



HAL
open science

Quels sont les facteurs de risque de blessures musculo-tendineuses des ischio-jambiers chez le sprinteur ?

Olivier Richard

► To cite this version:

Olivier Richard. Quels sont les facteurs de risque de blessures musculo-tendineuses des ischio-jambiers chez le sprinteur ?. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03358315

HAL Id: dumas-03358315

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03358315>

Submitted on 29 Sep 2021

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.



Ecole des Sciences et de la Réadaptation
Formation en Masso- kinésithérapie
Année universitaire 2020-2021

Quels sont les facteurs de risque de blessures musculo-tendineuses des ischio-jambiers chez le sprinteur ?

Remerciements :

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de mes études supérieures et qui m'ont aidé dans la rédaction de ce mémoire.

Dans un premier temps je tiens à remercier ma directrice de mémoire, Madame Hélène Portefaix, pour sa patience, sa disponibilité et ses conseils judicieux qui ont alimenté ma réflexion personnelle.

Je tiens à remercier également toute l'équipe pédagogique de l'université Aix-Marseille, les nombreux intervenants, tous les professionnels de la santé qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils, leurs critiques ont guidé ma réflexion et ont forgé le praticien futur que je serai.

Un grand merci à ma mère et mon père, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique, qui m'a permis de réaliser les études que je voulais.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à mes amis et mes collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de mes études.

A toutes et à tous, je présente mes remerciements, mon respect et mon entière gratitude.

Abstract :

Facteurs de risques de lésions musculo-tendineuses des ischio-jambiers chez le sprinteur :

Introduction : Le sprint est une discipline à part entière mais se retrouve dans de nombreux sports. Les blessures aux ischio-jambiers sont des événements très fréquents dans la population sprinteuse. Il paraît donc important de déterminer les facteurs ayant un impact dans la survenue des lésions musculo-tendineuses des ischio-jambiers

Objectif : Identifier dans la littérature les facteurs de risques de lésions musculo-tendineuses spécifiques au sprinteur.

Méthodologie : 6 articles sur 231 répondent aux critères définis préalablement, l'analyse de ces articles a permis d'extraire des résultats répondant à la problématique.

Résultats : L'analyse des articles a permis d'identifier les facteurs anthropologiques tels que les antécédents de blessures, le déséquilibre musculaire et la constitution du tendon, ainsi que la présence de facteurs biomécaniques comme la charge mécanique appliquée, les étirements statiques avant le sprint et l'entraînement par « Nordic Hamstring »

Discussion : La revue possède un faible niveau de preuves et certains biais qui ne permettent pas d'affirmer un lien de causalité entre la survenue des lésions musculaires et les facteurs étudiés.

Cependant cette revue nous donne des perspectives de réflexion sur la survenue des lésions musculo-tendineuses des ischio-jambiers.

Mots clefs : sprinteur, blessure, ischio-jambiers, facteur de risque

Risk factors for hamstring injury in high speed runner :

Introduction : Sprinting is a discipline found in many sports. Hamstring injuries are very common in sprinting athletes. It is therefore important to determine the risk factors for Hamstring injuries.

Objective : Identify in the literature the risk factors for musculotendinous injuries in sprinters.

Methods : 6 of 231 items meet the criteria, the analysis of the articles made it possible to extract results answering the problematic

Résultats : Analysis of the articles identified factors such as injury history, muscle imbalance, tendon build-up, mechanical load, sprint stretching and nordic hamstring training.

Discussion : The review has a low level of evidence and certain biases which do not allow a causal link between the muscle injury and factors studied. However, this review gives us some perspective on the occurrence of musculotendinous injury of Hamstrings.

Key Word : High speed runner, Hamstring injury, Risk factor

Sommaire :

Table des matières

1 Introduction	1
1-1 Les ischios-jambiers	3
1-2 Les lésions des ischio-jambiers	5
1.2.1 Mécanisme lésionnel :	6
1.2.2 La régénération musculaire	7
1.2.3 Le diagnostic clinique	9
1.2.4 Les tests fonctionnels	9
1.2.5 La rééducation	10
1.2.6 Classification des lésions	11
1-3 Le sprint	14
2-Méthodologie	20
2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue	20
2.1.1 Types d'études sélectionnées	20
2.1.2 Population/ Pathologie	21
2.1.3 Intervention	21
2.1.4 Objectif/Critère de jugement	22
2.2 Méthodologie de recherche des études	22
2.2.1 Sources documentaires investiguées	22
2.2.2 Equation de recherche	22
2.3 Extraction et analyse des données :	24
2.3.1 Sélection des études :	24
2.3.2 Extraction des données :	24
2.3.3 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées	25
2.3.4 Méthode de synthèse des résultats	26
3 Résultats	27
3.1 Description des études	27
3.1.1 Résultats des recherches	27
3.1.2 Etudes exclues	28
3.1.3 Etudes incluses	29
3.2 Risques de biais des études incluses	36
3.2.1 Grille d'analyse étudiée	36
3.2.2 Synthèse des biais retrouvés	38

3.3 Effets de l'intervention	40
4 Discussion	41
4.1 Analyse des principaux résultats	41
4.1.1 Facteurs de risques anthropologiques	41
4.1.2 Facteurs de risques biomécaniques	48
4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique	54
4.3 Qualité des preuves	57
4.4 Biais potentiel de la revue	58
5. Conclusion	60
Bibliographie	61

1 Introduction

De nos jours la course à pied est devenue un phénomène de société. La population française s'adonne à une pratique sportive de façon régulière, souvent dans le but de se divertir, d'épanouissement personnel, pour se dépenser, pour rester en forme ou évacuer le stress. Tout le monde court, que ce soit à des fins de loisirs ou compétitives la course est devenue le sport incontournable en France. C'est un sport universel qui remonte aux temps de la Grèce ancienne. Il est pratiqué dans le monde entier et considéré comme le sport pilier des jeux olympiques.

Il y aurait selon la Fédération Française d'Athlétisme (étude sportlab 2015) 16,5 millions de coureurs en France en 2015 [1]. Cette pratique a connu une progression spectaculaire depuis le début des années 2000. Avec au début de l'an 2000 une population de 6 millions de coureurs, qui évolue rapidement à 8,5 millions de pratiquants en 2013 pour arriver 2 ans plus tard en 2015 à une population de près de 16,5 millions de Runners.

En 2015, on estime que 25% de la population sportive pratique la course à pied.



Consécutivement à cette augmentation de pratiquants, le nombre des blessures musculosquelettiques a aussi augmenté.

Cependant comme toute pratique sportive, la pratique de la course n'est pas sans risque. Des blessures sportives et des accidents de la voie publique peuvent porter atteinte à la santé du sportif, ces blessures se situent majoritairement sur les membres inférieurs.

Dans le monde de l'athlétisme il existe de nombreuses disciplines qui sont diverses et variées regroupant des sports de course, de lancer et de saut [2].

La spécialité « course » est elle-même comme les autres épreuves divisées en plusieurs catégories qui s'illustrent par la présence d'obstacles et/ou de distances variables (100m, marathon, 400m haies...).

Dans ce mémoire nous allons nous intéresser à une pratique bien spécifique de la course qu'est le sprint, et plus particulièrement aux sprints courts qui correspondent aux sprints allant de 50m à 200m.

Le sprint se retrouvant dans de nombreuses disciplines comme les sports collectifs tels que le football, le rugby... Il semble primordial de comprendre l'aspect bio mécanique ainsi que les facteurs susceptibles d'intervenir dans l'apparition de la pathologie.

Ce travail permettra aux masseurs-kinésithérapeutes d'avoir une meilleure prise en charge de cette pathologie et d'intervenir en amont dans un rôle de prévention.

1-1 Les ischios-jambiers

Les ischios-jambiers (IJ) est un ensemble constitué de 3 muscles composant la musculature de la partie postérieure de la cuisse [3]. Ces muscles sont bi-articulaires en ayant une action sur la hanche et le genou.

On retrouve sur la partie latérale la longue portion du biceps fémoral (LPBF) et la courte portion du biceps fémoral (CPBF), médialement se trouve le semi-membraneux (SM) et le semi-tendineux (ST).

Ces 3 muscles ont tous une origine commune sur la tubérosité ischiatique, néanmoins leurs dispositions sur la tubérosité ischiatique varient.

La fonction biomécanique des ischios-jambiers (IJ) est capitale dans la position bipédique, elle influence directement la position du membre inférieur et permet de maintenir une posture droite en faisant partie de la chaîne postérieure qui empêche la chute antérieure du corps.

La complexité de ces muscles réside sur le fait que les IJ peuvent à la fois fonctionner comme un complexe qui travaille en synergie avec l'ensemble du groupe musculaire et/ou avec les muscles antagonistes de la chaîne antérieure.

D'un point de vue histologique, des similitudes et des différences architecturales sont visibles entre les différents chefs du complexe ischio-jambier. La similitude est modérée entre le LPBF et la CPBF, en revanche la similitude est faible entre SM et ST, entre la LPBF et le SM. Cette similitude a été calculée grâce à un indice de similarité qui prend en compte la longueur du sarcomère, la longueur moyenne des fibres, la section transversale des fibres et l'angle de pennation des différents muscles [4].

De plus, l'architecture musculaire varie tout au long de sa longueur. Selon un gradient disto-proximal l'épaisseur musculaire augmente, cela suggère que l'architecture n'est pas uniforme et que les paramètres comparés précédemment dépendent du site de mesure [5]. Cela explique qu'il y a des zones de faiblesses, notamment aux jonctions myo-tendineuses.

Les IJ sont notamment les principaux antagonistes de la chaîne quadricipitale. Leur co-activation permet d'équilibrer le bassin et le membre inférieur. La principale contraction des IJ s'exerce lors d'une activité excentrique.

Cependant ils peuvent aussi travailler individuellement [6] dans une composante mono ou bi articulaire. Ces muscles permettent notamment d'absorber l'énergie lors de la phase d'oscillation et de la redistribuer.

Au niveau du genou, les ischio-jambiers ont un rôle de stabilisateur dynamique de l'articulation. En effet les ischio-jambiers travaillent en synergie avec le ligament croisé

antérieur (LCA) pour limiter le tiroir antérieur [7]. Le tiroir antérieur se produit constamment lors de l'attaque du talon lors du cycle de la marche.

D'un point de vue plus analytique, il a été démontré que l'activité musculaire des composants du complexe ischio-jambier était différente selon le schéma d'activation. En effet dans la majorité des cas, lors d'un mouvement de flexion de genou il y a une activation préférentielle du semi-tendineux et de la courte portion du biceps fémoral. En revanche lors d'un mouvement d'extension de hanche, il y a activité plus importante de la longue portion du biceps fémoral et du semi-membraneux [8].

Au point de vue de l'innervation, le complexe des ischio-jambiers est innervé par le plexus lombaire et le plexus sacré. Les plexus vont donner naissance au nerf sciatique (L3-S4) qui va donner le nerf tibial qui va innerver le semi-membraneux, le semi-tendineux et la longue portion du biceps fémoral. Puis il va donner aussi le nerf fibulaire qui va innerver la courte portion du biceps fémoral.

Dans une autre étude, il a été constaté qu'une variation musculaire a formé une excroissance musculaire qui s'insère sur semi-membraneux. Cette excroissance pouvant s'associer à un troisième chef du biceps fémoral [9] [10].

Il est aussi possible dans certain cas de constater une absence bilatérale des muscles semi-membraneux [11]. Cette absence est très rare et très peu référencée dans la littérature. Cependant cette éventualité est importante à prendre en compte lors de la rupture du LCA dans l'éventualité d'une prise en charge chirurgicale. De plus cette absence cause un déficit musculaire, créant ainsi un déséquilibre musculaire au sein du complexe ischio-jambier.

De plus il est important de souligner que le biceps fémoral est la zone lésionnelle la plus commune. Pour être plus précis, c'est la longue portion du biceps fémoral qui est le plus souvent touchée dans le complexe ischio-jambier. En effet c'est dans 80% des cas que ce muscle est touché. Les recherches actuelles sur la prédominance des lésions de la longue portion du biceps fémoral ne sont pas encore clairement établies. Cependant plusieurs théories ont été étudiées sans trouver la réponse exacte. Il semblerait que la LPBF soit plus sensible aux changements articulaires de la hanche et du genou comparativement à ses agonistes médiaux [12] [13]. Une autre piste pourrait être la composition microscopique du biceps fémoral, ayant plus de fibre de type 2 à contraction rapide, le muscle serait plus sujet aux lésions musculaires [14].

1-2 Les lésions des ischio-jambiers

Les ischio-jambiers s'intègrent dans un complexe musculaire travaillant de différentes manières, aussi bien en synergie qu'en antagoniste. Ce complexe musculaire s'intègre dans un schéma de chaînes musculaires. C'est sur ces principes que reposent 3 principes de chaînes musculaires, celui de Godelieve Stuyf-Denys (GDS), de Léopold Busquet [15] et de la méthode RPG.

Selon le principe GDS, il existe 5 chaînes musculaires (3 verticales et 2 latérales) qui relient l'ensemble du corps de la tête aux pieds et aux mains par des voies musculaires. Le complexe ischio-jambier est particulier, il appartient aux chaînes dites « de relation ». En effet les différents muscles des ischio-jambiers n'appartiennent pas aux mêmes chaînes musculaires, la courte et la longue portion du biceps fémoral appartiennent à la chaîne postéro-latérale, tandis que le semi-membraneux et le semi-tendineux appartiennent à la chaîne postéro-médiale.

Il est très rare que ces chaînes fonctionnent en harmonie, il existe toujours une situation de dominance d'une des chaînes par rapport aux autres au niveau de l'activité musculaire. Le tonus musculaire de la chaîne dominante augmente, augmentant ainsi le raccourcissement et dans le cas extrême induisant des déformations dans la morpho-statique et dans la dynamique par perte progressive de souplesse et de liberté de mouvement. Cette perte de mouvement peut être le point de départ de lésions myotendineuses.

Dans l'approche de Léopold Busquet, il existe 4 chaînes musculaires, 2 chaînes droites et 2 chaînes croisées. Le complexe ischio-jambier appartient à la chaîne droite postérieure, elle permet l'extension globale de la colonne vertébrale en dynamique et assure la stabilité du tronc en association avec la chaîne antérieure en statique.

Ces chaînes de mouvements sont toutes organisées par un départ central au niveau du tronc et par des muscles relais qui se dirigent vers les différents membres et la tête. Selon le principe Busquet, le fonctionnement corporel repose sur les lois d'équilibre, économie et confort. Toute dysharmonie entre ces 3 valeurs crée des tensions et des compensations au niveau musculaire pour rétablir cet équilibre.

La méthode de rééducation posturale globale (RPG), créée par le kinésithérapeute Philippe Souchard, repose sur 3 principes fondamentaux qui sont la globalité, la causalité et l'individualité [16].

Philippe Souchard introduit dans sa méthode la notion de fonction statique des muscles qui est selon lui aussi importante que la fonction dynamique.

La fonction statique des muscles permet grâce à une contraction permanente de maintenir l'équilibre ou une position dans le temps. Lors d'une contraction statique trop longue ou d'un traumatisme, le muscle va se raccourcir progressivement pour restaurer un équilibre jusqu'à avoir un enraidissement et une rétraction dans sa structure profonde. Le résultat de cette modification peut engendrer une augmentation de la pression articulaire et une déformation de la morphologie pouvant être à l'origine de limitation articulaire et de douleur.

Le traitement par la méthode RPG est donc de réaliser une mise en tension globale et progressive. Le terme progressif permet de mettre en valeur le fait que les étirements s'adaptent pour éviter toutes les compensations.

L'individualité de chaque sujet et de la pathologie impose au praticien de prendre le sujet dans sa globalité et d'adapter son traitement tout au long de la prise en charge. Dans une prise en charge selon la méthode RPG, le complexe des ischio-jambiers devrait respecter les 3 principes fondamentaux en prenant en compte leur globalité avec leur fonction dynamique et statique sur l'ensemble du corps, leur causalité avec les modifications possibles sur les structures sus et sous-jacentes, ainsi que leurs individualités en considérant l'impact de chaque chef musculaire sur la tension globale.

Ces 3 méthodes reposent sur le même principe selon lequel chaque muscle ne fonctionne pas individuellement et entre en interaction avec l'ensemble des structures du corps.

La similitude entre les principes de bases de Busquet, du GDS et du RPG amène à constater que le complexe Ischio-jambier ne fonctionne pas en autonomie et rentre dans un processus de chaîne musculaire. Ce qui a pour intérêt de nous montrer que d'infimes variations de base que ce soit musculaire, posturale ou articulaire peuvent avoir des répercussions sur la tension des Ischio-jambiers.

1.2.1 Mécanisme lésionnel :

Il faut distinguer 2 types de blessures musculaires :

- les blessures musculaires **indirect** qui relèvent d'une contraction musculaire brutale ou intense. Il faut aussi distinguer dans ces troubles indirects, les troubles dits fonctionnels qui ne montrent pas de trouble macroscopique (IRM ou échographie) de déchirure musculaire. Puis les troubles dits structurels avec des troubles macroscopiques visibles de déchirure musculaire ;

-Les blessures musculaires **direct** qui surviennent généralement à la suite d'un événement traumatique. On a soit une contusion qui relève d'un coup porté sur le muscle, soit une lacération qui relève d'un écrasement du muscle sur l'os par exemple.

Généralement les lésions musculaires aux ischio-jambiers surviennent de deux façons [17]:

- Le « sprinting type » qui survient comme son nom l'indique lors d'un sprint ou d'une accélération brutale. Cette lésion se voit dans de nombreux sports comme l'athlétisme, le football. Ce type de lésion touche préférentiellement la longue portion du biceps fémoral [17].
- Le « stretching type » qui survient lors d'une mise en tension lente, que l'on voit généralement lors d'un grand écart chez les danseurs où la mise en tension est progressive jusqu'à la lésion. Dans ce type de lésion les muscles touchés sont généralement le semi-membraneux et le carré fémoral. Cette lésion touche préférentiellement le côté médial de la cuisse [18].

Lors d'une tension trop importante sur le complexe musculaire des ischio-jambiers, un remodelage musculo-tendineux des ischio-jambiers est constaté [19]. En effet de nombreux athlètes retournent à leur activité sportive avec en général soit une atrophie résiduelle de la LPBF ou une hypertrophie de la CPBF.

