus fréquente. Elle concerne dans 90% des cas l'insertion du tendon à la pointe de la patella réalisant une apophysite d'insertion avec micro-ruptures (54). La tendinose est la tendinopathie patellaire prédominante, atteignant généralement la partie postérieure profonde du tendon patellaire adjacente au pôle inférieur de la rotule (55). La tendinose est caractérisée par une dégénérescence tissulaire progressive avec une réponse réparatrice faible et l'absence complète de cellules inflammatoires (55).

En 1973, Blazina établit une classification des tendinopathies patellaires en fonction des signes cliniques :

- Stade 1 : la douleur ne survient que pendant le sport
- Stade 2 : la douleur survient au début des activités sportives, disparaît après l'échauffement et réapparaît en cas de fatigue
- Stade 3 : la douleur est constante pendant l'activité et au repos
- Stade 4 : rupture du tendon patellaire (56)

La tendinopathie patellaire résulte d'une charge répétée de l'appareil extenseur du genou (55). La douleur apparaît surtout lors des réceptions de sauts, d'où sa fréquence dans les sports impliquant des sauts comme le volley-ball, et saut en longueur, en hauteur ou le triple saut (55,57). Les tendinopathies patellaires se développent pour la plupart dans un contexte de sur-utilisation suite à une surcharge mécanique sur le tendon (55).

#### 2.1.6.4. Tendinopathie calcanéenne

Le tendon calcanéen est le tendon de terminaison du triceps sural, il est formé par la réunion des lames tendineuses des gastrocnémiens et du soléaire et se termine à la partie inférieure de la face postérieure du calcanéum (54). Le tendon d'Achille est entouré de la profondeur à la superficie par un péri-tendon, un paratendon constitué de 2 feuillets séparés par une cavité virtuelle contenant un liquide comparable au liquide synovial et enfin, une gaine aponévrotique formée par un dédoublement de l'aponévrose jambière (54,58). La partie moyenne du tendon calcanéen est mal vascularisée et représente une zone de fragilité (54). Le tendon calcanéen est le tendon le plus puissant, sa structure spiralée permet au tendon de subir des forces allant jusqu'à 6 à 8 fois le poids corporel (7,54,58). Deux bourses séreuses sont annexées au tendon : une bourse séreuse rétro calcanéenne qui le sépare de la face postérieure du calcanéum, une bourse sous-cutanée entre l'aponévrose superficielle et la peau (54,58).

Les tendinopathies comprennent plusieurs formes cliniques en fonction de leur localisation sur le tendon et de l'aspect histologique (59) :

- Tendinose : atteinte du corps du tendon, localisée ou diffuse, avec micro-ruptures des fibres de collagènes, donnant lieu ou non à des nodules
- Péri-tendinite ou paratendonite : atteintes des gaines péri ou juxta-tendineuses avec inflammation, oedèmes et crépitations.
- Ténosynovite : inflammation de la gaine synoviale
- Bursite ou ténobursite : inflammation des bourses séreuses rétro et pré-achilléenne
- Enthésopathie : atteinte de la jonction ténopériostite sur le calcanéum avec micro-ruptures, inflammation ou calcification
- Déchirure myotendineuse : atteinte de la jonction myotendineuse avec micro-ruptures, myotendinite, voire rupture vraie sortant du cadre de tendinopathie proprement dite. (54,58–60).

Les tendinopathies se caractérisent par trois signes cliniques : la douleur, l'œdème tendineux et l'incapacité fonctionnelle (57). De même que pour la tendinopathie patellaire, la classification des tendinopathies en fonction des signes cliniques établie par Blazina est utilisée :

- Stade 1 : la douleur ne survient que pendant le sport
- Stade 2 : la douleur survient au début des activités sportives, disparaît après l'échauffement et réapparaît en cas de fatigue
- Stade 3 : la douleur est constante pendant l'activité et au repos
- Stade 4 : rupture du tendon patellaire (56,61)

La tendinopathie survient généralement suite à une sur-utilisation et elle peut évoluer vers la chronicité (61). Trois processus physiopathologiques ont été mis en évidence pour les tendinopathies mécaniques :

- Conflit répété (impingement) : la tendinopathie apparaît à la suite de frottements répétés dus à un conflit d'origine intrinsèque avec une structure anatomique de voisinage que celle-ci soit normale ou pathologique ou à un conflit d'origine extrinsèque.
- Utilisation abusive : la tendinopathie apparaît à la suite d'un mouvement brusque ou majoritairement suite à de micro-traumatismes répétés dépassant la résistance du tendon.
- Contusion par traumatisme direct sur le tendon (60)

Au cours du triple saut, le triceps sural est sollicité lors de la course d'élan mais également lors de la propulsion et l'atterrissage de chaque saut. La charge absorbée lors de l'atterrissage de chaque saut représente 7 à 12 fois le poids du corps de l'athlète. La pratique de cette discipline peut être à l'origine d'une utilisation abusive du tendon.

## **2.2. Prévention**

### **2.2.1. Définition**

Dans la Constitution de l'OMS, adoptée en 1948, la santé est définie comme « un état complet de bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'invalidité » (62). La charte d'Ottawa précise que « dans le contexte de la promotion de la santé, on a considéré que la santé n'était pas un état abstrait, mais plutôt un moyen d'atteindre un but ; sur le plan fonctionnel, il s'agit d'une ressource qui permet de mener une vie productive sur les plans individuel, social et économique. La santé est une ressource de la vie quotidienne, et non le but de la vie ; il s'agit d'un concept positif mettant en valeur les ressources sociales et individuelles, ainsi que les capacités physiques » (62).

La promotion de la santé est définie comme « un processus qui confère aux populations les moyens d'assurer un plus grand contrôle sur leur propre santé, et

d'améliorer celle-ci » selon la charte d'Ottawa (62). « Ce processus social et politique global comprend non seulement des actions visant à renforcer les aptitudes et les capacités des individus mais également des mesures visant à changer la situation sociale, environnementale et économique, de façon à réduire ses effets négatifs sur la santé publique et sur la santé des personnes. La promotion de la santé est le processus qui consiste à permettre aux individus de mieux maîtriser les 2 déterminants de la santé et d'améliorer ainsi leur santé » (62).

La prévention comprend des mesures qui visent à empêcher l'apparition d'une pathologie, à en arrêter les progrès et à en réduire les conséquences (63). On distingue trois types de prévention :

- Prévention primaire : action visant à diminuer l'incidence d'une blessure dans une population saine.
- Prévention secondaire : action visant à diminuer la prévalence d'une pathologie par le diagnostic et le traitement précoce pour réduire les conséquences ainsi que l'évolution de la pathologie vers la chronicité.
- Prévention tertiaire : action visant à réduire les effets et séquelles de la maladie et/ou du traitement, le but étant de limiter les conséquences limitant les performances des maladies chroniques. (27,64)

### **2.2.2. Rôle du Masseur-kinésithérapeute**

D'après l'article L.4321-1 du code de la santé publique : « La profession de Masseur-Kinésithérapeute consiste à pratiquer habituellement le massage et la gymnastique médicale. La définition du massage et de la gymnastique médicale est précisée par un décret en Conseil d'Etat, après avis de l'Académie nationale de médecine. Lorsqu'ils agissent dans un but thérapeutique, les masseurs-kinésithérapeutes pratiquent leur art sur ordonnance médicale et peuvent prescrire, sauf indication contraire du médecin, les dispositifs médicaux nécessaires à l'exercice de leur profession » (65). L'article R.4321-13 du code de la santé publique précise que « selon les secteurs d'activité où il exerce, le masseur-kinésithérapeute participe à différentes actions d'éducation, de prévention, de dépistage, de formation et d'encadrement » (65). Notamment « En milieu sportif, le masseur-kinésithérapeute est habilité à participer à l'établissement des bilans d'aptitude aux activités physiques et sportives et au suivi de l'entraînement et des compétitions » selon l'article R.4321-11 du code de la santé publique (65). Dans le cadre d'exercice en milieu sportif, le masseur-kinésithérapeute peut être amené à mettre en place des actions de

prévention. Ceci fait partie intégrante de ses compétences. La compétence 5 du référentiel lui permettant de « concevoir et conduire une démarche de conseil, d'éducation, de prévention et de dépistage en kinésithérapie et en santé publique » (65). Le masseur-kinésithérapeute est capable de repérer les besoins et les demandes de personnes, les situations susceptibles d'entraîner des déficiences, de concevoir, de conduire une action de prévention et d'informer et conseiller des personnes (65).

### **2.2.3. Prévention dans le sport**

La protection de la santé des athlètes est inscrite dans le Code Médical du Mouvement Olympique (OMMC) (66). Le Mouvement olympique, pour accomplir sa mission, encourage toutes les parties prenantes à prendre des mesures pour veiller à ce que le sport soit pratiqué afin de minimiser les dommages à la santé des athlètes et dans le respect du fair-play et de l'éthique sportive (67). Les Fédérations Internationales ont pour mission selon l'article 26, 1.8 de la Charte Olympique d'encourager et de soutenir les mesures relatives aux soins médicaux et à la santé des athlètes (68). Ainsi, la protection de la santé des athlètes est une tâche importante pour le Comité International Olympique (CIO) et l'Association Internationale des Fédérations d'Athlétisme (IAAF) (28). Selon Fuller and Drawer, chaque Fédération Internationale de Sport a la responsabilité d'identifier les risques pour la santé dû à la participation à leur sport et de répondre à ses risques en développant des mesures permettant de réduire le risque pour la santé pour arriver à un risque acceptable pour l'athlète qui pratique (69). Les blessures sportives peuvent être évitées par des interventions appropriées, en utilisant un équipement conçu pour réduire le risque de blessure, en adoptant les règles du jeu et en développant des programmes d'exercices spécifiques afin de réduire le risque de blessure (70).

Dans le cadre de la politique « Santé pour tous d'ici l'an 2000 » de l'Organisation mondiale de la santé, le Conseil de l'Europe a lancé un projet de recherche européen coordonné « Sport pour tous : les blessures sportives et leur prévention » afin d'améliorer la compréhension des blessures sportives et de développer une stratégie de prévention scientifiquement fondée (1). Afin de répondre à l'objectif de prévention des blessures, une méthodologie de recherche scientifique et clinique a été élaborée par Van Mechelen et al (44). (*Figure 6*)

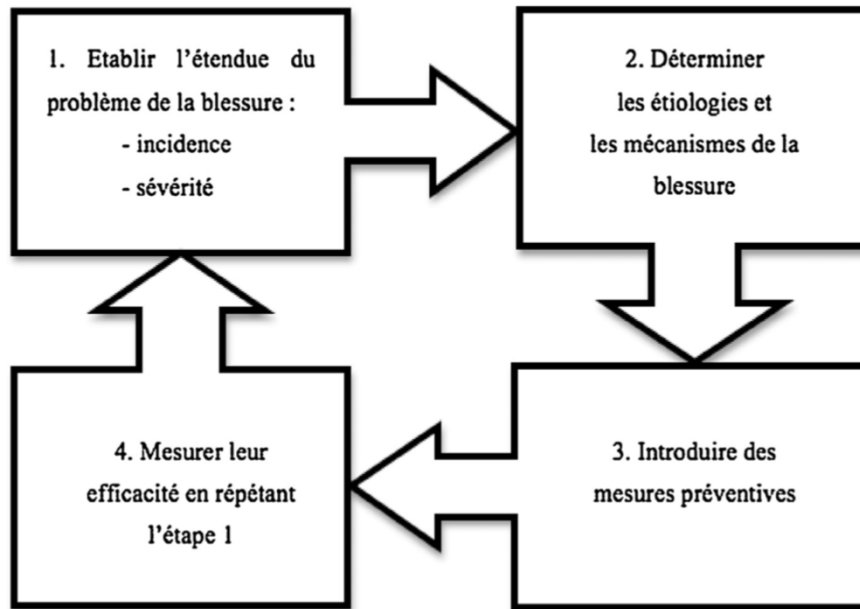


Figure 7 : « séquence de prévention » des blessures sportives Van Mechelen et al. 1992

La première étape consiste à identifier et décrire l'étendue du problème des blessures sportives par des études épidémiologiques permettant de mettre en évidence l'incidence des blessures et leurs gravités (1). La deuxième étape permet d'identifier les facteurs de risque et les mécanismes lésionnels qui jouent un rôle dans la survenue de blessures sportives (1). La troisième étape consiste à introduire des mesures susceptibles de réduire le risque futur et/ou la gravité des blessures sportives. Ces mesures sont basées sur les étapes antérieures (1). La dernière étape permet d'évaluer l'efficacité des mesures et/ou stratégies de prévention mises en place (1).

Certaines Fédérations Internationales de sport ont déjà élaboré des protocoles de prévention. La Fédération Internationale de Football Association (FIFA) est la première fédération à lancer une surveillance des blessures au cours des compétitions (66). Ces études ont montré que les joueurs de football ont un risque accru de blessures aux membres inférieurs (71). En 2006, le programme de prévention des blessures « The 11 », a été développé avec le soutien de la FIFA pour résoudre ce problème. Le programme comprend une procédure d'échauffement complète visant à prévenir les blessures chez les joueurs de football. Il comprend 15 exercices structurés et est facilement exécuté. Le programme d'échauffement de FIFA 11+ a réduit de 30% le risque de blessures chez les footballeurs (71).

