

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION GRAND EST
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**ÉTAT DES LIEUX DE LA PRISE EN CHARGE MASSO-
KINÉSITHÉRAPIQUE DES LÉSIONS MYO-
APONÉVROTQUES DES ISCHIO-JAMBIERS À TRAVERS
LA LITTÉRATURE**

Mémoire présenté par **Adélie AYAD**,
étudiante en 3^e année de masso-
kinésithérapie, en vue de l'obtention du
Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute
2014-2017.

Sommaire

RÉSUMÉ

GLOSSAIRE

1.	INTRODUCTION	1
2.	MATERIEL ET METHODES.....	2
2.1.	Stratégie de recherche documentaire	2
2.2.	Critères d'éligibilité	2
2.3.	Diagramme de flux.....	3
2.4.	Evaluation de la qualité des études	4
3.	ANATOMO-PHYSIO-PATHOLOGIE	4
3.1.	Organisation et structure du muscle strié	4
3.1.1.	Composante musculaire.....	4
3.1.2.	« A chaque entité musculaire répond une entité conjonctive ».....	6
3.1.3.	Composante conjonctive.....	6
3.1.4.	Liaison myo-conjonctive.....	7
3.2.	Les ischio-jambiers	8
3.3.	Physiopathologie	8
4.	QU'EST-CE QU'UNE LESION MYO-APONEVROTIQUE ?	9
4.1.	Définition.....	9
4.2.	Mécanisme lésionnel	9
4.3.	Cicatrisation	10
4.4.	Facteurs de risque	11
5.	RESULTATS	11
5.1.	Classification	11
5.2.	Principes et objectifs de prise en charge	12
5.3.	Protocoles de rééducation	13
5.3.1.	Phase 1	13
5.3.1.1.	<i>PRICE needs updating, should we call the POLICE?</i>	13
5.3.1.2.	Contenu des programmes.....	15
5.3.1.3.	Critères de progression	16
5.3.1.4.	Apports et intérêt des techniques proposées.....	17
5.3.1.4.1.	Mobilisation sacro-iliaque.....	17

5.3.1.4.2.	Contrôle neuromusculaire	18
5.3.1.4.3.	Région lombo-pelvienne	18
5.3.2.	Phase 2	19
5.3.2.1.	Critères de progression	21
5.3.2.2.	Apports et intérêt des techniques proposées.....	22
5.3.2.2.1.	Travail excentrique.....	22
5.3.2.2.2.	Exercice du Nordic Hamstring.....	23
5.3.2.2.3.	Etirements.....	24
5.3.3.	Phase 3	24
5.3.3.1.	Critères de reprise.....	25
5.3.3.2.	Apports et intérêt des techniques proposées.....	25
5.3.3.2.1.	Exercices de renforcement	25
5.3.3.2.2.	Tests proposés pour le retour au sport	26
6.	DISCUSSION.....	27
7.	CONCLUSION.....	30
BIBLIOGRAPHIE		
ANNEXES		

RESUME

Introduction – Les lésions myo-aponévrotiques touchent principalement les muscles bi-articulaires, fréquemment les ischio-jambiers, et nécessitent une rééducation rigoureuse. Celle-ci, généralement divisée en trois phases, doit s'adapter au sportif pris en charge ainsi qu'à ses échéances, et doit permettre le retour au niveau sportif antérieur avec un risque minimal de récurrences.

Objectif - L'objectif de cette initiation à la revue de littérature est de réaliser un état des lieux de la rééducation actuellement proposée pour les lésions myo-aponévrotiques des ischio-jambiers et de conclure d'un éventuel consensus protocolaire.

Matériel et méthodes - Nous avons conduit une recherche bibliographique menée sur plusieurs bases de données, qui met en exergue l'existence de différents programmes de rééducation et répertorie les principales techniques employées.

Résultats - 669 articles ont été sélectionnés parmi lesquels 73 d'entre eux ont été inclus dans la revue. Ces derniers nous ont permis de constater que la prise en charge actuelle n'est pas consensuelle mais repose sur des principes unanimes et des techniques incontournables.

Mots clés : ischio-jambiers, lésion myo-aponévrotique, protocoles, rééducation.

Key words : hamstring, strain injury, protocol, rehabilitation.

GLOSSAIRE

LMA : lésion myo-aponévrotique

IJ : ischio-jambiers

BF : biceps fémoral

ST : semi-tendineux

SM : semi-membraneux

MI : membres inférieurs

DOMS : *Delayed Onset Muscle Soreness* → douleur musculaire d'apparition retardée

RTP : *Return-To-Play* → reprise sportive (d'entraînement ou de compétition)

EVA : échelle visuelle analogique

PRP : plasma riche en plaquettes

EPI : électrolyse percutanée intra-tissulaire

1. INTRODUCTION

Les lésions musculaires désormais définies comme « myo-aponévrotiques » au niveau des muscles IJ représentent un traumatisme commun qui, hélas, perdure. En effet, la prévalence lésionnelle au niveau de ce groupe musculaire est élevée (1), elle représente 37% parmi toutes les lésions musculaires et 12% parmi toutes les atteintes possibles au sein du football professionnel (2). D'après Ekstrand et al. (3), une équipe de 25 joueurs peut s'attendre à subir, au niveau des ischio-jambiers, entre 5 et 6 lésions musculaires par saison.

En général un match (ou une compétition, selon le sport) est plus propice au risque lésionnel qu'une séance d'entraînement (1,4), mais depuis 2001, selon l'UEFA *Elite Club Injury Study*, la prévalence de lésions survenues à l'entraînement a augmenté tandis qu'elle est restée stable pour celles se produisant lors des matchs (5). La principale raison évoquée est que les entraîneurs font en sorte que les séances d'entraînement reflètent mieux les exigences d'un match notamment en termes d'intensité. Cela peut être à l'origine de cette recrudescence de lésions lors de ce type d'entraînement mais pourrait, si cette tendance se poursuit, diminuer le risque lésionnel lors des matchs.

L'intention de ce mémoire est de faire un état des lieux de la prise en charge actuelle des LMA des IJ chez des sujets sportifs. Nos recherches bibliographiques ont été menées selon la démarche suivante : existe-t-il une classification et une prise en charge consensuelles ? Des recommandations ? Comment distinguer les différentes phases du traitement ? Quelles sont les techniques « phares » employées ? Quels sont les critères autorisant la reprise sportive ?... Afin d'y répondre, nous présenterons tout d'abord la stratégie de recherche documentaire adoptée puis quelques notions d'anatomo-physio-pathologie. Ensuite nous décrirons les nouvelles classifications utilisées ainsi que les protocoles de rééducation existants agrémentés des techniques incontournables employées. Ces derniers éléments alimenteront la partie discussion.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Stratégie de recherche documentaire

Nous avons interrogé différentes bases de données telles que PubMed, Science Direct, PEDro, British Journal of Sports Medicine, EMConsulte, Cochrane Library et KINEDOC. Une recherche manuelle a également été effectuée à la bibliothèque Réédoc ainsi que sur Internet.

Plusieurs combinaisons de mots-clés ont été utilisées, en première intention, afin de couvrir un champ de recherche bibliographique suffisamment vaste pour d'abord constater l'étendue des publications sur ce sujet, avant de nous permettre de mieux cibler l'angle selon lequel ce mémoire est abordé. Voici ceux utilisés principalement lors de la sélection d'articles : « lésion myo-aponévrotique » ; « lésion musculaire des ischio-jambiers » ; « hamstring strain injuries » ; « hamstring injur* AND rehabilitation » ; « muscle injur* AND classification » ; « myofascial injur* » ; « hamstring tear » ; « sport injur* AND hamstring » et « musculoskeletal soft tissue injuries ». D'autres mots clés ont été entrés dans chaque moteur de recherche mais sans résultats probants (cf annexe I).

2.2. Critères d'éligibilité

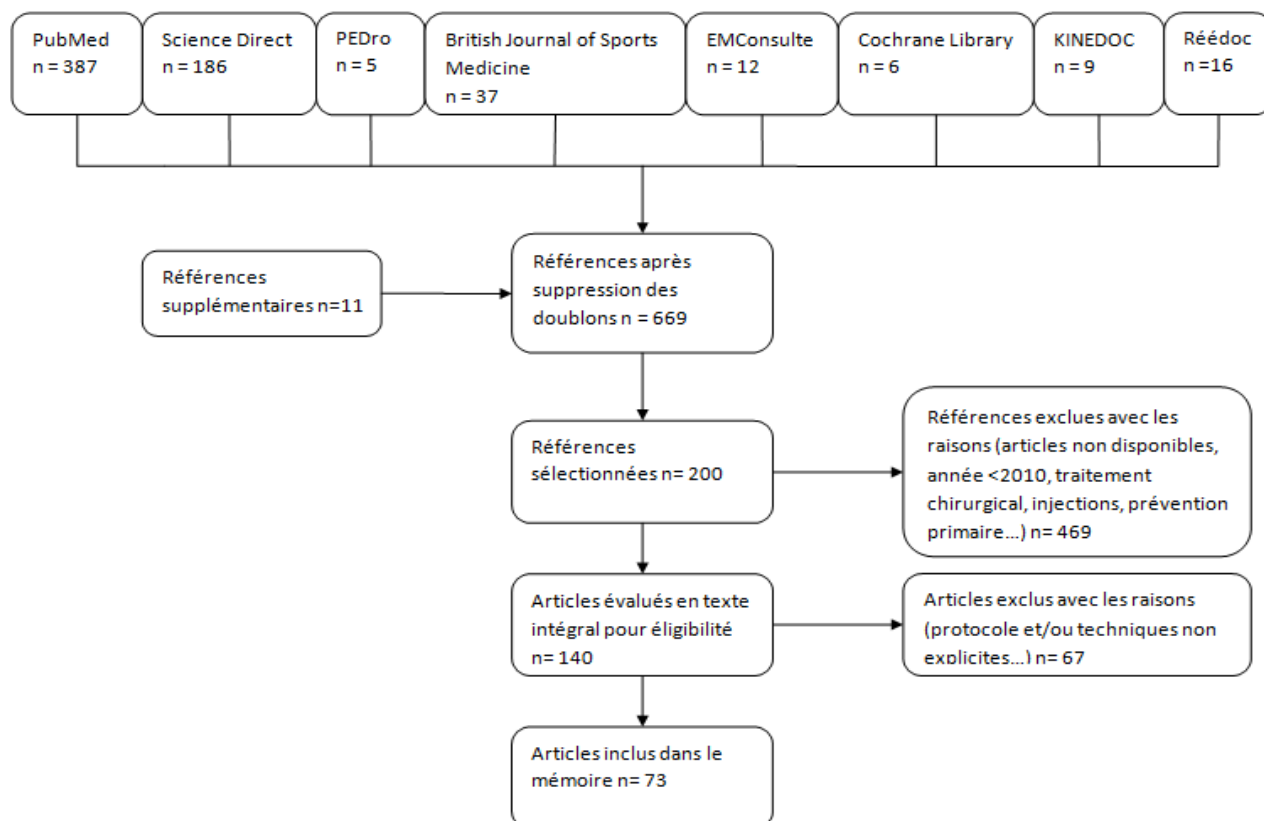
Le nombre de résultats obtenu étant conséquent (7 268 articles puis 658 suite à la suppression des doublons et à la première sélection) puisque la recherche se voulait, dans un premier temps, être la plus globale possible, plusieurs critères d'exclusion ont été choisis après lecture des titres, résumés et certains corps de texte. Ainsi, ont été exclus : les lésions récidivantes, les lésions tendineuses, les lésions musculaires extrinsèques ainsi que les lésions non structurales avec implication neuro-méningée. De même pour les articles évoquant la survenue de lésion musculaire chez des patients avec pathologie associée (telles que fracture de l'ischion, tumeur poplitée...), les articles qui traitent exclusivement du traitement chirurgical, des différentes injections possibles (PRP : plasma riche en plaquettes, corticostéroïdes...) dans lesquels le programme de rééducation n'est pas explicite et les articles abordant la prévention primaire de lésions musculaires.

Quant à la période de recherche, elle n'a pas été définie dès le départ mais s'est révélée inéluctable par la suite pour s'appuyer sur une approche actuelle, se donner un cadre d'analyse et se limiter à un certain nombre d'écrits. Nous avons donc décidé d'exclure les articles publiés avant l'année 2010 (certains articles antérieurs à cette date ont cependant été exploités en raison de leur intérêt particulier). Par ailleurs, les articles retenus devaient être rédigés en langue française, anglaise ou espagnole.

Ainsi, les articles sélectionnés abordent toute LMA intrinsèque, aiguë, isolée et non récidivante au niveau des IJ chez des sportifs adultes.

2.3. Diagramme de flux

Le diagramme de flux ci-dessous présente le nombre total de résultats par base de données, c'est-à-dire en ayant additionné le nombre de résultats obtenus pour chaque combinaison de mots clés au sein de chaque moteur de recherche (cf annexe I).



2.4. Evaluation de la qualité des études

Nous avons tenté de suivre la méthode EBP pour l'analyse et l'établissement du niveau de preuve de chaque article.

L'EBP - *Evidence Based Practice* - est la pratique fondée sur des preuves. C'est une « démarche qui utilise les meilleures données actuelles de la recherche clinique, l'expertise du clinicien et les choix individuels des patients [...] et qui pousse le praticien à remettre en cause et à réactualiser les fondements de sa pratique » (6).

Pour certaines revues (notamment celles enregistrées dans le moteur de recherche PubMed), le niveau de preuve est déjà donné dans leur présentation, tout comme le score PEDro affecté systématiquement pour chaque article provenant de cette base de données : nous avons de ce fait, repris chaque gradation proposée.

Concernant les articles pour lesquels aucun niveau de preuve n'a été indiqué, nous avons essayé de les attribuer en suivant la grille d'analyse de la littérature provenant de l'ANAES (cf annexe II). Ces niveaux de preuve sont donnés dans la dernière colonne du tableau récapitulatif des articles inclus dans ce mémoire (cf annexe X).

3. ANATOMO-PHYSIO-PATHOLOGIE

3.1. Organisation et structure du muscle strié

Le muscle, cet organe doué de contractilité est composé histologiquement de deux structures : les fibres musculaires et le tissu conjonctif de soutien. Nous allons développer chacune de ces composantes en insistant sur leur identité propre et leur union.

3.1.1. Composante musculaire

Le muscle strié est formé par la juxtaposition de cellules musculaires, organisées en faisceaux.

Chaque cellule est cernée par une membrane plasmique doublée d'une lame basale (ensemble appelé sarcolemme) et contient dans son cytoplasme des myofibrilles qui sont segmentées en sarcomères.

Les myofibrilles se caractérisent par une alternance de bandes sombres A (A pour anisotrope) et claires I, (I pour isotrope) : la bande A est subdivisée en deux par une

bande H, elle-même partagée par la ligne M et la bande I est subdivisée en deux par la strie Z (fig. 1). La continuité d'une demi-bande claire, d'une bande sombre et d'une demi-bande claire constitue le sarcomère, qui est délimité par 2 stries Z.

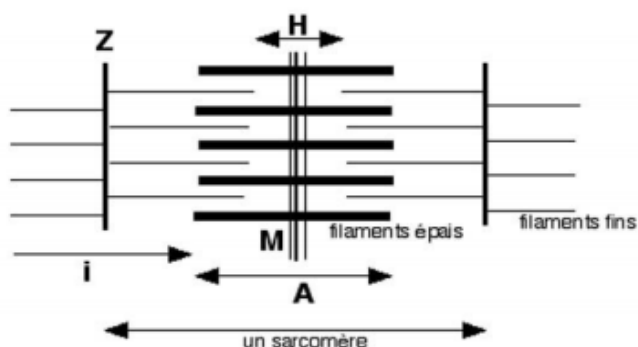


Figure 1 : schématisation d'un sarcomère (7)

Au sein du sarcomère est décrite la répartition de différents myofilaments : les myofilaments épais constitués de myosine et les myofilaments fins composés essentiellement d'actine.