1.2.2 La régénération musculaire

La régénération du muscle squelettique suit un schéma préétabli quel que soit le mécanisme lésionnel. La régénération musculaire est généralement séparée en trois phases : [20]

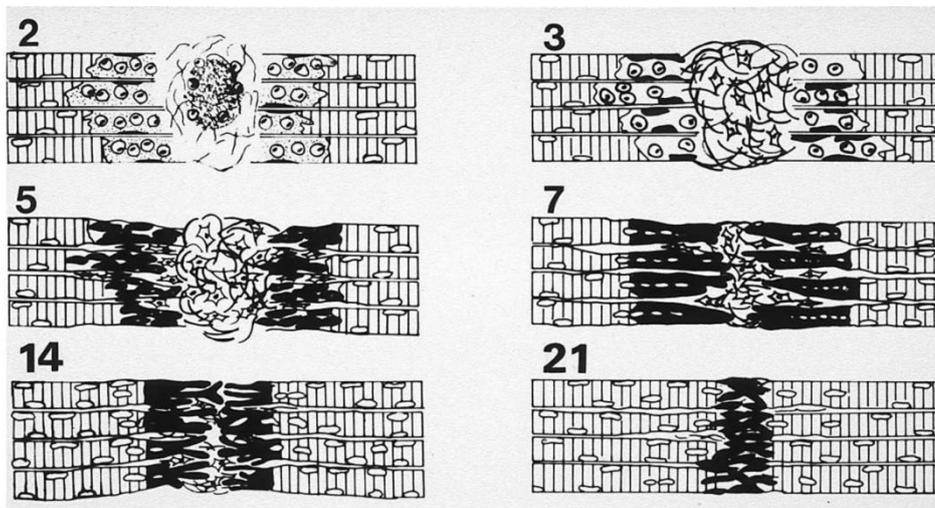
- La phase de **destruction** qui correspond à la rupture d'une ou plusieurs fibres musculaires, il se produit alors la nécrose des fibres et un écoulement sanguin qui produit un hématome. S'en suit alors une réaction **inflammatoire** (jour 2).

La régénération musculaire comprend toujours une phase inflammatoire locale. Cette phase inflammatoire active des cellules satellites nécessaires dans la réparation des fibres lésées. Néanmoins une persistance de la phase inflammatoire empêche d'obtenir une régénération musculaire totale par un processus de fibrose [21].

- La phase de **réparation** qui consiste en la destruction du tissu nécrosé par phagocytose, puis une régénération des fibres musculaires et de vaisseaux pour la vascularisation par des cellules satellites et des cellules souches (jour 3 à 7).
- La phase de **remodelage** qui correspond à une période où le tissu cicatriciel est réorganisé pour retrouver ses propriétés fonctionnelles (jour 14 à +21). En effet dans le cas où les myofibres contractiles du muscle sont en contact de la

zone lésée, elles peuvent se fixer sur les tendons et les fascias à leur portée formant à nouveau une unité fonctionnelle [22].

Dans le cas où la lésion musculaire est trop importante et qu'il n'y a plus de contact entre les unités musculaires et le tissu conjonctif, un tissu cicatriciel conjonctif est formé. Ce tissu cicatriciel permet de faire une interface entre le muscle et les tendons. Ce tissu peut rester de nombreux mois en tant qu'interface avant de disparaître mais peut aussi rester définitivement et créer ainsi deux unités fonctionnelles consécutives.



Järvinen 2005

Par suite d'une blessure myo-tendineuse des ischio-jambiers un remodelage est présent de manière transitoire ou de manière définitive. Cette modification inclut donc une modification de la mécanique de contraction pouvant générer de nouvelles contraintes et ainsi favoriser la récurrence.

Ces changements morphologiques peuvent être influencés par de nombreux facteurs tels que la gravité de la blessure, la rééducation employée ou les stratégies compensatoires. En moyenne, le temps de régénération dure généralement 2 semaines jusqu'à 3 à 4 semaines [23].

En effet pour éviter une éventuelle récurrence et obtenir une cicatrisation optimale, il faudra nuancer l'activité physique afin de stimuler au maximum les médiateurs des facteurs de croissance et limiter au maximum la lyse musculaire.

1.2.3 Le diagnostic clinique

Dans un cadre plus clinique, ce type de pathologie survient généralement lors de mise en charge trop importante ou d'amplitude trop élevée sur les IJ lors d'une accélération brutale ou d'un changement de direction soudain [24].

Le diagnostic se fait généralement par :

- une douleur vive à l'arrière de la cuisse lors de la lésion
- une douleur à la contraction contrariée
- une palpation douloureuse
- une perte d'amplitude à l'étirement des IJ

A l'examen clinique on constate un hématome volumineux à la partie postérieure de la cuisse ainsi qu'un vide à la palpation à l'insertion ischiatique des ischio-jambiers. Le **signe de la chaise** permet d'affiner le diagnostic. Le patient se positionne en décubitus dorsal la hanche et le genou à 90°, le pied reposant sur une chaise. Le patient doit élever son bassin en maintenant ses segments articulaires. Dans le cas où le sujet ne parvient pas à réaliser ce test la présence d'une rupture des ischio-jambiers est à envisager.

L'IRM et l'échographie peuvent être utilisés pour confirmer le diagnostic avant l'opération. En effet l'approche par imagerie permet de quantifier la lésion et de grader la lésion pour prévoir la durée de rééducation et éviter les récives.

1.2.4 Les tests fonctionnels

Un des tests fonctionnel pour évaluer la force musculaire des muscles du membre inférieur est le **test de la chaise**. Ce test permet d'évaluer la tonicité des muscles de la cuisse par contraction isométrique [25].

La réalisation de ce test se fait lorsque le patient plaque son dos contre le mur avec une flexion de hanche et de genou à 90°. Selon la durée du test et l'âge du patient l'intégrité musculaire peut être appréciée.

Par exemple pour une personne âgée de 18 à 29 ans, la durée moyenne de contraction doit être supérieure à 1 min 50.

Un autre test possible est le « **Askling H-test** » qui est un mouvement balistique pour les ischio-jambiers [26]. Ce test permet d'apprécier la capacité de l'athlète à retourner à l'entraînement.

Pour réaliser ce test le patient est en décubitus dorsal et a pour consigne d'élever la jambe tendue le plus vite possible et le plus haut possible sans prendre de risque de blessure. Durant ce test l'amplitude de mouvement, la vitesse d'exécution ainsi que le degré d'inconforts ont été évalués. Ce test est effectué bilatéralement et si un inconfort est observé ou une différence de 5% en termes de vitesse et d'amplitude par rapport au côté sain, alors une prise en charge supplémentaire doit être menée avant de tester à nouveau les ischio-jambiers. D'après l'étude de CM Askling, ce test est fiable et a une sensibilité élevée pour détecter une différence d'amplitude et d'insécurité. De plus l'étude a montré que le taux de récurrence est moindre lorsque ce test est utilisé pour décider de la reprise du sport.

Dans certains cas plus rares, une rupture haute et complète des ischio-jambiers au niveau de son insertion proximale est possible par avulsion tendineuse. Le mécanisme lésionnel est une hyperflexion de la hanche associée à une extension de genou lors de la phase excentrique des ischio-jambiers.

Ce mécanisme se constate lors de grand écart forcé, de forte accélération, de chute en avant ou lors d'un saut dans le vide.

Lors de la rupture les patients décrivent une violente douleur en coup de poignard dans la faiblesse avec un appui impossible de la jambe lésée.

1.2.5 La rééducation

Les auteurs suggèrent que le repos strict n'est pas nécessaire dans ce type de pathologie. En effet une activité cardio-vasculaire post traumatisme peut se faire dans un but de vascularisation de la zone lésionnelle et ainsi augmenter le métabolisme de guérison. Cette activité doit se faire en fonction du retour du patient, en effet si le retour est négatif il sera donc plus judicieux de réduire le stress mécanique ou même de travailler le membre controlatéral.

Le but de la rééducation étant d'augmenter **graduellement** et considérablement la charge, la vitesse, les répétitions et les changements d'appuis.

Tout cela pour mettre en circulation des cellules immunitaires et ainsi la libération de cellules pro-inflammatoires tel que la cytokine et la chimiokine [27]. Cette dernière libérant des facteurs de croissance accélérant la cicatrisation du tissu musculaire.

Cependant dans le cas où l'exercice physique demandé est sur-maximal, l'effet inverse sera constaté par une sécrétion de créatine kinase et de lactate déshydrogénase qui sont des facteurs de lyse musculaire.

La blessure aux ischios-jambiers est la pathologie la plus représentée lors des compétitions d'athlétisme [28]. Sa forte prévalence et sa récurrence posent un problème et nous invitent à nous poser la question de la reprise précoce de l'activité après une blessure, sur les différents facteurs de risques et la place de la prévention dans la prise en charge des coureurs.

1.2.6 Classification des lésions

Les lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers relèvent d'une déchirure plus ou moins étendue des fibres musculaires. Ces lésions se situent généralement sur la jonction myo-tendineuse. Elles concernent généralement les muscles bi-articulaires lors d'une contraction excentrique et sur des muscles qui contiennent des fibres de type 2.

Toutefois il a toujours été compliqué de classer les blessures musculaires, il existe dans la littérature de nombreux systèmes de classification. Cependant il y a un manque de cohérence avec la pratique clinique [29].

	O'DONOGHUE 1962	Ryan 1969	Takebayashi 1995 (échographie)	Stoller 2007 (IRM)
GRADE 1	Pas de déchirure appréciable des tissus, pas de perte de fonction ou de force, seulement une réponse inflammatoire de bas grade	Déchirure de quelques fibres musculaires, fascia restant intact	Aucune anomalie ou saignement diffus avec / sans rupture de fibre focale moins de 5% du muscle impliqué	IRM négative = 0% de dommage structurel. Œdème hyperintense avec ou sans hémorragie
GRADE 2	Lésions tissulaires, résistance de l'unité musculotendineuse réduite, fonction résiduelle	Déchirure d'un nombre modéré de fibres, fascia restant intact	Rupture partielle : rupture de la fibre focale de plus de 5% du muscle impliqué avec / sans lésion fasciale	IRM positive avec déchirure jusqu'à 50% des fibres musculaires. Possible défaut focal hyperintense et rétraction partielle des fibres musculaires

GRADE 3	Déchirure complète de l'unité musculotendineuse, perte complète de fonction	Déchirure de nombreuses fibres avec déchirure partielle du fascia	Rupture musculaire complète avec rétraction, lésion fasciale	Rupture musculaire = 100% de dommages structurels. Déchirure complète avec ou sans rétraction musculaire
GRADE 4	X	Déchirure complète du muscle et du fascia de l'unité muscle-tendon	X	X

En effet la principale limite de ces classifications est **le manque de sous-classification**. On peut voir notamment un trop grand écart entre certain grade, où la prise en charge varie complètement (grade II et III o'donoghe).

D'autres classifications comme TAKEBAYASHI ne sont pas mesurables et n'ont pas grand intérêt clinique.

En raison d'un système de classification trop imprécis, un système de classification lors d'une réunion de consensus a permis en fonction des troubles musculaires et du type de blessures de classer les blessures musculaires athlétiques [29].

Ce système de classification est basé sur des données empiriques utilisées dans la gestion à long terme des blessures athlétiques.

Cette classification plus précise permet une meilleure communication inter disciplinaire, en fonction des symptômes, des signes cliniques, de la localisation et de l'imagerie.

- Blessures musculaires **directe**

Trouble musculaire directe	Contusion
	Lacération

- Blessures musculaires **indirecte**

Trouble musculaire fonctionnel	Type 1 trouble musculaire lié au surmenage	Type 1A : trouble musculaire induit par la fatigue
		Type 1B : douleurs musculaires d'apparition retardée (DOMS)
Trouble musculaire fonctionnel	Type 2 : trouble musculaire neuromusculaire	Type 2A : trouble musculaire neuro lié à la colonne vertébrale
		Type 2B : trouble musculaire neuromusculaire d'origine musculaire
Trouble musculaire structurel	Type 3 : déchirure musculaire partielle	Type 3A : déchirure musculaire partielle mineure
		Type 3B : déchirure musculaire partielle modérée
Trouble musculaire structurel	Type 4 : déchirure totale	Type 4A : Déchirure musculaire sous totale ou complète
		Type 4B : Avulsion tendineuse

1-3 Le sprint

Le sprinteur a pour but d'obtenir sa vitesse maximale le plus rapidement possible et de la maintenir tout au long de sa course.

La vitesse est augmentée par la longueur de la foulée et par la fréquence de la foulée.

$$\text{Vitesse} = \text{longueur de foulée} \times \text{fréquence}$$

La force musculaire et la coordination sont des facteurs principaux à la production de vitesse.

La coordination peut se travailler par la répétition d'exercices et d'un schéma de course optimale. Lors de la course, le sprint peut se diviser en plusieurs phases : le départ, l'accélération, le maintien de la vitesse et l'arrivée.

Il existe plusieurs schémas de course qui sont propres à chaque individu, mais il existe cependant 2 grandes préférences motrices qui sont la foulée aérienne et la foulée terrienne qui s'opposent en de nombreux points [30].

- Le schéma de course optimal pour le sprint se nomme la « **foulée aérienne** », « la poulaine » ou encore le cycle antérieur [31].

La foulée aérienne est initiée par un déséquilibre antérieur du tronc en projetant son centre de gravité (CG) en avant. Les membres inférieurs devront rattraper le CG projeté en avant.

L'oscillation verticale de la tête est élevée, les mouvements des bras se font par les coudes, le bassin est haut et antéversé pour incliner vers l'avant le tronc et le pied d'appui est médio-pied ou sur l'avant du pied à la verticale du CG.

Les contractions dans ce schéma de course sont des contractions de type excentrique à chaîne musculaire postérieure principalement (IJ, triceps sural...).

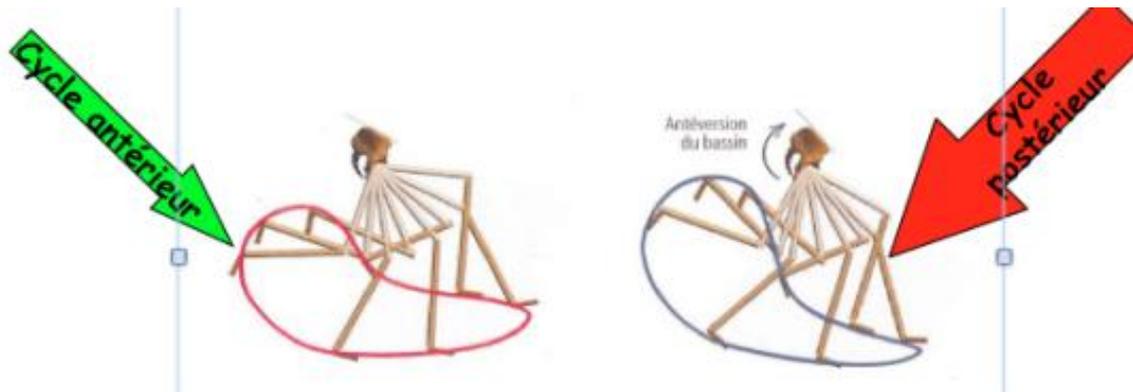
- A l'inverse le cycle postérieur autrement appelé « **foulée terrienne** » est plus adapté au coureur d'endurance.

La foulée terrienne est initiée par les membres inférieurs, c'est la poussée du pied d'appui qui est à l'origine du mouvement.

L'oscillation verticale de la tête est faible, les mouvements des bras se font par les épaules, le bassin est bas et rétroversé et le pied d'appui se situe devant le CG avec une attaque du pied au niveau du talon.

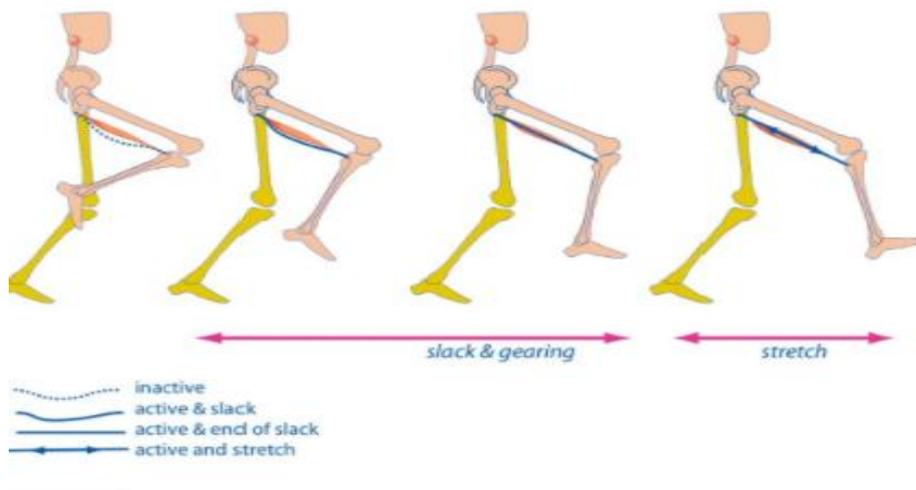
Les contractions dans ce schéma de course sont des contractions de type concentrique à chaîne musculaire antérieure (quadriceps, psoas...).

Cependant il existe des exceptions où un sprinteur peut performer dans un schéma de course terrien, et réciproquement un coureur de fond peut avoir un schéma de course aérien.



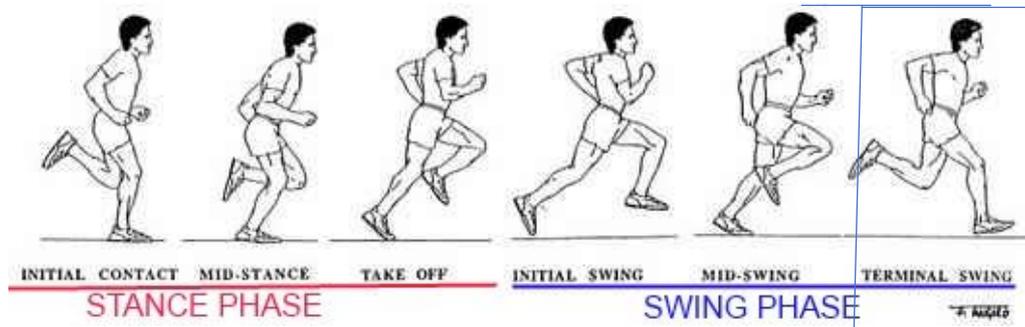
[23] ISSUL 2015

Pendant le sprint, les ischio-jambiers subissent un processus d'étirement-raccourcissement, la phase d'allongement se situe lors de la phase terminale du swing. La phase de raccourcissement débute juste avant la phase de contact initial. Ce schéma se répète tout au long de la course [32].