#### **2.2.4. Prévention en athlétisme**

L'Association Internationale des Fédérations d'Athlétisme (IAAF) ainsi que l'European Athletic Association (EAA) ont mis en place des études épidémiologiques lors de chaque championnat international (44). Ces connaissances ont permis de mettre en évidence les blessures principalement rencontrées en athlétisme. Ces dernières sont fonction de la discipline exercée (44). Une première mesure de prévention a été mise en place par la Fédération Française d'Athlétisme (FFA) (44). Elle comprend un protocole de prévention intitulé « Décathlon de prévention des blessures » élaboré pour toutes les disciplines de l'athlétisme (72). Ce programme comprend 10 exercices à incorporer dans son échauffement (72). L'efficacité de ce programme n'a pas été démontré, des études supplémentaires sont nécessaires (72). Cependant, il reste non-spécifique à une discipline. Chaque discipline en athlétisme possède ses propres contraintes et risques de blessures. Un protocole spécifique permettrait une prévention plus fine aux contraintes relatives à chaque discipline.

### **3. Démarche réflexive**

#### **3.1. Synthèse**

Le triple saut prédispose les athlètes à certaines blessures du membre inférieur. Plusieurs pathologies ont pu être mises en avant grâce à la méthodologie de Van Mechelen utilisée dans le cadre conceptuel.

L'analyse biomécanique permet de mettre en avant les contraintes auxquelles s'exposent les sauteurs. Le sprint impose des forces excentriques élevées sur les IJ qui deviennent vulnérables notamment lors de la phase terminale de la suspension. Ce mécanisme peut être à l'origine d'une lésion musculaire au niveau des ischio-jambiers. D'autre part, le triceps sural est sollicité lors de l'amortissement et de la propulsion en sprint. Le tendon calcanéen et ses insertions sont fréquemment des sites d'apparition de pathologies chroniques. De plus, la charge importante imposée au triceps sural et au tendon calcanéen ainsi qu'au quadriceps et au tendon rotulien peuvent être à l'origine de sur-sollicitations et donc de mécanismes lésionnels.

Les études épidémiologiques mettent en évidence une prédominance des pathologies d'overuse en athlétisme. Les principales localisations de blessure en saut sont la cheville/pied, la cuisse, les genoux, l'aine/hanche.

Le croisement des études épidémiologiques et des études biomécaniques montre une prédominance des pubalgies, des lésions des ischio-jambiers, des tendinopathies patellaires ainsi que des tendinopathies calcanéennes. De nombreux protocoles de prévention sont mis en place dans différents sports comme le protocole FIFA 11+ qui a déjà montré son efficacité. Cependant, il n'existe aucun protocole d'exercice(s) en prévention primaire ayant prouvé leur efficacité en athlétisme. Étant donné que l'incidence des blessures varie en fonction de la discipline pratiquée, un protocole adapté à chacune d'entre elles permettrait une approche des besoins plus spécifique.

### **3.2. Problématique**

Les pathologies prépondérantes du triple saut ont pu être mise en évidence. D'autres sports ont déjà réalisé des protocoles de prévention pour certaines pathologies. Quelle proposition de programme de prévention primaire peut limiter les blessures chez le triple sauteur ?

### **3.3. Objectifs**

L'objectif de ce mémoire est d'étudier le ou les protocole(s) préexistant(s) de prévention primaire des blessures répertoriées pour le triple saut donc pour la pubalgie, la lésion des ischio-jambiers, la tendinopathie patellaire et la tendinopathie calcanéenne. Suite à cet état des lieux, une analyse de leurs effets préventifs est réalisée afin de pouvoir proposer un protocole de prévention dans le cadre de la pratique du triple saut.

## **4. Méthodologie**

Pour répondre à cette question, la méthodologie utilisée est celle de la revue de la littérature systématisée. Elle consiste en une synthèse de la littérature scientifique et permet d'avoir une vue générale sur un sujet et de répondre à une question de recherche précise. L'ensemble des étapes de la revue de littérature est réalisé par un seul examinateur.

### **4.1. Critères d'inclusion**

Tout d'abord, des critères d'inclusion sont fixés pour permettre d'orienter la stratégie de recherche et d'affiner la sélection des études (73). Ces critères comprennent le type d'études, les participants, le type d'interventions et des critères de jugement.



Concernant le type d'étude, les essais cliniques contrôlés randomisés permettant de comparer un protocole d'intervention à un groupe contrôle. Ils représentent les études avec le plus haut niveau de preuve scientifique, le niveau 1 (74). Les revues systématiques et méta-analyses représentent des points d'étape clés dans la recherche et seront néanmoins utilisées dans la discussion. Seules les études publiées en français ou en anglais sont incluses pour des raisons de compréhension de l'article. La date de publication de l'étude doit être antérieure au 31 mars 2020. Concernant les études traitant des blessures des ischio-jambiers, la date de publication doit être postérieure à 2010 puisqu'une revue systématique Cochrane a été réalisée cette année et reprend toutes les interventions de prévention menées en amont sur les blessures des ischio-jambiers.

La population étudiée doit être composée de sportifs. Les participants ne doivent pas présenter de blessure au membre inférieur au moment de l'étude. Le genre, le niveau de compétition ainsi que l'âge des sujets ne sont pas des critères d'inclusion, cela permet d'avoir des résultats sur toute la population.

L'intervention est un programme de prévention pour réduire l'apparition des blessures fréquemment rencontrées dans le triple saut c'est-à-dire la pubalgie, la lésion musculaire des ischio-jambiers, la tendinopathie patellaire et la tendinopathie calcanéenne. Il peut être composé d'un ou de plusieurs exercices de renforcement, d'étirement, de coordination et/ou d'équilibre. Le critère de jugement doit être la comparaison de l'efficacité de l'intervention à réduire l'apparition des blessures par rapport à celle d'un autre programme de prévention et/ou à l'absence de programme de prévention.

## **4.2. Interrogation des bases de données**

La recherche est réalisée sur plusieurs bases de données afin de s'assurer de son exhaustivité (73). Les bases de données interrogées sont MEDLINE (via PubMed), Cochrane ainsi que PEDro (Physiotherapy Evidence Database). Ces bases de données ont été choisies pour leur facilité d'accès et d'utilisation. De plus, PEDro est une base de données consacrées à la physiothérapie et montre le rôle que peut avoir le masseur-kinésithérapeute dans la prévention dans le cadre d'activité physique. La recherche a été effectuée du 23 Mars 2020 au 31 Mars 2020. L'outil Zotero a été utilisé pour le recueil des références bibliographiques.

La stratégie de recherche repose sur la détermination des mots-clés et des opérateurs booléens (AND, OR, NOT) (64). Les mots-clés ont été déterminés à partir des articles de référence utilisés dans le cadre conceptuel ainsi qu'à l'aide de la méthode PICO (Population, Intervention, Comparateur, Critère de jugement). Le P permet la description des caractéristiques de la population (75), dans notre cas, c'est une population de sportif. Le I correspond à l'intervention que l'on souhaite évaluer (75), ici il correspond au protocole de prévention des blessures. Le C correspond au comparateur qui représente l'aspect contextuel de la question et O correspond aux critères de jugement qui permettent de comparer les études (75), ils sont déterminés dans la partie critère d'inclusion.

Pour commencer, j'ai réalisé une première équation de recherche avec les mots-clés utilisés dans les articles de référence. Pour décrire la population, j'ai retenu les mots « athlete » et « athletic » regroupés sous « athlet\* ». Concernant la description de l'intervention, j'ai utilisé les mots « prevent\* » « prophyla\* » que j'ai combiné aux différentes pathologies ciblées « hamstring strain », « groin pain », « achilles tendinopath\* » et « jumper's knee ».

Sur PubMed, je me suis rendue compte que les résultats de cette équation ne correspondaient pas à l'intervention de prévention recherchée dans ce travail, de même j'ai remarqué qu'il existait différents synonymes pour décrire chaque pathologie. J'ai donc détaillé l'intervention en ajoutant les mots « injury prevention program », « exercis\* », « intervent\* » et « training » aux termes « prevent\* » et « prophyla » ainsi que « preventive strateg\* ». De même, j'ai ajouté des synonymes de chaque pathologie. Puis, j'ai ajouté des MeSH (Medical Subject Headings) terms qui sont des descripteurs spécifiques à PubMed et permettent d'indexer les articles dans MEDLINE (76). Mon équation est la suivante : **(((athlet\*) OR athletic[MeSH Terms])) AND ((((((prevent\*) OR prophyla\*) OR "preventive strategi\*") OR (prevention and control[MeSH Terms]))) AND (((("injury prevention program\*") OR exercis\*) OR intervent\*) OR training))) AND (((((((("hamstring strain") OR "hamstring injur\*") OR "groin pain") OR "pubalgia") OR groin[MeSH Terms]) OR "jumper's knee") OR "patellar tendinopath\*") OR "achilles tendinopath\*") OR tendinopathy[MeSH Terms]).**

Concernant Cochrane, l'équation de recherche a été réalisée à partir des mêmes mots-clés que sur PubMed. Elle est la suivante : **(("athlet\*" OR "sport\*") AND ((("prevent\*" OR "prophyla\*" OR "prevention injur\*") AND ("injury prevent program" OR "exercis\*"))**

**OR “intervent\* OR “training”)) AND (“hamstring strain” OR “groin” OR “tendinopath\*”).**

Concernant PEDro, trois recherches différentes ont été effectuées. Pour chaque recherche, la proposition **“health promotion”** est sélectionnée pour l'onglet “Therapy” et la proposition **“sports”** est sélectionnée pour l'onglet “subdiscipline”. Pour la première recherche, **“hamstring”** est utilisé dans la case “abstract and title”. Lors de la deuxième recherche, le mot “hamstring” est remplacé par **“tendinopathy”**. Enfin, le mot **“groin”** remplace “tendinopathy” dans la troisième recherche.

### **4.3. Sélection des études**

Les études ont tout d'abord été sélectionnées selon la pertinence de leur titre. L'élimination des doublons a suivi cette étape. Ensuite, les résumés ont été lus afin de vérifier que les études présentaient bien tous les critères d'inclusion définis plus haut. Ces articles ont été importés sur un logiciel bibliographique, Zotero.

La dernière étape de sélection consiste en une lecture complète de l'article. Elle permet d'objectiver la qualité de l'article et sa pertinence en lien avec le thème de ce travail.

### **4.4. Extraction des données**

Pour extraire les données nécessaires à l'analyse des études, une fiche de lecture a été réalisée. Cette fiche a été inspirée du *Cochrane data collection form* (77). Elle comprend 6 items différents : la référence bibliographique, les mots-clés définissant le sujet de l'étude, le lien de l'étude avec le thème, le récapitulatif de l'étude avec la description du type d'étude, de la population, de l'intervention et les limites, les extraits significatifs de l'article et des commentaires personnels (Cf Annexe I).

Lorsque chaque fiche de lecture a été remplie, un tableau récapitulatif rassemblant toutes les caractéristiques de chaque étude a été élaboré afin de faciliter l'analyse des données. Ce tableau comprend le design de l'étude, l'objectif de l'étude, l'outcome, la localisation, le genre et l'âge de la population, le niveau et le sport pratiqué, la durée de l'étude, le protocole d'intervention, le protocole de contrôle, la fréquence de l'intervention par semaine et le score de qualité (Cf Annexe II).

## 4.5. Qualité des études sélectionnées

L'évaluation de la qualité méthodologique permet de mettre en évidence les risques de biais de chaque étude sélectionnée.

La ligne directrice CONSORT (CONsolidated Standards Of Reporting Trials) permet d'évaluer la qualité d'un essai contrôlé randomisé. La liste de contrôle CONSORT est constituée de 37 items composant 25 critères répartis en sept sections : titre et résumé, introduction, méthodes, randomisation, résultats, discussion, informations supplémentaires (78). La traduction française de cette liste est utilisée (79) (Cf Annexe III)

Pour l'interprétation de ses listes de contrôle, un score est mis en place. Chaque item correspond à un point, pour les essais contrôlés randomisés, le score maximal est de 37.

## 5. Résultats

### 5.1. Résultat de la recherche

Suite à la recherche sur Pub Med, 475 résultats ressortent. Sur Cochrane, l'équation donne 55 résultats dont 1 revue cochrane et 54 essais. Parmi ces essais, 28 proviennent de PubMed, cependant ils ne seront pas exclus puisque certains articles peuvent ne pas apparaître dans le cadre de l'équation de recherche de Pubmed. Sur PEDro, la première recherche "**hamstring**" conduit à 14 résultats. La deuxième recherche "**tendinopathy**" aboutit à 2 résultats, Enfin, la troisième recherche "**groin**" permet d'obtenir 4 résultats. 20 résultats ressortent de cette recherche sur PEDro cependant un article apparaît dans deux des recherches, Seulement 19 sont retenus.

Au total, 549 titres vont être analysés et sélectionnés selon leur pertinence.

Suite à la sélection par les titres, 47 études ont été retenues sur PubMed, 17 sur Cochrane et 9 sur PEDro. La sélection comprend 73 études dont 7 doublons et 3 triplons, ce qui aboutit à un total de 60 études. Suite à la lecture des 60 résumés, 17 études ont été gardées. Les 9 revues systématiques ont été mises de côté pour la discussion. Deux articles qui ne présentaient pas l'incidence d'une des blessures traitées dans ce travail comme critère de jugement ont été exclus. Le nombre d'articles inclus est de 6 articles.