L'alignement de ces myofilaments influence le fonctionnement du muscle squelettique. C'est grâce à la présence d'un véritable cytosquelette constitué de protéines dites de liaison que sont permises l'intégrité structurelle, la transmission de force (8) et la liaison des myofilaments entre eux (cf annexe III fig. A), en leur conférant en plus « l'élasticité nécessaire qui leur permet de retrouver leur forme initiale après la contraction » (7). Il existe un grand nombre de protéines de liaison, nous nous limiterons à n'en citer que quelques-unes d'après les études de Lieber, Friden, Patel et Shah (8,9) et repris par le Dr Kohler (7) : la titine, définie comme l'élément élastique du sarcomère, fixe les extrémités des filaments épais à la strie Z et transmet la force générée par l'interaction actine/myosine à la ligne Z (9) (annexe III fig.B). La nébuline, étendue le long des filaments fins maintient leur structure hélicoïdale et régule leur longueur (8,9) et la desmine qui relie les sarcomères entre eux, ce qui assure une stabilisation mécanique de la fibre musculaire. En effet, elle fait partie des filaments dits intermédiaires (intermédiaires par leur taille comprise entre celles de l'actine et de la myosine (9)) qui solidarisent transversalement et longitudinalement les sarcomères (annexe III fig. B) et assurent ainsi une continuité globale des structures (8).

3.1.2. « A chaque entité musculaire répond une entité conjonctive »

« A chaque entité musculaire répond une entité conjonctive » (10), cette citation provient de l'auteur A. Bruchard et illustre bien les relations entre les composantes musculaire et conjonctive.

En effet, de la périphérie vers le centre, un muscle squelettique est entouré d'une enveloppe conjonctive d'épaisseur variable, l'aponévrose périmusculaire aussi appelée épimysium. Ensuite, ce muscle est composé de plusieurs fascicules de fibres délimités par le péri-mysium qui sert également de support au réseau vasculo-nerveux (7,11). Enfin, un fascicule est constitué de nombreuses fibres musculaires séparées les unes des autres par une enveloppe appelée endomysium (fig.2).

Ainsi, les tissus conjonctifs rendent solidaires les fibres en cheminant tout au long du muscle pour s'assembler et former le tendon (en effet, « il existe une continuité du tissu conjonctif entre les 3 structures endo-, péri- et épimysium jusqu'à la jonction myotendineuse » (12)).

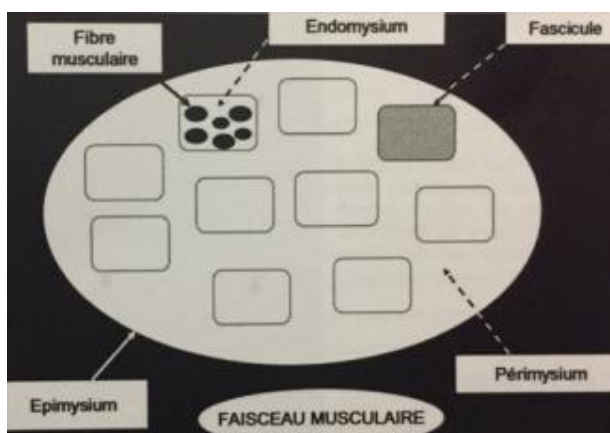


Figure 2 : organisation et structure du muscle squelettique (13)

3.1.3. Composante conjonctive

Le tissu conjonctif présente de nombreuses fonctions en permettant notamment le soutien, l'union, le cloisonnement, la défense et la nutrition. Il comporte des cellules, des fibres et de la substance fondamentale. La répartition de ces trois constituants diffère selon le type de tissu conjonctif ce qui permet de les classer en différentes catégories. Concernant le muscle, celui-ci a des rapports étroits avec le

tissu conjonctif lâche aréolaire au niveau du périnysium et de l'endomysium et avec le tissu conjonctif dense orienté/régulier au niveau de l'épinysium et des tendons (14).

D'une part, l'épinysium est un tissu conjonctif dense orienté c'est-à-dire pauvre en cellules et substance fondamentale mais riche en fibres de collagène (orientées). Par voie de conséquence il y a peu de vascularisation, ce qui limite les capacités de cicatrisation mais la richesse en fibres de collagène permet d'avoir une meilleure capacité de résistance mécanique (15).

D'autre part, le périnysium et l'endomysium sont des tissus conjonctifs lâches aréolaires c'est-à-dire pauvres en fibres mais riches en cellules et/ou en substance fondamentale. Ils sont donc richement vascularisés et présentent une meilleure élasticité que le tissu conjonctif dense (15).

3.1.4. Liaison myo-conjonctive

La liaison myo-conjonctive, décrite par Monti et al. en 1999 (16), est de type protéinique. Elle est représentée par l'existence d'un système d'ancrage appelé costamères qui permet la liaison entre les filaments d'actine et les protéines de la matrice extra-cellulaire qui atteignent le réseau de collagène (autrement dit, liaison des filaments d'actine jusqu'à l'endomysium).

Ces protéines sont regroupées en deux chaînes principales constituées, d'une part, du complexe dystrophine-dystroglycane-laminine, d'autre part, du complexe taline-vinculine-integrine-laminine.

L'arrangement de ces protéines est représenté schématiquement sur la figure 3.

Ces structures sont constitutives d'un réseau capable de transmettre la force depuis la ligne Z jusqu'à la membrane cellulaire, tout au long du sarcolemme (16).

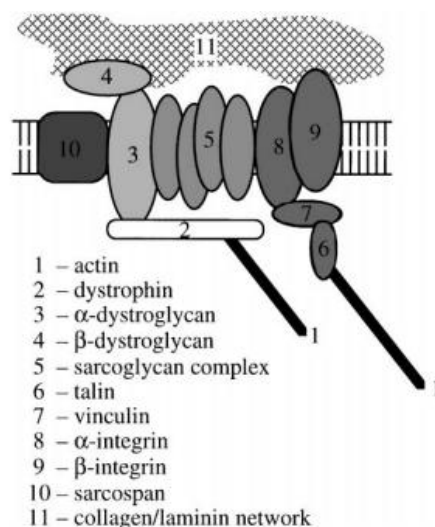


Figure 3 : représentation de la liaison protéinique myo-conjonctive via le système costamérique (16).

3.2. Les ischio-jambiers

Les muscles ischio-jambiers sont au nombre de trois et sont situés au niveau de la loge postérieure de la cuisse. Un tableau décrivant leur anatomie respective (17) est présenté en annexe IV.

3.3. Physiopathologie

L'épimysium de la longue portion du biceps fémoral forme un fascia qui s'accroche sur celui de la courte portion. Ainsi, est formé un « double plan conjonctif dont les feuillets sont susceptibles de se décoller » (13). Dans le cas des IJ, cette adhérence aponévrose/fibre est plutôt faible, ce qui permet la diffusion à distance des hématomes qui sont souvent décrits au niveau du creux poplité (13). La notion de squelette conjonctif est prépondérante en terme de proportion au niveau de ces mêmes muscles (13). De surcroît, elle est fondamentale car les propriétés viscoélastiques de ce squelette conjonctif diffèrent de celles du tissu contractile. Si ces dernières sont dépassées, cela provoque non pas une déformation par allongement mais une fragilisation de la jonction qui engendre des désinsertions

siégeant aux interfaces myotendineuse, myo-aponévrotique centromusculaire et myo-aponévrotique périmusculaire (4,18).

Ainsi, comme l'affirme Brasseur et al., « il est évident que les termes claquage, déchirure sont erronés puisque nous sommes en présence de désinsertions » (13). De plus, Mueller-Wohlfahrt et al. (19), au cours d'une conférence de consensus en 2013, et Pollock et al. (20), reprenant et partageant cette idée en 2014, s'accordent sur la contestation du terme d'élongation compte-tenu de sa définition ni claire ni unanime et de son emploi dans des atteintes dites anatomiques et fonctionnelles sans distinction.

4. QU'EST-CE QU'UNE LESION MYO-APONEVROTIQUE ?

4.1. Définition

Selon A. Bruchard, « La LMA est une atteinte du composite myo-aponévrotique par mouvement excentrique ou overstretching, correspondant à une atteinte par désinsertion entre un élément musculaire et son élément conjonctif correspondant et dont la gravité dépend de son étendue et de sa localisation » (10). Ainsi, les constituants musculaire, conjonctif et myo-conjonctif sont touchés.

Il convient de distinguer les lésions extrinsèques, consécutives à un choc direct, des lésions intrinsèques par traumatisme endogène. Dans ce mémoire, nous nous limitons à ces dernières.

4.2. Mécanisme lésionnel

Les lésions intrinsèques résultent de l'étirement plus ou moins brusque d'un certain nombre de fibres musculaires lors d'un mouvement excentrique ou d'un *overstretching*. Autrement dit, il se produit un « dépassement des possibilités d'élasticité (ou de résistance) d'un muscle lors d'une contraction ou bien lors d'un étirement forcé en position d'allongement maximal ». Ces deux facteurs sont parfois concomitants mais le mode d'apparition des lésions le plus fréquent est la contraction excentrique (13).

Askling et al. différencient les lésions produites par une tension excessive à haute énergie (sprint, tackle, frappe de balle au football et au rugby) de celles apparaissant à basse énergie, notamment retrouvées chez les danseurs lors de la séquence d'étirements (21).

Friden et Lieber (22) ont démontré au cours de leurs recherches que le travail excentrique était à l'origine de lésion musculaire. Ils ont en effet attesté que la desmine, cette protéine de liaison qui solidarise les sarcomères au niveau de la strie Z, pouvait être altérée par contraintes et remaniements lors d'un effort excentrique.

4.3. Cicatrisation

Etant donné l'implication de trois structures dans la composition musculaire, trois processus sont nécessaires à la cicatrisation. Une cicatrisation musculaire par migration des cellules satellites décrites par MAURO en 1961, prolifération et différenciation en myoblastes puis fusion en myotube (11). Une cicatrisation conjonctive par renouvellement de la matrice extracellulaire et permise grâce au rôle de synthèse des fibroblastes (15). Ainsi qu'une cicatrisation de l'intimité myo-conjonctive par synthèse des protéines de liaison et par remodelage de la desmine, qui, nouvellement synthétisée permet non seulement de combler la reconstruction sarcomérique mais aussi de renforcer les sarcomères non lésés afin de compenser les futures et éventuelles autres lésions à ce niveau et de maintenir la longueur de ces sarcomères. Cela prévient donc le risque de blessure (23).

Triade caractéristique et capitale de la cicatrisation (24) : la vascularisation qui permet la prolifération des myoblastes et fibroblastes, l'innervation favorisant la maturation de la fibre musculaire, la différenciation entre fibre lente et fibre rapide et l'établissement de nouvelles jonctions neuromusculaires avec les nouvelles fibres musculaires ainsi que la traction contribuant à la synthèse protéinique (25), à l'alignement des fibres musculaires et à la diminution de la taille de la cicatrice.

Hoskins et Pollard (26), Järvinen et al. (27–29), Croisier (30) et Kilcoyne et al. (31) mentionnent que l'immobilisation relative du muscle, dépendante du grade lésionnel, est nécessaire pour que le processus de cicatrisation soit enclenché. Mais la durée d'immobilisation ne doit pas être prolongée (au-delà d'une semaine (26,31)) car le

tissu cicatriciel a besoin de traction modérée (c'est-à-dire sans provocation de nouvelle lésion) pour éviter que les fibres musculaires et conjonctives soient anarchiquement orientées et pour augmenter la résistance, l'élasticité et la vascularisation du tissu cicatriciel (30,32). De plus, ils soulignent le fait qu'une mobilisation débutant dès la survenue de la lésion peut perturber le phénomène de cicatrisation et donc freiner voire empêcher la régénération musculaire (26–28,30).

4.4. Facteurs de risque

Les muscles IJ étant des muscles bi-articulaires, sont plus sujets aux lésions du fait de l'importante demande de résistance à l'allongement lorsqu'ils sont en course externe maximale (3,33,34). En double peine, l'innervation différente entre les 2 chefs du BF peut être à l'origine d'un défaut de coordination et donc de lésions (30,33). De plus, la longue portion du BF possédant une plus petite longueur fasciculaire par rapport à la courte portion, se voit confrontée à des demandes d'allongement conséquentes et répétitives, induisant une accumulation de microlésions (33). Les principaux facteurs de risque sont : un âge supérieur à 23-24 ans, un déséquilibre de force entre les deux MI (ou au ratio quadriceps/IJ) et la fatigue (diminuant la proprioception) (33).

5. RESULTATS

5.1. Classification

Il existe dans la littérature une kyrielle de classification des lésions musculaires possible, mais aucune n'a pu être entièrement validée parce que certaines se basent sur la clinique et d'autres sur l'aspect à l'imagerie (échographie/IRM) (13). En revanche, une classification présentée en différents stade de gravité semble la plus pertinente et la plus pratique afin de donner une estimation du pronostic. Selon Guillodo et al. « la difficulté d'une classification unique vient essentiellement de la différence entre les impacts structurel et fonctionnel du traumatisme musculaire » (4). En France, la classification de Rodineau paraît être la plus utilisée (13) mais de nouveaux systèmes de gradation ont récemment vu le jour.

Par exemple, le « *Munich consensus* » (19) a récemment proposé une classification alternative en distinguant les lésions fonctionnelles (fatigue, DOMS, dysfonctionnement neuromusculaire lié à la colonne vertébrale ou dysfonctionnement neuromusculaire lié au muscle lui-même) des lésions structurelles (lésions mineure, modérée, complète). Bien que la notion de fonctionnelle soit controversée et non objective (20), cette gradation a le mérite d'être cliniquement validée en termes de valeur pronostique (35,36).

Par ailleurs, la "*British Athletics Muscle Injury Classification*" propose une classification en 5 grades, de 0 à 4, basée sur l'imagerie (IRM). Les grades 1 à 4 sont agrémentés d'une lettre supplémentaire afin d'indiquer le niveau lésionnel (a, b ou c si la lésion est localisée respectivement au niveau myo-aponévrotique, myotendineux ou intratendineux). Cette classification a montré des résultats reproductibles et cohérents et semble être la plus pertinente pour son emploi en athlétisme (20,35,37–39). Ces deux classifications précédemment évoquées sont présentées dans l'annexe V.

5.2. Principes et objectifs de prise en charge

Le principal objectif de toute prise en charge est d'aboutir, le plus tôt possible, à une reprise sportive à un niveau équivalent de pratique (en matière de performance) avec un risque minimum de récives (31,40–43). La rééducation est donc rapidement proposée dans le but d'assurer une bonne cicatrisation, de restituer une bonne élasticité du complexe myo-tendineux, une bonne tolérance du muscle à l'étirement et de restaurer le contrôle neuromusculaire (41,44).

Hormis le fait de retrouver un muscle compatible avec la spécificité des contraintes inhérentes à l'activité sportive (45), cela permet d'éviter au maximum les récives en corrigeant les facteurs de risque modifiables et accessibles à la rééducation. C'est à dire en tenant compte des déficits induits directement par la lésion (41,43,46).

Selon le mécanisme lésionnel, les temps d'indisponibilité diffèrent. Par exemple, les athlètes ayant subi une lésion lors d'un sprint (BF principalement touché) récupèrent plus rapidement avec un retour au niveau compétitif antérieur de 16 semaines en moyenne, contrairement aux lésions par *overstretching* (retrouvées

chez les danseurs et touchant préférentiellement le SM) qui peuvent requérir jusqu'à 50 semaines d'arrêt (43). Selon Warren et al., deux autres facteurs déterminant le pronostic lésionnel sont la durée nécessaire avant de marcher sans douleur et la récurrence d'une lésion antérieure (de 12 mois) : par exemple les sportifs dont la marche est encore douloureuse au-delà de 24 heures après la lésion sont susceptibles de voir leur temps d'indisponibilité augmenter de plus de 3 semaines (47). D'autres facteurs pronostics sont décrits tels que l'étendue de la lésion, une douleur importante à l'EVA, une distance faible entre le point douloureux et l'ischion et le niveau du sportif (amateur) (21,48).

Nous allons maintenant développer le contenu de chacune des phases des protocoles de rééducation proposés par plusieurs auteurs avant d'évoquer les intérêts et particularités de certaines techniques décrites.

5.3. Protocoles de rééducation

Les protocoles, adaptables au stade lésionnel, décrivent tous trois phases : phases aiguë ou phase de cicatrisation, phase subaiguë ou phase de régénération et phase fonctionnelle ou de réathlétisation qui sont agrémentées de critères de progression à valider pour franchir chaque étape clinique. La progression n'est donc pas basée sur la sévérité de la lésion ni sur la durée de chaque phase (31), mais sur la validation de ces critères (49,50).