[33]

La charge biomécanique maximale pour tous les tendons des IJ s'est révélée être au moment du swing terminal où la tension musculo-tendineuse a atteint son maximum dans un travail excentrique [33].

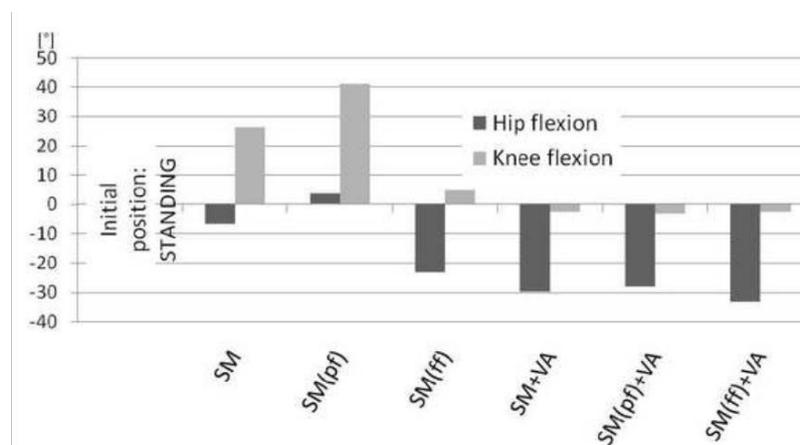


[34] Andrew Sacks performance sportive

Lors du sprint, les ischio-jambiers et les quadriceps fonctionnent en co-contraction [35]. Lorsque que le membre inférieur est en charge, les ischio-jambiers contrôlent la position du bassin en tant qu'extenseur de bassin.

De plus les ischio-jambiers jouent aussi un rôle dans l'extension de genou. Au moment de l'inclinaison du tronc vers l'avant majorant l'extension de hanche, de ce fait par « effet sangle » les ischio-jambiers jouent toujours le rôle d'extenseur de hanche et induisent une extension de genou. Ce phénomène ayant pour effet d'assister l'effet du droit fémoral. On peut parler ici de couplage dynamique.

D'un point de vue plus analytique, la contraction seule du semi-membraneux (SM) produit en chaîne cinétique ouverte (CCO) une extension de hanche et une flexion de genou. Cependant en chaîne cinétique fermée (CCF), l'action du SM a un rôle de légère flexion au niveau du bassin et une grande flexion au niveau du genou.



[36]

Dans un cycle de sprint, avant le premier contact au sol jusqu'à son prochain contact, l'action du biceps fémoral (BF) dans un premier temps recherche l'extension de hanche lors de la phase de contact avec le sol [36]. Dans la deuxième moitié lors de la phase de swing, le BF fournit un travail excentrique au niveau de l'extension de hanche avec une action couplée d'extension de genou.

D'autre part le BF fonctionne en adéquation avec le droit fémoral (DF). Ces deux muscles étant antagonistes, ils ont une action conjointe et opposée au niveau de la hanche et du genou.

Pour augmenter la vitesse de course, le DF travaille dans un premier temps à l'impact au sol, dans un but de soutien et ensuite pour faire basculer la cuisse en avant lors de l'oscillation. A l'inverse le biceps fémoral fournit un travail d'extension de hanche en excentrique. Pour optimiser le gain de vitesse, une commutation efficace du BF et DF est capitale pour augmenter la fréquence de pas.

Lors d'un sprint il y a un raccourcissement musculaire de l'ensemble des ischio-jambiers, ce raccourcissement va débuter dès le contact du pied au sol et se poursuit tout au long du contact du pied au sol [37].

En ce qui concerne l'allongement des fibres musculaires, elle débute généralement à 45% environ du cycle de course qui se situe juste avant le swing initial, juste avant que le pied quitte le sol lorsque le genou va changer de direction en passant de la flexion vers l'extension. Cet allongement va se poursuivre pratiquement jusqu'à l'extension maximale de genou lors du swing terminal, qui correspond à 90% du cycle de course.

Lors du sprint la longueur des tendons des différents chefs musculaires des ischio-jambiers ont tous dépassé leurs longueurs de référence. Leurs étirements sont en moyenne supérieur de 7,4% pour le SM, de 8,1% pour le ST et de 9,5% pour le BF. Comme la LPBF subit le plus de déformation, il semble cohérent de s'apercevoir que la tension musculo-tendineuse maximale durant le sprint est largement supérieure pour la longue portion du biceps fémoral (12 ± 2.6 %) que pour le SM (2.2%) et le ST (3.3%).

Concernant la vitesse de raccourcissement des fibres musculo-tendineuses, il est important de noter que c'est le semi-tendineux qui a une vitesse de raccourcissement la plus rapide [32]. Pareillement pour la vitesse d'allongement, le semi-tendineux à une vitesse d'allongement plus élevée que le BF et le SM.

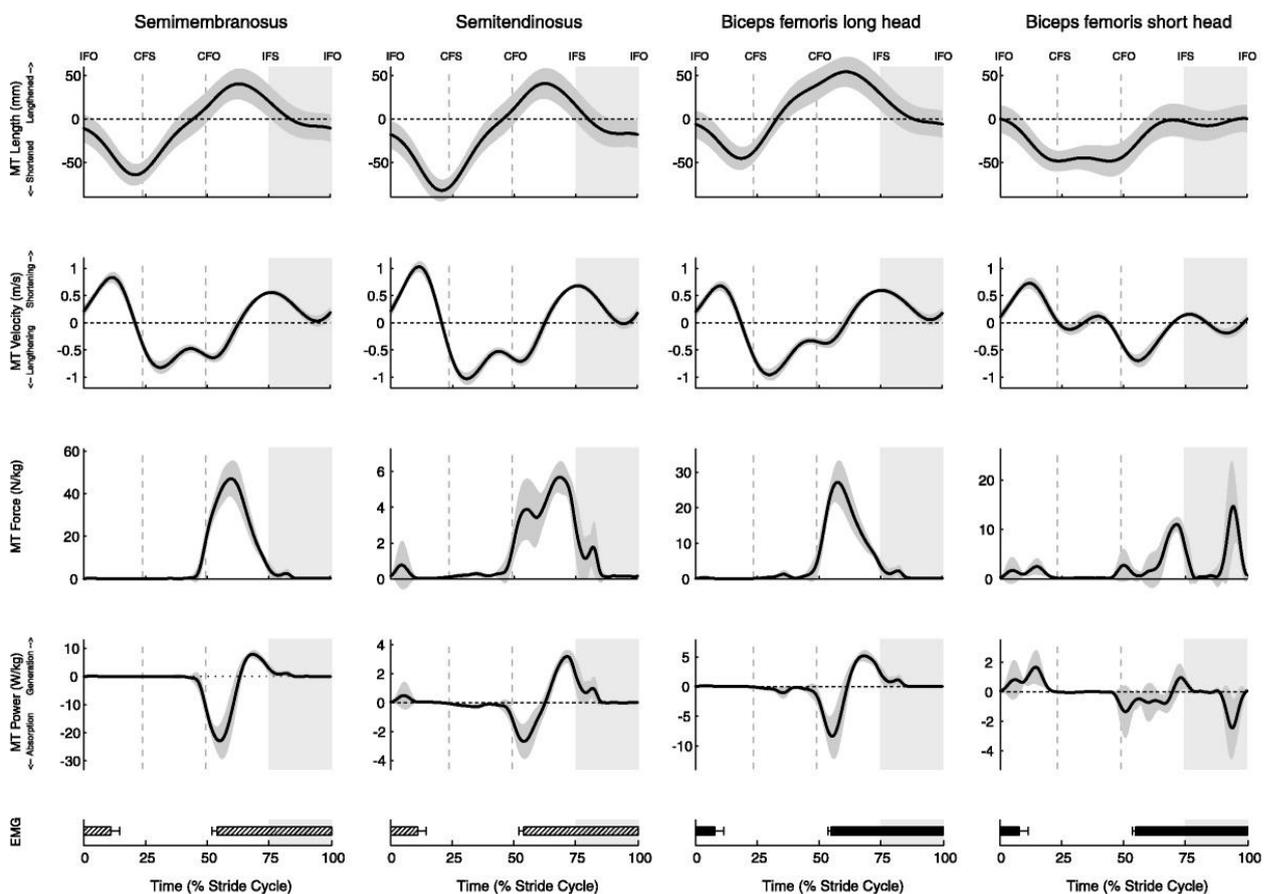
L'analyse de la production de force a montré que le SM, le ST et la LPBF produisent un moment de force lors du swing tardif et lors de la position initiale. En revanche la CPBF produit un moment de force lors du swing tardif et lors du mid-swing. Pendant la phase de

swing la force musculo-tendineuse maximale augmente de 7,2 fois pour le SM, de 1,5 fois pour le ST et de 5,7 fois pour la LPBF. C'est le SM qui produit le plus de force lors de la phase de swing.

A l'inverse une baisse de la force maximale de la CPBF est constatée pendant la phase de swing (0,7 fois)

La particularité du complexe IJ est que dans un intérêt d'économie d'énergie les muscles ont tous une période d'absorption de l'énergie cinétique suivie d'une période de génération d'énergie pendant le swing terminal. L'absorption de puissance est maximale lors du swing tardif, c'est le semi-membraneux qui absorbe le plus d'énergie comparativement aux autres chefs musculaires.

Les graphiques ci-dessous permettent de synthétiser les caractéristiques des différents muscles en fonction de la phase du cycle de course et de leur intensité.



[32]

D'un point de vue articulaire, la flexion de hanche ne varie pas avec la vitesse étant environ de 70° pour des vitesses variées. Cependant pour le genou la flexion est plus importante lors du swing tardif de 8° environ et plus la vitesse est importante plus la flexion de genou augmente comparativement à une vitesse plus lente.

En conclusion, le complexe ischio-jambier travaille en co-contraction avec le quadriceps et les différents faisceaux des IJ travaillent de façon non synchrone et ont des rôles différents en fonction de la phase de course.

La longue portion du biceps fémoral est le muscle qui a le **pic de tension musculo-tendon** le plus important et permet d'augmenter la fréquence des pas.

Le semi-tendineux est le muscle qui a **un allongement le plus conséquent et le plus rapide**.

Le semi-membraneux quant à lui produit la **plus grande puissance musculo-tendon et le plus grand travail négatif et positif**.

L'activation et le travail de chacun des muscles permet de mieux comprendre le mécanisme de blessures des ischio-jambiers dans la discipline du sprint.

2-Méthodologie

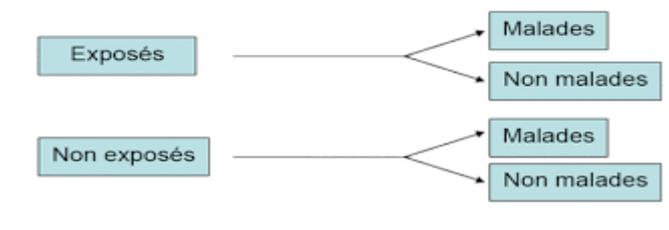
2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1 Types d'études sélectionnées

Le but de cette revue est d'identifier les facteurs de risques des lésions musculaires aux ischio-jambiers, dans le but d'une meilleure prise en charge post-lésion afin de limiter les récurrences et pour permettre une meilleure prévention dans la survenue de cette pathologie. Il s'agit donc d'une revue étiologique.

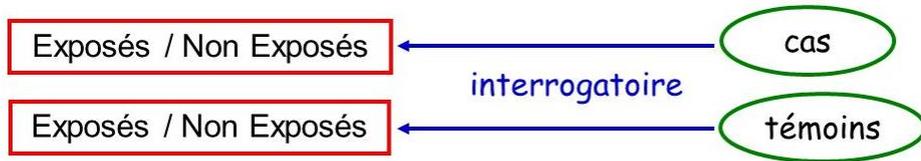
Pour répondre au mieux à cette problématique, nous allons analyser 3 types d'études qui sont :

- Les études de cohorte : c'est une étude dite prospective, on recrute des individus qui n'ont pas encore développé la pathologie. On forme 2 groupes, un groupe cas où le facteur de risque est présent et un groupe témoin sans facteur de risque. On essaye de faire en sorte que les deux groupes soient le plus semblables possible pour que la seule différence entre les deux groupes soit la présence ou non du facteur de risque. Ce type d'étude permet de faire des associations en fonction du nombre de pathologies présentes chez les cas par rapport aux témoins. L'avantage de cette étude est que l'on peut voir l'évolution de la pathologie avant et après son apparition.

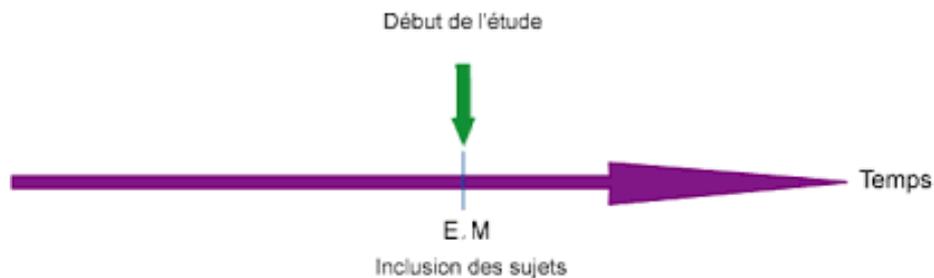


- Les études cas/témoin : c'est une étude dite rétrospective, on recrute des sujets qui sont déjà atteints de la pathologie. On va constituer 2 groupes, un groupe atteint de la maladie (cas) et un groupe sain (témoins). L'échantillon devra être le plus

comparable possible, puis on va regarder les expositions passées à divers facteurs pour voir quel facteur est dépendant et indépendant à la pathologie. L'avantage de cette étude est essentiel lorsque la pathologie à un délai d'apparition trop long.



- Les études transversales : c'est une étude effectuée à un instant T, c'est-à-dire que l'on prend l'ensemble de l'échantillon et on observe s'il y a une association mais on n'aura pas la notion de corrélation et de chronologie dans ce type d'étude.



2.1.2 Population/ Pathologie

Dans cette revue nous allons traiter les facteurs de risques des lésions musculo-tendineuses des ischio-jambiers chez le sprinteur. Les deux critères imposés dans la sélection de la population sont donc la localisation de la blessure au niveau des IJ et la pratique sportive du sprint. Il n'y a donc pas de restriction dans le choix de la population concernant le sexe, l'âge ou le niveau athlétique (amateur/professionnel).

2.1.3 Intervention

L'intervention revient à évaluer dans l'ensemble de nos articles choisis, le ou les facteurs de risques dans la survenue d'une blessure musculo-tendineuse des ischio-jambiers.

2.1.4 Objectif/Critère de jugement

La finalité de cette revue est de mettre en évidence les facteurs biomécaniques ayant une influence sur le processus lésionnel des ischio-jambiers.

Le critère de jugement principal est la survenue d'une lésion musculo-squelettique des IJ lors de l'examen clinique.

2.2 Méthodologie de recherche des études

2.2.1 Sources documentaires investiguées

Pour établir une banque de données suffisante pour écrire une revue de littérature, plusieurs banques de données ont été sollicitées :

-PubMed : il s'agit du principal moteur de recherche de données bibliographiques dans la médecine et dans la biologie. Ce site donne un accès gratuit à la base de données MEDLINE qui est la référence en sciences biomédicales.

-Pedro : il s'agit de la base de données des essais cliniques de Physiothérapie qui comprend plus de 48 000 essais, revues et recommandations cliniques sur les interventions en physiothérapie.

-Cochrane library : il s'agit d'une base de données qui regroupe 3 bases qui sont cochrane database of systematics reviews (CDSR), cochrane central register of controlled trials-clinical trials (CENTRAL) et cochrane clinical answers (CCAs). Cette base de données est révisée périodiquement avec une méthodologie rigoureuse ce qui permet d'assurer une qualité d'articles.

2.2.2 Equation de recherche

Une équation de recherche est nécessaire pour permettre de cibler les études les plus pertinentes possibles.

Pour définir l'équation de recherche nous allons nous appuyer sur le modèle PICO. Cet acronyme permet de définir les termes nécessaires à définir une question clinique.

PICO	Question	Mot-clé	Synonymes
	Quelle est la population ciblée ?	athletes	High-speed runner
Intervention	Qu'est ce qui est évalué ?	Risk factor	-Biomechanical risk factor -Etiology -injury prevention
Comparateur	A quoi le compare-t-on ?	Hamstring	-hamstring tendon
Outcome	Quel est le résultat attendu ?	Hamstring injury	-muscle injury

Les mots clés ont ensuite été soumis au MeSH (medical subject headings) qui répertorie, classe, traduit et propose des synonymes de tous les termes relatifs au domaine biomédical.

Une fois l'équation de recherche définie une adjonction des opérateurs booléens permet de mettre en relation les différents termes.

Les différents opérateurs booléens sont :

- AND : permet de rechercher un mot clé en y associant un autre mot.
- OR : permet de rechercher un mot clé avec ses synonymes
- NOT : permet d'exclure un mot clé dans la recherche

Les équations de recherche soumises à chaque base de données sont :

Pubmed	((athletes or hight speed runner) AND (risk factor OR biomechanical risk factor OR Etiology OR injury prevention) AND (Hamstring injury))
Pedro	((athletes or hight speed runner) AND (Hamstring injury OR muscle injury))
Cochrane Library	Hamstring injuries

2.3 Extraction et analyse des données :

2.3.1 Sélection des études :

Un tri des articles a été nécessaire, ce tri permet de conserver uniquement les études de qualité avec une preuve scientifique prouvée. L'ensemble des études a été sélectionné à partir des banques de données citées précédemment.

La sélection des articles doit respecter certaines étapes :

- **Date de revue** : Pour respecter au mieux l'EBP les articles de plus de 10 ans n'ont pas été inclus dans les résultats.
- **Lecture du titre** : elle permet de sélectionner rapidement si l'article correspond au sujet de notre revue. Le titre permet en général d'identifier la population, ainsi que la pathologie.
- **Suppression des doublons** : le croisement des équations de recherche dans les différentes bases de données peut générer des doublons, la suppression de ces doublons est une étape capitale.
- **Lecture de l'abstract** : En général l'abstract représente le résumé de l'article, l'intérêt, la problématique, la méthodologie ainsi que la conclusion
- **Lecture de l'article** : Les étapes précédentes sont indispensables, la lecture de l'article est une longue étape. Il est donc impossible de la faire pour chaque article, d'où la nécessité de faire une pré-sélection. La lecture de l'article nous permet de faire une étude méthodologique de l'étude.