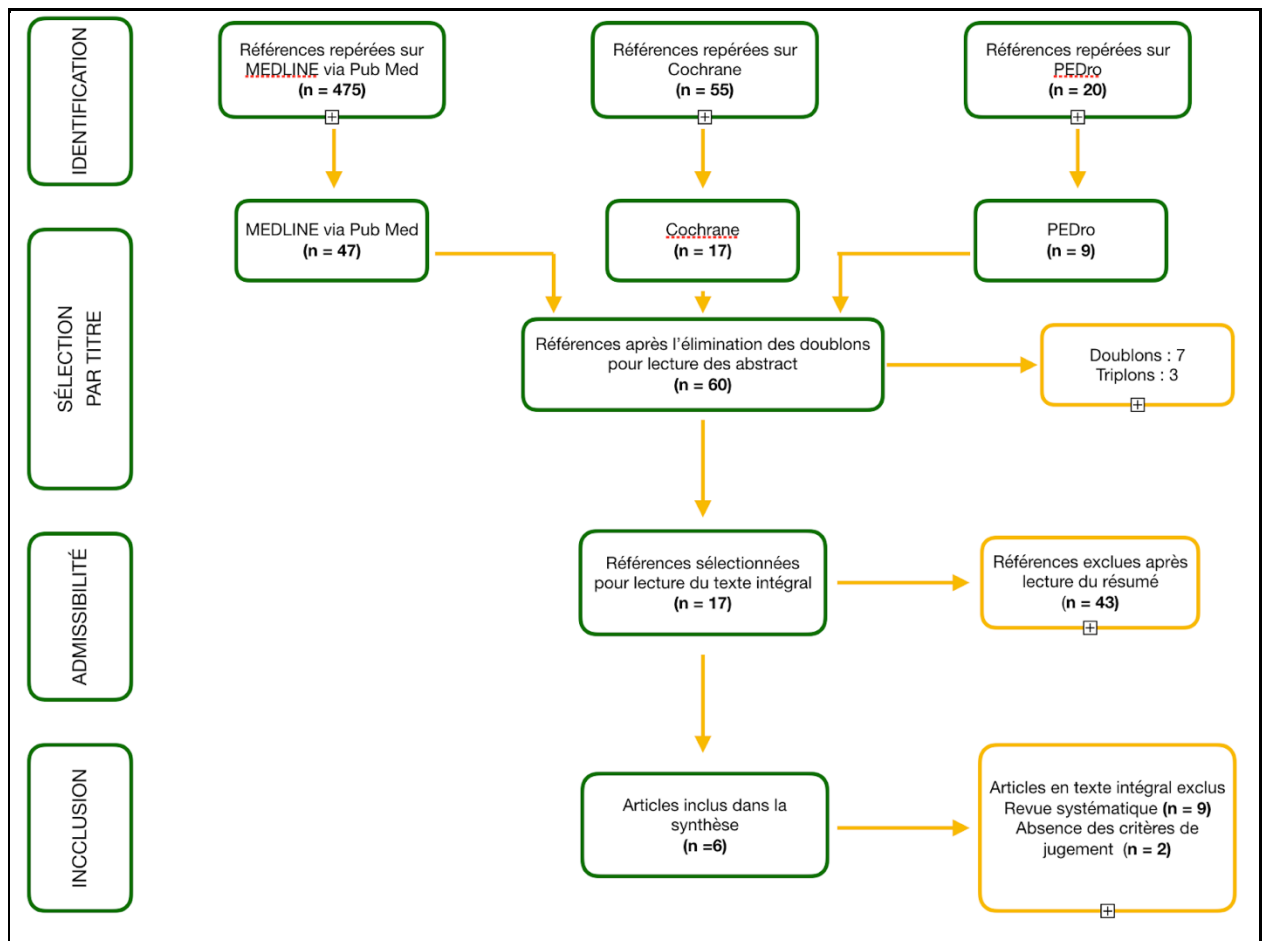


Figure 8 : Diagramme de flux réalisé par Marion Quéau

## 5.2. Caractéristique des études sélectionnées

### 5.2.1. Types d'étude

Toutes les études sélectionnées sont des essais contrôlés randomisés. Ils ont été publiés entre 2008 et 2020 et sont rédigés en anglais. La sélection comprend trois articles sur la prévention des lésions des ischio-jambiers (80–82), deux articles sur la prévention des pubalgies (83,84) ainsi qu'un article sur la prévention des tendinopathies (85).

### 5.2.2. Participants

La taille de la population varie entre les différentes études, elle va de 244 personnes à 927 personnes incluses. La population de cette revue peut être divisée en trois sous-populations : la population concernée par la blessure des ischio-jambiers comprend 1307

personnes, la population concernée par la pubalgie comprend 1579 personnes et la population concernée par les tendinopathies comprend 244 joueurs.

Toutes les études ont indiqué le genre, la moyenne d'âge, le sport et le niveau pratiqué. Toutes les personnes incluses sont de genre masculin. L'âge moyen de la population de cette revue obtenu par addition des moyennes de chaque étude est de 22,5 ans. Chaque étude a été effectuée dans le cadre de la pratique du football et concerne des niveaux amateurs ou semi-professionnels.

Quatre études ont spécifié l'exclusion des joueurs présentant une blessure qui implique qu'ils ne peuvent ni s'entraîner, ni jouer. Concernant l'étude sur les tendinopathies, les joueurs présentant des symptômes aux tendons calcanéens et aux tendons patellaires au début de l'étude en janvier ont été exclus (85). Pour les études sur les ischio-jambiers, une d'entre elles permet aux joueurs blessés au début de l'étude de participer dès leur retour au jeu (80), une autre exclut les joueurs qui avaient des blessures aux ischio-jambiers au début de l'étude (81). Une des études sur la pubalgie exclut ceux qui ne devraient pas s'entraîner ou jouer au cours des 6 à 8 premières semaines de la saison en raison d'une blessure ou d'une maladie (84).

### **5.2.3. Objectifs**

Chaque étude a pour objectif commun d'évaluer l'effet préventif d'une intervention sur une blessure.

Cinq des études incluses utilisent la déclaration de consensus sur les définitions des blessures et les procédures de collecte de données dans les études sur le football de Fuller et al. (86). Ainsi, une blessure est définie comme « toute plainte physique résultant de la participation à un entraînement de football ou d'un match de football empêchant le joueur de jouer au football et / ou exigeant des soins médicaux particuliers pour que le joueur puisse participer ou l'empêchant de participer à l'entraînement ou un match » dans deux des études incluses (83,85) avec seulement les symptômes directement liés aux tendons calcanéens et patellaires pris en compte pour l'étude sur les tendinopathies (85). Pour les lésions des ischio-jambiers, la blessure est définie comme « toute plainte physique affectant le côté postérieur de la partie supérieure de la jambe, indépendamment du besoin de soins médicaux ou de la perte de temps due aux activités de football » (81,82).

Concernant la deuxième étude sur les pubalgies (84), un questionnaire reprenant les symptômes des problèmes à l'aine est utilisé pour définir la blessure, le Oslo Sports Trauma Research Centre overuse injury questionnaire (87).

#### **5.2.4. Critères de jugement**

Toutes les études incluses dans cette revue ont pour outcome l'incidence des blessures. Trois études relèvent l'incidence des lésions des ischio-jambiers (80–82). Elle est exprimée en nombre de blessures par 1 000 heures jouées lors des matchs et de l'entraînement (80,82) ou en nombre de blessures par 10 000 heures jouées lors des matchs et de l'entraînement (81). Deux études relèvent la prévalence des problèmes de l'aine (84) et le temps d'apparition du premier problème lié à l'aine (83). Une dernière étude évalue l'incidence des tendinopathies symptomatiques et des tendinopathies asymptomatiques par la présence d'anormalités échographiques (85).

De plus, trois études s'intéressent à des outcomes secondaires : la sévérité des blessures (81,82) définie comme « le nombre de jours qui se sont écoulés entre la date de la blessure et la date du retour du joueur à la pleine participation à l'entraînement de l'équipe et à la disponibilité pour la sélection du match » selon Fuller et al. (86) et la compliance de la réalisation de l'intervention (80,82).

#### **5.2.5. Types d'intervention**

Toutes les interventions des études incluses sont comparées à un groupe contrôle réalisant un entraînement de football habituel. Trois études comparent la mise en place d'un seul exercice pour la prévention (81,82,84). Le Nordic Hamstring Exercise (NHE) (*Figure 8*) est mis en place dans deux études. Il correspond à un exercice où les joueurs commencent en position agenouillée, le torse est maintenu 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 ou le bas des jambes du joueur. Le joueur abaisse ensuite le haut de son corps au sol, le plus lentement possible pour maximiser le chargement en phase excentrique. Les mains et les bras sont utilisés pour briser sa chute vers l'avant et le pousser vers le haut après que la poitrine a touché le sol, afin de minimiser le chargement dans la phase concentrique (*Figure 7*) (82).

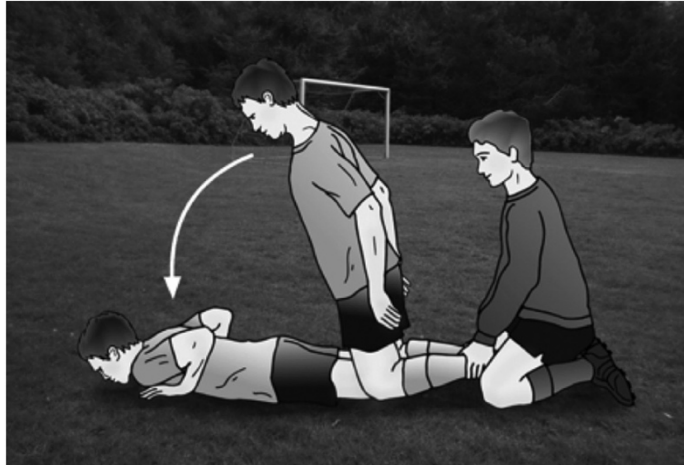


Figure 9 : Nordic Hamstring Exercise, Van der Horst et al. 2015

La durée d'intervention des deux études est différente. Une d'entre elle dure 27 semaines (81) quant à l'autre, elle dure 13 semaines (82). Cependant, l'augmentation de charge se fait selon le même schéma (*Tableau 1 et Tableau 2*). Les joueurs réalisent 2 fois par semaine l'exercice et augmentent progressivement le nombre de série au fil des semaines.

Semaines	Fréquence par semaine	Nombre de série par session	Nombre de répétition par série
1	1	5	2
2	2	6	2
3	2	6	3
4	2	6, 7, 8	3
5	2	8, 9, 10	3
6-13	2	10, 9, 8	3

Tableau 1 : Protocole de prévention Van der Horst et al. 2015



Semaines	Fréquence par semaine	Nombre de série par session	Nombre de répétition par série
1	1	5	2
2-3	2	6	2
4-6	2	6	3
7-9	2	6, 7, 8	3
10-13	2	8, 9, 10	3
14-27	2	10, 9, 8	3

*Tableau 2 : Protocole de prévention Hasebe et al. 2020*

Une des études sur la prévention des problèmes à l'aine utilise le Adductor Strengthening Programme (*Figure 9*) qui correspond à un seul exercice avec plusieurs niveaux de difficulté. Il a été inspiré du Copenhagen Adduction Exercise (*Figure 8 3A et 3B*). Ce dernier pouvant être douloureux ou difficile à réaliser, deux niveaux inférieurs ont été créés. Le niveau 1 correspond à une adduction de hanche en latéro-cubitus (*Figure 8 1A, 1B*). Pour le niveau 2, le joueur est allongé sur le côté avec un avant-bras comme support au sol et l'autre bras placé le long du corps. La jambe supérieure est maintenue à environ la hauteur de la hanche du joueur par un partenaire, qui tient la jambe au niveau de la cuisse. Le joueur soulève ensuite son corps et la jambe inférieure de telle sorte que les pieds se touchent et le corps soit en ligne droite. Le corps est ensuite abaissé à mi-chemin du sol tandis que le pied de la jambe inférieure est abaissé de sorte qu'il touche juste le sol sans être utilisé comme support (*Figure 8 2A, 2B*). Le niveau 3 correspond au niveau 2 avec un bras de levier plus long puisque le soutien par le partenaire du membre inférieur se fait au niveau de la cheville (*Figure 8 3A, 3B*). Les joueurs commencent au niveau 3 cependant, s'ils ressentent une douleur, ils doivent diminuer d'un niveau (84).