5.3.1. Phase 1

5.3.1.1. *PRICE needs updating, should we call the POLICE?*

La méthode première employée pour les lésions musculaires a été synthétisée par l'acronyme RICE (pour Repos, Glace, Compression, Elévation) ou PRICE avec P pour « Protection » de la zone lésée (34,42,51,52). Le protocole RICE n'est pas validé mais est largement utilisé (12).

Toutefois, Bleakley et al. ont décrit en 2012 l'acronyme POLICE dans leur article humoristiquement intitulé : *PRICE needs updating, should we call the POLICE ?* (41,53). « *Protection, Optimal Loading, Ice, Compression, Elevation* » suppose que

le repos soit remplacé par un programme de rééducation adapté et doté de critères de progression à valider ; il met l'accent sur l'effet négatif induit par un repos prolongé pouvant retarder la mise en charge précoce nécessaire à une bonne récupération (53). Ainsi, ce protocole comprend :

- une protection du site lésionnel en y évitant toute tension et balayage d'amplitudes (vers la course externe) et l'évitement du renforcement analytique contre résistance (54). Selon la douleur et la sévérité de l'atteinte, l'appui partiel est autorisé sous couvert de cannes anglaises (53–55),
- « *Optimal Loading* » ou charge optimale applicable au tissu lésé. Cela conforte l'idée d'une remise en charge optimale au cours d'une rééducation qui se veut désormais active et progressive. Cela revient également à la notion du juste dosage entre repos et/ou mobilisation précoce (53,56). Il s'agit donc de contrôler les contraintes mécaniques graduellement appliquées (53,55) et d'employer par exemple des exercices thérapeutiques indolents tels que des techniques manuelles (43,53) – drainage proche de la zone lésée (55) - en adéquation avec les impératifs lésionnels.
- L'application de glace, cryothérapie, voire immersion : dans leur étude, Abaïdia et al. (57) ont comparé les effets d'une immersion en eau froide (10 minutes à 10°C) à la cryothérapie corps entier (3 minutes à -110°C) chez des sportifs ayant réalisé des exercices excentriques induisant des lésions post-effort : l'immersion en eau froide s'est montrée plus efficace sur la récupération de la force et la performance du saut (72h après l'effort) ainsi que sur la diminution des douleurs et la sensation de récupération de 24 à 48h après l'effort. Toutefois, bien que cette étude soit réalisée et évaluée dans le cadre des microlésions survenues après un travail excentrique, les sujets inclus sont sains. Nous ne pouvons donc extrapoler ces résultats à notre sujet, c'est-à-dire en présence de LMA diagnostiquée, mais nous pouvons noter qu'en prévention et dans des protocoles de récupération le ressenti est meilleur dans le cas de l'immersion.
- Une compression de la zone lésionnelle : celle-ci est appliquée directement suite au traumatisme puis poursuivie modérément (car risque d'ischémie) durant les heures qui suivent. La compression et la cryothérapie peuvent être

pratiquées de manière alternée ou simultanée grâce par exemple au Game Ready® (41). Ali et Leland (51) et Kilcoyne et al. (31) recommandent d'utiliser des bandes élastiques qui permettent d'ajuster la compression selon le niveau de confort du patient, contrairement aux shorts de compression,

- Enfin, l'élévation, c'est-à-dire la mise à charge et la déclive précoce du membre qui permet de faciliter le retour veineux et le drainage des tissus nécrotiques.

En parallèle à ce protocole, il convient d'éviter l'application de massages locaux, les contractions musculaires contre résistance (54) et la prise d'anti-inflammatoires (qui compromettent la « cicatrisation naturelle » en inhibant le processus inflammatoire initial (55)).

Immédiatement débuté, le protocole POLICE est poursuivi jusqu'au cinquième jour selon Järvinen et al. (27,54) et permet de réguler la réponse inflammatoire, le saignement, la formation de l'œdème, la taille de la lésion et de diminuer l'hématome et la désorganisation des fibres (12,41,53).

5.3.1.2. Contenu des programmes

Une mobilisation précoce, graduelle et « guidée sur l'indolence » (12) est introduite. Elle permet, nous l'avons vu, de limiter les effets résiduels et indésirables du tissu cicatriciel formé en facilitant la détersion des tissus nécrosés mais également une meilleure orientation et régénération des fibres musculaires et conjonctives par augmentation de la vascularisation tissulaire de la zone lésée (27,31,41,51,54,58).

A cette phase, tous les articles s'accordent sur les notions de protection de la zone lésée en limitant les exercices à un secteur angulaire indolore afin d'empêcher une mise en tension excessive du muscle. Il est également préconisé d'utiliser la cryothérapie en fin de séance pour chaque phase, de porter attention à la région lombo-pelvienne en utilisant des exercices de stabilisation et d'agilité du tronc à basse et moyenne intensité (de type gainage antérieur et latéral, ponté-busté) et de tenir compte du contrôle neuromusculaire (34,50,54,58–62).

Des exercices de déplacements (d'abord à basse puis moyenne intensité (43)) latéraux, sagittaux et croisés sont également proposés (31,41) comme le « *grapevine step* » (43,54,61) et des exercices de proprioception (34,54) en appui unipodal yeux ouverts puis yeux fermés (41,43,58,61,63).

Silder et al. (50), Schmitt et al (58) et Tyler et al. (63) proposent 10 minutes de vélo ainsi que du renforcement isométrique (64) à 3 angles de flexion de genou (30, 60 et 90° (50,58) ou 100°, 45°, 20° (63)) en 10 séries de 10 répétitions (50,58) ou 3 séries de 12 répétitions (63). Ce type d'exercice doit être débuté 48 heures après le traumatisme pour laisser le temps nécessaire à la cicatrice de pouvoir supporter une certaine tension (58).

Toutefois, certains auteurs ont employé différentes techniques : Kilcoyne et al. (31), pour les LMA de grade 1 et 2, utilisent un appareil qui verrouille le genou en extension pendant 24 heures pour limiter l'éventuelle apparition de spasmes musculaires puis proposent dès J2 une technique d'étirement et un footing lent jusqu'à sensation de fatigue. A J3 un protocole de course est débuté et comporte des exercices pliométriques en chaînes ouverte et fermée. Dès J6-J7, le travail isocinétique et le travail excentrique sont introduits dans le protocole.

Sont également évoquées la possibilité de mobilisation sacro-iliaque (32), d'utilisation d'électrostimulation avec programme capillarisation (41) et la mobilisation des tissus mous (55,58,63). Tol et al. (64) utilisent le squat bi- ou unipodal si indolore, un exercice en décubitus dorsal qui met en œuvre une contraction statique (annexe VI fig. J : « *supine isometric heel digs* »), massage doux proximatement et distalement par rapport à la zone lésée.

Silder et al. ajoutent un exercice en position décubitus où le sujet sollicite la flexion/extension de genou en faisant glisser son pied, bassin au sol (15 répétitions) et un programme progressif de course (50).

5.3.1.3. Critères de progression

Hormis la marche indolore (longueur de pas et temps d'appui identiques entre les deux membres (50)), les autres critères de progression diffèrent d'un programme à l'autre.

Dans leur algorithme, Mendiguchia et Brughelli (32) suggèrent simplement que pour pouvoir passer à la phase suivante, le sportif ne doit ressentir aucune douleur après 4 à 5 jours de traitement.

Heiderscheit et al. (54), Puig (41), Sherry et al (43), Schmitt et al. (58) et Tyler et al. (63) proposent cette progression une fois la course lente et la contraction statique sous-maximale, contre résistance manuelle, indolores (genou fléchi à 90° et à 50-70% de la force maximale ou jugée à 4/5 (50)).

Valle et al.(34) indiquent que le sujet ne doit ressentir ni douleur ni inconfort pendant les exercices de cette première phase, qu'il doit présenter une bonne posture en statique tout comme durant les exercices, une force de flexion de genou et d'extension de hanche en statique supérieures à 50% des valeurs précédemment mesurées sur le membre sain (sujet en procubitus, position respectivement genou fléchi à 45°, hanche à 0° et genou à 0°, hanche à 45° de flexion).

Tol et al. (64) estiment la progression possible si le squat unipodal et le travail sur vélo à 150W pendant 5 minutes sont indolores.

5.3.1.4. Apports et intérêt des techniques proposées

5.3.1.4.1. Mobilisation sacro-iliaque

Toute dysfonction de l'articulation sacro-iliaque peut affecter la biomécanique des ischio-jambiers notamment via l'insertion du BF sur le ligament sacro-tubéral et le fascia thoraco-lombaire (60). La mobilisation de l'articulation sacro-iliaque a été proposée afin de « rétablir la fonction de la région lombo-pelvienne » (32,65). Lors de leur étude, Hoskins et Pollard (65) ont introduit la mobilisation en correction d'une iliaque antérieure au cours du programme de rééducation qui s'est révélé être efficace chez deux joueurs de football Australiens. Mais selon Vassallo et al. et Reurink et al. (66,67) la mobilisation sacro-iliaque n'a pas réellement prouvé de son efficacité sur les LMA des IJ. Des recherches plus approfondies et d'un meilleur niveau de preuve sont nécessaires pour pouvoir l'affirmer ou non.

5.3.1.4.2. Contrôle neuromusculaire

Défini par « l'activation involontaire et donc automatique des muscles squelettiques, lors de contraintes dynamiques, lors de la préparation (*feedforward*) ou en réponse à un mouvement (*feedback*), qui vont stabiliser fonctionnellement les articulations adjacentes » (60).

5.3.1.4.3. Région lombo-pelvienne

Il est question ici de « l'optimisation du recrutement, de la force et de l'endurance des muscles (au total 29) qui entourent et prennent insertion au niveau de cette zone lombo-pelvienne et qui permettent de stabiliser en synergie le tronc et la hanche » (32). Ainsi, l'intégration de cette notion est devenue incontournable au sein des programmes de rééducation, notamment par son rôle dans la qualité de la réponse musculaire lors de l'activité sportive (61).

Sherry et Best (61) ont démontré que la survenue lésionnelle est moindre et que le retour au sport est plus rapide chez des athlètes suivant un programme de rééducation incorporant des exercices de stabilité lombo-pelvienne par rapport à des athlètes réalisant uniquement des exercices de renforcement et d'étirements. Toutefois, Silder et al. (50), ont comparé deux protocoles de rééducation : celui décrit par Sherry et al. (le plus efficient) et un autre comportant un entraînement spécifique de course progressive avec renforcement excentrique (phase 1 axée sur la course lente et le travail isométrique, la phase 2 ajoute du travail concentrique et excentrique et la phase 3 progresse vers du travail excentrique intensifié. Le programme de course établi en parallèle consiste en la réalisation de sprint avec progression des accélérations/décélérations). Les auteurs n'ont pas trouvé de différence significative sur le temps de retour au sport (respectivement $25,2 \pm 6,3$ jours et $28,8 \pm 11,4$ jours).

En 2016, Vassallo et al. (66) précisent que l'utilisation d'exercices dédiés à l'amélioration de l'agilité et de la stabilité du tronc diminuent en effet le risque de récurrence (tout comme Sole et al.(68)) mais n'auraient pas d'effet sur la réduction du temps d'indisponibilité.

Arumugam et al. ont exploré le lien étroit entre la région lombopelvienne et les ischio-jambiers et ont émis différentes hypothèses sur l'impact d'une ceinture pelvienne (type ceinture lombaire) sur le recrutement, la force et le contrôle neuromusculaire des muscles régionaux (60). Les principaux résultats supportent l'idée d'une amélioration globale de la transmission de force, d'une augmentation de la stabilité de l'articulation sacro-iliaque mais d'une limitation du rôle de stabilisateurs pelviens dont font partie les IJ et donc en compensation une augmentation de leur raideur. Mais dans une autre étude réalisée plus tard par ces mêmes auteurs et ayant pour but de déterminer l'impact de la ceinture sur la force isocinétique des IJ (69), est relevée une augmentation de 10% de cette force en excentrique, développée en course externe chez les sujets atteints de LMA aux IJ. Cela suppose une influence sur le contrôle neuromusculaire et notamment une diminution de son inhibition et un meilleur recrutement de ces muscles grâce au port d'une ceinture de compression pelvienne. Néanmoins, plus d'études sont nécessaires pour mesurer de cette efficacité et de l'intérêt que cela a en rééducation.

5.3.2. Phase 2

Cette phase est débutée entre 3 à 7 jours après le traumatisme (70). Nous retrouvons des avis similaires quant aux principes et objectifs :

- d'augmenter l'intensité et le balayage d'amplitudes des exercices réalisés au cours de la première phase (34,43,54,58,62,63), en effet, la mobilisation d'un muscle squelettique 5 à 7 jours après le traumatisme favorise l'insertion de la fibre musculaire au sein du tissu conjonctif et un alignement des fibres régénérées avec les fibres saines (29),
- d'éviter de solliciter le muscle en course externe tant qu'il existe un déficit de force (41,43,54) ou une douleur (58,63),
- de poursuivre l'amélioration de la stabilisation lombo-pelvienne et du contrôle neuromusculaire avec exercices d'agilité et de stabilisation du tronc en intensité et vitesse/vélocité progressives (34,43,50,54,58,61,63) :
- de débiter le travail excentrique (43,54,58) en courses interne et moyenne et à faible intensité, travaillé manuellement ou avec dynamomètre isocinétique à

20°/s (32,58,63) puis en travail dynamique avec les exercices (retrouvés respectivement en annexe VI fig. C D E F) du *Diver* et *Glider* (71), soulevé de terre (« *romanian deadlift* »), *single-leg stand windmill touches* et l'exercice du *Nordic Hamstring* (58),

- et d'introduire le travail cardio-vasculaire (41,43,54) : « les intensités et modalités de travail peuvent être choisies pour protéger la cicatrice et contribuer à sa mécanisation » (45).

Avant de débiter le programme d'exercice, Silder et al. (50) mentionnent la réalisation de 10 minutes de vélo d'appartement, tout comme Schmitt et al (58).

Ces derniers, ainsi que Valle et al. (34) et Tyler et al. (63) préconisent le début de la course sur tapis roulant et la poursuite du travail d'équilibre sur plan instable (41,55,63).

De plus, le travail de déplacement se poursuit à moyenne puis à haute intensité (41,43): *boxer shuffle* (saut avec pas alternés), déplacement frontal, *grapevine stepping* (déplacement frontal avec croisement de jambes), *steps forward and backward* (pas avant/arrière), marche sur pointes de pied (64).

D'autres exercices sont décrits : pont fessier avec glissement bilatéral des pieds pour un travail freinateur des IJ (« *supine bent knee bridge walk out* » annexe VI fig. G), pompes puis rotation du tronc après retour à la position initiale, planche latérale avec rotation du tronc (« *side plank stabilization with trunk rotation* » annexe VI fig. H), *wood chops* (annexe VI fig. I) (43), contraction statique en position décubitus (« *Supine isometric heel digs* » annexe VI fig. J) pont fessier sur une jambe, fentes avec rotation du tronc (« *lunge walk with trunk rotation* », annexe VI fig. K) (50).

L'exercice du pont fessier avec les pieds sur un ballon et réalisation de roulements de celui-ci à l'aide de contractions concentrique et excentrique est préconisé (« *Supine hamstring curls on swiss ball* » annexe VI fig. L), tout comme le *shuttle jumps* (annexe VI fig. M), des exercices de renforcement des abdominaux, l'exercice « The Extender » (40,71) (annexe VI fig. N), le travail de flexion de genou en position procubitus, avec bande ou bracelet lesté (« *prone hamstring curl* » annexe VI fig. O), ainsi que des exercices d'extension de hanche (avec ou sans poids annexe VI fig. R) (34,50,58,63).

A cette phase plusieurs techniques d'étirement sont envisagées : Mendiguchia et Brughelli (32) proposent un exercice visant à augmenter l'extensibilité des IJ avec l'exercice « *ball and go* » (annexe VI fig. P) qui se veut être « plus dynamique et fonctionnel en mettant en jeu la stabilité frontale de la hanche et le contrôle neuromusculaire ». Ces auteurs évoquent également les étirements pour les fléchisseurs de hanche. Une autre technique d'étirement des IJ consiste en une élévation du membre inférieur, genou tendu avec flexion dorsale de cheville « *straight leg raise* » (64), éventuellement réalisé avec une *thera-band* (61).