2.3.2 Extraction des données :

L'extraction des données se fait après la lecture intégrale des articles. Les données extraites se rapportent exclusivement à la question clinique. Dans le cas où d'autres pathologies sont traitées dans l'étude, elles ne sont pas prises en compte, seule la partie relatant des lésions des ischio-jambiers est étudiée.

2.3.3 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

L'évaluation de la qualité méthodologique des études est primordiale pour attester de la fiabilité de l'étude.

L'échelle de Newcastle-Ottawa (NOS) permet d'évaluer la qualité des études non randomisées, entre autres les études de cohorte et les études cas-témoins. Il existe une échelle pour chaque type d'étude (cohorte, cas/témoins, transversale).

Cette échelle est divisée en 3 parties qui sont :

- la qualité de sélection (cas et témoin bien définis)
- la comparabilité entre les cas et les témoins
- la qualité de l'exposition (étude suffisamment longue pour la pathologie,...)

Le score maximum que peut recevoir une étude est de 9 points.

Une étude peut se voir attribuer un maximum d'un point pour chaque élément numéroté de la partie « sélection » et la partie « d'exposition ». Un maximum de deux points pour la partie « comparabilité »

L'échelle NOS est disponible en annexe.

Les articles avant d'être sélectionnés devaient répondre à certains critères qui ont été établis préalablement :

- Les critères d'inclusion :
 - Les études devaient se porter exclusivement sur les humains
 - Les athlètes devaient avoir déjà avoir eu une expérience avec la pratique de la course
 - Les sportifs doivent avoir une condition physique minimum (non sédentaire)
 - Les études doivent être de cohorte, transversale ou cas-témoin
- Les critères d'exclusion :
 - Les études descriptives
 - Les articles scientifiques traitées dans une autre langue que l'anglais
 - Les études dont le contenu intégral n'est pas disponible
 - Les revues systématiques
 - Les athlètes ayant une lésion associée à celle des ischio-jambiers
 - Les études étudiant une autre discipline que le sprint
 - Les vitesses de course inférieure à la vitesse maximale

2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

La synthèse des résultats se fait sous forme de tableau. Pour chaque étude un tableau permet de synthétiser toutes les informations relatives aux caractéristiques et aux résultats ainsi que les biais relevés dans l'étude.

La méthodologie de chaque article est évaluée par l'échelle Newcastle-Ottawa. Ce score se trouve dans le tableau récapitulatif de chaque étude.

Il est à noter que les tableaux synthétiques seront classés par la suite dans un ordre du plus pertinent au moins pertinent quand les études reprendront les mêmes éléments. Le classement se fera arbitrairement par les critères méthodologiques de la NOS ainsi que les biais relevés.

3 Résultats

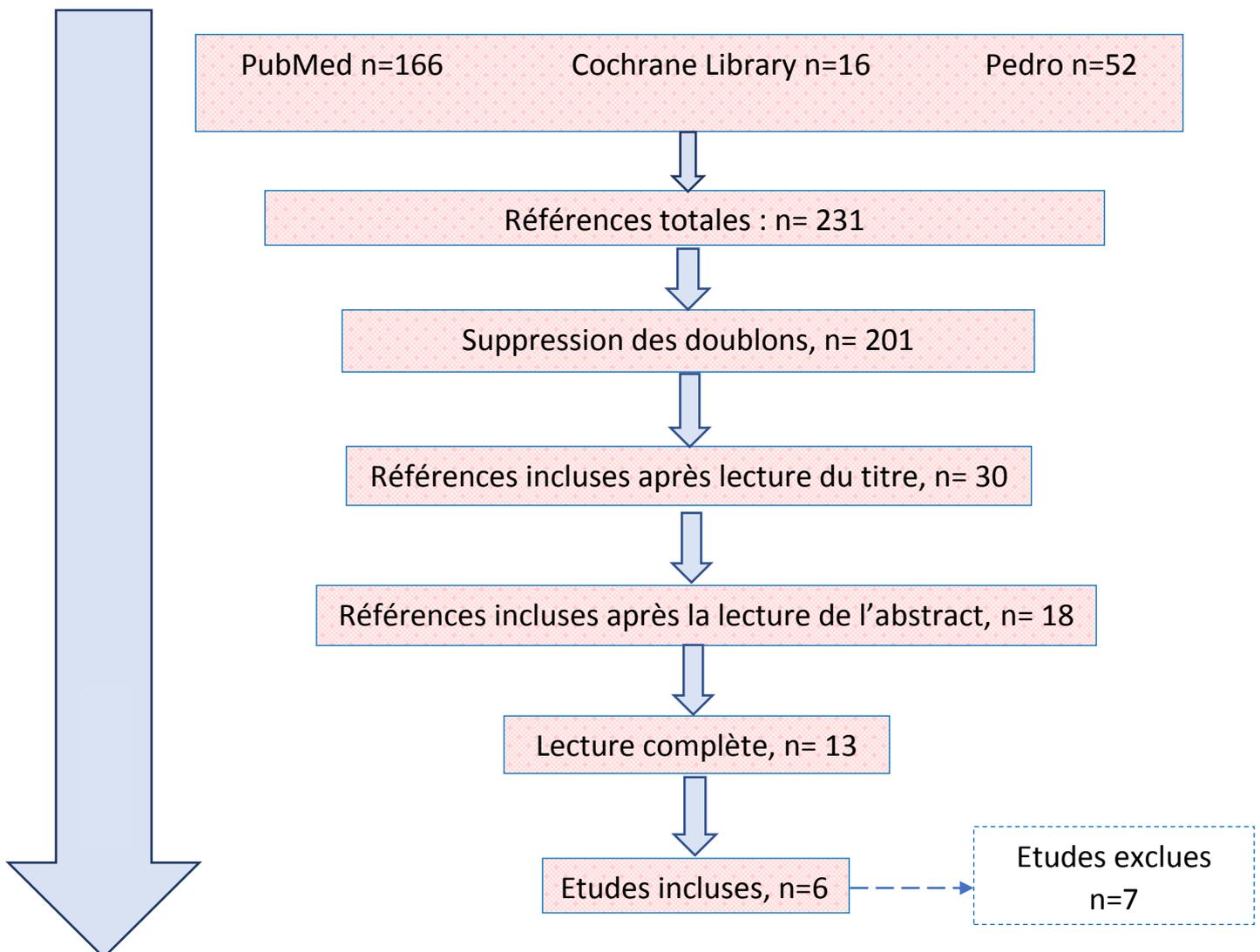
3.1 Description des études

3.1.1 Résultats des recherches

Après la consultation des banques de données un certain nombre de données ont pu être identifiées.

Au total 231 références ont été incluses via pubmed, pedro et cochrane library.

Le digramme de flux retrace le procédé de sélection des articles :



Sur les 231 références retenues, lors de la sélection finale seulement **6 études** ont été retenues.

3.1.2 Etudes exclues

Le motif des études exclues après le titre intégral du texte sont détaillés ci-dessous :

Références	Motif d'exclusion
Van Hooren 2017	Etudie les facteurs de risque que sur le modèle animal
N. Sarabon 2019	Etudie des sujets ne pratiquant pas de sport
A.Danielson 2020 D.Va 2012 B. Green 2018	Revue systématique
P.Charlton C. Rdern 2015 A. Schache 2010 N. Van Dyk 2018 N. Van Dyk 2016 Fiorentino 2012	Etudie une autre discipline que le sprint
Elizabeth S. Chumanov 2010	Etudie une vitesse de course en dessous de la maximale
J.verschueren 2020	Étude sans essai clinique randomisé

3.1.3 Etudes incluses

Après une analyse de l'ensemble des articles, nous en avons retenu 6 :

How joint torques affect hamstring injury risk in sprinting swing-stance transition Y. Sun, S. Wei 2015
The risk factors of hamstring strain injury induced by high-speed running G.Tokutake 2018
The effects of Sprint Training and the Nordic Hamstring Exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. Brock W. Freeman 2019
STRETCH COULD REDUCE HAMSTRING INJURY RISK DURING SPRINTING BY RIGHT SHIFTING THE LENGTH- TORQUE CURVE Mianfang Ruan 2018
A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters : preseason muscle imbalance as a possible risk factor S S Yeung 2009
Musculotendon variability influences tissue strains experienced by the biceps femoris long head muscle during high-speed running N.Fiorentino 2014

Pour chaque étude un tableau récapitulatif sera rédigé comportant :

- le titre
- la population
- l'objectif
- la méthode
- les résultats

Y. Sun 2015 Shangai, Chine	
<u>Titre :</u>	How joint torques affect hamstring injury risk in sprinting swing-stance transition
<u>Population :</u>	<p>8 sprinteurs : masculins, âgés de 21±2 ans, taille 181.5± 3.9 cm.</p> <p>Performance moyenne : 10,27 à 10,80 secondes aux 100m.</p> <p>Les sujets choisis ne présentaient pas de blessure musculosquelettique aux membres inférieurs au moins 6 mois avant le début de l'étude.</p>
<u>Objectif :</u>	Démontrer le lien entre le mécanisme lésionnel aux ischio-jambiers en lien avec la biomécanique et la charge de travail des ischio-jambiers.
<u>Méthodologie :</u>	<p>Etude transversale</p> <p>Avant le sprint, un dynamomètre est utilisé pour mesurer la flexion de genou maximale ainsi que le système extenseur.</p> <p>Des marqueurs (57) sont placés sur les repères anatomiques pour recueillir des données tridimensionnelles ainsi que les mouvements de force grâce à une plateforme de force.</p> <p>Ainsi la vitesse, la position des hanches et les mouvements des membres ont pu être déterminé à n'importe quel moment. Ceci a permis de calculer le ration IJ/Q en concentrique, excentrique et à 3 vitesses différentes (60, 180 et 240 °/s).</p>
<u>Résultats :</u>	<p>Les résultats sont significatifs pour alpha=0.05</p> <p>-Il n'y a pas de différence significative entre l'hypo-extensibilité des IJ des groupes cas et des groupes témoins.</p> <p>-Des résultats significatifs montrent que lorsque le rapport IJ/Q est inférieur à 0.6, cela augmente le risque de blessure par 17 (p=0.03, OD=17.4)</p> <p>C'est lors de la phase initiale et du swing tardif que le droit fémoral applique une tension dans les directions opposées au niveau de la hanche en flexion et au niveau du genou en extension.</p>

G.Tokutake 2018 Japon	
<u>Titre</u>	The Risk Factors of Hamstring Strain Injury Induced by High-Speed Running
<u>Population :</u>	61 sprinteurs : âgés 19.6 ± 1.1 ans ; taille 1.74 ± 0.05 m ; poids 67.2 ± 5 kg Aucun sujet ne souffrait de douleur ou d'inconfort lors de la pratique de la discipline.
<u>Objectif :</u>	Démontrer que la tension aux IJ induite par le sprint et les facteurs intrinsèques ont un rôle dans la survenue des lésions musculaires.
<u>Méthodologie :</u>	Etude de cohorte Des mesures en présaison ont été effectuées : -un test isocinétique pour évaluer la force musculaire en flexion et extension de la hanche -un test isocinétique pour évaluer la force musculaire du quadriceps -une évaluation de l'amplitude de flexion et d'extension de la hanche - un test de l'hypo extensibilité des ischio-jambiers -une échographie pour mesurer l'épaisseur de la tête du biceps fémoral et du grand fessier -un questionnaire sur les antécédents de lésions musculaires Les données ont ensuite été comparées entre les coureurs ayant contracté une blessure aux IJ et ceux n'en ayant pas eu. La durée d'observation était de mai 2016 à octobre 2016
<u>Résultats :</u>	Les résultats sont significatifs pour p<0.05 -Il n'y a pas de différence significative d'âge, de poids et de taille et de discipline entre le groupe cas et le groupe témoins. -Il n'y a pas de différence significative entre les tests isocinétiques de la hanche et du genou des groupes cas et témoins. -Il n'y a pas de différence entre l'épaisseur des muscles grand fessier et la tête du biceps fémoral des groupes cas et témoins. -L'amplitude de flexion et d'extension de hanche semble plus importante dans le groupe cas que le groupe témoin. Cependant aucune corrélation significative ($p=0.05$, $R=-0.061$) n'a été observée. -Aucune différence significative d'hypo extensibilité des ischio-jambiers n'a été observée entre le groupe cas et le groupe témoin. -Les coureurs ayant des antécédents de lésions musculaires ont une incidence significativement plus importante ($p<0.05$; odds ratio 2.85) que ceux n'ayant pas d'antécédent.

B. Freeman Australie 2019	
<u>Titre</u>	The effects of Sprint Training and the Nordic Hamstring Exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes.
<u>Population :</u>	28 sprinteurs : âgés 16,21± 1,34ans ; taille 1,75±0,10 m ; poids 68,5±12,1kg Il y a 23 hommes et 5 femmes. Chaque participant a déjà pratiqué un sport au collège (football australien, cricket, football, baseball et hockey)
<u>Objectif :</u>	L'objectif de l'étude est de comparer les effets de l'entraînement du NHE et l'entraînement au sprint sur la force excentrique des IJ et sur les performances du sprint.
<u>Méthodologie :</u>	Étude de cohorte Les participants sont répartis aléatoirement en 2 groupes. 1 groupe s'entraînant spécifiquement sur des exercices à base de Nordic Hamstring Exercise (NHE) et l'autre groupe s'entraînant sur le travail du sprint en groupe. La fréquence d'entraînement est de 2 entraînements par semaine pendant 4 semaines La sensation de douleur est récoltée après chaque fin d'entraînement.
<u>Résultats :</u>	Les résultats sont significatifs pour p<0.05 -Il y a une augmentation significative de la force excentrique (p<0.05) pour le groupe NHE (+9.8%) et le groupe de sprint (+6.2%) -L'entraînement NHE n'a pas modifié la vitesse maximale de sprint. Le travail en sprint a permis une augmentation de la vitesse mais elle n'est pas statistiquement significative. -L'entraînement NHE n'a pas produit d'augmentation significative des douleurs. Cependant le travail de sprint a produit une augmentation significative aux furs et à mesures des séances. Les séances d'entraînements aux sprints ont montré qu'elles génèrent significativement plus de douleur que les entraînements par NHE après la 8ème séance (p=0.03, ES=0.93).

R.Mianfang Chine 2018	
<u>Titre</u>	STRETCH COULD REDUCE HAMSTRING INJURY RISK DURING SPRINTING BY RIGHT SHIFTING THE LENGTH- TORQUE CURVE
<u>Population :</u>	12 sprinteuses : 20.8± 0.7 ans ; 1.61± 0.05 m ; 54.25± 4.22 kg Toutes les sprinteuses avaient au moins 3 ans d'entraînements d'expérience. Le matériel était fourni par le laboratoire et identique.
<u>Objectif :</u>	L'objectif de cette étude est de démontrer que les étirements peuvent réduire l'incidence de lésions musculaires aux ischio-jambiers .
<u>Méthodologie :</u>	Etude cas/ témoins Des électrodes ont été placées sur le biceps fémoral (BF), le droit fémoral (DF) et le vaste médial sur la jambe dominante. Un jogging d'échauffement de 5 min est effectué, suivi du protocole d'étirement des IJ (4x30 sec, avec 10 sec d'intervalle) sur la jambe dominante et non dominante pour l'un et 5 min de repos pour l'autre. Ensuite les signaux EMG enregistrés par un logiciel, une analyse et une plateforme de force ont permis d'enregistrer les signaux EMG, la cinématique 3D et les forces de réaction au sol .
<u>Résultats :</u>	Les résultats sont significatifs pour p<0.05 -la vitesse de pointe n'a significativement pas augmenté après les étirements statiques. -La longueur maximum du biceps fémoral durant le swing tardif a augmenté de façon significative après les étirements (p=0.05 ; d=1.22). -La valeur de la force de réaction avec le sol pendant la phase initiale est significativement réduite (p<0.05, d=1.79) après étirement. -Les étirements statiques des ischio-jambiers réduisent le niveau d'activation durant la pré-activation (p<0.05, d=2.45) uniquement.

S S Yeung Chine, 2009	
<u>Titre</u>	A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters : preseason muscle imbalance as a possible risk factor
<u>Population :</u>	<p>44 sujets (35 hommes et 9 femmes) Age : 19,2 ± 2 ans Tous les athlètes pratiquent des courses en compétition jusqu'à 400m avec des entraînements réguliers Les sujets n'ont pas de lésions associées ni aux membres inférieurs ni à la colonne vertébrale.</p> <p>Les sujets ont été testés plus de 9 semaines avant le début de la saison sportive.</p>
<u>Objectif :</u>	L'objectif de cette étude est de montrer que le déséquilibre musculaire entre le quadriceps et les ischio-jambiers est un facteur de risque de blessures des ischio-jambiers.
<u>Méthodologie :</u>	<p>Etude de cohorte</p> <p>Après une phase d'échauffement (10min) et d'étirement (10min). L'hypoextensibilité des ischio-jambiers a été mesurée à l'aide d'un goniomètre placé sur le condyle latéral du fémur.</p> <p>La mesure du couple de force a été effectuée par un dynamomètre isocinétique avec un protocole de 5 contractions différentes randomisées.</p> <p>Les résultats ont ensuite été analysés (alpha = 0.05) pour mettre en évidence d'éventuels facteurs de risque.</p>
<u>Résultats :</u>	<p>Les résultats sont significatifs pour p<0.05</p> <p>La flexibilité des ischio-jambiers n'a pas d'incidence significative sur la survenue de blessure</p> <p>Le rapport quadriceps/ischio à 180 u/s est significatif à p=0.01 et augmenterait le risque de blessures</p>

N.Fiorentino USA, 2014	
<u>Titre</u>	Musculotendon variability influences tissue strains experienced by the biceps femoris long head muscle during high-speed running
<u>Population :</u>	<p>12 sujets dont 4 femmes et 8 hommes : entre 168 et 182 cm, entre 62 et 82 kilos</p> <p>Tous les sujets ont déjà participé à des compétitions de sprint ou de saut.</p> <p>6 sujets ont déjà eu des antécédents de blessure dans le passé. Les 6 autres sujets n'ont jamais eu d'antécédent de blessure musculaire.</p> <p>Tous les athlètes ayant souffert de blessures musculaires de type II ou de blessures plus importantes et ayant loupé plusieurs entraînements ou de compétitions à cause de ces blessures n'ont pas été inclus dans l'étude.</p>
<u>Objectif :</u>	L'objectif de cette étude est de montrer l'influence de l'architecture des tendons du biceps fémoral et leur implication dans les pathologies musculaires.
<u>Méthodologie :</u>	<p>Etude transversale</p> <p>Le groupe ayant subi des blessures a été regroupé avec le groupe n'ayant jamais subi de blessures, en effet selon le test statistique ANOVA il n'y a pas de différence significative entre les 2 groupes en mesurant leurs dimensions.</p> <p>Les dimensions du biceps fémoral telles que la longueur, la largeur et l'épaisseur ont été mesurées par image de résonance.</p> <p>Pour assurer une reproductibilité, la mesure a été localisée à 6 endroits bien distincts pour le tendon/aponévrose et 5 endroits bien localisés pour le corps musculaire.</p>
<u>Résultats :</u>	<p>Les résultats sont significatifs pour p<0.05</p> <p>-Les dimensions des muscles et des tendons varient d'un athlète à un autre et d'un membre à l'autre et jouent un rôle dans le mécanisme lésionnel. La jonction myo-tendineuse est plus sensible aux lésions</p> <p>-La contrainte locale maximale a augmenté pour les modèles avec des largeurs d'aponévrose proximale relativement plus étroites et des largeurs musculaires plus larges.</p> <p>-Les mesures de la dimension musculo-tendineuse ne sont pas significativement différentes entre celles du sujet ayant des antécédents et le sujet sain.</p>

3.2 Risques de biais des études incluses

3.2.1 Grille d'analyse étudiée

Pour analyser la validité interne de chaque étude, nous avons utilisé l'échelle **Newcastle Ottawa**.