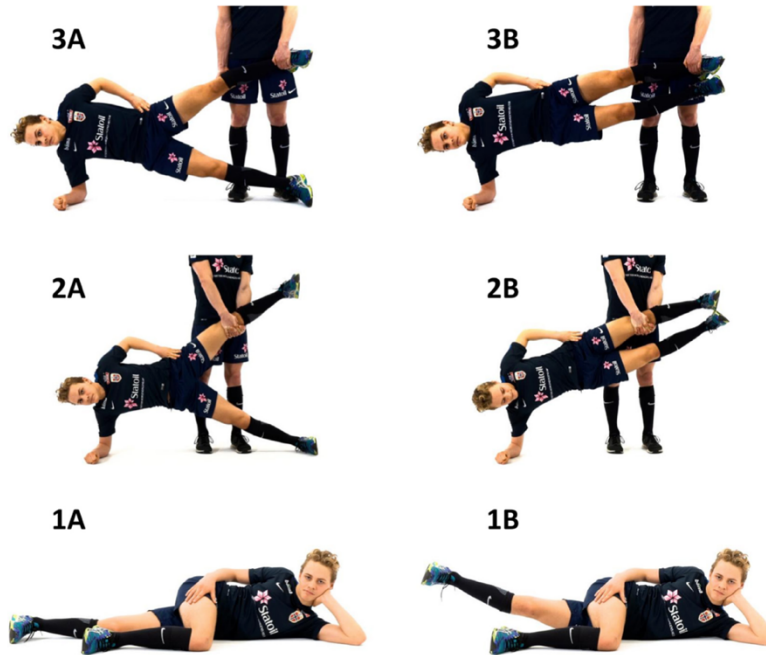


Figure 10 : Adductor Strengthening Program (A) position de départ et d'arrivée, (B) position intermédiaire, (1) niveau 1, (2) niveau 2, (3) niveau 3. Haroy et al. 2019

Semaines	Fréquence par semaine	Nombre de série par session	Nombre de répétition par série
1	2	1	3-5
2	3	1	3-5
3-4	3	1	7-10
5-6	3	1	12-15
8-20	2	1	12-15
Pendant la saison	1	1	12-15

Tableau 3 : Protocole de prévention Haroy et al. 2019

Le protocole de Haroy et al. comprend une partie de prévention contre la pubalgie en pré-saison et un maintien de la prévention pendant la saison au rythme d'une session par semaine (Tableau 3). Pendant la période de pré-saison l'augmentation de charge est progressive. Le nombre de répétition augmente puis le nombre de session par semaine. La fréquence de réalisation par semaine diminue progressivement à partir de la moitié de la pré-saison pour aboutir à une session par semaine au cours de la saison (84).

Trois autres études proposent un protocole de prévention (80,83,85).

Pour les lésions des ischio-jambiers, le protocole consiste en l'introduction d'exercices pliométriques des IJ. Il comprend des fentes marchées, des tripling et drop lunges et des bondissements. Cette intervention a été réalisée sur toute une saison de football. Les 12 premières semaines ont permis une évolution dans la charge des exercices demandés. Le programme commence les premières semaines par des fentes marchées puis des triplings associés à des droplunges pour finir les dernières semaines par des foulées bondissantes. À partir de la treizième semaine, les joueurs réalisent à chaque entraînement 3 fois 30 mètres de foulées bondissantes les plus longues possible (80).

Le protocole concernant la pubalgie contient six exercices différents :

- Une contraction isométrique de 10 secondes des adducteurs avec un ballon entre les pieds et les jambes tendues,
- Une contraction isométriques de 10 secondes des adducteurs avec un ballon entre les genoux,
- Le « folding knife exercise » qui consiste en une flexion de tronc et une flexion de hanche avec un ballon entre les genoux,
- Le « cross-country skiing on one leg exercise » qui correspond au maintien de l'équilibre sur un pied lors de flexion/extension de genou et de mouvement de balancement des bras, un exercice de renforcement en excentrique des adducteurs et des abducteurs
- L'étirement du psoas pendant 20 secondes

Ce programme a été mis en place sur une saison complète de football. Il devait être intégré à l'échauffement avant chaque pratique de football (83).

Enfin, la dernière intervention est axée sur la prévention des tendinopathies patellaires et calcanéennes. Elle comprend des exercices excentriques et des étirements pour le tendon patellaire et le tendon calcanéen. Pour le triceps sural, les étirements sont réalisés en fente avec la jambe tendue en arrière et le genou en avant qui se fléchit pour favoriser l'étirement et un étirement pied posé sur le mur et jambe tendue, amener l'abdomen vers le mur pour favoriser l'étirement. Le renforcement excentrique se fait avec les deux avant-pieds sur un tabouret, la première étape correspond à la montée sur les pointes de pied sur deux jambes alors que la deuxième étape correspond à la descente sur une jambe le plus loin possible. Pour le quadriceps, l'étirement se fait en ramenant le pied à la fesse et en amenant le genou vers l'arrière. Le renforcement excentrique est réalisé en montant puis en descendant lentement d'un tabouret en alternant le membre qui monte en

premier. Les étirements sont maintenus 20 secondes et répétés 3 fois et les exercices de renforcement sont répétés 25 fois sur chaque jambe (85).

### **5.2.6. Évaluation de la qualité des études**

Un biais est « une erreur systématique qui est non-aléatoire et qui induit une déviation orientée de la vérité des résultats et/ou des déductions » (88).

La grille CONSORT a été utilisée pour évaluer la qualité des études. Les scores des études incluses vont de 16 à 25 sur 37. Certains items n'ont pas été remplis, notamment, la manière dont la taille de l'échantillon a été déterminée (80,82,85). Ceci peut présenter un biais puisque si l'effet de l'intervention est faible, la population recrutée pour montrer l'effet devra être d'autant plus importante. La partie sur la randomisation est peu détaillée dans les 6 articles inclus et relève un biais dû au manque d'aveuglement. Le manque d'aveuglement des participants sur l'intervention qu'ils vont réaliser peut affecter les réponses psychologiques ou physiques des participants et influencer la coopération des participants (89). Le manque d'aveuglement des entraîneurs et des équipes médicales en charge de la continuité de l'intervention peuvent transmettre leur inclinaison favorable ou non aux participants au travers de leur attitude (89).

Certaines études ont mis en évidence des biais d'allocation, les caractéristiques du groupe d'intervention et du groupe contrôle étant différentes (81). D'autres ont mis en avant des biais d'attrition par une perte d'une partie de la population qui a pour risque de négliger l'effet de l'intervention (83).

Un autre biais pourrait concerner le mode d'enregistrement des blessures pour les 6 articles inclus. Certaines études ont utilisé un enregistrement rétrospectif qui peut provoquer un biais de souvenir (84). D'autres études ne pouvaient pas avoir confirmation du diagnostic par un professionnel de la santé (82,84).

Tableau 4 : Tableau récapitulatif de caractéristiques des études incluses

Tableau récapitulatif des caractéristiques des études incluses

Références	Design de l'étude	Objectif de l'étude	Outcome (mesure)	Localisation	Taille population	Genre	Age	Niveau/Sport	Durée	Exercices intervention	Exercices contrôle	Fréquence (/ semaine)	Score de qualité
Van de Hoef et al.	Essai contrôlé randomisé	déterminer l'effet préventif d'un programme d'exercices (EPF) sur l'incidence et la gravité des blessures aux ischio-jambiers chez les joueurs de soccer amateur masculins adultes.	- l'incidence des blessures aux ischio-jambiers pour 1 000 heures de soccer et la gravité de ces blessures. - Compliance des athlètes (nombre de mètres parcourus)	Pays-Bas	400 joueurs (229 pour l'intervention et 171 pour le contrôle)	M	18-45 ans Age médian 22-23 ans	First-class amateur league / Football	39 semaines 2016-2017	Ajout de fentes marchées Tipplings and drop lunges Bouclissements alternés	L'entraînement de football habituel	2 fois par semaine	22 / 37
Hasabe Y et al.	Essai contrôlé randomisé	étudier si les variables de l'examen physique sont en corrélation avec les blessures aux ischio-jambiers chez les joueurs de soccer du secondaire et si le NHE et son taux de compliance affectent le taux de blessures aux ischio-jambiers.	- le taux de blessures aux ischio-jambiers, les jours perdus pour faire du sport et le taux de temps perdu pour faire du sport ont été calculés - Le taux de compliance au NHE	Japon	259 joueurs (156 pour l'intervention et 103 pour le contrôle)	M	15-18 ans Age médian 16 ans	High school football / League / Football	27 semaines	Ajout du NHE après l'entraînement	Entraînement de football normal	1 fois par semaine la première semaine 2 fois par semaine ensuite	19 / 37
Hölmich et al.	Essai contrôlé randomisé	étudier les effets d'un programme d'entraînement spécifique visant à prévenir les blessures à l'aine chez les joueurs de football masculins	- L'incidence groin pain	Danemark	927 joueurs de 44 équipes (524 pour l'intervention et 403 pour le contrôle)	M	Age médian 24 ans	Série 1 à 3 de football au Danemark / Football	33 semaines Septembre 1997- Juillet 1998	Ajout d'un programme de 6 exercices de 13 min à l'échauffement	Entraînement de football normal	Entre 2 à 4 fois par semaine en fonction des équipes et de leurs entraînements habituels	22 / 37
Fredberg et al.	Essai contrôlé randomisé	évaluer si l'entraînement excentrique et les étirements peuvent réduire à la fois les changements échographiques des tendons d'Achille et de la rotule et le risque que ces changements deviennent symptomatiques pendant la saison de football.	- incidence des blessures - Anomalies échographiques	Danemark	244 joueurs (209 + 35 (12 équipes), 7 pour l'intervention et 5 pour le contrôle)	M	Age médian 25 ans	Danish super league/ football	12 mois Janvier 2002- Décembre 2002	Ajout d'un entraînement excentrique et d'étirement des tendons patellaires et d'Achilles	Routine d'entraînement normale (consigne de ne pas réaliser de Renfo. excentrique mais possibilité d'étirement)	3 fois par semaine	16 / 37
Haroy J. Et al.	Essai contrôlé randomisé	Évaluer l'effet d'une approche à exercice unique, basée sur l'exercice d'adduction de Copenhagen, sur la prévalence des problèmes à l'aine chez les joueurs de football masculins.	- 1 : la prévalence hebdomadaire de tous les problèmes d'aine enregistrés pendant la saison de compétition - 2 : la prévalence hebdomadaire d'importants problèmes à l'aine enregistrés pendant la saison de compétition.	Norvège	652 joueurs (35 équipes) Intervention : 18 équipes, 339 joueurs Contrôle : 16 équipes, 293 joueurs	M	Age médian 22-23 ans	Équipe de second et troisième niveau de Norvège, (semi-professionnelles)/ football	février 2016 à Octobre 2016	Ajout de l'adductor Strengthening Programme, composé d'un seul exercice	Entraînement habituel normal	2/3 fois par semaine entre février et mars (première saison) puis une fois par semaine pendant la saison	25 / 37
Van der Horst et Al.	Essai contrôlé randomisé	Étudier l'effet préventif de la NHE sur l'incidence et la gravité des blessures aux ischio-jambiers chez les joueurs de football amateur masculins.	1 : incidence des blessures des LI, l'incidence des blessures n'a été calculée qu'à partir des joueurs dont l'entraînement complet et l'exposition au match au cours des 52 semaines de l'étude ont été enregistrés 2 : sévérité de la blessure (La gravité des blessures était définie comme le nombre de jours qui se sont écoulés entre la date de la blessure et la date du retour du joueur à la pleine participation à l'entraînement de l'équipe et à la disponibilité pour la sélection du match.), compliance	Pays-Bas	648 joueurs (36 équipes) Intervention : 329 joueurs (16 équipes) Contrôle : 319 joueurs (16 équipes)	M	Age entre 18 et 40 ans âge médian 24 ans	KWB eester klasse (haut niveau amateur des pays-Bas)/ football	13 semaines 5 après le break d'hiver de la saison 2012-2013	Après chaque entraînement, les joueurs réalisent le NHE	Entraînement habituel normal	2 fois par semaine	19 / 37

### 5.3. Synthèse des données

Tout d'abord, les trois essais traitant des IJ ont testé le renforcement musculaire dans la prévention des lésions (80–82).

L'essai utilisant le Bounding Exercise Program (BEP) reporte l'incidence des blessures aux IJ. Au cours de cette étude, 31 blessures primaires aux ischio-jambiers sont survenues dans le groupe d'intervention et 26 dans le groupe témoin et 4 blessures récurrentes aux ischio-jambiers se sont produites dans chaque groupe. Le nombre de lésions aux IJ a été divisé par le temps d'exposition. L'incidence globale des blessures était de 1,12 / 1000 heures de football pour le groupe d'intervention et de 1,39 / 1000 heures de football pour le groupe témoin. Le nombre moyen de jours de repos était de  $33,0 \pm 42,7$  dans le groupe d'intervention et de  $21,35 \pm 12,7$  jours dans le groupe témoin. L'analyse n'a montré aucune différence statistiquement significative entre les groupes d'intervention et de contrôle dans la survenue de blessure aux ischio-jambiers et dans la sévérité de la blessure au cours de la saison suite à la réalisation d'exercices pliométriques (80).