5.3.2.1. Critères de progression

Les auteurs se rejoignent sur le fait que la contraction statique maximale doit être indolore pour accéder à la phase suivante mais les avis divergent concernant le degré de flexion de genou (15° (32), 30° (43) et 90° (50,54,58)).

Mendiguchia et Brughelli (32) suggèrent que le sportif doit présenter une asymétrie de force inférieure à 10% au test dynamométrique (sujet en procubitus, genou fléchi à 15°), une symétrie de souplesse à 10% près au niveau des IJ et par rapport à l'horizontale pour les fléchisseurs de hanche ; respectivement au test AKE « *active knee extension* » (mesure prise à 90° de flexion de hanche et au point d'étirement maximal d'extension active de genou. L'angle entre la vertical et le tibia est pris à l'aide d'un inclinomètre) et MTT « *Modified Thomas test* » (sujet en décubitus dorsal en bout de table, jambes pendantes, le sujet amène un genou à sa poitrine pendant que le MK mesure l'angle du membre controlatéral entre l'horizontale et le fémur).

Heiderscheit et al. (54), Tyler et al. (63), Schmitt et al. (58), Sherry et al. (43) et Silder et al. (50) proposent eux aussi une contraction statique maximale indolore mais cette fois le genou étant fléchi respectivement à 90° (pour les trois premiers), à 30° et à 90° avec 3 mesures (tibia en position neutre, en rotation médiale et en rotation latérale). De plus, la course (en avant et à reculons, avec longueur de pas et temps d'appui identiques) à vitesse modérée doit être réalisable et indolore.

Tyler et al. (63) ajoutent la contraction excentrique maximale réalisable en course interne et sans douleur. Valle et al. (34) évoquent aussi la force isométrique de flexion de genou mais ici fléchi à 25° avec la hanche en flexion à 45° et un résultat

qui doit présenter moins de 10% de différence par rapport au côté sain (critère identique pour la force d'extension de hanche, fléchie à 70° et genou en rectitude). Enfin, Puig (41) évoque une absence de douleur à la course sur tapis (AlterG) à 50% du poids de corps.

5.3.2.2. Apports et intérêt des techniques proposées

5.3.2.2.1. Travail excentrique

Caractérisé par l'allongement du muscle pendant sa contraction, c'est une technique incontournable dans la prise en charge des LMA. En revanche, celle-ci a une approche ambiguë dans le sens où le travail excentrique détruit l'interface myo-conjonctive mais permet aussi de la recoller. En effet, il permet notamment à la fibre musculaire de reconstruire les protéines de liaison (72), de corriger le retard de contraction musculaire (41), d'améliorer l'extensibilité musculaire et est associé à de bons résultats lorsqu'il est inclus dans les protocoles de rééducation (40,71).

En outre, suite à une LMA, il a été démontré que l'angle de pic de force (soit lorsque le nombre maximum de ponts actine-myosine est formé) apparaissait dans une plus petite course musculaire (63,73), ce qui est pourvoyeur de récurrence.

Pour lutter contre ce phénomène, l'emploi du travail excentrique se révèle être la meilleure solution puisqu'il permet de décaler/transférer cette longueur optimale où se produit la force maximale dans une course musculaire plus externe, réduisant significativement l'incidence lésionnelle (43,63,72–76).

En effet selon Goldspink, le nombre de sarcomères en série d'un muscle se modifie (augmente ou diminue) « pour permettre au muscle de développer sa tension maximale dans la position où il est le plus sollicité » (77). C'est cette adaptation biomécanique permise par le travail excentrique qui augmente le nombre de sarcomères en série et donc la longueur fasciculaire (Butterfield et Herzog ont démontré lors d'une étude animale que cette addition sarcomérique est meilleure lorsque le travail excentrique est réalisé en course externe (78)).

Cela va permettre aux IJ d'améliorer leur tolérance à l'étirement et de travailler avec des contraintes tensionnelles moindres (50,58,79).

Il a été démontré par Askling et al., lors d'une étude prospective randomisée réalisée sur des footballeurs professionnels, qu'un protocole de rééducation qui comprend des exercices plaçant les IJ en position d'allongement, notamment lors du travail excentrique à charge progressive est plus efficient qu'un protocole dit conventionnel en terme de réduction du temps d'indisponibilité (40,71,80).

De plus, Tyler et al. (63) ont évalué l'efficacité d'un protocole basé sur du renforcement excentrique plaçant en course externe les IJ chez 50 athlètes avec lésion musculaire (3 grade 1, 43 grade 2 et 4 grade 3). Ils n'ont recensé aucune récurrence 2 ans après la reprise chez les sujets qui ont suivi le protocole en entier (les 4 récurrences recensées sont survenues chez 4 sportifs non observants). De plus, au moment du RTP les sujets (observants) n'ont présenté aucun déficit de force résiduel avec notamment une force meilleure de 7% en course externe (contre 43% plus faible chez les sujets non observants).

Le travail isométrique permet aussi ce report de force maximale mais uniquement s'il est travaillé en course externe (notamment à 15° de flexion de genou (47)).

Ainsi, le renforcement musculaire et notamment le travail excentrique effectué (progressivement) vers la course externe est largement conseillé (34,54,62,63,81–84).

5.3.2.2.2. Exercice du Nordic Hamstring

Le Nordic Hamstring fait partie intégrante du programme de prévention de la FIFA (*FIFA 11+ injury prevention programme*) afin d'améliorer la force musculaire et de réduire le taux d'incidence lésionnelle (83,85,86). Comfort et al. précisent que la position de cheville n'influence pas le recrutement préférentiel du BF par rapport aux gastrocnémiens mais que sa réalisation en flexion dorsale reflète mieux la fonction, ce qui est donc à privilégier (87).

En revanche, selon Tyler et al. il est plus délicat de l'inclure en rééducation compte-tenu de la difficulté pour contrôler le mouvement en toute sécurité et puisqu'il s'agit d'un exercice bilatéral, le côté sain peut facilement compenser le côté lésé. En outre, cet exercice ne cible pas la course externe des IJ, condition pourtant importante à rechercher en fin de rééducation pour décaler le pic de force (63).

5.3.2.2.3. Etirements

La notion d'étirements fait d'abord référence à l'impératif de traction nécessité par la cicatrisation. Ils sont par contre formellement proscrits en début de traitement puisqu'ils cisailent la zone lésée sans apporter de vascularisation (88).

Le temps d'indisponibilité peut être réduit grâce à la mise en place d'étirements réalisés à intensité progressive, selon Vassallo et al. (66) et ce, lorsque ceux-ci sont réalisés en 4 sessions par jour selon Fournier-Farley (48,89). Il est important d'étirer également les fléchisseurs de hanche car si ceux-ci ne sont pas suffisamment extensibles, cela peut favoriser l'apparition d'une antériorisation de l'os iliaque et donc augmenter la tension des ischio-jambiers et enfin leur risque lésionnel (32,90).

5.3.3. Phase 3

Plus aucune restriction d'amplitudes n'est à respecter, l'objectif est d'obtenir l'indolence dans toutes les activités, l'absence de déficit musculaire sur l'amplitude articulaire totale, un bon contrôle neuromusculaire du tronc et du bassin lors des exercices spécifiques du sport pratiqué. Toutefois, il convient d'éviter un travail à intensité maximale si le patient se plaint de douleurs et/ou d'inconfort (31,41,43). Les sprints et le travail d'explosivité sont à éviter tant que la course, les sauts, les changements de direction, déclenchent des douleurs (41,54). Sont effectués à cette phase, des exercices en chaîne fermée fonctionnels, spécifiques au sport pratiqué (notion d'athlétisation), des exercices d'agilité, de déplacements avec changement rapide de direction, du travail concentrique et excentrique en isocinétisme ainsi que des auto-étirements (41,55,58,63). Les exercices de renforcement sont poursuivis et intensifiés :

- En analytique grâce aux exercices (respectivement en annexe VI fig. Q R S) de pont fessier unilatéral avec glissement du pied pour un travail freinateur des IJ (41,43,54), *kettlebell swing* et renforcement en extension de hanche, soulevé de terre unilatéral (« *single-leg romanian deadlift* ») (41),
- En excentrique vers la course externe et avec augmentation des résistances (34,43,54,58,63), respectivement en annexe VI fig. E K T U F : *single limb*

balance windmill touches, fentes avec rotation du tronc, *T-lift lunge walk*, *single-leg dumbbell hang clean* et Nordic Hamstring en 3 séries de 9 à 12 répétitions (50),

- En déplacements avec l'exercice du « T drill » (annexe VI fig. V) : déplacements avec sprint, pas chassés, pas croisés, changement de direction (64). Exercices "A skips et B skips" (mouvements types école de course avec montée de genoux <https://www.youtube.com/watch?v=PcWsOM144xo>), course à reculons (43).
- En pliométrie : exercices de saut en bipodal et unipodal le plus loin possible et en unipodal avec changement rapide de directions (43,58,63).

5.3.3.1. Critères de reprise

Globalement, l'étirement, la palpation et la contraction dans toutes les courses (test à 90° et à 15° de flexion de genou (50,54)) doivent être indolores (41,43,58). De plus, l'amplitude, la force et les capacités fonctionnelles doivent être rétablies (54).

Le pic de force doit être symétrique à 5-8° près par rapport au côté controlatéral (32,41,43,54,58) et la différence de temps pour l'atteindre doit être inférieure à 10% (41,43,58). Le test isocinétique doit quant à lui présenter moins de 5% de différence (41,43,54,58).

Par ailleurs, la réalisation d'un test spécifique au sport est vivement conseillée (51,52,54,63,64), tout comme l'obtention d'une absence d'appréhension ou de kinésiophobie, critère important avant la reprise, notamment lors de sprint avec changements de direction (31,41,43,50,58,64), ou au cours de tests fonctionnels (notamment *Askling-H test*). Le détail des différents critères de progression proposés par chaque auteur se trouve dans le tableau synthétique situé en annexe VII.

5.3.3.2. Apports et intérêt des techniques proposées

5.3.3.2.1. Exercices de renforcement

Il est recommandé d'employer plusieurs exercices de renforcement afin de cibler différents chefs et parties musculaires des IJ. En effet, il a été démontré que

leur activation est non uniforme au cours de ce type d'exercices (91–95). Par exemple, le ST est préférentiellement activé lors du *Kettlebell swings* (annexe VI fig. R), du soulevé de terre (« Romanien deadlift » annexe VI fig. S) (93,95), de l'exercice du *Nordic Hamstring* (annexe VI Fig. F) (94,96), et de l'exercice en fente (93). Le BF est sélectivement recruté lors des exercices de renforcement en extension de hanche (annexe VI fig. R) (94–96).

Ainsi, cela permet au MK de choisir des exercices de renforcement ciblés en intensité progressive (92,93) (cf annexe VIII).

5.3.3.2.2. Tests proposés pour le retour au sport

Lors de l'examen clinique final et lorsque celui-ci ne montre plus de signe de lésion, l'*Askling H-test* est réalisé (71,97). Celui-ci consiste d'abord en une élévation passive du membre inférieur lésé (1 essai puis 3 tests), en position de hanche fléchie et genou tendu. Le sujet doit être suffisamment relâché et dire « stop » quand l'amplitude n'est plus supportable. Ensuite le test est actif (annexe IX), il est demandé au sujet d'élever son membre le plus rapidement possible jusqu'au point maximum d'étirement. Après 3 répétitions, le sujet doit estimer sa perception d'insécurité/inconfort et coter sa douleur sur une échelle (de 0 à 100). Si l'athlète ne ressent aucune appréhension lors du test, il est autorisé à reprendre. Sinon la rééducation est poursuivie et ce test est réalisé tous les 3-5 jours.

Il a été utilisé dans différents programmes de rééducation et est vivement conseillé (41,43,58) car il s'est montré d'une grande fiabilité pour comparer les critères concernés avec le côté controlatéral. Il pourrait donc être un bon complément à l'examen clinique pour permettre la décision finale du retour au sport (97).

D'autres tests sont proposés par Sherry et Best notamment celui du saut unipodal le plus loin possible (annexe IX), saut unipodal croisé, ainsi qu'un test au sprint (sur environ 40 mètres). Si le sujet ressent une douleur lors de ces tests, la reprise est reportée (61).

6. DISCUSSION

Le but de ce mémoire était de présenter les différents programmes de rééducation actuellement proposés ainsi que l'efficacité des techniques employées dans le cadre des LMA des IJ pour conclure d'une éventuelle démarche consensuelle.

La principale limite de notre étude est l'absence de consensus concernant la classification de ces lésions. Cela limite en effet la comparaison des programmes de rééducation entre eux puisque que la gradation de la sévérité lésionnelle utilisée est différente, lorsque celle-ci est spécifiée, ce qui n'est pas toujours le cas. De plus, les articles ne précisent pas toujours si l'utilisation de leur programme est adaptée à des lésions de gravité élevée (il est évident que plus la lésion est grave plus le début de certaines techniques est reporté dans le temps puisque la douleur et l'impotence fonctionnelle du sujet seront plus conséquentes). Toutefois, il est unanimement indiqué que la progression dans chaque programme se base sur des critères spécifiques fondés surtout sur la non douleur.

Par ailleurs, différents termes anglophones existent pour évoquer la reprise sportive, « ce qui constitue une source de confusion » (44). En effet, nous avons relevé tous les termes suivants : « *return-to-play* » (RTP), « *return-to-sport* » (RTS), « *return-to-competition* » (RTC), « *return to pre-injury level* » et « *time to return to full participation* » qui font référence au retour à l'entraînement, à la compétition ou au niveau sportif antérieur. Or, ces notions respectives ne correspondent pas au même niveau d'activité et ne permettent donc pas la comparaison.

Par exemple, certaines de nos études incluses définissent cette durée depuis le moment de la survenue lésionnelle jusqu'au retour à l'entraînement (54,62,63) tandis que d'autres vont jusqu'au retour à la compétition (match) (21,40,55,71) ; la comparaison devient ainsi délicate par une différence d'utilisation d'un terme, aussi important soit-il et qui se doit d'être clairement défini.

Les critères de jugement concernant l'efficacité d'un programme sont donc basés sur la durée d'indisponibilité mais également la récurrence. Ce dernier critère ne

présente quant à lui aucun défaut de clarté terminologique et permet d'évaluer un protocole à long terme (globalement, les sportifs recensés dans les études devaient contacter immédiatement le MK et ce, durant 2 ans après leur reprise, dès lors qu'un traumatisme récidivant survenait).

Aussi, les tests utilisés pour le RTP suscitent questionnement. En effet, il est fréquent et plus simple d'utiliser le côté sain comme référence mais nous ne pouvons exclure le fait qu'un déficit (de force) bilatéral puisse être présent avant l'apparition de la blessure. Tol et al. (64) soulignent l'importance de nuancer les interprétations d'un test avant de conclure, par exemple, d'une mauvaise prise en charge. D'après ces auteurs, la normalisation de la force entre les deux groupes d'IJ ne semblerait pas être un critère nécessaire pour que la rééducation soit considérée comme correcte. Ils précisent également que le lien entre un déficit de force au test isocinétique notamment et un risque augmenté de récurrence n'est pas établi et reste inconnu (98). D'ailleurs, les articles ne spécifient pas tous l'emploi de l'isocinétisme pour les bilans et ne l'utilisent pas tous de la même façon au cours de la rééducation. Une absence de consensus existe pour l'évaluation de la force par rapport à l'appareil utilisé, la position du sujet, les angles de flexion de genou, les vitesses angulaires, le nombre de répétitions et les résultats à obtenir pour progresser au sein du programme (34).

Notre sujet étant vaste, le nombre de sources explorées a été assez conséquent, si bien que nous avons éprouvé des difficultés à immédiatement cibler le sujet tant les lectures d'articles ont été diversifiées et surtout intéressantes. Cela permet bien sûr d'en apprendre sur le sujet et sur ce qui se publie actuellement mais il était nécessaire de réduire ce champ de recherche.

Nous n'avons pas évoqué le contenu de l'examen clinique réalisé par le MK, ni détaillé explicitement les exercices de renforcement (il s'agit plutôt d'un répertoire de techniques utilisables), ni développé de façon exhaustive les critères RTP en exploitant les articles uniquement dédiés à ce sujet, en raison du nombre de pages restreint.