Le score détaillé de chaque étude est décrit dans les tableaux suivants.

Etudes de cohorte		Freeman 2019	Mianfang 2018	Yeung 2009
SELECTION /4	Représentation pertinente des exposés	★		
	Sélection des non-exposés	★	★	★
	Exposition fiable	★	★	★
	Issue antérieurement non présente		★	★
COMPARABILITE /2	Critère de jugement principal et/ou secondaire similaire entre les deux groupes	★ ★	★ ★	★★★
RESULTATS /3	Vérification de l'exposition fiable		★	
	Suivi des groupes assez long pour obtenir des résultats significatifs	★		★
	Comparabilité des perdus de vue chez les exposés et les non-exposés		★	★
TOTAL	/9	6/9	7/9	7/9

Etude cas-témoins		Tokutake 2018
SELECTION /4	L'identification du groupe témoin est-elle pertinente ?	
	La population est-elle sensible au cas ?	★
	Sélection des témoins cohérente ?	★
	Définition des témoins comme non porteurs de la pathologie étudiée	★
COMPARABILITE /2	Critère de jugement principal et/ou secondaire similaire entre les deux groupes	★★
EXPOSITION /3	Vérification de l'exposition fiable	★
	Vérification de l'exposition comparable chez les cas et les témoins	★
	Comparabilité des perdus de vues chez les cas et les témoins	
TOTAL	/9	7/9

ETUDE transversale		Sun 2015	Fiorentino 2014
SELECTION /3	Représentation pertinente des exposés		★
	Caractéristiques des non-exposés comparables aux exposés	★	★
	Exposition fiable	★	★
COMPARABILITE /2	Critère de jugement principal et/ou secondaire similaire entre les deux groupes	★	★
RESULTATS /2	Evaluation des résultats indépendante et aveugle	★	
	Les tests statistiques sont décrits et appropriés		
TOTAL	/7	4/7	4/7

3.2.2 Synthèse des biais retrouvés

Etudes	Biais
<p>Freeman 2019</p>	<p><u>Sélection :</u> -Il n'est pas notifié que les athlètes sélectionnés n'étaient pas atteints ni n'avaient d'antécédents de lésions musculo-aponévrotiques au moment de l'étude.</p> <p><u>Mesure :</u> -La mesure de la force excentrique des ischio-jambiers se fait après la mesure de la vitesse du sprint, la fatigue après le premier test peut biaiser la mesure de la force excentrique.</p> <p><u>Résultat :</u> -les athlètes possèdent déjà un niveau de force excentrique élevé. Des études supplémentaires doivent mettre en lien avec des populations possédant moins de force musculaire excentrique -7 sujets (20%) sur 35 n'ont pas fini l'étude pour diverses raisons non spécifiées dans l'article -Les athlètes n'ont pas fait exclusivement du sprint pendant la durée de l'essai, le gain de force peut être dû aux autres pratiques sportives.</p>
<p>Mianfang 2018</p>	<p><u>Sélection :</u> -La population est réduite (12 participantes) -La population est composée exclusivement d'athlètes féminines et la population est très semblable en âge, taille, poids et performance.</p> <p><u>Mesure :</u> -Les électrodes ne sont placées que sur 1 seul des ischio-jambiers (biceps fémoral)</p> <p><u>Résultats :</u> -le suivi des groupes n'est pas assez long, ne dure que 3 séances au total</p>
<p>Yeung 2009</p>	<p><u>Sélection :</u> -La population est trop ciblée et n'est pas assez hétérogène. -Le temps d'exposition à la compétition n'a pas pu être séparé pour l'analyse car il était difficile de le quantifier dans les épreuves de sprint d'athlétisme.</p> <p><u>Résultat :</u> -Les résultats s'appuient sur des études, il peut y avoir un biais de publication en incluant des études fausses.</p>
<p>Tokutake 2018</p>	<p><u>Sélection :</u> -La population sélectionnée est très homogène, n'est pas assez diversifiée. -Elle est composée exclusivement d'hommes et les athlètes appartiennent à la même équipe.</p>

	<p><u>Mesure :</u> -Certains tests (ROM, TMI) manquent de spécificité pour faire le lien entre les tests et le sprint. -La mesure de l'amplitude articulaire ROM est faite au goniomètre -La mesure de l'épaisseur musculaire ne se fait qu'en 1 point précis.</p> <p><u>Résultat :</u> -Les sujets perdus de vue ne sont pas renseignés et non pris en compte.</p>
Sun 2015	<p><u>Sélection :</u> -La population est très homogène, n'est pas assez diversifiée et composée exclusivement d'hommes. -la population étudiée est réduite (8 participantes) -Les sujets ne sont pas classés en différents groupes, ils sont analysés individuellement.</p> <p><u>Résultats :</u> -Aucun test statistique n'est décrit dans l'étude. -Les autres structures passives et actives de la hanche et du genou n'ont pas été prises en considération. -différents stimulus tels que l'inertie, la force musculaire et le mouvement ne sont pas pris en compte dans l'équation</p>
Fiorentino 2014	<p><u>Sélection :</u> -La population étudiée est réduite (12 participants)</p> <p><u>Mesure :</u> -La position des sujets ayant une variation de $\pm 5^\circ$, ceci constitue un biais supplémentaire. -Les données biomécaniques du sprint sont basées sur la littérature et non sur la biomécanique propre des sujets</p> <p><u>Résultats :</u> -la modélisation ne prend pas en compte l'effet force-vitesse et la viscoélasticité -Les évaluations ne sont pas faites à l'aveugle. -les tests statistiques ne sont pas décrits, l'association ne peut être évaluée.</p>

En général, les biais les plus rencontrés dans nos études sont :

- La population étudiée est très souvent réduite et homogène (les coureurs sont de la même tranche, exclusivement des hommes ou des femmes). La comparaison avec l'ensemble de la population sprinteur est difficile à effectuer.
- Les études sont rarement effectuées en aveugle, ce qui réduit l'objectivité de l'étude.

3.3 Effets de l'intervention

Critère de jugement principal :

Parmi les 6 études sélectionnées, 4 études font apparaitre le critère de jugement principal, la **survenue de lésion musculaire des ischio-jambiers** :

- Y. Sun 2015
- G. Tokutake 2018
- Mianfang 2018
- S. Yeung 2009

Critères de jugement secondaires :

Les 2 études restantes font apparaitre un critère de jugement secondaire **en lien** avec la survenue de lésion musculaire :

- B W. Freeman 2019
- Fiorentino 2014

4 Discussion

4.1 Analyse des principaux résultats

Après lecture et analyse des études sélectionnées, les résultats vont être présentés et décrits. Les **facteurs anthropologiques** vont être décrits en premier puis dans un second temps les **facteurs biomécaniques**.

4.1.1 Facteurs de risques anthropologiques

Les facteurs intrinsèques :

Ces dernières années, de plus en plus d'articles s'intéressent aux facteurs de risque des lésions des ischio-jambiers.

Néanmoins l'explication principale de ces lésions n'est pas encore clairement établie.

G. Tokutake et al.[38] ont cherché à montrer que les différences inter-individuelles jouent un rôle dans la survenue des lésions musculaires. Tout ceci en prenant en compte le vécu sportif (discipline, antécédents de blessures), ainsi que les différences articulaires et musculaires.

Les auteurs mesurent différents facteurs comme marqueurs potentiels de lésions musculaires des ischio-jambiers :

- La force musculaire des extenseurs et des fléchisseurs des muscles de la hanche et du genou
- L'amplitude articulaire de la hanche et l'hypo-extensibilité du genou
- L'épaisseur musculaire du biceps fémoral et du grand fessier
- Les antécédents de lésions musculaires des ischio-jambiers

L'évaluation de la force musculaire des sujets a été mesurée à l'aide d'un dynamomètre dans des conditions bien précises de positionnement afin de pouvoir comparer les différents sujets et éviter ainsi de limiter au maximum les compensations possibles.

Les séries de test n'ont montré aucune différence significative de force entre les sujets sains et les cas.

Aucune différence significative n'a pu être constatée que ce soit au niveau de l'appareil fléchisseur ou extenseur de la hanche ou du genou.

Le même ratio agoniste/antagoniste, qui est ischio-jambier/quadriceps pour le genou et ilio-psoas/grand fessier pour la hanche n'a pas montré de différence significative pour la survenue de lésions musculaires.

Les résultats n'étant pas significatifs il faut se demander si la méthodologie est adaptée à l'étude, si la position de référence n'est pas trop éloignée de celle rencontrée lors de la phase de sprint.

L'épaisseur musculaire de la longue portion du biceps fémoral ainsi que celle du grand fessier a été mesurée à l'aide d'une imagerie à ultrasons.

L'objectif était de comparer l'épaisseur musculaire chez les sujets atteints de lésions musculaires et les sujets sains.

Dans des intérêts de reproductibilité et de comparabilité la section transversale mesurée pour les deux muscles est toujours la même.

Pour la longue portion du biceps fémoral le point de mesure est un point médian d'une perpendiculaire de l'extrémité supérieure du grand trochanter à la crête sacrée médiane. Pour le grand fessier le point de mesure est un point se situant au milieu de la tubérosité ischiatique et de la tête de la fibula.

L'analyse de ces résultats ne montre pas de différences significatives entre l'épaisseur musculaire (cm) des cas et des témoins, que ce soit pour la longue portion du biceps fémoral ou pour le grand fessier.

Les résultats n'étant pas significatifs il faut se demander si la méthode pourrait être améliorée. En effet selon l'étude de Garrett Jr [39], la localisation préférentielle d'une souffrance musculaire se situe proche de la jonction musculo-tendineuse.

Des études complémentaires seraient donc à envisager en effectuant une imagerie plus proche de la jonction musculo-tendineuse.

L'amplitude articulaire a aussi été un facteur étudié pour promouvoir ou non comme facteur de risque dans les lésions musculaires des ischio-jambiers.

L'objectif était de voir si la limitation articulaire de la hanche et l'hypo-extensibilité des genoux ont un impact sur la survenue des lésions musculaires.

La mesure de l'amplitude concerne la flexion et l'extension de hanche, cette mesure s'est faite au goniomètre sur un sujet en décubitus dorsal. L'examineur a placé ses mains pour ressentir l'épine iliaque antéro-supérieure, pour sentir le mouvement pelvien du bassin et la

mesure s'est effectuée lorsque la flexion de hanche est maximale sans mouvement pelvien. L'angle de flexion du genou est maintenu tout au long de la mesure.

L'hypo-extensibilité des ischio-jambiers a été mesurée lors d'une extension passive du genou. Le sujet a la hanche et le genou placés à 90° de flexion chacun. Dans cette position l'examineur effectue une extension de genou passivement.

L'analyse des résultats montre une différence entre les cas et les sujets sains. En effet l'amplitude de flexion et d'extension de la hanche semble plus grande chez les sujets atteints de lésions musculaires.

Cependant il n'y a aucune corrélation significative ($p < 0.05$, $r = -0.061$) entre l'amplitude de flexion et d'extension de la hanche.

De plus aucune différence significative de la mesure de l'hypo-extensibilité des ischio-jambiers n'a été observée entre les deux groupes.

Étant donné la différence présente entre les cas et les témoins au niveau de la flexion et de l'extension de la hanche, il serait intéressant de faire des études complémentaires avec un échantillon plus important, ainsi qu'une méthodologie plus stricte pour éviter tout biais dû aux positionnements du sujet, des articulations sus et sous-jacentes.

Pour savoir si un épisode passé de lésions musculaires pouvait être un facteur de récurrence, un questionnaire sur chaque participant a été réalisé.

Chaque athlète devait informer l'examineur s'il avait ressenti une douleur dans la partie postérieure de la cuisse au cours de ces 2 dernières années nécessitant au moins 1 jour de repos. Si les participants ont subi une douleur dans la partie postérieure, ils ont ajouté la date et la jambe atteinte.

Les résultats montrent une différence significative entre les sujets ayant déjà souffert de lésion musculaire et les membres sains.

En effet les membres ayant un épisode lésionnel ont beaucoup plus de chances de développer une nouvelle lésion avec un OR=2.85, pour $p > 0,05$.

Les sujets ayant déjà eu une altération semblent plus prédisposés à contracter une nouvelle lésion musculaire.

En effet ce phénomène est appuyé par d'autres études. Entre autre dans une étude de Amy Silder et al [40], il semblerait que la lésion ait induit un changement de morphologie qui n'est pas discernable par la mesure de la force musculaire, la dynamique de course ou l'activation musculaire.

Il serait donc intéressant d'effectuer des études complémentaires dans le but de confirmer cette interprétation.

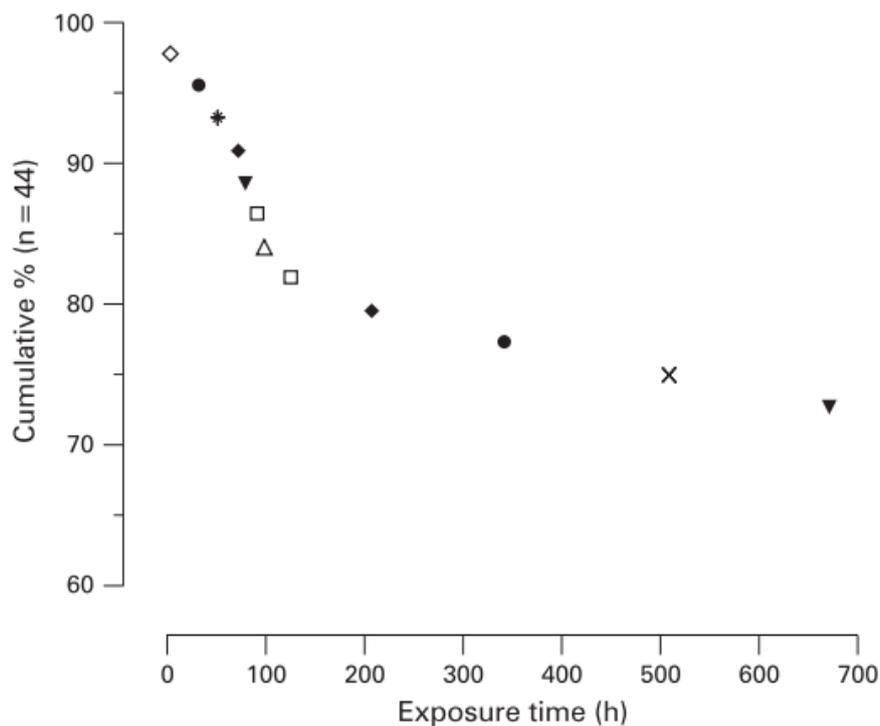
Le déséquilibre musculaire

La faiblesse musculaire peut jouer un rôle dans le mécanisme lésionnel des ischio-jambiers. Yeung et al [41] a regardé l'impact que les faiblesses musculaires peuvent avoir sur l'incidence des blessures.

A l'aide d'un dynamomètre isocinétique la mesure de la force musculaire des ischio-jambiers en concentrique, excentrique ainsi que la force des quadriceps en concentrique a pu être évaluée à différentes vitesses (60,180,240 u/s).

Il a été observé que la plupart des blessures (50%) se produisait lors de compétitions, en cause un manque d'échauffement ou surpassement des capacités musculaires de l'athlète qui est lésionnel.

Il est à noter que la majorité des lésions se situent lors des 10 premières semaines de reprises. Il semblerait donc judicieux de faire une campagne de prévention en début de saison ou de sensibiliser les entraîneurs à un retour à l'entraînement plus léger et plus adapté pour la reprise.



Yeung 2019

En analysant la force musculaire des ischio-jambiers il n'y a pas de différence de force entre le membre lésé et le membre sain.

Cependant il a été montré que lorsque le ratio de force ischio-jambier/quadriceps à une vitesse de 180u/s est inférieur à 0,6 alors ce déséquilibre multiplie les probabilités de blessures par 17.

Il est important de noter que les avis sont partagés sur cette théorie. En effet il a été montré dans d'autres études que la différence de force entre les ischio-jambiers/quadriceps est un facteur de risque de lésion aux ischio-jambiers. C'est notamment la conclusion de Orchard [42] et de Burkett [43]. Cependant dans l'étude précédente de G. Tokutake, aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant le ration de force IJ/Q.