Deux essais ont étudié l'effet préventif du renforcement en excentrique des IJ. Suite à l'implantation du NHE, des blessures aux ischio-jambiers sont survenues chez 7 joueurs (3 dans le groupe de contrôle, 4 dans le groupe d'intervention) et 252 joueurs n'ont signalé aucune blessure chez Hasebe et al. Le taux de blessures aux IJ était de 1,04 blessures/1000 heures d'exposition dans le groupe témoin et de 0,88 blessures/1000 heures d'exposition dans le groupe NHE. Le temps total perdu suite à une lésion aux IJ était de 6 jours (12h) dans le groupe d'intervention et de 50 jours (95h) dans le groupe témoin (81). Van der Horst et al. reporte quant à leur étude 11 blessures aux IJ dans le groupe d'intervention et 25 dans le groupe témoin. Après la période d'intervention, la sévérité des blessures a été mesurée en jours d'absence. Les joueurs des groupes d'intervention et de contrôle étaient absents du jeu de football pendant une moyenne de  $31 (\pm 15)$  jours et  $28 (\pm 19)$  jours, respectivement. Le risque de blessures a été réduit dans le groupe d'intervention après avoir appliqué le protocole NHE (risque relatif, 3,384; IC à 95%, 1,362 à 8,409) et était statistiquement significatif (82).

Ensuite, deux articles ont étudié l'effet du renforcement musculaire dans la prévention des blessures à l'aîne. Le premier utilise du renforcement concentrique, excentrique et des exercices de coordination. Aucun effet significatif de l'intervention n'a été mis en évidence, bien que l'estimation suggère un risque plus faible de 31% dans le groupe d'intervention par rapport au groupe contrôle (83). La deuxième étude analysant l'effet

préventif d'un exercice excentrique des adducteurs ne présentait pas de différences d'exposition à l'entraînement de football, à l'entraînement individuel, aux minutes de match ou au nombre de matchs joués pendant la saison de compétition entre les groupes d'intervention et de contrôle. La prévalence hebdomadaire moyenne de tous les problèmes à l'aine pendant la saison de compétition était de 13,5% dans le groupe d'intervention et de 21,3% dans le groupe témoin. La prévalence hebdomadaire moyenne de problèmes importants à l'aine pendant la saison de compétition quant à elle, était de 5,7% dans le groupe d'intervention et de 8,0% dans le groupe témoin (84).

Enfin, l'étude sur l'intervention de prévention des tendinopathies a montré chez les joueurs présentant des tendons rotuliens normaux en janvier, une fréquence des anomalies échographiques dans les tendons rotuliens en décembre plus faibles dans le groupe d'intervention que dans le groupe témoin (10% et 20%), et cela était également vrai chez les joueurs avec des anomalies des tendons rotuliens en janvier (61% et 79%). La différence de risque pondérée des anomalies échographiques dans les tissus rotuliens en décembre entre le groupe témoin et le groupe d'entraînement était de 12%. Pour les tendons calcnéens, la différence de risque pondérée des anomalies échographiques en décembre entre le groupe témoin et le groupe d'entraînement était de 1%. Ces résultats montrent que le programme d'entraînement réduit la fréquence des anomalies échographiques dans le tendon patellaire mais pas dans le tendon calcanéen. Cependant, l'intervention augmentait le risque de développer des symptômes de tendinopathie patellaire de 5% à 24% chez les joueurs présentant des tendons patellaires sévèrement anormaux à l'échographie (85).

## **6. Discussion**

### **6.1. Analyse des résultats**

Les études incluses ont toutes été effectuées dans le cadre de la pratique du football et concernent des niveaux amateurs ou semi-professionnels. Le football est un des sports les plus pratiqués dans le monde avec près de 270 millions de licenciés (90). Ce sport implique différentes actions : passer et piéger le ballon, tacler, tomber, sauter, courir, sprinter, démarrer, s'arrêter et changer de direction (91). Deux types de blessures ont été mis en évidence dans le football : les blessures dues à un contact et les blessures sans contact. Concernant les blessures sans contact, les mouvements les plus courants au moment des blessures étaient le saut / l'atterrissage et la course qui comprend les accélérations et les décélérations (92). Ces actions correspondent aux mécanismes

lésionnels mis en évidence dans le triple saut. De plus, les blessures à l'aine ainsi que la fréquence des blessures aux muscles du genou et de la cuisse constituent un problème important dans le football (92,93) tout comme il a été montré dans le triple saut. La transférabilité de ces programmes de prévention du football au triple saut semble donc possible.

Les 3 études sur la prévention des lésions des IJ évaluent deux programmes de renforcement différents : le BEP constitué d'exercices pliométriques et le NHE, un exercice recrutant les IJ en excentrique.

Van de Hoef et al. n'a montré aucune différence statistiquement significative entre les groupes d'intervention et de contrôle dans la survenue de blessure aux ischio-jambiers et dans la sévérité de la blessure au cours de la saison. Le BEP dans les modalités de cette étude ne diminue pas l'incidence des blessures aux ischio-jambiers ni la gravité des blessures aux ischio-jambiers. La compliance correspond au suivi correct par les athlètes d'une intervention prescrite (94), elle était de 71%, ce qui est faible et peut influencer les résultats. De même, la réalisation technique de cette intervention n'a pas été évaluée et une mauvaise exécution des exercices peut affecter l'effet préventif (80). Il a été montré que la contraction pliométrique à court terme améliore la force, la puissance et la fonction musculaire du cycle de raccourcissement des membres inférieurs (95), ce qui correspond aux facteurs de risque des lésions aux IJ. Cependant, les fentes sont des exercices où l'activité musculaire des IJ est faible (96). L'intensité du programme d'exercices peut être insuffisante sur les ischio-jambiers ou sur la région lombo-pelvienne pour obtenir un effet préventif. Des études supplémentaires sur la réalisation de contractions pliométriques en prévention des lésions des IJ en explorant différentes modalités avec une charge de travail plus importantes sur les IJ pourraient être réalisées.

Les deux autres articles ont étudié l'effet préventif du NHE sur la lésion des IJ. Le NHE au cours de son action excentrique est l'exercice qui sollicite le plus les IJ (96). Il améliore considérablement la force des IJ et influence le ratio Quadriceps/IJ qui est un facteur de risque des blessures aux IJ (43).

Hasebe et al. trouve un taux de blessures aux ischio-jambiers dans le groupe NHE 1,14 fois plus faible que dans le groupe témoin, et un taux de blessures aux IJ entraînant une perte de temps de pratique de sport 1,52 fois moins important dans le groupe NHE par rapport au groupe témoin. Les résultats suggèrent que le NHE peut influencer la réduction du temps perdu au sport beaucoup plus que l'incidence des blessures. Cependant, cette



étude a été réalisée sur une population âgée de 15 à 18 ans, qui correspond à des adolescents. La fréquence et la gravité des blessures chez les adolescents diffèrent de celles des adultes (97). Les facteurs de risque de blessures aux ischio-jambiers comprennent généralement des facteurs physiques tels que l'âge, les antécédents d'une blessure aux IJ, la force musculaire et un déséquilibre de la force musculaire (43). Ces facteurs pourraient expliquer les faibles niveaux de blessure aux ischio-jambiers et, par conséquent, le faible effet du NHE sur le taux de blessures aux ischio-jambiers. Le taux de perte de temps de sport pour les blessures aux ischio-jambiers est 9,81 fois plus faible dans le groupe NHE que dans le groupe témoin. Le NHE s'avère être efficace dans la diminution du temps de pratique perdu suite à la survenue d'une blessure aux IJ. Le taux de compliance avec le protocole NHE était de 88%, ceci grâce à des visites régulières pour assurer la continuité de l'intervention (81).

Dans l'étude de Van der Horst et al., le risque de blessure a été réduit dans le groupe d'intervention après avoir effectué le protocole NHE et était statistiquement significatif. Cependant, la différence de gravité des blessures entre les groupes d'intervention et de contrôle n'était pas statistiquement significative. Les résultats montrent que l'application du protocole NHE dans les entraînements réguliers de football amateur réduit le risque de blessure au IJ chez les joueurs masculins de football amateur mais ne réduit pas la gravité des blessures aux ischio-jambiers. La compliance des équipes d'intervention au protocole était de 91%. Les raisons relevées pour les 9% de non conformité au calendrier du protocole étaient la présence de Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) chez des joueurs ou la participation à un match en milieu de semaine qui empêchait la réalisation de deux entraînements par semaine. Les DOMS sont des événements indésirables pouvant se produire à la suite de renforcement excentrique qui induit des micro-blessures à une fréquence et une gravité plus importantes que les autres types de contractions musculaires (98). Les DOMS sont plus répandues en début de saison sportive lorsque les athlètes reprennent l'entraînement après une période d'activité réduite (98). Cet événement indésirable a été pris en compte et une progression des charges dans le protocole de prévention a été mis en place (82).

En reprenant ces deux études, le NHE semble avoir un effet préventif sur les blessures des IJ.

Les deux études sur la prévention des blessures à l'aine ont utilisé deux stratégies de prévention différentes, Hölmich et al. proposant un programme de 6 exercices et Haroy et al. proposant un seul exercice excentrique des ADD.

Le programme préventif testé par Hölmich et al. est dérivé d'un programme de réhabilitation qui s'est montré efficace dans le traitement des athlètes souffrant de douleurs à l'aine de longue date liées aux adducteurs (99). Tout comme pour le traitement, le renforcement des muscles associés aux blessures de l'aine pourrait être bénéfique pour éviter les blessures puisque la faiblesse musculaire fait partie des facteurs de risque (51). Hölmich et al. ne trouve pas d'effet significatif de l'intervention bien que l'estimation suggère un risque plus faible de 31% dans le groupe d'intervention par rapport au groupe contrôle. Cependant, 20% de la population de cette étude a été perdue de vue pendant l'intervention et dont les résultats n'ont pas pu être analysés, ce qui risque de négliger un réel effet d'intervention (83).

Haroy et al. utilise un programme de renforcement des adducteurs comprenant un seul exercice avec trois niveaux de difficulté. Le troisième niveau de difficulté correspond au Copenhagen Adduction exercise (CA). Le CA a montré son efficacité dans le renforcement musculaire des ADD (100). Ce qui répond à un des facteurs de risque des blessures à l'aine qui est la faiblesse musculaire des adducteurs (51). Dans son étude, Haroy et al. a montré que le programme de renforcement des adducteurs a considérablement réduit la prévalence et le risque de problèmes à l'aine chez les joueurs de football masculins (84). La compliance était de 70%, les raisons de la non-exécution des exercices n'ont pas été signalées. Les DOMS pourraient être un effet indésirable à l'origine de la diminution de la compliance. Les joueurs de cette étude ont signalé une très faible fréquence des DOMS aux ADD. Les valeurs individuelles les plus élevées étaient liées à la date de début et l'augmentation de la charge de l'exercice. L'approche à exercice unique de ce programme de prévention peut être considéré comme un avantage puisqu'il est réalisé en 5 minutes et permet un gain de temps qui pourrait augmenter la compliance. Cependant, il peut aussi être considéré comme une limite puisqu'il cible une seule des entités cliniques de la douleur à l'aine qui est celle liée aux ADD. Il a été montré dans une étude comprenant différents sports que les blessures à l'aine sont dans  $\frac{2}{3}$  des cas liés aux ADD (101). Ce programme de prévention axé sur le renforcement des ADD prend donc en compte la majorité des douleurs liées à l'aine.

Pour finir, l'étude de Fredberg et al. a étudié l'effet de l'entraînement excentrique associé aux étirements sur les tendinopathies. L'entraînement excentrique et les étirements ont significativement réduit la fréquence des anomalies échographiques dans les tendons patellaires mais pas dans les tendons calcanéens. Le manque d'effet sur le tendon calcanéen peut être dû au fait que l'entraînement excentrique et les étirements n'ont pas d'effet préventif. Il peut également être dû aux modalités de l'entraînement excentrique de protocole qui ne permettent pas un travail suffisamment intensif (85). De plus, dans ce programme les étirements sont maintenus 20 secondes, or les recommandations actuelles sont de maintenir l'étirement au minimum 30 secondes pour une efficacité optimale (102). Les étirements sont implantés dans les entraînements actuels et malgré leur standardisation dans le groupe témoin, il est possible que certains les utilisent dans leurs entraînements habituels. Le groupe contrôle utilise une partie de l'intervention qui sont des étirements ce qui influence les résultats concernant l'effet préventif du protocole de prévention de l'étude. Leur programme d'entraînement et d'étirement excentrique prophylactique a réduit le risque de développer des anomalies du tendon patellaire, mais n'a eu aucun effet positif sur le risque de blessure. Au contraire, chez les joueurs asymptomatiques présentant des anomalies du tendon patellaire, l'entraînement excentrique prophylactique et les étirements augmenteraient le risque de blessure (85).

## **6.2. Validité externe**

Le but de ce travail était de passer en revue les études explorant les effets des interventions d'exercice sur l'incidence des blessures aux ischio-jambiers, des blessures à l'aine et des tendinopathies. D'autres études notamment des revues systématiques ont été réalisées sur ce sujet.

Tout d'abord, une revue systématique est caractérisée notamment par la présence d'au minimum deux personnes lors de la sélection et de l'analyse des études et de l'intervention d'une tierce personne qui permet de trancher s'il y a conflit entre les deux personnes. Cela permet une inclusion et une évaluation en aveugle. Il minimise les biais dans l'identification, la sélection, la synthèse et le résumé des études (103). J'ai réalisé cette revue seule, cela représente un biais pour ce travail. Il peut être considéré comme une revue dont les paramètres ont eu vocation à être systématisés. Les résultats sont à prendre avec considération.