Par ailleurs, étant donné que les publications recensées dans ce mémoire sont à 86% anglophones, leur traduction n'a pas toujours été évidente, surtout pour les mots clés, ici pour « lésion myo-aponévrotique » mais aussi pour le nom des exercices proposés par chaque auteur qui ne trouvent pas forcément référence en français. C'est pourquoi nous avons établi plusieurs combinaisons de mots clés afin de ne pas faire l'impasse sur d'éventuelles publications spécifiques et avons illustré la plupart des exercices de renforcement en annexes.

Askling et al. insistent sur l'impossibilité d'extrapoler les résultats d'une étude dans d'autres sports puisque l'entraînement et les demandes musculaires diffèrent (71). Nous aurions donc pu ajouter aux critères d'inclusion un sport spécifique afin d'homogénéiser la population et de spécifier les exercices fonctionnels adaptés, ou l'un des deux mécanismes lésionnels reconnus, ou même combiner les deux. Si tant est que le nombre d'articles soit suffisant en sachant qu'une majorité de ceux sélectionnés concernent les lésions survenues chez les footballeurs et les sprinteurs. Askling et al. ajoutent que la reprise compétitive (match ou course) diffère entre les footballeurs et les athlètes car ils estiment que ces derniers doivent retrouver 100% de leurs capacités physiques pour être compétitif et prévenir les récurrences, tandis que les footballeurs pourraient reprendre à un pourcentage moindre. La raison implicite est qu'il s'agit d'un sport collectif qui ne demande pas que des capacités physiques mais aussi la mise en œuvre de stratégies de jeu tout cela modulé bien sûr par le poste occupé.

Il n'existe pas de protocole consensuel qui serait parfaitement applicable et appliqué d'abord parce qu'il doit s'adapter au patient, c'est-à-dire au stade de gravité, aux déficiences présentes lors du bilan initial mais aussi aux facteurs de risque inhérents à chaque sportif (58).

Selon Mendiguchia et al. et Sherry et al. (32,43), une rééducation présentant comme seul but le fait que tout mouvement soit non douloureux va induire des déficits de contrôle neuromusculaire, de force, de souplesse, et des asymétries entre les deux MI. Ils insistent donc sur le fait qu'un programme de rééducation se doit d'être le plus

global possible, pour tenir compte de tous les facteurs intervenant à chaque phase et pouvant freiner la progression.

Dans l'étude de Sherry et Best (61) qui conclut d'une supériorité du programme contenant des exercices de stabilité et d'agilité de la région lombo-pelvienne, ces auteurs précisent que c'est l'introduction précoce de ce type d'exercices qui pourrait avoir un effet positif sur la récupération et ainsi réduire le risque de récurrences.

7. CONCLUSION

Les lésions myo-aponévrotiques des IJ si caractéristiques et si fréquentes, ont fait, continuent et risquent encore de faire couler beaucoup d'encre. Malgré une absence de consensus protocolaire, les avis convergent vers les piliers de la rééducation qui sont l'utilisation du protocole POLICE, d'exercices ciblant la région lombo-pelvienne et l'emploi du travail excentrique à charge et course musculaire progressives. Il est d'ailleurs recommandé de faire bénéficier au sujet un programme de prévention secondaire durant les mois suivants le RTP (34,55). Un article sorti le 8 Mars dernier spécifie qu'un programme individualisé, multifactoriel, fondé sur les performances du sujet et les facteurs de risque qui l'ont mené à la blessure permet de nettement diminuer le risque de récurrences (99). Ainsi, les auteurs conviennent qu'un algorithme décisionnel nous oriente désormais vers un protocole décisionnel.

Enfin, si les sujets ne révèlent aucune amélioration significative en matière de force ou de progression vers le retour au sport en 12 à 14 semaines (43), ils doivent être réévalués et à ce moment là l'adjonction de techniques supplémentaires peut être envisagée, telles que l'injection de PRP (100), l'EPI (101), ou le dry-needling (102).

BIBLIOGRAPHIE

1. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Hölmich P. Acute hamstring injuries in Danish elite football: a 12-month prospective registration study among 374 players. *Scand J Med Sci Sports*. août 2010;20(4):588-92.
2. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A, et al. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*. févr 2004;38(1):36-41.
3. Ekstrand J, Häggglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*. juin 2011;39(6):1226-32.
4. Guillodo Y, Madouas G, Simon T, Saraux A. Classification des lésions musculaires : de la théorie à la pratique. In: *Les lésions musculaires en pratique sportive*. Montpellier: SAURAMPS MEDICAL; 2015. p. 21-9.
5. Ekstrand J, Waldén M, Häggglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med*. juin 2016;50(12):731-7.
6. Masson E. *Evidence based practice* ou la pratique basée sur les preuves en rééducation [Internet]. EM-Consulte. [cité 29 nov 2016]. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/233488/article/-ou-la-pratique-basee-sur-les-preuves-en-reeducati>
7. Kohler C. Le tissu musculaire - support de cours [Internet]. 2010 [cité 29 nov 2016]. Disponible sur: <http://campus.cerimes.fr/histologie-et-embryologie-medicales/enseignement/histologie2/site/html/cours.pdf>
8. Lieber RL, Shah S, Fridén J. Cytoskeletal disruption after eccentric contraction-induced muscle injury. *Clin Orthop*. oct 2002;(403 Suppl):S90-9.
9. Patel TJ, Lieber RL. Force Transmission in Skeletal Muscle: From Actomyosin to External Tendons. *ResearchGate*. 1 févr 1997;25:321-63.
10. Bruchard Arnaud A. La lésion myo-aponévrotique [Internet]. Kinesport Publications; 2004 [cité 25 nov 2016]. Disponible sur: www.kinesport.info/file/24112/
11. Gharaibeh B, Chun-Lansinger Y, Hagen T, Ingham SJM, Wright V, Fu F, et al. Biological approaches to improve skeletal muscle healing after injury and disease. *Birth Defects Res Part C Embryo Today Rev*. mars 2012;96(1):82-94.
12. Bouvard M, Jaadouni S, Eichene B. Traitement médical des lésions musculaires intrinsèques du sportif. In: *Les lésions musculaires en pratique sportive*. Montpellier: SAURAMPS MEDICAL; 2015. p. 95-107.

13. Brasseur J-L, Renoux J, Massein A, Mercy G. Echographie des lésions musculaires: diagnostic et suivi des lésions. In: Les lésions musculaires en pratique sportive. Montpellier: SAURAMPS MEDICAL; 2015. p. 35-73.
14. Seigneurin D. Chapitre 2 : Tissu conjonctif [Internet]. 2010 [cité 30 nov 2016]. Disponible sur: http://www.uvp5.univ-paris5.fr/wikinu/docvideos/Grenoble_1011/seigneurin_daniel/seigneurin_daniel_p02/index.htm
15. Nataf S. Enseignement d'Histologie, PCEM1 et PCEM2 - Le Tissu Conjonctif [Internet]. 2009 [cité 30 nov 2016]. Disponible sur: <http://histoblog.viabloga.com/texts/le-tissu-conjonctif--cours-n-1-et-n-2--2009->
16. Monti RJ, Roy RR, Hodgson JA, Edgerton VR. Transmission of forces within mammalian skeletal muscles. *J Biomech.* avr 1999;32(4):371-80.
17. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur. 2ème éd. Vol. Tome 1: Membre Inférieur. Issy-les-Moulineaux: Masson; 2007.
18. Christel P, de Labareyre H, Thelen P, de Lecluse J. Pathologie traumatique du muscle strié squelettique. *EMC - Appar Locomoteur.* janv 2006;1(1):1-16.
19. Mueller-Wohlfahrt H-W, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med.* avr 2013;47(6):342-50.
20. Pollock N, James SLJ, Lee JC, Chakraverty R. British athletics muscle injury classification: a new grading system. *Br J Sports Med.* sept 2014;48(18):1347-51.
21. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *Am J Sports Med.* févr 2007;35(2):197-206.
22. Fridén J, Lieber RL. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol Scand.* mars 2001;171(3):321-6.
23. Barash IA, Peters D, Fridén J, Lutz GJ, Lieber RL. Desmin cytoskeletal modifications after a bout of eccentric exercise in the rat. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* oct 2002;283(4):R958-63.
24. Guillodo Y, Saraux A. Treatment of muscle trauma in sportspeople (from injury on the field to resumption of the sport). *Ann Phys Rehabil Med.* avr 2009;52(3):246-55.

25. Kääriäinen M, Järvinen T, Järvinen M, Rantanen J, Kalimo H. Relation between myofibers and connective tissue during muscle injury repair. *Scand J Med Sci Sports*. déc 2000;10(6):332-7.
26. Hoskins W, Pollard H. Hamstring injury management--Part 2: Treatment. *Man Ther*. août 2005;10(3):180-90.
27. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Aärimaa V, Vaittinen S, Kalimo H, et al. Muscle injuries: optimising recovery. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. avr 2007;21(2):317-31.
28. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med*. mai 2005;33(5):745-64.
29. Järvinen MJ, Lehto MU. The effects of early mobilisation and immobilisation on the healing process following muscle injuries. *Sports Med Auckl NZ*. févr 1993;15(2):78-89.
30. Croisier J-L. Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Med Auckl NZ*. 2004;34(10):681-95.
31. Kilcoyne KG, Dickens JF, Keblish D, Rue J-P, Chronister R. Outcome of Grade I and II Hamstring Injuries in Intercollegiate Athletes: A Novel Rehabilitation Protocol. *Sports Health*. nov 2011;3(6):528-33.
32. Mendiguchia J, Brughelli M. A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. févr 2011;12(1):2-14.
33. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med Auckl NZ*. 1 mars 2012;42(3):209-26.
34. Valle X, L Tol J, Hamilton B, Rodas G, Malliaras P, Malliaropoulos N, et al. Hamstring Muscle Injuries, a Rehabilitation Protocol Purpose. *Asian J Sports Med*. déc 2015;6(4):e25411.
35. Grassi A, Quaglia A, Canata GL, Zaffagnini S. An update on the grading of muscle injuries: a narrative review from clinical to comprehensive systems. *Joints*. mars 2016;4(1):39-46.
36. Ekstrand J, Askling C, Magnusson H, Mithoefer K. Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *Br J Sports Med*. août 2013;47(12):769-74.
37. Patel A, Chakraverty J, Pollock N, Chakraverty R, Suokas AK, James SL. British athletics muscle injury classification: a reliability study for a new grading system. *Clin Radiol*. déc 2015;70(12):1414-20.

38. Wangensteen A, Tol JL, Roemer FW, Bahr R, Dijkstra HP, Crema MD, et al. Intra- and interrater reliability of three different MRI grading and classification systems after acute hamstring injuries. *Eur J Radiol.* avr 2017;89:182-90.
39. Pollock N, Patel A, Chakraverty J, Suokas A, James SLJ, Chakraverty R. Time to return to full training is delayed and recurrence rate is higher in intratendinous ('c') acute hamstring injury in elite track and field athletes: clinical application of the British Athletics Muscle Injury Classification. *Br J Sports Med.* mars 2016;50(5):305-10.
40. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* oct 2013;47(15):953-9.
41. Puig P-L. Rééducation des lésions musculaires. In: *Les lésions musculaires en pratique sportive.* Montpellier: SAURAMPS MEDICAL; 2015. p. 107-17.
42. Mason DL, Dickens VA, Vail A. Rehabilitation for hamstring injuries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;12:CD004575.
43. Sherry MA, Johnston TS, Heiderscheit BC. Rehabilitation of acute hamstring strain injuries. *Clin Sports Med.* avr 2015;34(2):263-84.
44. Fouasson-Chailloux A, Menu P, Dauty M. Retour à la compétition sportive après une lésion musculaire. In: *Les lésions musculaires en pratique sportive.* Montpellier: SAURAMPS MEDICAL; 2015. p. 117-29.
45. Cascua S. Réhabilitation après lésion musculaire, gagner du temps et contribuer à la rééducation. In: *Les lésions musculaires en pratique sportive.* Montpellier: SAURAMPS MEDICAL; 2015. p. 129-35.
46. Hunter DG, Speed CA. The assessment and management of chronic hamstring/posterior thigh pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* avr 2007;21(2):261-77.
47. Warren P, Gabbe BJ, Schneider-Kolsky M, Bennell KL. Clinical predictors of time to return to competition and of recurrence following hamstring strain in elite Australian footballers. *Br J Sports Med.* mai 2010;44(6):415-9.
48. Fournier-Farley C, Lamontagne M, Gendron P, Gagnon DH. Determinants of Return to Play After the Nonoperative Management of Hamstring Injuries in Athletes: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* août 2016;44(8):2166-72.
49. Thorborg K. Why hamstring eccentrics are hamstring essentials. *Br J Sports Med.* juin 2012;46(7):463-5.
50. Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, Tuite MJ, Hetzel SJ, Heiderscheit BC. Clinical and morphological changes following 2 rehabilitation programs for acute

- hamstring strain injuries: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* mai 2013;43(5):284-99.
51. Ali K, Leland JM. Hamstring strains and tears in the athlete. *Clin Sports Med.* avr 2012;31(2):263-72.
 52. Rubin DA. Imaging diagnosis and prognostication of hamstring injuries. *AJR Am J Roentgenol.* sept 2012;199(3):525-33.
 53. Bleakley CM, Glasgow P, MacAuley DC. PRICE needs updating, should we call the POLICE? *Br J Sports Med.* 1 mars 2012;46(4):220-1.
 54. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* févr 2010;40(2):67-81.
 55. Maffulli N, Oliva F, Frizziero A, Nanni G, Barazzuol M, Via AG, et al. ISMuLT Guidelines for muscle injuries. *Muscles Ligaments Tendons J.* 24 févr 2014;3(4):241-9.
 56. Bizzini M. Ice and modern sports physiotherapy: still cool? *Br J Sports Med.* 1 mars 2012;46(4):219-219.
 57. Abaïdia A-E, Lamblin J, Delecroix B, Leduc C, McCall A, Nédélec M, et al. Recovery From Exercise-Induced Muscle Damage: Cold Water Immersion Versus Whole Body Cryotherapy. *Int J Sports Physiol Perform.* 24 août 2016;1-23.
 58. Schmitt B, Tim T, McHugh M. Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *Int J Sports Phys Ther.* juin 2012;7(3):333-41.
 59. Alzahrani MM, Aldebeyan S, Abduljabbar F, Martineau PA. Hamstring Injuries in Athletes: Diagnosis and Treatment. *JBJs Rev.* 30 juin 2015;3(6).
 60. Arumugam A, Milosavljevic S, Woodley S, Sole G. Can application of a pelvic belt change injured hamstring muscle activity? *Med Hypotheses.* févr 2012;78(2):277-82.
 61. Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther.* mars 2004;34(3):116-25.
 62. Chu SK, Rho ME. Hamstring Injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play. *Curr Sports Med Rep.* juin 2016;15(3):184-90.
 63. Tyler TF, Schmitt BM, Nicholas SJ, McHugh M. Rehabilitation After Hamstring Strain Injury Emphasizing Eccentric Strengthening at Long Muscle Lengths: Results of Long Term Follow-up. *J Sport Rehabil.* 24 août 2016;1-33.

64. Tol JL, Hamilton B, Eirale C, Muxart P, Jacobsen P, Whiteley R. At return to play following hamstring injury the majority of professional football players have residual isokinetic deficits. *Br J Sports Med.* sept 2014;48(18):1364-9.
65. Hoskins WT, Pollard HP. Successful management of hamstring injuries in Australian Rules footballers: two case reports. *Chiropr Osteopat.* 12 avr 2005;13(1):4.
66. Vassallo AJ, Hiller CE, Pappas E. Conservative interventions for acute hamstring injuries (PEDro synthesis). *Br J Sports Med.* 29 avr 2016;
67. Reurink G, Goudswaard GJ, Tol JL, Verhaar JAN, Weir A, Moen MH. Therapeutic interventions for acute hamstring injuries: a systematic review. *Br J Sports Med.* févr 2012;46(2):103-9.
68. Sole G, Milosavljevic S, Nicholson H, Sullivan SJ. Altered muscle activation following hamstring injuries. *Br J Sports Med.* févr 2012;46(2):118-23.
69. Arumugam A, Milosavljevic S, Woodley S, Sole G. Effects of external pelvic compression on isokinetic strength of the thigh muscles in sportsmen with and without hamstring injuries. *J Sci Med Sport Sports Med Aust.* mai 2015;18(3):283-8.
70. Maffulli N, Del Buono A, Oliva F, Giai Via A, Frizziero A, Barazzuol M, et al. Muscle Injuries: A Brief Guide to Classification and Management. *Transl Med UniSa.* 1 sept 2014;12:14-8.
71. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* avr 2014;48(7):532-9.
72. Croisier J-L, Forthomme B, Namurois M-H, Vanderthommen M, Crielaard J-M. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* avr 2002;30(2):199-203.
73. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc.* mars 2004;36(3):379-87.
74. Timmins RG, Shield AJ, Williams MD, Opar DA. Is There Evidence to Support the Use of the Angle of Peak Torque as a Marker of Hamstring Injury and Re-Injury Risk? *Sports Med Auckl NZ.* janv 2016;46(1):7-13.
75. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.* août 2003;13(4):244-50.

76. Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med.* août 2006;34(8):1297-306.
77. Williams PE, Goldspink G. Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *J Anat.* déc 1978;127(Pt 3):459-68.
78. Butterfield TA, Herzog W. The magnitude of muscle strain does not influence serial sarcomere number adaptations following eccentric exercise. *Pflugers Arch.* févr 2006;451(5):688-700.
79. Potier TG, Alexander CM, Seynnes OR. Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. *Eur J Appl Physiol.* avr 2009;105(6):939-44.
80. Askling CM, Malliaropoulos N, Karlsson J. High-speed running type or stretching-type of hamstring injuries makes a difference to treatment and prognosis. *Br J Sports Med.* févr 2012;46(2):86-7.
81. Greenstein JS, Bishop BN, Edward JS, Topp RV. The effects of a closed-chain, eccentric training program on hamstring injuries of a professional football cheerleading team. *J Manipulative Physiol Ther.* avr 2011;34(3):195-200.
82. Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, Brown NAT, Pandy MG. Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Med Sci Sports Exerc.* avr 2012;44(4):647-58.
83. Brukner P. Hamstring injuries: prevention and treatment-an update. *Br J Sports Med.* oct 2015;49(19):1241-4.
84. Fyfe JJ, Opar DA, Williams MD, Shield AJ. The role of neuromuscular inhibition in hamstring strain injury recurrence. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol.* juin 2013;23(3):523-30.
85. Daneshjoo A, Rahnema N, Mokhtar AH, Yusof A. Effectiveness of Injury Prevention Programs on Developing Quadriceps and Hamstrings Strength of Young Male Professional Soccer Players. *J Hum Kinet.* 31 déc 2013;39:115-25.
86. van der Horst N, Smits D-W, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* juin 2015;43(6):1316-23.
87. Comfort P, Regan A, Herrington L, Thomas C, McMahon J, Jones P. Ankle Position During the Nordic curl Does Not Affect Muscle Activity of the Biceps Femoris and Medial Gastrocnemius. *J Sport Rehabil.* 24 août 2016;1-18.

88. Cometti G. Les limites du stretching pour la performance sportive. 2ème partie : « Les effets physiologiques des étirements » [Internet]. [cité 7 avr 2017]. Disponible sur: <http://expertise-performance.u-bourgogne.fr/pdf/stretching2.pdf>
89. Pas HIMFL, Reurink G, Tol JL, Weir A, Winters M, Moen MH. Efficacy of rehabilitation (lengthening) exercises, platelet-rich plasma injections, and other conservative interventions in acute hamstring injuries: an updated systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* sept 2015;49(18):1197-205.
90. Chumanov ES, Heiderscheit BC, Thelen DG. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *J Biomech.* 2007;40(16):3555-62.
91. Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Pehlivanidis H, Papadopoulou S, Valle X, Malliaras P, et al. Hamstring exercises for track and field athletes: injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. *Br J Sports Med.* sept 2012;46(12):846-51.
92. Mendiguchia J, Garrues MA, Cronin JB, Contreras B, Los Arcos A, Malliaropoulos N, et al. Nonuniform changes in MRI measurements of the thigh muscles after two hamstring strengthening exercises. *J Strength Cond Res.* mars 2013;27(3):574-81.
93. Tsaklis P, Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Korakakis V, Tsapralis K, Pyne D, et al. Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access J Sports Med.* 2015;6:209-17.
94. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *Br J Sports Med.* 13 mai 2016;
95. Zebis MK, Skotte J, Andersen CH, Mortensen P, Petersen HH, Viskær TC, et al. Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications. *Br J Sports Med.* 1 déc 2013;47(18):1192-8.
96. Bourne MN, Duhig SJ, Timmins RG, Williams MD, Opar DA, Najjar AA, et al. Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *Br J Sports Med.* 22 sept 2016;bjsports - 2016- 096130.
97. Askling CM, Nilsson J, Thorstensson A. A new hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* déc 2010;18(12):1798- 803.
98. Zvijac JE, Toriscelli TA, Merrick S, Kiebzak GM. Isokinetic concentric quadriceps and hamstring strength variables from the NFL Scouting Combine are not

predictive of hamstring injury in first-year professional football players. *Am J Sports Med.* juill 2013;41(7):1511- 8.

99. Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Edouard P, Morin J-B, Martinez-Martinez F, Idoate F, et al. A Multifactorial, Criteria-based Progressive Algorithm for Hamstring Injury Treatment. *Med Sci Sports Exerc.* 8 mars 2017;
100. A Hamid MS, Mohamed Ali MR, Yusof A, George J. Platelet-rich plasma (PRP): an adjuvant to hasten hamstring muscle recovery. A randomized controlled trial protocol (ISCRTN66528592). *BMC Musculoskelet Disord.* 6 août 2012;13:138.
101. Bruchard A. EPI : L'ELECTROLYSE PERCUTANEE INTRA-TISSULAIRE [Internet]. KINESPORT : Formations continues en kinésithérapie du sport et thérapie manuelle. [cité 23 avr 2017]. Disponible sur: http://www.kinesport.info/EPI-L-ELECTROLYSE-PERCUTANEE-INTRA-TISSULAIRE_a2986.html
102. Dembowski SC, Westrick RB, Zylstra E, Johnson MR. Treatment of hamstring strain in a collegiate pole-vaulter integrating dry needling with an eccentric training program: a resident's case report. *Int J Sports Phys Ther.* juin 2013;8(3):328- 39.

ANNEXES

ANNEXE I : tableau récapitulatif des recherches bibliographiques menées sur les différentes bases de données

ANNEXE II : grille d'analyse de la littérature

ANNEXE III : les protéines de liaison

ANNEXE IV : tableau descriptif de l'anatomie des IJ

ANNEXE V : présentation de 2 classifications récentes

ANNEXE VI : principaux exercices des phases 2 et 3

ANNEXE VII : synthèse des différents critères de reprise par auteur

ANNEXE VIII : graphique en bâtons présentant différents exercices de renforcement classés en intensité progressive et l'activation préférentielle entre BF et ST

ANNEXE IX : tests RTP

ANNEXE X : tableau récapitulatif des articles inclus dans la revue de littérature

ANNEXE I : tableau récapitulatif des recherches bibliographiques menées sur les différentes bases de données

Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées et nombre de doublon, après 1 ^{ère} sélection : lecture titre/résumé		Nombre de références restant après suppression des doublons (n=...)	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
PubMed	« hamstring injuries »	232	173		n = 173	32
	« hamstring injury »	199	168	101 doublons	n = 67	10
	« hamstring strain injuries » OR « hamstring strain injury »	60	60	24 doublons	n = 36	5
	hamstring injur* AND rehabilitation	136	122	112 doublons	n = 10	1
	Muscle injur* AND classification	60	32	9 doublons	n = 23	5
	Muscle injur* AND rehabilitation	269	84	43 doublons	n = 41	0
	Sport injur* AND rehabilitation	137	13	1 doublon	n = 12	0
	myofascial injur*	6	4		n = 4	0
	hamstring tear*	24	17	8 doublons	n = 9	0
« musculoskeletal soft tissue injuries » OR « musculoskeletal soft tissue injury »	34	12		n = 12	0	
		Total = 1157	Total sans doublons = 387			Total = 53 articles

Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées et nombre de doublon, après 1 ^{ère} sélection : lecture titre/résumé		Nombre de références restant après suppression des doublons (n=...)	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
Science Direct	« hamstring injuries »	489	162	49 doublons	n = 113	0
	« acute hamstring injuries »	56	34	27 doublons	n = 7	0
	« hamstring strain injuries »	78	46	27 doublons	n = 19	0
	[lésion myo-aponévrotique]	131	16	3 doublons	n = 13	0
	« hamstring injuries » AND rehabilitation	303	117	111 doublons	n = 6	0
	“sport injury” AND hamstring AND rehabilitation	665	43	26 doublons	n = 17	0
	Lésions musculaires des ischio-jambiers	358	23	12 doublons	n = 11	0
		Total = 2080	Total sans doublons = 186			Total = 0

Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées et nombre de doublon, après 1 ^{ère} sélection : lecture titre/résumé		Nombre de références restant après suppression des doublons (n=...)	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
PEDro	Hamstring injuries	29	22	20 doublons	n = 2	0
	Hamstring injury	40	23	20 doublons	n = 3	0
	Hamstring strain injuries OR hamstring strain injury	10	8	8 doublons	n = 0	0
	Myofascial injury	11	1	1 doublon	n = 0	0
	Hamstring injury AND rehabilitation OR Hamstring injuries AND rehabilitation	15	8	8 doublons	n = 0	0
		Total = 105	Total sans doublons = 5			Total = 0

Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées et nombre de doublon, après 1 ^{ère} sélection : lecture titre/résumé		Nombre de références restant après suppression des doublons (n=...)	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
British Journal of Sports Medicine (BJSM)	"hamstring injuries" OR "hamstring injury"	262	94	62 doublons	n = 32	2
	"acute hamstring injuries"	79	62	58 doublons	n = 4	1
	"myofascial injury"	3	3	3 doublons	n = 0	0
	"rehabilitation of hamstring injury"	19	18	18 doublons	n = 0	0
	"hamstring tear"	22	9	9 doublons	n = 0	0
	"musculoskeletal soft tissue injuries"	19	3	2 doublons	n = 1	0
		Total = 404	Total sans doublons = 37			Total = 3

Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées et nombre de doublon, après 1 ^{ère} sélection : lecture titre/résumé		Nombre de références restant après suppression des doublons (n=...)	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
EM Consulte	Lésion myo-aponévrotique (dans <i>Titre, mots clés, résumé</i>)	45	5	4 doublons	n = 1	0
	Lésion myo-aponévrotique (dans <i>Tout le texte</i>)	959	17	15 doublons	n = 2	0
	Lésions musculaires des ischio-jambiers	1010	19	15 doublons	n = 4	0
	Lésions intrinsèques des ischio-jambiers	758	18	17 doublons	n = 1	0
	Hamstring injuries (<i>expression exacte</i>)	17	6	3 doublons	n = 3	0
	Hamstring injuries (dans <i>Titre, mots clés, résumé</i>)	76	10	9 doublons	n = 1	0
	Hamstring injuries (dans <i>Tout le texte</i>)	103	15	15 doublons	n = 0	0
		Total = 2968	Total sans doublons = 12			Total = 0

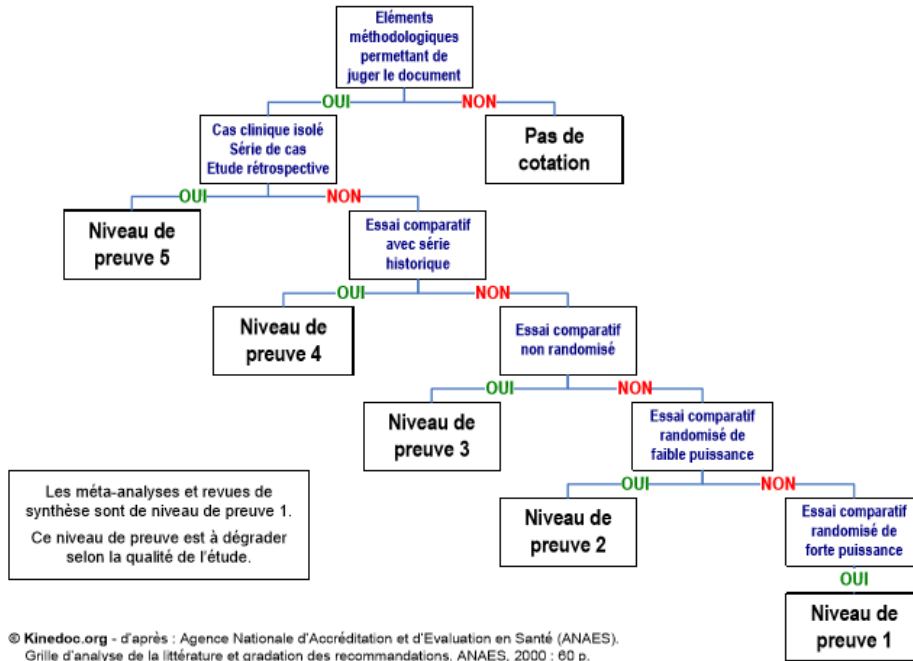
Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées et nombre de doublon, après 1 ^{ère} sélection : lecture titre/résumé		Nombre de références restant après suppression des doublons (n=...)	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
Cochrane Library	« hamstring injuries »	49	38	36 doublons	n = 2	0
	[Hamstring injuries]	331	47	44 doublons	n = 3	0
	Musculoskeletal soft tissue injuries	50	3	2 doublons	n = 1	0
	Myofascial injury	21	0	0	n = 0	0
	« Hamstring strain injuries »	4	4	4 doublons	n = 0	0
		Total = 455	Total sans doublons = 6			Total = 0

Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées et nombre de doublon, après 1 ^{ère} sélection : lecture titre/résumé		Nombre de références restant après suppression des doublons (n=...)	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
Kinédoc	Lésion myo-aponévrotique	8	6	0	n = 6	0
	Lésion musculaire des ischio-jambiers	31	7	4 doublons	n = 3	0
			Total = 39	Total sans doublon = 9		

Base de données	Mots clés utilisés	Nombre de résultats obtenus	Références conservées après première sélection	Références conservées après 2 ^{ème} sélection (lecture du corps de texte + critères d'exclusion)
Réédoc	Ischio-jambiers / Myo-aponévrotique / Lésion musculaire	60	16	6

ANNEXE II : grille d'analyse de la littérature

ARBRE DÉCISIONNEL DE COTATION D'UNE ÉTUDE CLINIQUE OU DE SYNTHÈSE



ANNEXE III : les protéines de liaison

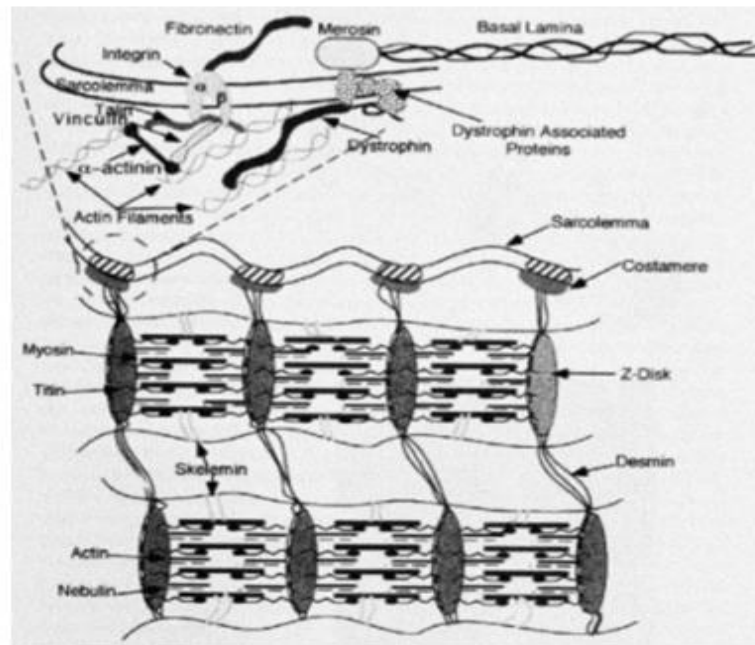


Figure A : représentation schématique du réseau cytosquelettique de la fibre musculaire, « cette variété de connexions entre les structures fournit une myriade de voies possibles de transmission et transduction de force » (Patel TJ, Lieber RL. Force Transmission in Skeletal Muscle: From Actomyosin to External Tendons. ResearchGate. 1 févr. 1997;25:321-63.).