Table 4 Predictor variables for Cox regression model

Variables	Log rank test significance
Previous hamstring injury	0.68
Weekly training time	0.28
Hamstring PT ₆₀	0.89
Hamstring PT ₁₈₀	0.97
Hamstring PT ₂₄₀	0.94
Quadriceps PT ₆₀	0.92
Quadriceps PT ₁₈₀	0.08*
Quadriceps PT ₂₄₀	0.17*
L _{0 60}	0.87
L _{0 180}	0.84
L _{0 240}	0.98
Hcon : Qcon ₆₀	1.00
Hcon : Qcon ₁₈₀	0.02*
Hcon : Qcon ₂₄₀	0.20*
Hecc : Qcon ₆₀	0.16*
Hecc : Qcon ₁₈₀	0.19*
Hecc : Qcon ₂₄₀	0.14*
H : H ₆₀	0.36
H : H ₁₈₀	0.84
H : H ₂₄₀	0.82
SLR	0.71

*Represent variables selected for further analysis. H : H, hamstring to opposite hamstring ratio; Hecc : Qcon, eccentric peak torque of the hamstring muscle versus the concentric quadriceps muscle ratio; Hcon : Qcon, concentric hamstring/ quadriceps peak torque ratio; PT, peak torque; SLR, straight leg raising test.

Yeung 2009

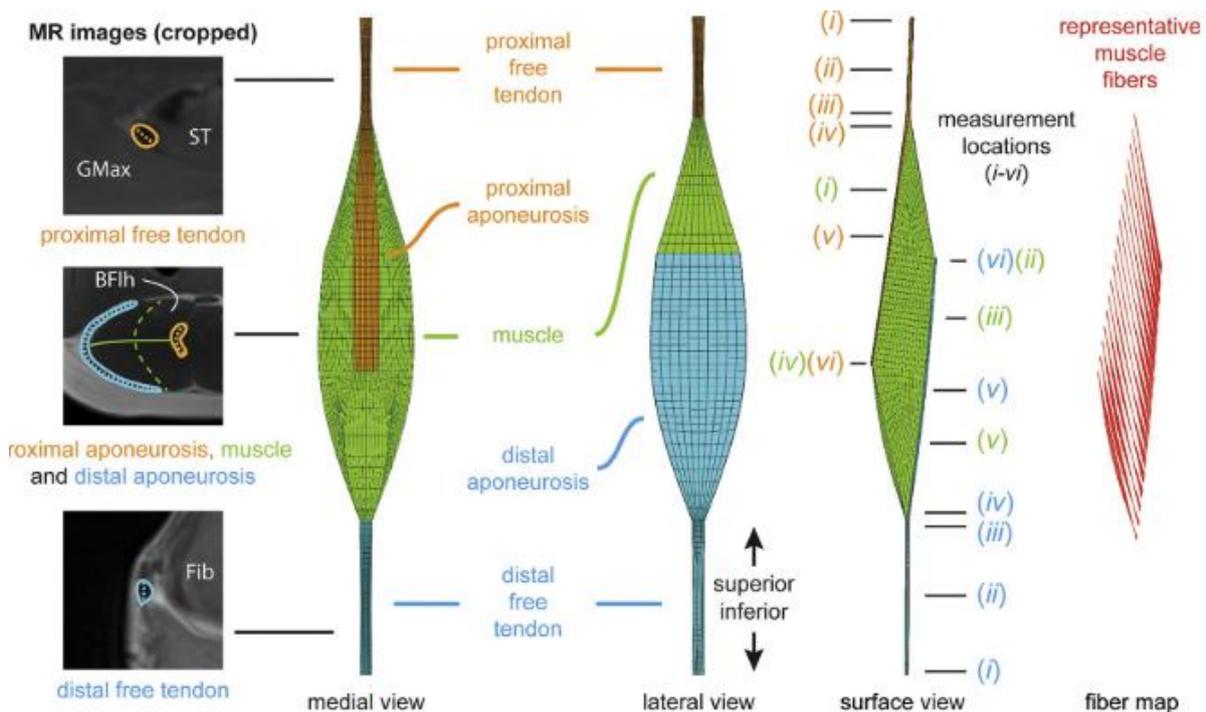
Il est évident que lors du sprint les ischio-jambiers subissent de grosses contraintes, plus encore lorsqu'il y a un déséquilibre IJ/Q. Ceci pourrait s'expliquer par une mise en tension supplémentaire de la part du groupe musculaire antagoniste lors de la mise en contrainte. Un dépistage en pré-saison serait peut-être une option envisageable pour identifier les sujets à risque et adapter leur entraînement en début de saison.

L'architecture musculo-tendineuse

Il existe autant de structures aponévrotiques, de largeur musculaire qu'il existe d'individus. La variabilité inter-individuelle de la largeur des aponévroses ou de la largeur musculaire ont une influence sur les souches de tissu musculaire interne.

Fiorentino et al [44] se sont demandé si une unité musculo-tendineuse en fonction de ses caractéristiques est plus susceptible aux microtraumatismes lors de la course à grande vitesse.

A l'aide d'un scanner à résonance magnétique, pour les sujets en décubitus dorsal avec une flexion de hanche et de genou de 15-20°, des images ont été prises à partir de l'origine de la tête de la longue portion du biceps fémoral au niveau de la hanche jusqu'à son insertion distale. En effet la mesure se fait à des endroits précis et reproductibles, les mesures se sont faites à 6 emplacements le long du tendon/aponévrose et 5 emplacements le long du muscle.



Blemker and Delp, 2005

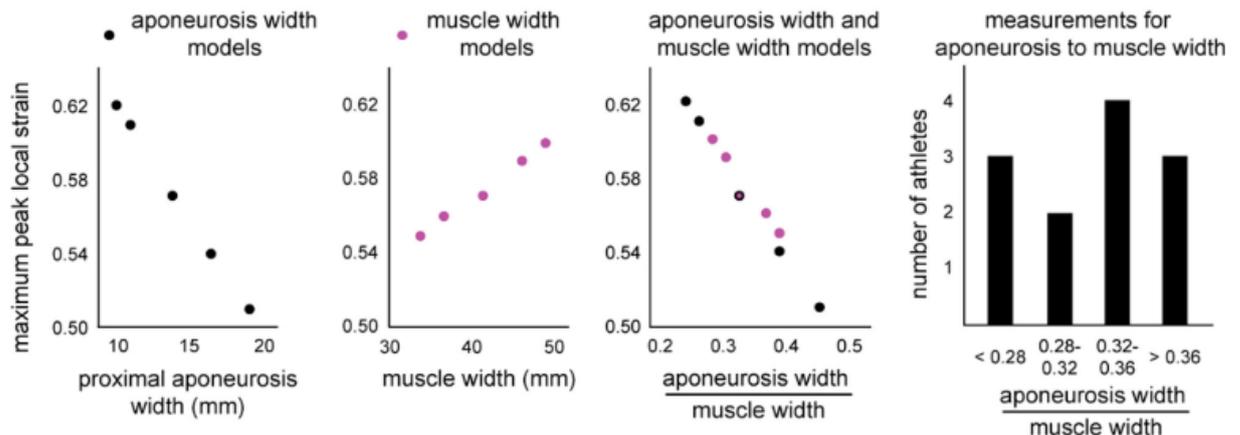
Les mesures de la largeur de l'aponévrose ont montré que l'aponévrose proximale variait tout au long de la mesure.

En effet le graphique montre que la contrainte maximale locale **diminue** le long de la fibre lorsque **l'aponévrose proximale était plus large**.

Par ailleurs les mesures montrent que la tension locale **augmente** le long de la fibre lorsque la **largeur musculaire augmente**.

Pour finir il est donc important à noter que la déformation maximale augmente lorsque le coefficient entre la largeur de l'aponévrose et la largeur du muscle est le **plus petit**.

Déformation maximale = largeur aponévrose / largeur muscle



Blemker and Delp, 2005

Il semblerait donc que les dimensions musculotendineuses aient une influence sur le risque de blessure et rende un individu plus sensible aux blessures.

Une épaisseur plus importante du muscle et/ou une aponévrose plus étroite rendrait un individu plus sensible aux blessures, en augmentant sa tension maximale localement. Il est à noter que la jonction myo-tendineuse est plus sujette aux lésions que les autres parties du muscle.

En conclusion, cette étude montre que les dimensions musculo-tendineuses du biceps fémoral ont un impact sur le tissu musculaire interne pendant le sprint. Il semble donc important de prendre en compte la structure du biceps fémoral pour la compréhension et pour réduire l'incidence des blessures.

Dans des études complémentaires il serait intéressant de comparer les dimensions musculotendineuses des autres muscles des ischio-jambiers pour obtenir une compréhension plus globale de l'influence de la variabilité musculo-tendineuse.

De plus il semblerait intéressant de continuer ces études avec un échantillon de sujets plus important. En effet le nombre réduit de participants peut inclure des biais de sélection dans l'étude.

4.1.2 Facteurs de risques biomécaniques

Après avoir recherché les facteurs intrinsèques à chaque individu, on recherche les facteurs biomécaniques pouvant avoir un rôle dans la survenue de lésion musculo-tendineuse aux ischio-jambiers.

Les étirements statiques

Mianfang et al [45] ont cherché à montrer que les étirements statiques peuvent réduire le risque de blessure chez une population de sprinteurs. En effet leur hypothèse initiale est que les étirements statiques ont un impact sur le couple tension-longueur et réduirait le risque de blessures musculaires.

A l'aide d'un EMG sans fil, des électrodes sans fil sont placées sur le biceps fémoral, le droit fémoral et le vaste médial de la jambe dominante. Des marqueurs rétro réfléchissants ont été placés sur différents repères anatomiques. Suite à cela un jogging de 5 minutes et des sauts verticaux ont permis un étalonnage de l'EMG.

Les principaux résultats obtenus sont que la longueur du biceps fémoral a significativement augmenté ($d=1,22$) après les étirements statiques des ischio-jambiers (ESI) et que la force de réaction au sol a significativement diminué ($d=1,46$ horizontal et $d=1,79$ verticalement) suite aux étirements, ainsi que le temps d'appui ($d=2,45$).

En réduisant la force de réaction au sol, cela peut diminuer la production de force des ischio-jambiers limitant ainsi l'énergie cinétique répercutée sur le complexe musculo-tendineux.

TABLE 1. Biomechanical variables during sprinting.*

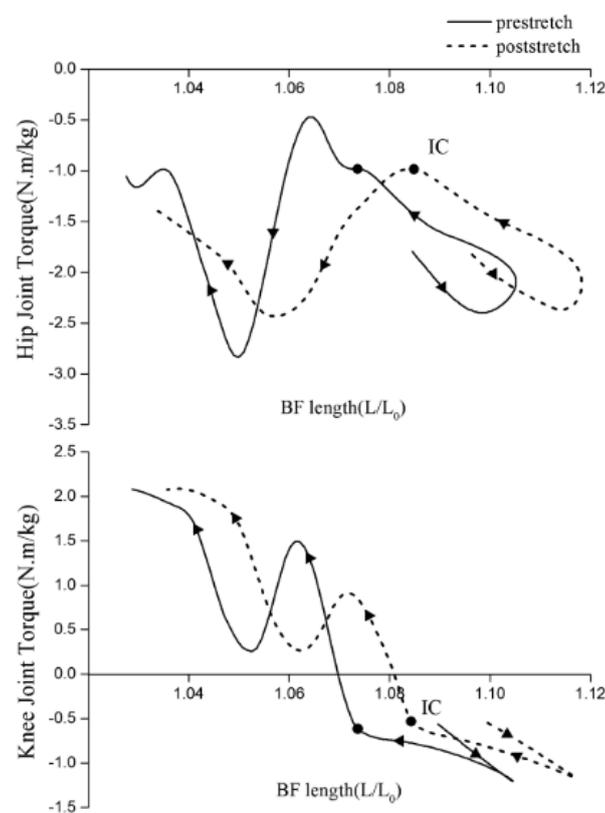
Variables	Prestretching	Poststretching	p	Effect size
Length at IC (m)	0.450 ± 0.01	0.455 ± 0.01	0.165	1.22
Peak length (m)	0.465 ± 0.01	0.470 ± 0.01	0.075	1.22
Knee torque at peak length (Nm·kg ⁻¹)	-1.21 ± 0.13	-1.18 ± 0.13	0.423	0.57
Stance duration time (s)	0.14 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.009	2.45
Peak Fx (BW)	-0.58 ± 0.17	-0.49 ± 0.13	0.028	1.46
Peak Fz (BW)	3.18 ± 0.48	2.91 ± 0.21	0.05	1.79

*Peak Fx = peak value of horizontal ground reaction force during early stance phase; Peak Fz = peak value of vertical ground reaction force during early stance phase.

Mianfang and all

De plus les courbes de longueur/ tension ont montré un déplacement vers la droite que ce soit pour l'articulation de la hanche et du genou après les ESI.

Le déplacement de la courbe longueur/ tension vers la droite s'explique par la compliance mécanique des unités motrices suite aux étirements [46]. En effet les étirements ont pu augmenter la longueur de repos des fascicules musculaires et réduire la rigidité tendineuse. L'augmentation de la longueur peut avoir un impact positif sur l'incidence des lésions musculo-tendineuses des ischio-jambiers en permettant aux fibres musculaires de se raccourcir avant la phase excentrique. Ceci pourrait permettre une meilleure absorption de l'énergie cinétique en réduisant ainsi la tension appliquée sur les sarcomères et évitant ainsi que la fibre musculaire ne soit trop étirée.



Mianfang and all

Il a donc été montré que dans l'ensemble les étirements statiques peuvent réduire le risque de blessures des ischio-jambiers et qu'une raideur musculo-tendineuse peut avoir un impact sur la survenue de lésion musculo-tendineuse aux ischio-jambiers.

Dans de futures études il semblerait intéressant d'effectuer des mesures sur une population plus étendue et plus hétérogène pour limiter les biais de sélection. Il semblerait aussi pertinent d'observer les effets des étirements sur une durée plus longue pour étudier leur effet protecteur dans le sprint.

Entraînement par exercice nordique des ischio-jambiers

Dans l'étude de Freeman et al [47] ils ont cherché à prouver que l'entraînement en renforcement musculaire en excentrique des ischio-jambiers permet d'augmenter la force musculaire ainsi que les performances en comparant avec l'entraînement standard au sprint. Pour cela chaque groupe a eu un programme d'entraînement attribué aléatoirement. Le programme comprend une semaine de familiarisation, 2 semaines d'entraînement pré-test et une semaine post-test. À la suite de ce programme les résultats calculés tout au long de l'étude tels que la force musculaire, l'accélération et la vitesse maximale ont été analysés.

Concernant la force excentrique des ischio-jambiers, une augmentation significative ($p < 0,05$) est présente pour les deux groupes d'entraînement. Néanmoins on observe une légère différence de force entre les deux groupes. Le groupe travaillant en excentrique (9,8%) a une augmentation supérieure à celle du groupe travaillant en sprint (6,2%).

Concernant l'accélération, il n'y a pas eu d'augmentation significative dans les deux groupes. Cependant la vitesse maximale a augmenté seulement pour le groupe sprint mais cette augmentation n'est pas significative. Cette augmentation pourrait s'expliquer par le fait que le groupe sprint a pu améliorer sa technique de course pendant les 4 semaines créant ainsi une différence entre les deux groupes.

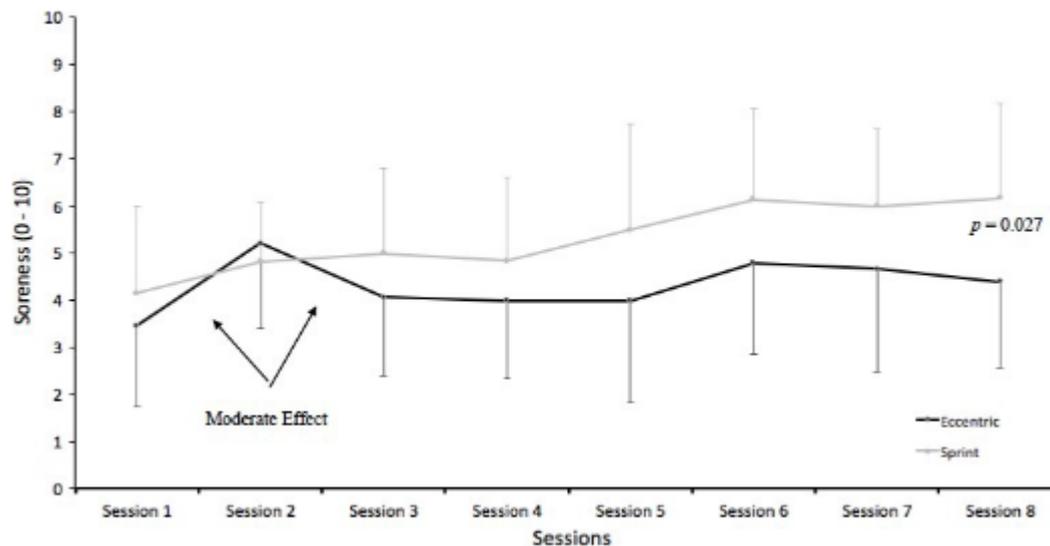
	Eccentric Training					Sprint Training				
	Pre	Post	% Change	<i>p</i>	Effect Size	Pre	Post	% Change	<i>p</i>	Effect Size
Eccentric Hamstring Strength (N)	329.0 ±75.8	361.1 ±89.4	9.8%	0.01 ⁺	0.39 (Small)	315.4 ±74.8	335.1 ±74.7	6.2%	0.01 ⁺	0.26 (Small)
Eccentric Hamstring Strength Left (N)	320.0 ±79.0	364.4 ±99.5	13.9%	0.01 ⁺	0.49 (Small)	307.8 ±81.2	334.3 ±89.7	8.6%	0.08	0.31 (Small)
Eccentric Hamstring Strength Right (N)	338.3 ±74.0	357.7 ±86.7	5.7%	0.10	0.24 (Small)	323.0 ±81.2	336.0 ±77.0	4.0%	0.01 ⁺	0.16 (Trivial)
Acceleration (0-10m) (Seconds)	1.97± 0.13	1.95± 0.15	1%	0.36	-0.14 (Trivial)	1.95± 0.15	1.95± 0.15	0%	0.86	0 (Trivial)
Max Speed (30-40m) (Seconds)	1.27± 0.11	1.27± 0.12	0%	0.42	0 (Trivial)	1.39± 0.27	1.27± 0.14	8.6%	0.10	-0.83 (Moderate)

⁺ = significant on a $p \leq 0.05$ level.

Freeman 2019

Pour la douleur il a été démontré que l'entraînement en excentrique provoque une augmentation de douleur aux ischio-jambiers jusqu'à 2^{ème} jour suivi d'une diminution qui se maintenait le reste des séances.