Concernant la prévention de la blessure des IJ, une revue systématique a été réalisée en 2010 permettant de faire un point sur les interventions proposées en amont. Sept études contrôlées randomisées, impliquant un total de 1919 participants, ont été incluses. Ceci ont évalué quatre interventions différentes : renforcement du groupe musculaire des ischio-jambiers; thérapie manuelle; entraînement proprioceptif et protocole d'échauffement / refroidissement / étirement (104). Sur ces 7 études incluses, seule une étude proposant du renforcement excentrique des IJ a reporté un effet favorable sur l'incidence des lésions des IJ. Pour le reste des études, la compliance était pauvre favorisant le groupe témoin et les données insuffisantes. Aucun bénéfices significatifs n'a été mis en évidence concernant le reste des études, les résultats n'étaient pas concluants quant à l'efficacité des interventions.

Depuis trois revues systématiques ont été faites, elles évaluent spécifiquement l'effet préventif du NHE (105–107). En 2017, Al Attar et al. inclut 5 articles étudiant l'effet du NHE qu'il soit seul ou inclus dans un programme. Les résultats regroupés ont montré une réduction globale des blessures de 51% pour 1000 heures d'exposition dans le groupe programme de prévention des blessures par le NHE par rapport au groupe témoin. Al Attar et al. a fourni des preuves solides que l'exercice NH seul ou en combinaison avec des programmes de prévention des blessures est efficace pour réduire le risque de blessures aux ischio-jambiers pour les joueurs de football (107). En 2019, Vatovec et al. et Van Dyk et al. ont tous les deux évalué l'effet du NHE sur l'incidence des lésions des IJ. Ils ont observé respectivement une diminution de l'incidence des blessures de 54% (106) et de 51% (105) avec la mise en place du NHE. Les résultats de ces études vont dans le même sens que les résultats trouvés dans ce travail, ils confirment que le NHE a un effet préventif sur les lésions des IJ.

Ensuite, une seule revue systématique sur la prévention des blessures à l'aine a été effectuée (108). Cette revue datant de 2017 inclut deux études dont celle de Hölmich et al. incluse dans ce travail. Charlton et al. met en avant dans sa revue des preuves contradictoires de l'efficacité des interventions d'exercice pour la prévention des blessures à l'aine chez les athlètes de deux études prospectives (108). Holmich et al. montre une tendance non significative vers un effet favorable d'une intervention physique réalisée pour la prévention des blessures à l'aine. Cependant, l'autre étude de Tyler et al. montre une réduction de l'incidence des blessures par la mise en place d'une intervention en pré-saison (109). Cette dernière comporte un risque élevé de biais et de faibles scores standard de

déclaration d'exercice (108). Les données semblent insuffisantes et ne permettent pas d'aboutir à un résultat concluant.

De plus, la douleur à l'aine chez les athlètes est un problème complexe avec beaucoup de termes diagnostic existants. L'apparition d'une nouvelle définition en 2015 grâce à la réunion de Doha (47) permettra l'utilisation d'un même consensus dans les définitions et donc une comparaison des études.

D'autre part, le CA a prouvé son efficacité dans l'amélioration de la force des ADD qui est un facteur de risque des blessure à l'aine liée aux ADD (51), une seule étude a été menée sur son effet préventif à ce jour mais il semblerait efficace au vue de l'étude de Haroy et al. (84).

Enfin, une revue systématique a été réalisée en 2015 sur la prévention des tendinopathies patellaires et calcanéennes (110). 10 articles ont été inclus, comprenant 5 articles étudiant l'effet préventif des étirements associés au renforcement musculaire. Une seule étude sur un entraînement spécifique de l'équilibre a montré une diminution de l'incidence des tendinopathies patellaires et calcanéennes. Les autres interventions n'ont montré aucun effet préventif significatif. Les trois études utilisant uniquement les étirements n'ont pas montré de résultats positifs significatifs. Ainsi, aucune preuve n'a été trouvée pour un effet positif des exercices d'étirement (110).

Aucun consensus n'existe sur la tendinopathie, chaque étude a utilisé une méthode différente pour définir l'incidence des blessures, puis une autre définition des blessures (110). Ceci rend difficile la comparaison des études. Peters and al. relève un manque de connaissances sur les facteurs de risque et l'étiologie des tendinopathies qui font partie des connaissances nécessaires pour mettre en place un protocole de prévention (25). Les résultats de cette revue systématique montrent qu'une enquête plus approfondie est nécessaire sur les effets des interventions préventives sur l'incidence des tendinopathies (110) tout comme les résultats de Fredberg et al.

### **6.3. Implantation d'un protocole de prévention**

Pour implanter un protocole de prévention, il est essentiel de comprendre le contexte dans lequel l'intervention est introduite (105). Les stratégies de prévention des blessures doivent être adaptées au public concerné qui comprend les entraîneurs et les joueurs pour tenir compte des différentes connaissances de base sur les risques de blessures et les croyances en matière de prévention, ainsi que de l'expérience de jeu sportif de chacun

d'entre eux (111). Une étude sur l'effet des connaissances, des attitudes et des croyances sur les blessures des entraîneurs et des joueuses sur l'adhésion au programme FIFA 11+ chez les jeunes femmes a été réalisée. Elle a montré la présence de différentes lacunes dans les connaissances sur les blessures, leurs facteurs de risque et les stratégies de prévention efficaces pour les entraîneurs et les jeunes joueuses de football. Dans cette étude, le risque de blessure et les croyances en matière de prévention n'ont pas influencé de manière significative l'adhésion au programme d'échauffement de FIFA 11+. Cependant, les entraîneurs et les joueurs ayant plus d'années d'expérience étaient moins susceptibles d'adhérer au programme FIFA 11+ (111). Ainsi, les connaissances et l'expérience des athlètes et des entraîneurs peuvent avoir un impact sur l'adhérence à un programme de prévention.

En plus du contexte humain, le contexte temporel est à prendre en compte. Lors de la planification du calendrier d'entraînement annuel, il convient de prendre en considération d'éviter les exercices excentriques de haute intensité et de longue durée pendant les phases de compétition importantes. Ces efforts intenses peuvent être à l'origine d'événements indésirables comme des douleurs musculaires transitoires et des déficits de force pouvant altérer les performances (112).

La fréquence et l'intensité des exercices varient d'un programme à l'autre. Dans sa revue systématique, Vatovec et al. a montré que les interventions avec une fréquence hebdomadaire plus élevée ( $> 2$ ) ne semblent pas plus efficaces que celles avec une fréquence plus faible ( $\leq 2$ ) (106). De plus, une méta-analyse a montré que lorsque l'entraînement en résistance était assimilé au volume d'entraînement hebdomadaire, les basses fréquences (1 jour par semaine) et les hautes fréquences ( $\geq 3$  jours par semaine) produisent des gains de force similaires (113). Deux séances d'exercices par semaine semblent être suffisant pour fournir un effet préventif. Vatovec et al. a également mis en évidence des effets similaires des programmes d'exercice avec et sans progression de la charge (106). Cependant, les DOMS sont généralement associés à un travail musculaire inhabituel et de haute force et sont précipités par des actions excentriques (98). Ces DOMS peuvent être à l'origine d'une réduction de l'amplitude articulaire, d'altérations des schémas de recrutement musculaire et d'une diminution de la force musculaire (98). Les préjudices potentiels peuvent influencer sur la compliance de l'athlète au programme de prévention (104).

La compliance correspondant au suivi correct par les athlètes d'une intervention prescrite (94) est considérée comme un facteur clé de l'implantation d'un protocole de prévention. Deux essais contrôlés randomisés sur l'efficacité du programme FIFA 11+ ont

mis en évidence que le risque de subir une blessure était plus faible pour le groupe de compliance élevée, par rapport aux joueurs ayant une compliance intermédiaire ou faible (114,115). Soligard et al. a souligné que la durée du programme pouvait être un obstacle important à la mise en place d'un protocole (114). Une évaluation de l'implantation du Adductor Strengthening Programme a été réalisée. La majorité des joueurs ont passé moins de 5 minutes pour terminer le programme. Selon eux, l'approche à exercice unique a été un facilitateur important pour la réussite de la mise en œuvre (116). Les interventions de courtes durées auraient un meilleur taux de compliance.

## **7. Conclusion**

Les blessures au sein de la pratique sportive sont un problème de santé publique. De nombreuses blessures surviennent chaque année à cause du sport, entraînant une diminution de l'activité physique et du temps de travail ainsi que des frais médicaux importants. Dans le monde entier, le coût des blessures sportives est estimé à 1 milliard de dollars par an (117). Elles ont également un impact sur le bien être des sportifs.

Le MK a un rôle prépondérant dans la prévention des blessures. Il peut être amené à intervenir dans un club en prévention primaire ou des patients présentant des blessures peuvent le consulter et il sera amené à faire de la prévention secondaire.

Avec cette revue systématisée, on peut s'apercevoir que le renforcement excentrique a un effet préventif significatif sur certaines pathologies notamment la lésion des IJ et les blessures à l'aine. Le NHE a montré son efficacité à plusieurs reprises sur l'incidence des blessures aux IJ. Le CA a quant à lui montré son efficacité dans le renforcement des ADD. Un article étudiant son effet préventif a mis en évidence une diminution de l'incidence des blessures à l'aine avec cet exercice. Cependant, concernant les tendinopathies, les connaissances sur les facteurs de risque et l'étiologie semblent insuffisantes. Peu de protocole de prévention ont montré un effet significatif de réduction de la survenue des tendinopathies.

Dans la prévention pour le triple saut, l'ajout de ces deux exercices qui sont le NHE et le CA à deux entraînements par semaine en pré-saison pourrait diminuer le risque de blessure. Les modalités comme la fréquence et l'intensité des exercices intégrés au protocole de prévention peuvent être de futurs axes de recherches.

## Bibliographie

1. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries: A Review of Concepts. *Sports Med.* août 1992;14(2):82-99.
2. Longo UG, Loppini M, Berton A, Marinozzi A, Maffulli N, Denaro V. The FIFA 11+ program is effective in preventing injuries in elite male basketball players: a cluster randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* mai 2012;40(5):996-1005.
3. Dziewiecki K, Mazur Z, Blajer W. ASSESSMENT OF EXTERNAL AND INTERNAL LOADS IN THE TRIPLE JUMP VIA INVERSE DYNAMICS SIMULATION. *Biol Sport.* juin 2013;30(2):103-9.
4. IAAF [Internet]. Disponible sur: <https://www.worldathletics.org/disciplines/jumps/triple-jump>
5. IAAF Competition Rules 2018-2019, in force from 1 November 2017.
6. Aubert F, Blancon T, Levicq S. *Athlétisme 2. Les sauts.* Éditions Revue EPS. Paris; 2004.
7. Novacheck null. The biomechanics of running. *Gait Posture.* 1 janv 1998;7(1):77-95.
8. Hubiche J-L, Pradet M. *Comprendre l'athlétisme- sa pratique et son enseignement.* INSEP éditions. 2017.
9. Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, Brown NAT, Pandy MG. Mechanics of the Human Hamstring Muscles during Sprinting: *Med Sci Sports Exerc.* avr 2012;44(4):647-58.
10. Kenneally-Dabrowski CJB, Brown NAT, Lai AKM, Perriman D, Spratford W, Serpell BG. Late swing or early stance? A narrative review of hamstring injury mechanisms during high-speed running. *Scand J Med Sci Sports.* 22 mai 2019;sms.13437.
11. Hay JG. The biomechanics of the triple jump: A review. *J Sports Sci.* août 1992;10(4):343-78.
12. Hay JG. Citius, altius, longius (faster, higher, longer): The biomechanics of jumping for distance. *J Biomech.* janv 1993;26:7-21.
13. Liu H, Mao D, Yu B. Effect of approach run velocity on the optimal performance of the triple jump. *J Sport Health Sci.* 1 déc 2015;4(4):347-52.
14. Koh TJ, Hay JG. Landing Leg Motion and Performance in the Horizontal Jumps II: The Triple Jump. *J Appl Biomech.* 1 nov 1990;6(4):361-73.
15. Yu B, Andrews JG. The Relationship between Free Limb Motions and Performance in the Triple Jump. *J Appl Biomech.* mai 1998;14(2):223-37.