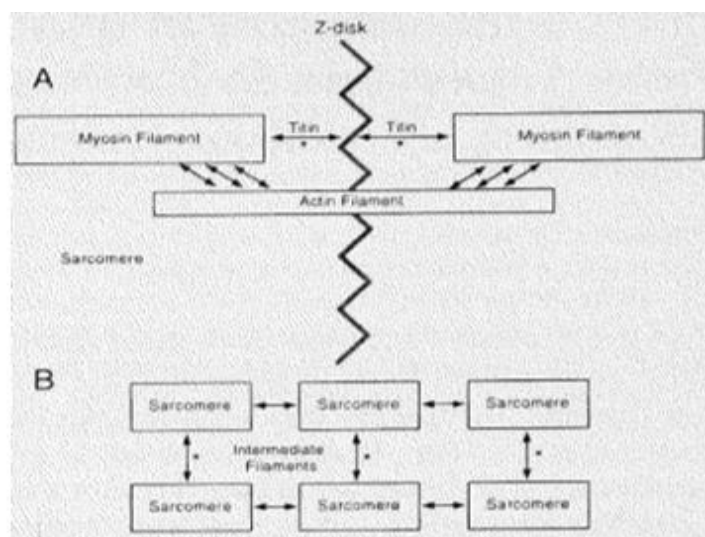


Figure B : intervention de la titine dans la transmission de force au niveau de la ligne Z (A) et action de liaisons transversale et longitudinale des filaments intermédiaires (B). Patel TJ, Lieber RL. Force Transmission in Skeletal Muscle: From Actomyosin to External Tendons. ResearchGate. 1 févr. 1997;25:321-63.

ANNEXE IV : tableau descriptif de l'anatomie des IJ

Muscles	Biceps fémoral		Semi-tendineux (du groupe des ischio-jambiers et de la patte d'oie)	Semi-membraneux
	Courte portion (CP)	Longue portion (LP)		
Aspect	Semi-penniforme	Fusiforme	Fusiforme	Fortement membraneux
Insertion	Au niveau des deux tiers inférieurs de la ligne âpre du fémur, sur la lèvre latérale par une lame tendineuse.	Tendon commun au niveau de la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal, entre le semi-tendineux et le semi-membraneux	Tendon commun sur la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal, en dedans du long biceps.	Tendon commun à la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal, en dehors et en avant de la longue portion du biceps fémoral.
Terminaison	Tendon commun aux deux portions, sur le versant postéro-latéral de la tête de la fibula ainsi que sur la capsule tibio-fibulaire, l'extrémité supérieure du tibia et le fascia jambier.		Quart supérieur de la face médiale du corps du tibia (en arrière du sartorius, en avant du ligament collatéral tibial et en dessous du gracile) ainsi que sur le fascia jambier.	3 terminaisons : Terminaison directe → face postérieure de l'épiphyse supérieure du tibia ainsi que sur le muscle poplité. Terminaison réfléchie → partie antéro-médiale de l'épiphyse supérieure du tibia par un tendon aplati. Terminaison récurrente → coque condylienne latérale et de la fabella par des fibres tendineuses.
Innervation	Nerf sciatique : racines L5, S1 et S2 pour CP et S1 et S2 pour LP.		Nerf sciatique : racines L5, S1, S2.	
Action(s) en statique :	Maintien de la hanche lors de l'inclinaison antérieure du tronc.			
	Tension du fascia jambier, renfort de la capsule tibio-fibulaire et stabilité postéro-latérale de la fémoro-tibiale.		Genou : stabilité postéro-médiale et tension du fascia jambier.	Genou : stabilisation postéro-médiale.
Actions(s) en dynamique :	Hanche : LP seule → extension légère (ou retour de flexion) et rétroversion en force.		Hanche : extension légère et rétroversion en force.	
	Genou : flexion + rotation latérale.		Genou : flexion + rotation médiale.	Genou : flexion + rotation médiale (par le tendon réfléchi+).
	Au genou, les IJ empêchent le glissement antérieur du tibia et protègent ainsi le ligament croisé antérieur. Avec les gastrocnémiens, en chaîne fermée, ils participent à l'extension de genou.			

ANNEXE V : présentation de 2 classifications récentes

Tableau 1 : Classification de Munich (Mueller-Wohlfahrt H-W, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. Br J Sports Med. avr 2013;47(6):342-50).

Type of injury	Definition and symptoms		MRI	
Direct	Contusion	Blunt external force, muscle intact	Hematoma	
	Laceration	Blunt external force, muscle rupture	Hematoma	
Indirect	Type 1: Overexertion-related muscle disorder			
	Functional	1A: Fatigue-induced muscle disorder	Muscle tightness	Negative
		1B: Delayed-onset muscle soreness	Acute inflammatory pain	Negative or edema only
	Indirect	Type 2: Neuromuscular muscle disorder		
2A: Spine-related neuromuscular muscle disorder		Increase of muscle tone due to spinal disorder	Negative or edema only	
	2B: Muscle-related neuromuscular muscle disorder	Increase of muscle tone due to altered neuromuscular control	Negative or edema only	
Structural	Type 3: Partial muscle tear			
	3A: Minor partial muscle tear	Tear with small maximum diameter	Fiber disruption	
	3B: Moderate partial muscle tear	Tear with increased maximum diameter	Retraction and hematoma	
	Type 4: (Sub)Total muscle tear avulsion			
	Complete muscle diameter involvement, defect		Complete discontinuity	

Tableau 2 : Classification britannique (Pollock N, James SJ, Lee JC, Chakraverty R. British athletics muscle injury classification: a new grading system. Br J Sports Med. sept 2014;48(18):1347-51)

Grade of injury	Definition symptoms	MRI
Grade 0: Muscle soreness		
0a: Focal neuromuscular injury	Focal muscle soreness after exercise	Negative
0b: Generalized muscle soreness	Generalized muscle soreness	Negative or high signal
Grade 1: Small muscle tears		
1a: Extend from fascia, <10% cross-section area	No frank fiber disruption	Hematoma
1b: Muscle or MTJ involvement, <10% cross-section area	No frank fiber disruption	Hematoma
Grade 2: Moderate muscle tears		
2a: Extend from fascia, 10-50% cross-section area, 5-15 cm	Less strength reduction	Periphery high signal
2b: Muscle or MTJ involvement, 10-50% cross-section area, 5-15 cm	Strength reduction	High signal at MTJ
2c: Tendon involvement, <50% cross-section area	Loss of tendon tension	High signal at tendon
Grade 3: Extensive muscle tears		
3a: Extend from fascia, >50% cross-section, >15 cm	Sudden onset, fall to ground	Periphery high signal
3b: Muscle or MTJ involvement, >50% cross-section area, >15 cm	Sudden onset, fall to ground	High signal at MTJ
3c: Tendon involvement, >50%, >5 cm	Sudden onset, fall to ground	High signal at tendon
Grade 4: Complete muscle tears		
4a: Extend from fascia	Sudden onset, fall to ground, palpable gap	Periphery defect
4b: Muscle or MTJ involvement	Sudden onset, fall to ground, palpable gap	Defect at MTJ
4c: Tendon involvement	Sudden onset, fall to ground, palpable gap	Defect at tendon

ANNEXE VI : principaux exercices des phases 2 et 3



Figure C: « The Diver » « The Glider »



Figure D: « Romanian deadlift »



Figure E: « single-leg stand windmill touches »

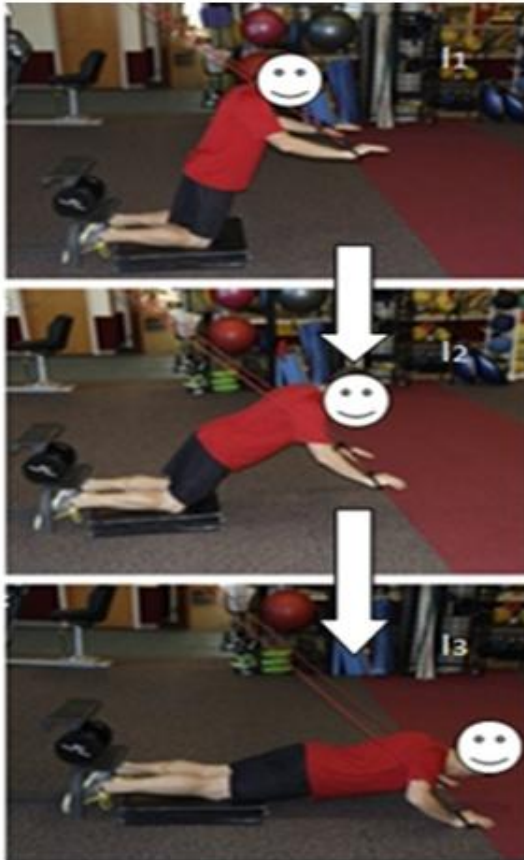


Figure F : « Nordic Hamstring »



Figure G: « supine bent knee bridge walk out »



Figure H: « side plank stabilization with trunk rotation »



Figure I: « wood chops »



Figure J: « *supine isometric heel digs* »
 Position décubitus dorsal, genou fléchi à 90°, il est demandé au sujet de ramener le talon vers lui tout en gardant contact avec la table (maintien 5 secondes).



Figure K: « *lunge walk with trunk rotation* »



Figure L: « *supine hamstring curl on Swiss ball* »



Figure M: « *Shuttle jumps* »

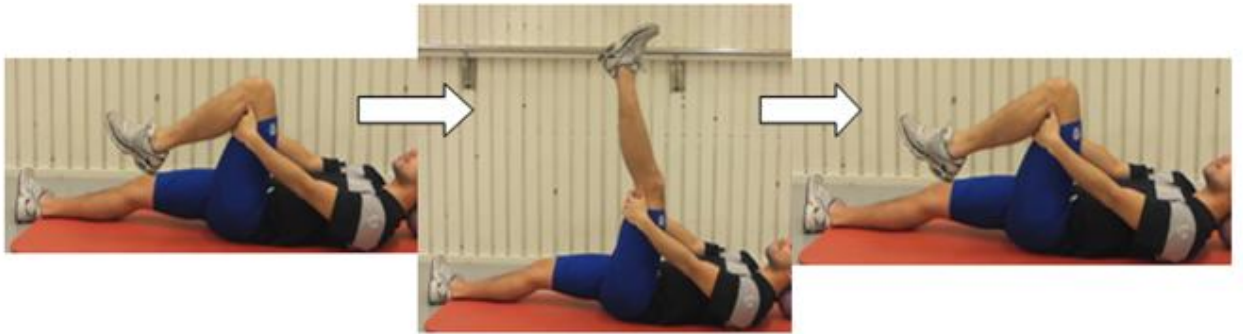


Figure N : « The Extender »



Figure O : « Prone Hamstring curl »



Figure P : « ball go and back »



Figure Q : pont fessier unilatéral avec placement en course externe des IJ (à gauche) et pont-fessier unilatéral avec glissement du pied (à droite).



Figure R : « Kettlebell swing » (à gauche) et renforcement en extension de hanche avec ou sans poids (à droite).

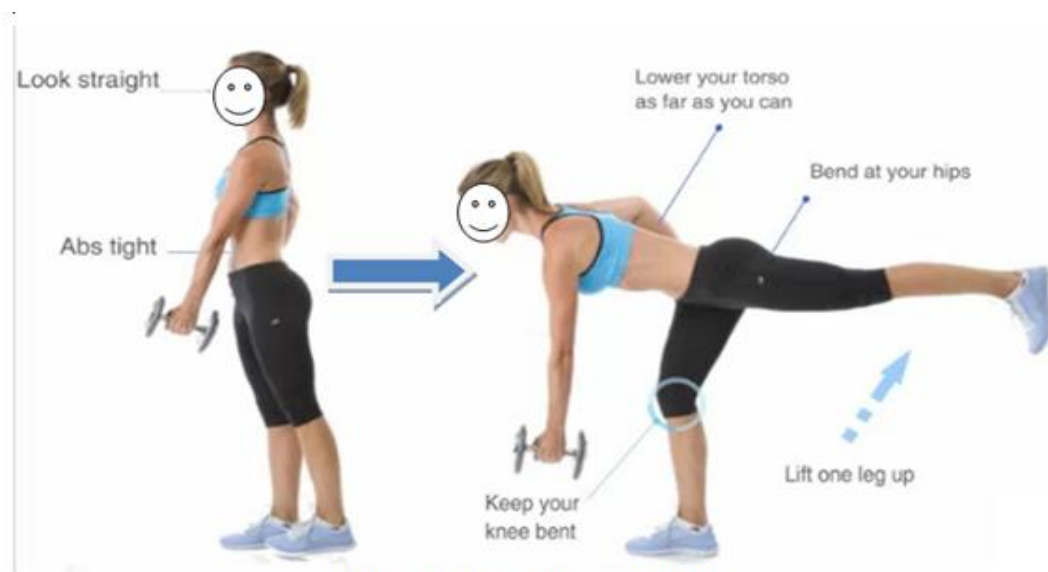
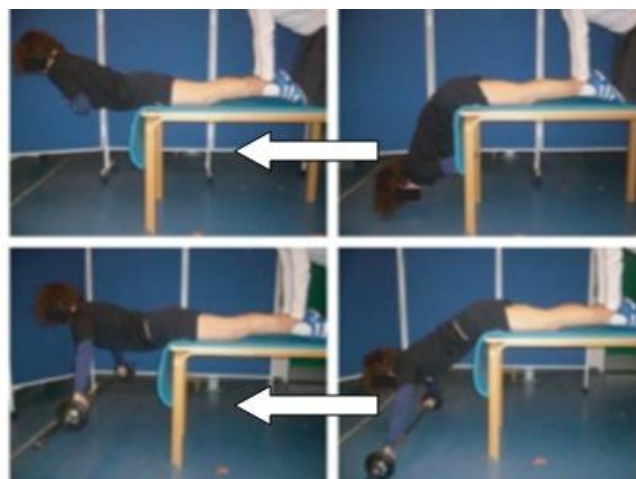


Figure S: « Single-leg Romanian deadlift »



Figure T: « T lift lunge walk »

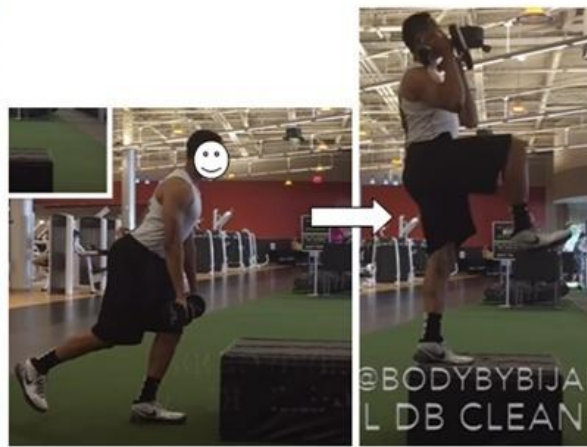


Figure U: « single-leg dumbbell hang clean »

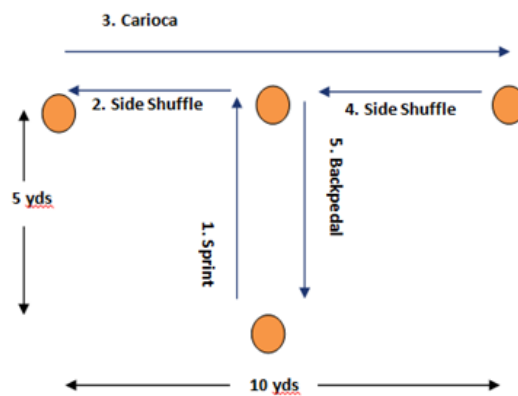


Figure V : « T drill exercise » : side shuffle (pas chassés), carioca (pas croisés)

Références annexe VI:

Figures C F H I K T: Sherry MA, Johnston TS, Heiderscheid BC. Rehabilitation of acute hamstring strain injuries. Clin Sports Med. avr 2015;34(2):263-84.

Figures E G Q (1): Heiderscheid BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. J Orthop Sports Phys Ther. févr 2010;40(2):67-81.

Figure P: Mendiguchia J, Brughelli M. A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med. févr 2011;12(1):2-14.

Figures Q (2) R: Zebis MK, Skotte J, Andersen CH, Mortensen P, Petersen HH, Viskær TC, et al. Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications. Br J Sports Med. 1 déc 2013;47(18):1192-8.