En revanche pour les athlètes s'entraînant en sprint, une augmentation progressive tout au long des séances. L'entraînement au sprint montre donc une augmentation significative ($p=0,03$) de la douleur au-delà du 8^{ème} jour comparé au groupe travaillant en excentrique. Cette augmentation de la douleur peut s'expliquer par le fait que le sprint est une course à fort impact pouvant être lésionnel.



Freeman 2019

En conclusion les deux techniques d'entraînement permettent une augmentation de la force excentrique des ischio-jambiers. Si on se réfère à l'essai clinique randomisé de Van der Horst [48] le renforcement excentrique des ischio-jambiers serait donc un facteur protecteur. Les deux modes d'entraînement semblent donc bénéfiques pour limiter le risque de lésion musculaire aux ischio-jambiers.

Dans de prochaines études il serait pertinent de les réaliser avec une population plus importante pour confirmer les résultats obtenus et d'identifier d'autres variables pouvant avoir un rôle dans la protection de lésions musculaires. Il est important de noter que d'autres études vont dans le sens de l'étude de Freeman tels que l'étude de Ribeiro-Alvares [49], de Yuki Hasabe [50] et Van der Horst [51].

Néanmoins ces études ne correspondant pas à la population étudiée, les résultats sont difficilement transposables d'une étude à l'autre.

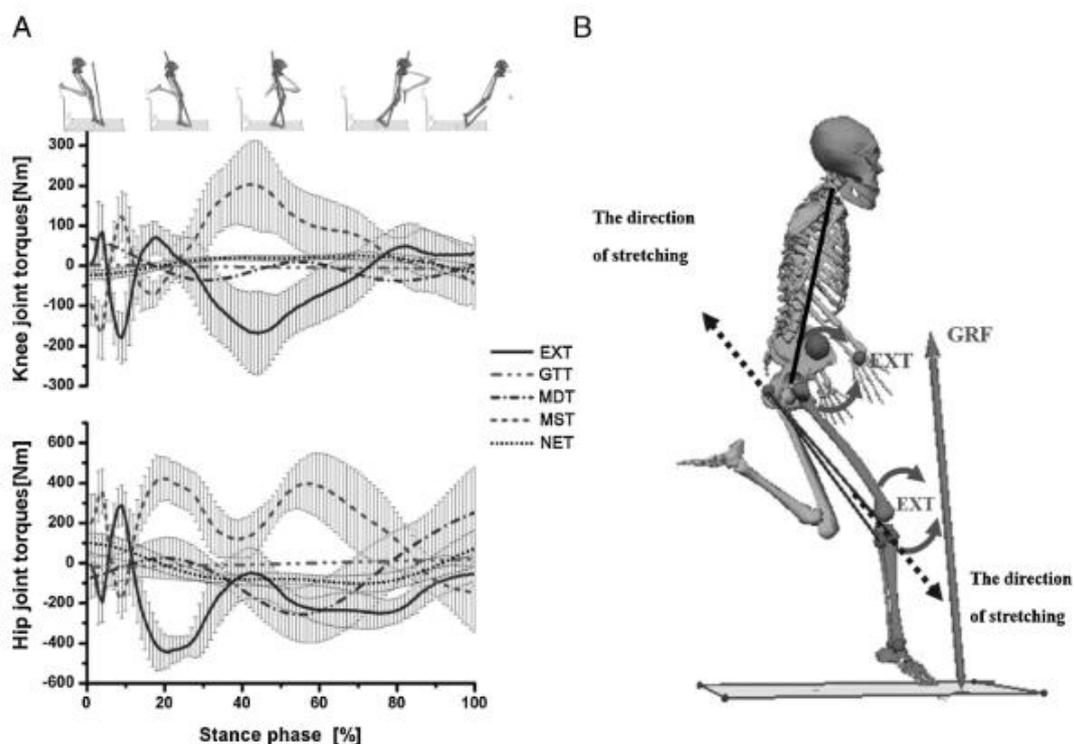
De plus il semble pertinent dans un projet thérapeutique de réathlétisation ou d'entraînement d'associer les deux modes d'entraînement pour tirer un bénéfice de leurs avantages réciproques.[49]

La charge mécanique

Sun et al [52] ont cherché à montrer que la charge mécanique liée au sprint peut entraîner des tensions néfastes aux ischio-jambiers.

Dans la biomécanique de la course, au moment de l'appui initial il y a simultanément un mouvement d'extension au niveau du genou et un mouvement de flexion au niveau de la hanche. Pour contrer ce mouvement et garder un équilibre, les ischio-jambiers permettent l'extension de la hanche et une flexion du genou.

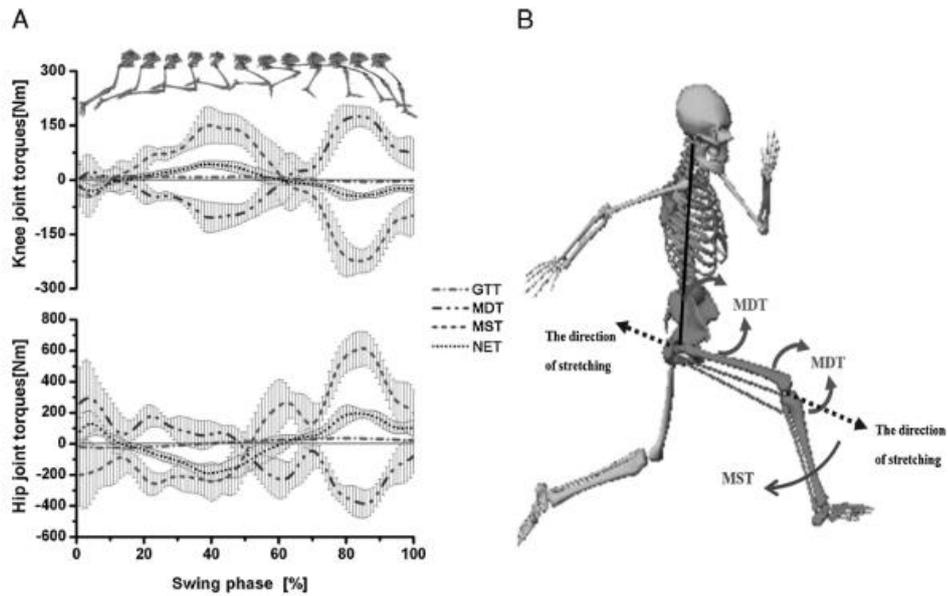
Les forces appliquées ont été mesurées au dynamomètre isocinétique. La force des fléchisseurs du genou a été évaluée lors de la phase initiale, elle est approximativement de $164 \pm 29,6$ N.m². Cette force appliquée aux ischio-jambiers est environ 40% plus grande que celle produite lors de la flexion isométrique maximale du genou.



Sun and all [52]

Au moment du swing tardif, lors de l'orientation du membre vers le sol, les ischio-jambiers se contractent intensément, créant une accélération rapide en changeant la fonction du muscle excentrique à la fonction concentrique.

Lors de cette phase, la force appliquée aux ischio-jambiers est environ 50% plus élevée que la flexion isométrique maximale du genou.



Sun and all [52]

Il est aussi important de prendre en compte l'activité musculaire des antagonistes. En effet le couple de force réel produit pourrait être supérieur à ceux estimés. Des études complémentaires semblent nécessaires pour avoir une vision plus précise des forces appliquées réellement.

Il a donc été démontré que c'est dans l'appui initiale et dans le swing tardif que le risque de traumatisme aux ischio-jambiers est le plus élevé. Les lésions sont fonction du déficit de force des ischio-jambiers et majorées en cas de déficit.

De toute évidence les ischio-jambiers jouent un rôle essentiel dans le sprint aussi bien au niveau du genou que de la hanche et une charge énorme est appliquée aux ischio-jambiers génératrice de lésions.

En comprenant la mise en charge de ces muscles, des programmes de prévention ainsi que des programmes de réadaptation peuvent être mis en œuvre pour limiter les lésions aux ischio-jambiers.

4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Lors de la prise en charge (PEC) par le kinésithérapeute, ce dernier n'aura aucun renseignement sur les caractéristiques invariables propres à l'individu.

Il est nécessaire dans cette PEC de faire un diagnostic approprié pour identifier le ou les facteurs impliqués dans le mécanisme lésionnel.

Le kinésithérapeute devra rééduquer le sujet en intégrant une notion importante de progressivité [53].

Dans la première phase, il s'agira de réduire la douleur et l'œdème jusqu'à ce que le sujet puisse reprendre une marche non douloureuse. Les exercices proposés se feront dans une amplitude réduite pour ne pas mettre en contrainte les fibres lésées.

La deuxième phase sera plus orientée vers un des exercices plus intenses avec une amplitude plus importante. Cependant une amplitude peut s'avérer encore lésionnelle, il faudra donc éviter les amplitudes trop grandes si une faiblesse persiste.

Dans cette phase un travail excentrique pourra être proposé, comme il a été vu précédemment une force des ischio-jambiers en excentrique insuffisante peut engendrer des lésions lors de la phase de sprint.

La rééducation présentée est la rééducation dite « standard » que la majorité des kinésithérapeutes pratiquent.

Cependant il semble intéressant de parler de la rééducation par **exercice d'agilité progressive et de stabilisation du tronc**.

En effet selon l'étude de Sherry et al [54], dans son essai contrôlé randomisé, la population issue de la rééducation par agilité progressive et stabilisation du tronc (APST) a eu un retour au sport plus rapide comparé au groupe comprenant des étirements statiques, des exercices isolés de résistance progressive des ischio-jambiers et du givrage (RPIG) . Cette différence n'est pas statistiquement significative et nécessite des études complémentaires. Cependant dans les 2 premières semaines de reprise sportive, la récurrence de blessure pour le groupe RPIG est de 54%, tandis qu'il y a eu aucune blessure (0%) pour le groupe APST. Des études avec une population plus importante sont nécessaires pour appuyer la véracité de cette étude.

La rééducation par agilité progressive et stabilisation du tronc

Ce mode de rééducation permet notamment aux muscles du membre inférieur de travailler à haute vélocité tout en travaillant dans des amplitudes non lésionnelles. La stabilisation du tronc, de la région lombo-pelvienne et du contrôle neuro-musculaire semble avoir un impact sur le retour plus rapide au sport ainsi que sur la récurrence de blessures.

Le « single-leg windmill touches » consiste à se tenir sur une jambe et amener la main vers le pied opposé en pivotant le tronc et en fléchissant la hanche.



Figure 4 Sherry and all [33]

Cet exercice nécessite un contrôle de la région pelvienne et permet aux muscles de travailler à vitesse rapide dans une amplitude non délétère.

Cet exercice permet d'effectuer un travail excentrique des ischio-jambiers lors de la phase de descente, la mise en tension des ischio-jambiers de la jambe d'appui permet de lutter contre l'hypo-extensibilité possible des ischio-jambiers. De plus la notion de progressivité se fera en fonction de la vitesse que le sujet exercera.

Le « side bridge » est un exercice classique de rééducation qui consiste à maintenir le corps latéralement en position aligné. Le contact avec le sol ne se fait qu'avec le coude et les pieds du sujet.

Cet exercice nécessite une co-contraction des muscles de la hanche et des abdominaux.



Figure 3 Sherry and all [33]

Le « foot catch exercise » consiste à reproduire la phase du swing, lors d'une contraction rapide du quadriceps le sujet tente d'arrêter son pied avant de réaliser l'extension complète de sujet stoppé par les ischio-jambiers.

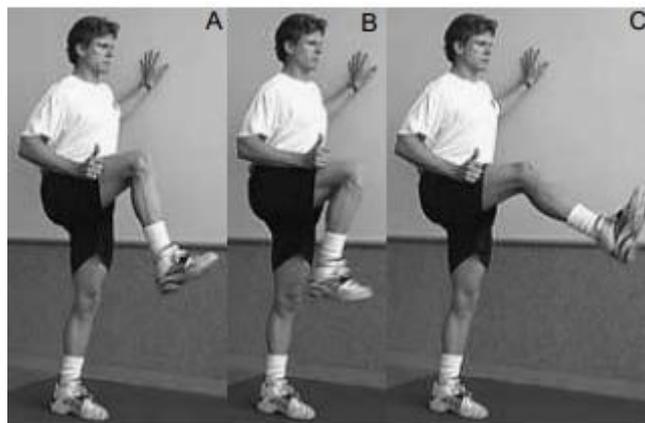


Figure 2 Sherry and all [33]

Cet exercice permet d'effectuer un travail excentrique des ischio-jambiers lors de co-contraction IJ/Q. La notion de progressivité sera respectée en fonction de la vitesse appliquée. De plus cet exercice simule le geste sportif de la « foulée aérienne » en reproduisant les différentes phases du swing. Les différentes positions A, B et C pourront servir d'indicateur en termes de progressivité, les positions allant de A à C engendrent une tension croissante aux ischio-jambiers. Le sujet peut commencer par ne faire qu'une seule position et augmenter progressivement ;

Le principe de base commun à tous ces exercices est de garder une stabilité de tronc malgré une contraction prolongée ou brusque du membre inférieur.

La co-contraction des ischio-jambiers et des muscles de la hanche est indispensable dans la réalisation de ces exercices.

4.3 Qualité des preuves

La qualité d'une revue est jugeable à partir de plusieurs caractéristiques :

- sa capacité à répondre à la problématique posée.
- la qualité des études incluses.
- la présence de biais
- la puissance de l'étude, l'analyse statistique
- la taille de la population, les critères de jugements...

Pour évaluer la qualité d'une revue de littérature la HAS a mis en place certains critères (33).

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Niveau de preuves et gradation recommandation de bonne pratique HAS [55]

Selon la HAS, cette revue de littérature a une classification de rang C.

En effet cette revue comporte des études cas-témoins et transversales, ceci implique que la revue à un faible niveau de preuve scientifique.

De plus comme vu précédemment l'échelle Newcastle ottawa a évalué le niveau de preuves des études.

D'après les recommandations de la HAS et l'évaluation NOS il faudra émettre des réserves pour les résultats de cette méta-analyse en vue de son faible niveau de preuve.

4.4 Biais potentiel de la revue

L'échelle AMSTAR permet de faire un bilan de l'ensemble des biais méthodologiques de la revue.

L'échelle est disponible en annexe.

Item	Oui	Non	Impossible de répondre	Sans objet
1. Plan de recherche établi a priori est-il fourni ?	X			
<i>La question clinique, les objectifs et les critères d'inclusion/exclusion ont été définis.</i>				
2. La sélection des études et l'extraction des données ont-elles été confiées à au moins deux personnes ?		X		
L'étude a été réalisé par une seule personne.				
3. La recherche documentaire est-elle exhaustive ?	X			
Plusieurs bases de recherches ont été utilisées				
4. La nature de la publication est-elle un critère d'inclusion ?	X			
5. Une liste d'études (inclues et exclues) est-elle fournie ?	X			
Traité dans la partie résultat				

6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées ?	X			
Traité dans la partie résultat				
7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée ?	X			
Les biais potentiels ainsi que la qualité de l'étude ont été traités dans la partie résultat				
8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions ?	X			
L'interprétation des résultats a été effectuée avec réserve				
9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées ?		X		
Les tests d'homogénéité n'ont pas été réalisés				
10. la probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée ?		X		
Aucun outil statistique n'a été utilisé				
11. Les conflits d'intérêt ont-ils été déclarés ?	X			
Il n'y a eu aucun conflit d'intérêt ou de financement dans la rédaction de la revue.				

5. Conclusion

L'intérêt de ce travail de recherche était de trouver les facteurs responsables de lésions musculaires des ischio-jambiers développés chez le sprinteur dans la littérature.

Les facteurs principaux retrouvés sont :

- **Les antécédents de lésions musculaires**
- Le **déséquilibre** de force entre les ischio-jambiers et le quadriceps, **le ratio IJ/Q**
- **La structure du tendon**
- **Le manque de force excentrique** des ischio-jambiers
- **L'hypo-extensibilité des ischio-jambiers**
- **La charge de travail** appliquée aux ischio-jambiers lors du sprint

Néanmoins il est important de préciser que les recherches ne sont pas exhaustives et qu'il existe sûrement des études supplémentaires traitant de populations non sprinteuses permettant de mieux comprendre le mécanisme des lésions musculaires ainsi que d'autres facteurs de risque de lésion.

De plus le faible niveau de preuve oblige le lecteur à interpréter les résultats avec prudence.

La prévention semble être une démarche idéale pour prévenir les blessures. En effet, il est difficile d'intervenir sur les facteurs anthropologiques. Il serait donc plus intéressant d'agir en amont sur les facteurs de risques biomécaniques.

La diversité du coureur qui varie en fonction de son schéma de course, de sa morphologie et de son histoire sportive pousse à prendre l'athlète dans sa globalité pour la prévention et son traitement.

Dans de prochaines recherches il serait intéressant d'étudier si les coureurs aériens ont une incidence de blessures plus importante que les coureurs terriens.

La prise en charge de ces patients ne nécessite pas uniquement une bonne compréhension de la biomécanique de la course mais une vision holistique du sujet.

Il semble donc important de continuer les recherches pour assurer une meilleure prise en charge en kinésithérapie.

De plus certaines perspectives restent à approfondir en matière de prévention et de traitement comme **le programme d'agilité progressive et de stabilisation du tronc**.