16. Hay JG, Miller JA. Techniques Used in the Triple Jump. *Int J Sport Biomech.* mai 1985;1(2):185-96.
17. Perttunen J, Kyrolainen H, Komi PV, Heinonen A. Biomechanical loading in the triple jump. *J Sports Sci.* janv 2000;18(5):363-70.
18. Allen SJ, Yeadon MR (Fred), King MA. The effect of increasing strength and approach velocity on triple jump performance. *J Biomech.* 8 déc 2016;49(16):3796-802.
19. Ramey MR, Williams KR. Ground Reaction Forces in the Triple Jump. *Int J Sport Biomech.* août 1985;1(3):233-9.
20. Brimberg J, Hurley B, Ladany SP. An operations research approach to the triple jump. *Int J Sport Manag Mark [Internet].* 18 nov 2005 [cité 11 nov 2019]; Disponible sur: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJSMM.2006.008116>
21. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med Auckl NZ.* 1 mars 2012;42(3):209-26.
22. Edouard P, Alonso J-M, Serra J-M, Fischetto G, Adams B, Mountjoy M, et al. Incidences et caractéristiques des blessures lors des Championnats internationaux d'athlétisme 2011 et 2012. *J Traumatol Sport.* mars 2014;31(1):18-27.
23. Timpka T, Alonso J-M, Jacobsson J, Junge A, Branco P, Clarsen B, et al. Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): Consensus statement. *Br J Sports Med.* avr 2014;48(7):483-90.
24. Alonso JM, Junge A, Renström P, Engebretsen L, Mountjoy M, Dvorak J. Sports injuries surveillance during the 2007 IAAF World Athletics Championships. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* janv 2009;19(1):26-32.
25. Junge A, Engebretsen L, Alonso JM, Renstrom P, Mountjoy M, Aubry M, et al. Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach. *Br J Sports Med.* 7 avr 2008;42(6):413-21.
26. Jacobsson J, Timpka T, Kowalski J, Nilsson S, Ekberg J, Dahlström Ö, et al. Injury patterns in Swedish elite athletics: annual incidence, injury types and risk factors. *Br J Sports Med.* oct 2013;47(15):941-52.
27. Jacobsson J, Timpka T, Kowalski J, Nilsson S, Ekberg J, Renström P. Prevalence of Musculoskeletal Injuries in Swedish Elite Track and Field Athletes. *Am J Sports Med.* janv 2012;40(1):163-9.
28. Alonso J-M, Edouard P, Fischetto G, Adams B, Depiesse F, Mountjoy M. Determination of future prevention strategies in elite track and field: analysis of Daegu 2011 IAAF Championships injuries and illnesses surveillance. *Br J Sports Med.* juin 2012;46(7):505-14.
29. Bennell KL, Crossley K. Musculoskeletal injuries in track and field: incidence, distribution and risk factors. *Aust J Sci Med Sport.* sept 1996;28(3):69-75.

30. Edouard P, Branco P, Alonso J-M. Muscle injury is the principal injury type and hamstring muscle injury is the first injury diagnosis during top-level international athletics championships between 2007 and 2015. *Br J Sports Med.* mai 2016;50(10):619-30.
31. D'Souza D. Track and field athletics injuries--a one-year survey. *Br J Sports Med.* 1 sept 1994;28(3):197-202.
32. Bahr R, Holme I. Risk factors for sports injuries — a methodological approach. *Br J Sports Med.* oct 2003;37(5):384-92.
33. Meeuwisse W. Assessing Causation in Sport Injury: A Multifactorial Model. *Clin J Sport Med.* juill 1994;4(3):166-70.
34. Messina DF, Farney WC, DeLee JC. The incidence of injury in Texas high school basketball. A prospective study among male and female athletes. *Am J Sports Med.* juin 1999;27(3):294-9.
35. Bahr R, Bahr IA. Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. *Scand J Med Sci Sports.* juin 1997;7(3):166-71.
36. Chomiak J, Junge A, Peterson L, Dvorak J. Severe injuries in football players. Influencing factors. *Am J Sports Med.* 2000;28(5 Suppl):S58-68.
37. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur. Membre inférieur. Tome 1. 3ème édition. Paris: Elsevier Masson; 2015.
38. Edouard P, Serra J-M, Pruvost J, Depiesse F. Les lésions musculaires des ischio-jambiers. *J Traumatol Sport.* 1 sept 2013;30(3):176-84.
39. Upton PA, Noakes TD, Juritz JM. Thermal pants may reduce the risk of recurrent hamstring injuries in rugby players. *Br J Sports Med.* mars 1996;30(1):57-60.
40. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Hölmich P. Acute hamstring injuries in Danish elite football: a 12-month prospective registration study among 374 players. *Scand J Med Sci Sports.* août 2010;20(4):588-92.
41. Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med.* févr 2001;35(1):43-7.
42. Järvinen TA, Kääriäinen M, Järvinen M, Kalimo H. Muscle strain injuries. *Curr Opin Rheumatol.* mars 2000;12(2):155-61.
43. Freckleton G, Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* avr 2013;47(6):351-8.
44. Edouard P, Serra J-M, Cugy E, Morel N, Hertert P, Dolin R, et al. Prévention des blessures en athlétisme : démarche scientifique par application du modèle de van Mechelen en quatre étapes. *J Traumatol Sport.* mars 2016;33(1):34-42.

45. Bouvard M, Lippa A, Reboul G, Lutz C. La pubalgie du sportif. *J Traumatol Sport*. 1 juin 2012;29(2):105-28.
46. Davies AG, Clarke AW, Gilmore J, Wotherspoon M, Connell DA. Review: imaging of groin pain in the athlete. *Skeletal Radiol*. juill 2010;39(7):629-44.
47. Weir A, Brukner P, Delahunt E, Ekstrand J, Griffin D, Khan KM, et al. Doha agreement meeting on terminology and definitions in groin pain in athletes. *Br J Sports Med*. juin 2015;49(12):768-74.
48. Serner A, van Eijck CH, Beumer BR, Hölmich P, Weir A, de Vos R-J. Study quality on groin injury management remains low: a systematic review on treatment of groin pain in athletes. *Br J Sports Med*. juin 2015;49(12):813.
49. Bouvard M, Dorochenko P, Lanusse P, Duraffour H. La pubalgie du sportif — stratégie thérapeutique. /data/revues/0762915X/00210003/146/ [Internet]. 19 févr 2008 [cité 16 mars 2020]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/86663>
50. Hölmich P. Long-standing groin pain in sportspeople falls into three primary patterns, a « clinical entity » approach: a prospective study of 207 patients. *Br J Sports Med*. avr 2007;41(4):247-52; discussion 252.
51. Whittaker JL, Small C, Maffey L, Emery CA. Risk factors for groin injury in sport: an updated systematic review. *Br J Sports Med*. juin 2015;49(12):803-9.
52. Bouvard M, Marion C, Lippa A, Montaudon M. Anatomie et tendinopathie patellaire : un malentendu. *J Traumatol Sport*. 1 déc 2018;35(4):231-9.
53. Basso O, Johnson DP, Amis AA. The anatomy of the patellar tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2001;9(1):2-5.
54. Chanussot J-C, Danowski R-G. Traumatologie du sport. 8ème édition. Elsevier Masson; 2012. (Abrégés).
55. Warden SJ, Brukner P. Patellar tendinopathy. *Clin Sports Med*. 1 oct 2003;22(4):743-59.
56. Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson GJ. Jumper's knee. *Orthop Clin North Am*. juill 1973;4(3):665-78.
57. Sancerne A, Kaux JF. Revue épidémiologique des tendinopathies les plus fréquentes. *J Traumatol Sport*. 1 déc 2015;32(4):223-8.
58. Kvist M. Achilles tendon injuries in athletes. *Sports Med Auckl NZ*. sept 1994;18(3):173-201.
59. Delagoutte J-P, Gervaise A. Pathologie du tendon calcanéen. Datatraitap15-52465 [Internet]. 5 févr 2010 [cité 8 mars 2020]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/242968>

60. Bard H. Tendinopathies : étiopathogénie, diagnostic et traitement. Datatraitésap15-51182 [Internet]. 21 avr 2012 [cité 8 mars 2020]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/696069>
61. Kaux J-F, Crielaard J-M. Tendon et tendinopathie. J Traumatol Sport. 1 déc 2014;31(4):235-40.
62. PROMOTION DE LA SANTE - Charte d'OTTAWA. :6.
63. Organisation mondiale de la santé. Health Promotion glossary [Internet]. 1999. Disponible sur: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67245/WHO\\_HPR\\_HEP\\_98.1\\_fre.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67245/WHO_HPR_HEP_98.1_fre.pdf)
64. FLAJOLET A. Mission au profit du gouvernement relative aux disparités territoriales des politiques de prévention sanitaire [Internet]. 2007. Disponible sur: [https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport\\_Flajolet.pdf](https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_Flajolet.pdf)
65. Le référentiel de la profession. [Internet]. Ordre des masseurs-kinésithérapeutes. 2012 [cité 22 mars 2020]. Disponible sur: <http://www.ordremk.fr/actualites/ordre/le-referentiel-du-masseur-kinesitherapeute-et-du-masseur-kinesitherapeute-osteopathe/>
66. Mountjoy M, Junge A. The role of International Sport Federations in the protection of the athlete's health and promotion of sport for health of the general population. Br J Sports Med. nov 2013;47(16):1023-7.
67. Olympic Movement Medical Code In force as from 31 March 2016 [Internet]. Disponible sur: <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Olympic-Movement-Medical-Code-31-03-2016.pdf>
68. Olympic charter, in force as from 26 june 2019 [Internet]. Disponible sur: <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/General/EN-Olympic-Charter.pdf>
69. Fuller C, Drawer S. The application of risk management in sport. Sports Med Auckl NZ. 2004;34(6):349-56.
70. Steffen K, Andersen TE, Krosshaug T, Mechelen W van, Myklebust G, Verhagen EA, et al. ECSS Position Statement 2009: Prevention of acute sports injuries. Eur J Sport Sci. 1 juill 2010;10(4):223-36.
71. Sadigursky D, Braid JA, De Lira DNL, Machado BAB, Carneiro RJF, Colavolpe PO. The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review. BMC Sports Sci Med Rehabil [Internet]. 28 nov 2017 [cité 3 nov 2019];9. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5704377/>
72. Fer C, Serra J-M, Depiesse F, Edouard P. Analyse de l'efficacité du programme « Décathlon de prévention des blessures » en athlétisme : étude pilote de faisabilité. J Traumatol Sport. 1 mars 2017;34(1):15-28.

73. Zaugg V, Savoldelli V, Sabatier B, Durieux P. Améliorer les pratiques et l'organisation des soins : méthodologie des revues systématiques | Cairn.info. oct 2014 [cité 24 mars 2020];26. Disponible sur: <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2014-5-page-655.htm>
74. Haute Autorité de Santé. État des lieux, preuve, gradation des recommandations de bonnes pratiques [Internet]. 2013 [cité 24 mars 2020]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat\\_des\\_lieux\\_niveau\\_preuve\\_gradation.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf)
75. Pillot A. Evidence-based practice en rééducation. Elsevier Masson; 2019.
76. Stratégie de recherche thématique et indexée par MEDLINE sur la toile\*. /data/revues/01815512/00220001/136/ [Internet]. 8 mars 2008 [cité 31 mars 2020]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/111101>
77. Cochrane Developmental, Psychosocial and Learning Problems. Data collection form for intervention reviews: RCTs only [Internet]. 2014 [cité 17 avr 2020]. Disponible sur: /data-extraction-forms
78. Schulz KF, Altman DG, Moher D, Group for the C. CONSORT 2010 Statement: Updated Guidelines for Reporting Parallel Group Randomised Trials. PLOS Med. 24 mars 2010;7(3):e1000251.
79. Gedda M. Traduction française des lignes directrices CONSORT pour l'écriture et la lecture des essais contrôlés randomisés. Kinésithérapie Rev. 1 janv 2015;15(157):28-33.
80. Hoef PA van de, Brink MS, Huisstede BMA, Smeden M van, Vries N de, Goedhart EA, et al. Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players? – A cluster-RCT. Scand J Med Sci Sports. 2019;29(4):515-23.
81. 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.
82. 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.
83. Hölmich P, Larsen K, Krogsgaard K, Gluud C. Exercise program for prevention of groin pain in football players: a cluster-randomized trial. Scand J Med Sci Sports. déc 2010;20(6):814-21.
84. Harøy J, Clarsen B, Wiger EG, Øyen MG, Serner A, Thorborg K, et al. The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial. Br J Sports Med. févr 2019;53(3):150-7.
85. Fredberg U, Bolvig L, Andersen NT. Prophylactic training in asymptomatic soccer players with ultrasonographic abnormalities in Achilles and patellar tendons: the Danish Super League Study. Am J Sports Med. mars 2008;36(3):451-60.

86. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports Med.* mars 2006;40(3):193-201.
87. Clarsen B, Myklebust G, Bahr R. Development and validation of a new method for the registration of overuse injuries in sports injury epidemiology: the Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) overuse injury questionnaire. *Br J Sports Med.* mai 2013;47(8):495-502.
88. Porta M. *A dictionary of epidemiology* : Oxford University press. 2014.
89. Schulz KF, Chalmers I, Altman DG. The landscape and lexicon of blinding in randomized trials. *Ann Intern Med.* 5 févr 2002;136(3):254-9.
90. Fédération Internationale de Football Association. FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. [Internet]. 2006. Disponible sur: <http://www.fifa.com/aboutfifa/media/newsid=529882.html>
91. Lees A, Nolan L. The biomechanics of soccer: a review. *J Sports Sci.* avr 1998;16(3):211-34.
92. Klein C, Henke T, Platen P. Injuries in football (soccer)—a systematic review of epidemiology and aetiological aspects. *Ger J Exerc Sport Res.* 1 sept 2018;48(3):309-22.
93. Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. The epidemiology of groin injury in senior football: a systematic review of prospective studies. *Br J Sports Med.* juin 2015;49(12):792-7.
94. Verhagen EALM, Hupperets MDW, Finch CF, van Mechelen W. The impact of adherence on sports injury prevention effect estimates in randomised controlled trials: looking beyond the CONSORT statement. *J Sci Med Sport.* juill 2011;14(4):287-92.
95. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med Auckl NZ.* 1 oct 2010;40(10):859-95.
96. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *Br J Sports Med.* juill 2017;51(13):1021-8.
97. Frank JB, Jarit GJ, Bravman JT, Rosen JE. Lower extremity injuries in the skeletally immature athlete. *J Am Acad Orthop Surg.* juin 2007;15(6):356-66.
98. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med Auckl NZ.* 2003;33(2):145-64.
99. Hölmich P, Uhrskou P, Ulnits L, Kanstrup IL, Nielsen MB, Bjerg AM, et al. Effectiveness of active physical training as treatment for long-standing adductor-related groin pain in athletes: randomised trial. *Lancet Lond Engl.* 6 févr 1999;353(9151):439-43.
100. Ishøi L, Sørensen CN, Kaae NM, Jørgensen LB, Hölmich P, Serner A. Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football: A randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* nov 2016;26(11):1334-42.

101. Taylor R, Vuckovic Z, Mosler A, Agricola R, Otten R, Jacobsen P, et al. Multidisciplinary Assessment of 100 Athletes With Groin Pain Using the Doha Agreement: High Prevalence of Adductor-Related Groin Pain in Conjunction With Multiple Causes. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2018;28(4):364-9.
102. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*. oct 1997;77(10):1090-6.
103. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 21 juill 2009;6(7):e1000097.
104. Goldman EF, Jones DE. Interventions for preventing hamstring injuries: a systematic review. *Physiotherapy*. juin 2011;97(2):91-9.
105. van Dyk N, Behan FP, Whiteley R. Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. *Br J Sports Med*. nov 2019;53(21):1362-70.
106. Vatovec R, Kozinc Ž, Šarabon N. Exercise interventions to prevent hamstring injuries in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Sport Sci*. 13 nov 2019;1-13.
107. Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ*. mai 2017;47(5):907-16.
108. Charlton PC, Drew MK, Mentiplay BF, Grimaldi A, Clark RA. Exercise Interventions for the Prevention and Treatment of Groin Pain and Injury in Athletes: A Critical and Systematic Review. *Sports Med Auckl NZ*. oct 2017;47(10):2011-26.
109. Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ, Donellan S, McHugh MP. The effectiveness of a preseason exercise program to prevent adductor muscle strains in professional ice hockey players. *Am J Sports Med*. oct 2002;30(5):680-3.
110. Peters JA, Zwerver J, Diercks RL, Elferink-Gemser MT, van den Akker-Scheek I. Preventive interventions for tendinopathy: A systematic review. *J Sci Med Sport*. mars 2016;19(3):205-11.
111. McKay CD, Steffen K, Romiti M, Finch CF, Emery CA. The effect of coach and player injury knowledge, attitudes and beliefs on adherence to the FIFA 11+ programme in female youth soccer. *Br J Sports Med*. sept 2014;48(17):1281-6.
112. Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Pehlivanidis H, Papadopoulou S, Valle X, Malliaras P, et al. Hamstring exercises for track and field athletes: injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. *Br J Sports Med*. sept 2012;46(12):846-51.
113. Ralston GW, Kilgore L, Wyatt FB, Buchan D, Baker JS. Weekly Training Frequency Effects on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Med - Open*. 3 août 2018;4(1):36.

114. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ* [Internet]. 10 déc 2008 [cité 13 avr 2020];337. Disponible sur: <https://www.bmj.com/content/337/bmj.a2469>
115. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, Insler S, Bizzini M, Pohlig R, et al. Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *Am J Sports Med.* nov 2015;43(11):2628-37.
116. Harøy J, Wiger EG, Bahr R, Andersen TE. Implementation of the Adductor Strengthening Programme: Players primed for adoption but reluctant to maintain - A cross-sectional study. *Scand J Med Sci Sports.* août 2019;29(8):1092-100.
117. Murphy D, Connolly D, Beynnon B. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med.* févr 2003;37(1):13-29.



## Annexes

Annexe I : Fiche de lecture.....	60
Annexe II : Tableau récapitulatif des caractéristiques des données .....	61
Annexe III : Grille CONSORT .....	62

## Annexe I : Fiche de lecture

### Fiche de lecture

Références biblio (format Vancouver)		
Sujets (mots-clés)		
Lien avec le thème		
Récapitulatif de l'étude	Caractéristiques de l'étude	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Type d'étude :</li> <li>- Objectifs de l'étude :</li> <li>- Critères de jugement :</li> <li>- Durée de l'étude :</li> <li>- Design de l'étude :</li> </ul>
	Caractéristiques de la population	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taille :</li> <li>- Critères d'inclusion :</li> <li>- Critères d'exclusion :</li> </ul>
	Caractéristiques de l'intervention	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composition en exercices :</li> <li>- Condition de mise en place :</li> <li>- Durée du programme :</li> <li>- Fréquence de réalisation :</li> </ul>
	Limitations de l'étude	
Extraits significatifs		
Commentaires personnels		

## Annexe II : Tableau récapitulatif des caractéristiques des données

Références	Design de l'étude	Objectif de l'étude	Outcome (mesure)	Localisation	Taille population	Genre	Age	Niveau/Sport	Durée	Exercices intervention	Exercices contrôle	Fréquence (/ semaine)	Score de qualité

## Annexe III : Grille CONSORT

### Liste de contrôle CONSORT 2010

Section/Sujet	Item n°	Description	Présence (page n°)
<b>TITRE &amp; RÉSUMÉ</b>			
	1a	Identification en tant qu' "essai randomisé" dans le titre	
	1b	Résumé structuré du plan d'essai, méthodes, résultats et conclusions (pour une aide spécifique voir CONSORT pour Abstract)	
<b>INTRODUCTION</b>			
<b>Contexte et objectifs</b>	2a	Contexte scientifique et explication du bien-fondé	
	2b	Objectifs spécifiques et hypothèses	
<b>MÉTHODES</b>			
<b>Plan de l'essai</b>	3a	Description du plan de l'essai (tel que : groupes parallèles, plan factoriel) en incluant les ratios d'allocation	
	3b	Changements importants de méthode après le début de l'essai (tel que les critères d'éligibilité), en expliquer la raison	
<b>Participants</b>	4a	Critères d'éligibilité des participants	
	4b	Structures et lieux de recueil des données	
<b>Interventions</b>	5	Interventions pour chaque groupe avec suffisamment de détails pour pouvoir reproduire l'étude, en incluant comment et quand elles ont été véritablement conduites	
<b>Critères de jugement</b>	6a	Critères "à priori" de jugement principal et secondaires entièrement définis, en incluant comment et quand ils ont été évalués	
	6b	Changement quelconque de critères de jugement après le début de l'essais, en expliquer la raison	
<b>Taille de l'échantillon</b>	7a	Comment la taille de l'échantillon a-t-elle été déterminé ?	
	7b	Quand cela est applicable, explication des analyses intermédiaires et des règles d'arrêt	
<b>RANDOMISATION</b>			
<b>Production de la séquence</b>	8a	Méthode utilisée pour générer la séquence d'allocation par tirage au sort	
	8b	Type de randomisation, en incluant les détails relatifs à une méthode de restriction (comme par ex. : par blocs, avec la taille des blocs)	
<b>Mécanisme d'assignation secrète</b>	9	Mécanisme utilisé pour mettre en œuvre la séquence d'allocation randomisée (comme par exemple : l'utilisation d'enveloppes numérotées séquentiellement), en décrivant chaque mesure prise pour masquer l'allocation jusqu'à l'assignation des interventions.	
<b>Mise en oeuvre</b>	10	Qui a généré la séquence d'allocation, qui a enrôlé les participants et qui a assigné les participants à leurs groupes	

Section/Sujet	Item n°	Description	Présence (page n°)
<b>Aveugle</b>	11a	Au cas où, décrire qui a été en aveugle après l'assignation des interventions (par exemple, les participants, les administrateurs de traitement, ceux qui évaluent les résultats) et comment ont-ils été empêchés de savoir	
	11b	Si approprié, description de la similitude des interventions	
<b>Méthodes statistiques</b>	12a	Méthodes statistiques utilisées pour comparer les groupes au regard des critères de jugement principal et secondaires	
	12b	Méthodes utilisées pour des analyses supplémentaires, telles que des analyses de sous-groupes ou des analyses ajustées	
<b>RÉSULTATS</b>			
<b>Flux des participants (un diagramme est fortement conseillé)</b>	13a	Pour chaque groupe, le nombre de participants qui ont été assignés par tirage au sort, qui ont reçu le traitement qui leur était destiné, et qui ont été analysés pour le critère de jugement principal	
	13b	Pour chaque groupe, abandons et exclusions après la randomisation, en donner les raisons	
<b>Recrutement</b>	14a	Dates définissant les périodes de recrutement et de suivi	
	14b	Pourquoi l'essai a-t-il pris fin ou a été interrompu	
<b>Données initiales</b>	15	Une table décrivant les caractéristiques initiales démographiques et cliniques de chaque groupe	
<b>Effectifs analysés</b>	16	Nombre de participants (dénominateur) inclus dans chaque analyse en précisant si l'analyse a été faite avec les groupes d'origine	
<b>Critères de jugement et estimations</b>	17a	Pour chaque critère de jugement principal et secondaire, donner les résultats pour chaque groupe, et la taille estimée de l'effet ainsi que sa précision (comme par ex. : intervalles de confiance à 95%)	
	17b	Pour les variables binaires, une présentation de la taille de l'effet en valeurs absolues et relatives est recommandée	
<b>Analyses accessoires</b>	18	Résultats de toute analyse supplémentaire réalisée, en incluant les analyses en sous-groupes et les analyses ajustées, et en distinguant les analyses spécifiées a priori des analyses exploratoires	
<b>Risques</b>	19	Tous les risques importants ou effets secondaires inattendus dans chaque groupe (pour un conseil détaillé voir ' <i>CONSORT for harms</i> ')	
<b>DISCUSSION</b>			
<b>Limitations</b>	20	Limitations de l'essai, en tenant compte des sources de biais potentiels ou d'imprécision, et au cas où, en tenant compte de la multiplicité des analyses	
<b>« Généralisabilité »</b>	21	« Généralisabilité » (validité externe, applicabilité) des résultats de l'essai	
<b>Interprétation</b>	22	Interprétations/conclusions cohérentes avec les résultats, en tenant compte du ratio bénéfices/risques et de possibles autres faits pertinents	

Section/Sujet	Item n°	Description	Présence (page n°)
<b>INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES</b>			
<b>Enregistrement</b>	23	Numéro d'enregistrement de l'essai en précisant le registre utilisé	
<b>Protocole</b>	24	Où le protocole complet de l'essai peut-il être consulté, si possible	
<b>Financement</b>	25	Sources de financement et autres ressources (par ex. : fourniture de médicaments), rôle des donateurs	

QUEAU Marion

TITRE : Quelle proposition de programme de prévention primaire peut limiter les blessures chez le triple sauteur ?

**Introduction** : Le triple saut est une discipline traumatisante de l'athlétisme et prédispose les athlètes aux lésions des ischio-jambiers (IJ), aux blessures à l'aine et aux tendinopathies. La prévention est utilisée dans le sport afin de diminuer l'incidence des blessures. Certains protocoles ont été élaborés pour certains sports. Cependant, aucun protocole n'a été validé en athlétisme.

**Méthodes** : Une revue systématisée a été réalisée pour identifier les programmes de prévention existants dans les pathologies les plus fréquentes au triple saut.

**Résultats** : 6 essais contrôlés randomisés ont été analysés comprenant 3 études sur la lésion des IJ, 2 études sur les blessures à l'aine et 1 étude sur les tendinopathies. Chaque article étudie l'effet du programme sur l'incidence de la blessure concernée.

**Discussion-Conclusion** : Le Nordic Hamstring Exercise (NHE) et le Copenhagen Adduction Exercise (CA) ont montré leur efficacité dans l'amélioration de la condition physique des athlètes et la diminution de l'incidence des lésions des IJ et des blessures à l'aine. Concernant les tendinopathies, aucun résultat concluant n'a été mis en avant. Le NHE et le CA peuvent être proposés aux triples sauteurs

Mots-clés : triple saut, prévention, pubalgie, ischio-jambiers, tendinopathie

TITLE : What proposal for a primary prevention program can limit injuries in the triple jumper ?

**Background** : Triple jump is a traumatic discipline which predisposes athletes to hamstring strains, groin pain and tendinopathies. Sports use prevention to reduce injuries incidence. However, there are none injury program in track and field.

**Methods** : A review of the literature was made to identify existing prevention programs for frequent injuries in triple jump.

**Results** : 6 randomised controlled trial were analysed including 3 studies on hamstring strains, 2 studies on groin injuries and 1 study on tendinopathies. Each article examines the effect of the program on the incidence of the injury concerned

**Discussion-Conclusion** : Nordic Hamstring Exercise (NHE) et Copenhagen Adduction Exercise (CA) have been shown to be effective in improving the physical condition of athletes and reducing the incidence of hamstring strains and groin injuries. Regarding tendinopathies, no conclusive results have been put forward. NHE and CA can be proposed in prevention to triple jumpers.

Keywords : triple jump, prevention, groin pain, hamstring, tendinopathy

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE - BREST-  
22 avenue Camille Desmoulins 29238 Brest CEDEX 3  
TRAVAIL ÉCRIT DE FIN D'ÉTUDE - 2016-2020