Bibliographie

- [1] run motion. No Title. Run Motion 2019.
- [2] Athlétisme fédération française. histoire de l'athlétisme n.d.
- [3] Linklater JM, Hamilton B, Carmichael J, Orchard J, Wood DG. Hamstring injuries: Anatomy, imaging, and intervention. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010;14:131–61. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1253157>.
- [4] Eleftherios Kellis 1, Nikiforos Galanis , George Kapetanos KN. Différences architecturales entre les muscles ischio-jambiers 2012.
- [5] Eleftherios Kellis 1, Nikiforos Galanis , Konstantinos Natsis GK. Variations de l'architecture musculaire le long de la longueur du semi-tendineux humain et du biceps fémoral (tête longue) 2010.
- [6] Stępień K, Śmigielski R, Mouton C, Cizek B, Engelhardt M, Seil R. Anatomy of proximal attachment, course, and innervation of hamstring muscles: a pictorial essay. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2019;27:673–84. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5265-z>.
- [7] Rodgers CD, Raja A. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb HM 2020 A 13. IS [Internet]. TI (FL): SP 2021 JP 31536294. Anatomie, bassin et membre inférieur osseux, muscle ischio-jambier 2020.
- [8] Matthew N Bourne 1, Ryan G Timmins 2, David A Opar 2, Tania Pizzari 3, Joshua D Ruddy 2, Casey Sims 4, Morgan D Williams 5 BAJ 4. Un cadre factuel pour renforcer les exercices pour prévenir les blessures aux ischio-jambiers 2018.
- [9] KK Chakravarthi. Variations musculaires multiples unilatérales inhabituelles de l'arrière de la cuisse 2013.
- [10] Tsunekawa R, Hirai S, Hatayama N, Yokota H, Naito M NTA rare third head of the biceps femoris in the posterior thigh. *ASI* 2021 J-160. doi: 10. 1007/s1256.-020-00558-8. E 2020 J 15. P 32671575. Une troisième tête rare du biceps fémoral dans la cuisse postérieure 2020.
- [11] Sussmann AR. Congenital bilateral absence of the semimembranosus muscles. *Skeletal Radiol.* 2019 Oct;48(10):1651-1655. doi: 10.1007/s00256-019-03210-3. Epub 2019 Apr 15. PMID: 30982941. Absence bilatérale congénitale des muscles semi-membraneux 2019.
- [12] GS Chleboun 1, AR France , MT Crill , HK Braddock JH. Mesure in vivo de la longueur du fascicule et de l'angle de pennation du muscle biceps fémoral humain 2001.
- [13] RL Gajdosik 1, CR Albert JM. Influence de la longueur des ischio-jambiers sur la position debout et l'amplitude des mouvements de flexion de l'angle pelvien, de l'angle lombaire et de l'angle thoracique 1994.
- [14] NOUS Garrett Jr , M Mumma CL. Différences ultrastructurales dans les types de fibres musculaires squelettiques humaines 1983.

- [15] fonction musculaire et mouvement. Med Sorbone Univ n.d.
- [16] RPG. RPG suchard n.d.
- [17] Carl M Askling 1, Magnus Tengvar , Tönu Saartok AT. Souches aiguës des ischio-jambiers pour la première fois pendant la course à grande vitesse: une étude longitudinale comprenant des résultats cliniques et d'imagerie par résonance magnétique n.d.;2007.
- [18] Carl M Askling 1, Magnus Tengvar , Tönu Saartok AT. Souches aiguës des ischio-jambiers pour la première fois lors d'étirements à vitesse lente: caractéristiques cliniques, d'imagerie par résonance magnétique et de récupération 2007.
- [19] Amy Silder 1, Bryan C Heiderscheit , Darryl G Thelen , Timothy Enright MJT. Observations par résonance magnétique du remodelage du musculotendon à long terme après une lésion de tension aux ischio-jambiers 2008.
- [20] Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: Biology and treatment. Am J Sports Med 2005;33:745–64. <https://doi.org/10.1177/0363546505274714>.
- [21] Pelosi L, Giacinti C, Nardis C, Borsellino G, Rizzuto E, Nicoletti C, et al. Local expression of IGF-1 accelerates muscle regeneration by rapidly modulating inflammatory cytokines and chemokines. FASEB J 2007;21:1393–402. <https://doi.org/10.1096/fj.06-7690com>.
- [22] M Kääriäinen 1, T Järvinen , M Järvinen , J Rantanen HK. Relation entre les myofibres et le tissu conjonctif lors de la réparation d'une lésion musculaire 2000.
- [23] Breiding MJ. 肌肉作为内分泌和旁分泌器官 HHS Public Access. Physiol Behav 2014;63:1–18. <https://doi.org/10.1002/bdrc.21005>.Biological.
- [24] DUBOIS B. La clinique du coureur. MONS. 2020.
- [25] hexfit centre connaissance n.d.
- [26] CM Askling 1, J Nilsson UT. Un nouveau test des ischio-jambiers pour compléter l'examen clinique commun avant le retour au sport après une blessure 2010.
- [27] Effets des activités physiques intenses et soutenues sur les cellules immunitaires circulantes et la production des cytokines pro-inflammatoires chez des sujets entraînés et non entraînés 2009. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2008.12.003>.
- [28] Edouard P, Branco P, Alonso JM. 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 2016;50:619–30. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095559>.
- [29] Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. Br J Sports Med 2013;47:342–50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091448>.
- [30] Biomécanique de la course : conseils pour améliorer sa foulée. Passion Course à Pied

2017.

- [31] ISSUL. Athlétisme- le sprint 2015;2.
- [32] Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, Brown NAT, Pandy MG. Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44:647–58. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318236a3d2>.
- [33] Van Hooren B, Bosch F. Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? part I: A critical review of the literature. *J Sports Sci* 2017;35:2313–21. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1266018>.
- [34] Sacks A. Entraînement aux ischio-jambiers pour la vitesse de sprint n.d.
- [35] Lacroix A, Carolina N. C Omparison of D Ynamic M Oduli D Etermined From 2008;7435:1–14.
- [36] Kakehata G, Goto Y, Iso S, Kanosue K. Timing of Rectus Femoris and Biceps Femoris Muscle Activities in Both Legs at Maximal Running Speed. *Med Sci Sport Exerc* 2020;Publish Ah:643–52. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002497>.
- [37] Thelen DG, Chumanov ES, Hoerth DM, Best TM, Swanson SC, Li L, et al. Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:108–14. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000150078.79120.C8>.
- [38] Tokutake G, Kuramochi R, Murata Y, Enoki S, Koto Y, Shimizu T. The risk factors of hamstring strain injury induced by high-speed running. *J Sport Sci Med* 2018;17:650–5.
- [39] Garrett WEJ. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med* 1996;24:S2-8.
- [40] Floden, A, Combs C. 基因的改变NIH Public Access. *Bone* 2012;23:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.04.015>.Effects.
- [41] Yeung SS, Suen AMY, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *Br J Sports Med* 2009;43:589–94. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.056283>.
- [42] J Orchard , J Marsden , Seigneur DG. Faiblesse musculaire des ischio-jambiers avant la saison associée à une blessure aux ischio-jambiers chez les footballeurs australiens 1997.
- [43] Burkett L. Enquête sur les souches ischio-jambiers: le cas du muscle hybride 1975.
- [44] Fiorentino NM, Blemker SS. Musculotendon variability influences tissue strains experienced by the biceps femoris long head muscle during high-speed running. *J Biomech* 2014;47:3325–33. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.08.010>.
- [45] S c r h i r d s r s l - t c 2018;00:1–9.
- [46] Malachy P McHugh MN. Effet de l'étirement sur la perte de force et la douleur après un exercice excentrique 2008.
- [47] Freeman BW, Young WB, Talpey SW, Smyth AM, Pane CL, Carlon TA. The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and

- sprint performance in adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2019;59:1119–25. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08703-0>.
- [48] Nick van der Horst 1, Dirk Wouter Smits 1, Jesper Petersen 2, Edwin A Goedhart 3 FJB. L'effet préventif de l'exercice nordique des ischio-jambiers sur les blessures aux ischio-jambiers chez les footballeurs amateurs: protocole d'étude pour un essai contrôlé randomisé 2014.
- [49] João Breno Ribeiro-Alvares 1, Vanessa B Marques 1, Marco A Vaz 2 BMB 1. Quatre semaines d'exercice nordique des ischio-jambiers réduisent les facteurs de risque de blessures musculaires chez les jeunes adultes 2018.
- [50] Yuki Hasebe 1 2, Kiyokazu Akasaka 2 3, Takahiro Otsudo 2 3, Yomei Tachibana 4, Toby Hall 5 6 MY 1. Effets de l'exercice nordique des ischio-jambiers sur les blessures aux ischio-jambiers chez les joueurs de football du secondaire: un essai contrôlé randomisé 2020.
- [51] Nick van der Horst 1, Dirk-Wouter Smits 2, Jesper Petersen 3, Edwin A Goedhart 4 FJB 2. L'effet préventif de l'exercice nordique des ischio-jambiers sur les blessures aux ischio-jambiers chez les joueurs de football amateurs: un essai contrôlé randomisé 2015.
- [52] Sun Y, Wei S, Zhong Y, Fu W, Li L, Liu Y. How joint torques affect hamstring injury risk in sprinting swing-stance transition. *Med Sci Sports Exerc* 2015;47:373–80. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000404>.
- [53] Chu SK, Rho ME. Hamstring Injuries in the Athlete. *Curr Sports Med Rep* 2016;15:184–90. <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000264>.
- [54] Sherry MA, Best TM. A Comparison of 2 Rehabilitation Programs in the Treatment of Acute Hamstring Strains. *J Orthop Sports Phys Ther* 2004;34:116–25. <https://doi.org/10.2519/jospt.2004.34.3.116>.
- [55] HAS. Niveau de preuves et gradation recommandation de bonne pratique HAS 2013.

Annexe 1 : Schéma de course



Annexe 2 : Echelle Newcastle Ottawa pour les études cas-témoins

NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE CASE CONTROL STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Exposure categories. A maximum of two stars can be given for Comparability.

Selection

1) Is the case definition adequate?

- a) yes, with independent validation *
- b) yes, eg record linkage or based on self reports
- c) no description

2) Representativeness of the cases

- a) consecutive or obviously representative series of cases *
- b) potential for selection biases or not stated

3) Selection of Controls

- a) community controls *
- b) hospital controls
- c) no description

4) Definition of Controls

- a) no history of disease (endpoint) *
- b) no description of source

Comparability

1) Comparability of cases and controls on the basis of the design or analysis

- a) study controls for _____ (Select the most important factor.) *
- b) study controls for any additional factor * (This criteria could be modified to indicate specific

control for a second important factor.)

Exposure

1) Ascertainment of exposure

- a) secure record (eg surgical records) *
- b) structured interview where blind to case/control status *
- c) interview not blinded to case/control status
- d) written self report or medical record only
- e) no description

2) Same method of ascertainment for cases and controls

- a) yes *
- b) no

3) Non-Response rate

- a) same rate for both groups *
- b) non respondents described
- c) rate different and no designation

Annexe 3 : Echelle Newcastle Ottawa pour les études de cohortes

NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE COHORT STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Outcome categories. A maximum of two stars can be given for Comparability

Selection

1) Representativeness of the exposed cohort

- a) truly representative of the average _____ (describe) in the community ☐
- b) somewhat representative of the average _____ in the community ☐
- c) selected group of users eg nurses, volunteers
- d) no description of the derivation of the cohort

2) Selection of the non exposed cohort

- a) drawn from the same community as the exposed cohort ☐
- b) drawn from a different source
- c) no description of the derivation of the non exposed cohort

3) Ascertainment of exposure

- a) secure record (eg surgical records) ☐
- b) structured interview *
- c) written self report
- d) no description

4) Demonstration that outcome of interest was not present at start of study

- a) yes *
- b) no

Comparability

1) Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis

- a) study controls for _____ (select the most important factor) *
- b) study controls for any additional factor * (This criteria could be modified to indicate specific

control for a second important factor.)

Outcome

1) Assessment of outcome

- a) independent blind assessment *
- b) record linkage ?
- c) self report
- d) no description

2) Was follow-up long enough for outcomes to occur

- a) yes (select an adequate follow up period for outcome of interest) *
- b) no

3) Adequacy of follow up of cohorts

- a) complete follow up - all subjects accounted for *
- b) subjects lost to follow up to follow up unlikely to introduce bias-small number lost -> --- % (select an adequate %) follow up, or description provided oh those lost) *
- c) follow up rate < ___ % (select an adequate %) and no description of those lost
- d) no statement

Annexe 4 : Echelle Newcastle Ottawa pour les études transversales

NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE (adapted for cross-sectional studies)

Selection: (Maximum 3 stars)

- 1) Representativeness of the sample:
 - a) Truly representative of the average in the target population. * (all subjects or random sampling)
 - b) Somewhat representative of the average in the target population. * (non-random sampling)
 - c) Selected group of users.
 - d) No description of the sampling strategy.

- 2) Non-respondents:
 - a) Comparability between respondents and non-respondents characteristics is established, and the response rate is satisfactory. *
 - b) The response rate is unsatisfactory, or the comparability between respondents and nonrespondents is unsatisfactory.
 - c) No description of the response rate or the characteristics of the responders and the nonresponders.

- 3) Ascertainment of the exposure (risk factor):
 - a) Validated measurement tool. *
 - b) Non-validated measurement tool, but the tool is available or described.
 - c) No description of the measurement tool.

Comparability: (Maximum 2 stars)

- 1) The subjects in different outcome groups are comparable, based on the study design or analysis. Confounding factors are controlled.
 - a) The study controls for the most important factor (select one). *
 - b) The study control for any additional factor. *

Outcome: (Maximum 2 stars)

- 1) Assessment of the outcome:
 - a) Independent blind assessment. *
 - b) Record linkage. *
 - c) Self report.
 - d) No description.

- 2) Statistical test :
 - a) The statistical test used to analyze the data is clearly described and appropriate, and the measurement of the association is presented, including confidence intervals and the probability level.
(p value). *
 - b) The statistical test is not appropriate, not described, or incomplete.

Annexe 5 : Echelle AMSTAR



AMSTAR – GRILLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ Méthodologique des revues systématiques

AMSTAR : a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews

1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni?

La question de recherche et les critères d'inclusion des études doivent être déterminés avant le début de la revue.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Pour que la réponse soit « oui », il doit y avoir un protocole, l'approbation d'un comité d'éthique ou des objectifs d'étude prédéterminés ou établis a priori.

Commentaire :

2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes?

Au moins deux personnes doivent procéder à l'extraction des données de façon indépendante, et une méthode de consensus doit avoir été mise en place pour le règlement des différends.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Deux personnes sélectionnent les études, deux personnes procèdent à l'extraction des données, puis elles se mettent d'accord ou vérifient leur travail respectif.

Commentaire :

3. La recherche documentaire était-elle exhaustive?

Au moins deux sources électroniques doivent avoir été utilisées. Le rapport doit comprendre l'horizon temporel de la recherche et les bases de données interrogées (Central, EMBASE et MEDLINE, par exemple). Les mots clés et (ou) les termes MeSH doivent être indiqués et, si possible, la stratégie de recherche complète doit être exposée. Toutes les recherches doivent être complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels, de registres spécialisés ou d'experts dans le domaine étudié et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Si on a consulté au moins deux sources et eu recours à une stratégie complémentaire, cocher « oui » (Cochrane + Central = deux sources; recherche de la littérature grise = stratégie complémentaire).

Commentaire :

4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion?

Les auteurs doivent indiquer s'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication, ou s'ils ont exclu des rapports (de leur revue systématique) sur la base du type de publication, de la langue, etc.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Si les auteurs indiquent qu'ils ont recherché la littérature grise ou non publiée, cocher « oui ». La base de données SIGLE, les mémoires, les actes de conférences et les registres d'essais sont, en l'occurrence, tous considérés comme de la littérature grise. Si la source renfermait de la littérature grise, mais aussi de la littérature à large diffusion, les auteurs doivent préciser qu'ils recherchaient de la littérature grise ou non publiée.

Commentaire :

5. Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie?

Une liste des études incluses et exclues doit être fournie.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Il est acceptable de s'en tenir aux études exclues. S'il y a un hyperlien menant à la liste, mais que celui-ci est mort, cocher « non ».

Commentaire :

6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées?

Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats doivent être regroupées, sous forme de tableau, par exemple. L'étendue des données sur les caractéristiques des sujets de toutes les études analysées (âge, race, sexe, données socio-économiques pertinentes, nature, durée et gravité de la maladie, autres maladies, par exemple) doit y figurer.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Ces données ne doivent pas nécessairement être présentées sous forme de tableau, pour autant qu'elles soient conformes aux exigences ci-dessus.

Commentaire :

7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée?

Les méthodes d'évaluation déterminées a priori doivent être indiquées (par exemple, pour les études sur l'efficacité pratique, le choix de n'inclure que les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo ou de n'inclure que les études où l'affectation des sujets aux groupes d'étude était dissimulée); pour d'autres types d'études, d'autres critères d'évaluation seront à prendre en considération.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Ici, les auteurs peuvent avoir utilisé un outil ou une grille quelconque pour évaluer la qualité (score de Jadad, évaluation du risque de biais, analyse de sensibilité, etc.) ou peuvent exposer les critères de qualité en indiquant le résultat obtenu pour CHAQUE étude (un simple « faible » ou « élevé » suffit, dans la mesure où l'on sait exactement à quelle étude l'évaluation s'applique; un score général n'est pas acceptable, pas plus qu'une plage de scores pour l'ensemble des études).

Commentaire :

8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions?

Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses doivent être pris en considération dans l'analyse et les conclusions de la revue, et formulés explicitement dans les recommandations.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Voici une formulation possible : « La faible qualité des études incluses impose la prudence dans l'interprétation des résultats ». On ne peut cocher « oui » à cette question si on a coché « non » à la question 7.

Commentaire :

9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées?

Si l'on veut regrouper les résultats des études, il faut effectuer un test d'homogénéité afin de s'assurer qu'elles sont combinables (chi carré ou I^2 , par exemple). S'il y a hétérogénéité, il faut utiliser un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifier si la nature des données cliniques justifie la combinaison (la combinaison est-elle raisonnable?).

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Cocher « oui » si on souligne ou explique la nature hétérogène des données, par exemple si les auteurs expliquent que le regroupement est impossible en raison de l'hétérogénéité ou de la variabilité des interventions.

Commentaire :

10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée?

Une évaluation du biais de publication doit comprendre une association d'outils graphiques (diagramme de dispersion des études ou autre test) et (ou) des tests statistiques (test de régression d' Egger, méthode de Hedges et Olkin, par exemple).

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

Si les auteurs ne fournissent aucun résultat de test ni diagramme de dispersion des études, cocher « non ». Cocher « oui » s'ils expliquent qu'ils n'ont pas pu évaluer le biais de publication, parce qu'ils ont inclus moins de 10 études.

Commentaire :

11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés?

Les sources possibles de soutien doivent être déclarées, tant pour la revue systématique que pour les études qui y sont incluses.

Oui Non Impossible de répondre Sans objet

Remarque :

On ne peut cocher « oui » que si la source de financement ou de soutien de la revue systématique ET de chaque étude incluse est indiquée.

Commentaire :

Appréciation générale

©Shea et al. BMC Medical Research Methodology 2007 7:10 doi:10.1186/1471-2288-7-10.