Figure D : <http://www.theprehabguys.com/best-rdl-variations/>

Figure J : https://www.youtube.com/watch?v=Fzex_zG1JtA

Figure L : <https://fr.pinterest.com/pin/440015826067342994/>

Figure M : <https://www.youtube.com/watch?v=I2Nr0u1F5Vo>

Figure N : <https://www.youtube.com/watch?v=duBVzo9MWIU>

Figure O : <https://fr.pinterest.com/pin/289285976037817618/>

Figure S : <http://www.theprehabguys.com/3-reasons-why-you-should-do-the-single-leg-romanian-deadlift/>

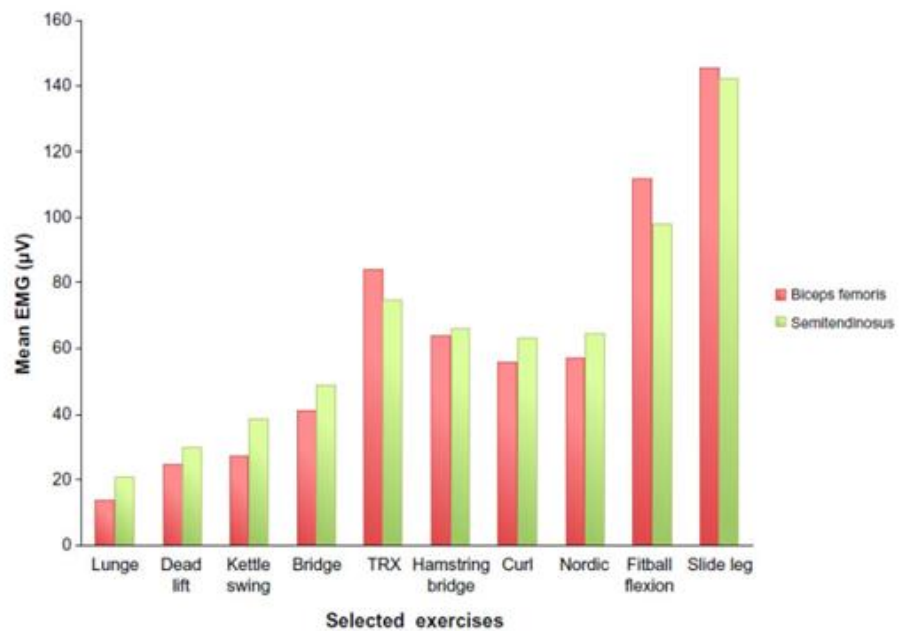
Figure U : <https://www.youtube.com/watch?v=QAgExzsyFYQ>

Figure V : <http://blog.nasm.org/sports-performance/speed-and-agility-training-for-basketball/>

ANNEXE VII : synthèse des différents critères de reprise par auteur

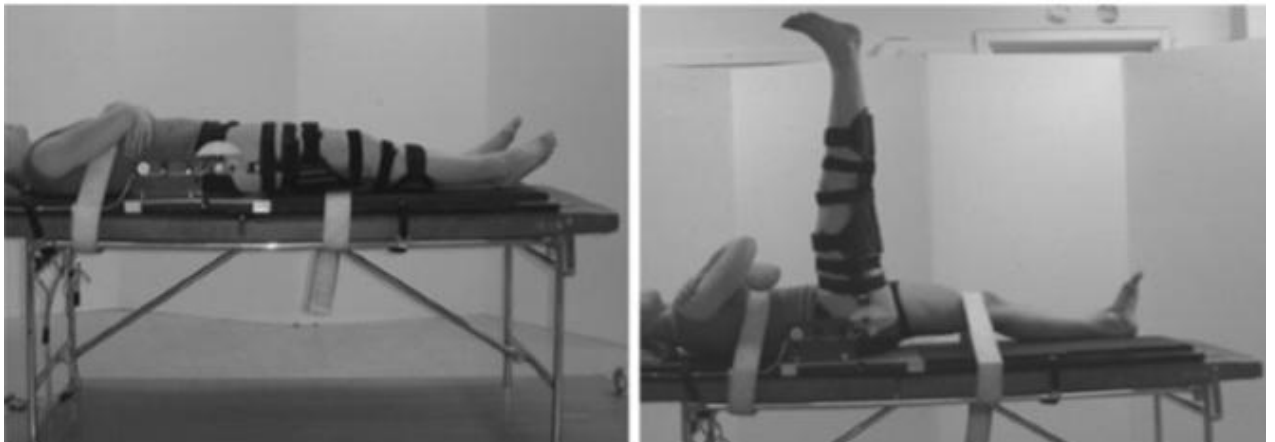
Auteurs	Palpation étirement contraction indolores	Pic de force (asymétrie comparée au côté sain)	Tests de force manuel	Test isocinétique (déficit comparatif au côté sain)	Appéhension	Critères supplémentaires spécifiques à chaque auteur
Mendiguchia et Brughelli		< 8°				Asymétrie de force d'extension de hanche < 10%, évaluation de la taille de l'œdème à l'IRM et iliaque non antériorisée
Heiderscheit et al.	X	Apparition de l'angle du pic de force concentrique identique entre les 2 membres	Réalisation de 4 contractions consécutives maximales indolores (genou fléchi à 90° et 15°	< 5% au ratio force excentrique U (30°/s) / force concentrique Q (240°/s)		Réalisation d'un test spécifique au sport conseillée
Pujg, Sherry et al. Schmitt et al.	X	Symétrie à 5° près et différence de temps pour l'atteindre inférieure à 10%.	Absence de déficit de la force concentrique et excentrique en course externe	Différence < 5%	X	Asking H-Test Sprint/course rapide avec changement de direction réalisé sans douleur et sans gêne
Silder et al.	X		Score de 5/5 4 répétitions contractions isométriques genou fléchi à 90° puis à 15°, tibia en position neutre, en rotations médiale et latérale		Pendant la réalisation de séries de sprint	
Tyler et al			Travail excentrique en course externe (20°/s) indolore			Mouvements spécifiques au sport indolores
Tol et al.						Exercices spécifique au sport et course à vitesse maximale avec changements de direction indolores
Kilcoyne et al.						Apte au sprint à 90-95% de sa vitesse maximale, sans ressentir de déséquilibre
Ali et Leland						Apte à effectuer les activités journalières habituelles, tout comme reprendre la pratique sportive spécifique, sans aucune douleur
Valle et al.			Contractions maximales excentriques indolores	< 20%	Pendant une semaine d'entraînement	Pas d'asymétrie aux tests « active hip flexion test » et « active knee extension test »

ANNEXE VIII : Graphique en bâtons présentant différents exercices de renforcement classés en intensité progressive (« *lunge* » = basse intensité et « *slide leg* » = haute intensité) ainsi que le recrutement préférentiel de chaque exercice (biceps fémoral et semi-tendineux).

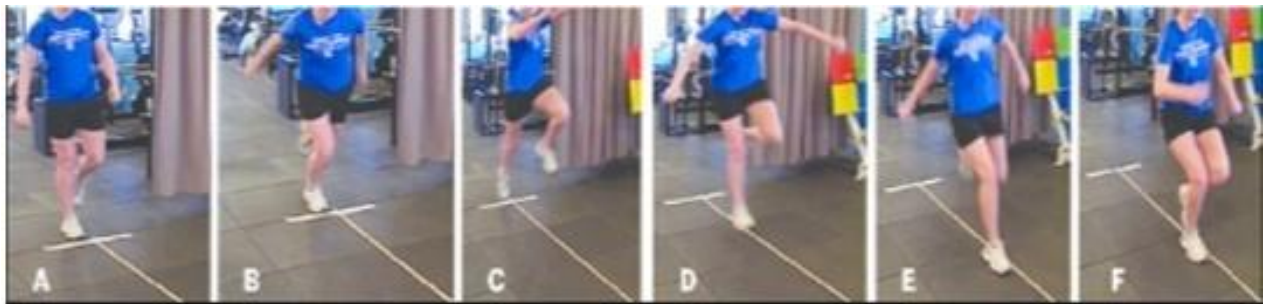


Tsaklis P, Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Korakakis V, Tsapralis K, Pyne D, et al. Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access J Sports Med.* 2015;6:209-17

ANNEXE IX : tests RTP



Askling-H test : position du sujet lors de la phase active du test avec les positions de départ (à gauche) et d'arrivée (à droite).



« Single-leg hop test » : position de départ en A et d'arrivée en F, le sujet réalisant un saut le plus loin possible

ANNEXE X : tableau récapitulatif des articles inclus dans la revue de littérature

N° de l'étude	Titre - auteur	Année Type	Objectifs de l'étude	Population / études Protocole	Contenu / Déroulement / Exercice	Critère de jugement		Niveau de preuve / Score PEDro
						Résultats / Conclusion		
21	Acute First-Time Hamstring Strains During High-Speed Running – Askling et al.	2007 Etude de cohorte prospective	Déterminer si la localisation d'une lésion aiguë et son étendue influencent le pronostic	18 sprinteurs d'élite examinés cliniquement et par IRM et suivis pendant 24 mois	Lors du 1 ^{er} examen clinique, plusieurs critères devaient être réunis pour que le suivi soit inclus dans l'étude : douleur à la palpation, douleur au « straight leg raise test » et une douleur augmentée lorsqu'on ajoute à ce test une contraction isométrique des LI. Exclusion : sportif ayant déjà eu une lésion aux LI, les lésions extrinsèques, problèmes lombaires et grossesse. Tous les sujets ont suivi un programme standard de rééducation (exercices spécifiques aux LI de force et de souplesse, des exercices globaux et reprise de course progressive). Toute anomalie ou récurrence pendant la période de suivi ont été relevées.	«return to pre-injury level» Toutes les blessures recensées sont survenues lors d'une compétition et ont touché la LP du BF lors de leur vitesse maximale au sprint. Il existe une association entre l'étendue lésionnelle et le temps d'indisponibilité. L'atteinte du tendon proximal et/ou la proximité lésionnelle par rapport à l'ischion sont associées à un temps de reprise plus long. Corrélation étroite entre la localisation du point douloureux et le temps de reprise (plus elle est crâniale plus c'est long).	2	
31	Outcome of Grade I and II Hamstring Injuries in Intercollegiate Athletes: A Novel Rehabilitation Protocol – Kjøppaas et al.	2011 Etude de cas rétrospective	Présentation d'un nouveau programme de rééducation pour les LM proximales aux LI Classification de Craig : grade 1 et 2 traités	Analyse de 48 LM chez des sportifs (14 sports différents ici).	Programme : mobilisation précoce, étirement statiques maintenus. Reprise une fois que la force et les amplitudes soient normalisées et lorsque le sprint est indolore. Immobilisation du genou pendant 24h avec protocole RICE. Ensuite l'athlète réalise un jogging à son rythme jusqu'à se sentir fatigué (en général 1,6km). Puis à la fin, application de glace pendant 40 minutes. A J2, technique d'étirement introduite. A J3 l'athlète débute le protocole de course qui inclut des exercices piométriques. S'ils ressentent une douleur, ils doivent réduire l'intensité de l'exercice réalisé. A J6, début du travail excentrique réalisé 3 fois par semaine et de l'isocinétique. A J7 exercice spécifique de course, utilisé pour savoir si l'athlète peut reprendre son entraînement.	Critère de jugement : taux de récurrences et RTP Il n'y a pas de différence significative de temps d'indisponibilité selon le type de lésion (aiguë/récidivante), la localisation (BF et SM ici), l'âge, le sexe, le sport pratiqué, le côté incriminé et le grade lésionnel. Il y a eu 6% de récurrences au cours des 6 premiers mois suivant le RTP. Le programme de rééducation comprenant une immobilisation de 24h, un étirement précoce, des exercices progressifs concentriques excentriques et isométriques permet un RTP de moins de 2 semaines chez des sportifs atteints de LM aiguë ou récidivante de grade 1 et 2 au niveau des BF et SM avec un faible risque de récurrence.	5	
40	Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols – Askling et al.	2013 Etude de cohorte prospective, randomisée	Comparaison de deux protocoles de rééducation, comparaison des temps de reprise selon le mécanisme lésionnel Classification selon le mécanisme lésionnel	75 footballeurs ayant une LM aux LI, confirmée à l'IRM répartis aléatoirement en 2 groupes pour 2 protocoles de rééducation différents (37 pour le L-protocol et 38 C-protocol)	Les récurrences sont relevées durant l'année suivant la reprise. Exclusion des joueurs ayant eu une LM aux LI dans les 6 derniers mois (du même côté), lésion extrinsèque et/ou problème de dos (lombaire). Une équipe de 25 joueurs subit 5 LM aux LI par saison, ce qui équivaut à 80 jours perdus. L'évaluation clinique initiale devait révéler une douleur exquise à la palpation, une douleur ressentie lors du « straight leg raise » et une douleur augmentée si on y ajoutait une contraction isométrique des LI.	Critère de jugement : efficacité d'un programme, « return to full participation » Temps d'indisponibilité plus court pour les sportifs du L-protocol (28 jours contre 51 pour le C-protocol). Les lésions dont le mécanisme lésionnel est le sprint, présentent un temps de récupération plus court que lors d'un étirement forcé. Les lésions qui ne touchent pas le tendon proximal présentent un temps de reprise plus court. Plus la lésion (point IRM + point douloureux) est proche de l'ischion, plus le temps d'indisponibilité est long. Un oedème plus conséquent est aussi corrélé à un temps de reprise plus long.	5/10	

41	Rééducation des lésions musculaires, Les lésions musculaires en pratique sportive pages 107-117 – Leujg	2015 Chapitre de livre								
42	Rehabilitation for hamstring injuries (Review) - Mason et al.	2007 Revue de littérature 6	Evaluer l'efficacité des programmes de rééducation	Revue portant sur des sujets souffrant de LM aux IJ	Sélection des études randomisées contrôlées et des études comparatives randomisées réalisée par 2 auteurs.				5	
42	Rehabilitation for hamstring injuries (Review) - Mason et al.	2014 Revue de littérature	Idem	Idem	Inclusion d'études abordant une stratégie de rééducation seule ou combinée à une autre, ou d'études comparatives de 2 stratégies différentes ou encore d'études comparatives d'une stratégie à un groupe contrôle. Les auteurs auraient voulu inclure des études qui comparent PEC versus repos (un groupe suivant une PEC et un groupe contrôle au repos) mais n'en ont pas relevés.				5	
43	Rehabilitation of acute hamstring strain injuries – Sherry et al.	2015 Etude prospective	Proposition d'un guide de rééducation pour des LM aux IJ de grades 1 et 2	Mise en place de 3 phases de progression différentes avec estimation de leurs durées et critères de progression respectifs.	Phase 1 (0-4 semaines): diminution de la douleur et de l'œdème, travail du contrôle neuromusculaire à vitesse lente, prévention d'une étendue cicatricielle en protégeant la zone lésée d'un allongement excessif. Phase 2 (2-6 semaines): augmentation en intensité des exercices, entraînement du contrôle neuromusculaire à vitesse plus rapide et en amplitudes plus importantes, introduction du travail excentrique. Phase 3 (4-8 semaines et au-delà): progression du travail du contrôle neuromusculaire à vitesse rapide, travail excentrique intensifié également et réalisé en position d'allongement, en préparation du RTP.				4	
44	Retour à la compétition sportive - Fouasson-Chailoux	2015 Chapitre de livre								
45	Réhabilitation après lésion musculaire, gagner du temps et contribuer à la rééducation - Cascuget et al.	2015 Chapitre de livre								
46	The assessment and management of chronic hamstring/posterior thigh pain – Hunter et Speed	2007	Présentation d'un modèle de PEC pour les douleurs chroniques des IJ et de la face postérieure de la cuisse	Ce modèle divise la rééducation en 4 étapes	4 étapes: gestion de la douleur, mobilisation passive, active et travail fonctionnel. Mobilisations passives/étirement: application prudente de tension qui peut améliorer la qualité de la cicatrisation en donnant une cicatrice dite plus fonctionnelle et capable d'absorber plus d'énergie. Travail actif: statique, concentrique et excentrique. Travail fonctionnel: séries de tâches fonctionnelles données aux patients (marche, course, déplacements...).				5	

47	Clinical predictors of time to return to competition following hamstring injuries – Guillodo et al.	2014 Etude de cohorte	Hypothèse de départ : les résultats de l'examen clinique prédisent la sévérité de la lésion et un pronostic de durée d'indisponibilité	120 athlètes suivis pendant 5 jours suite à la survenue d'une lésion musculaire aigue aux IJ (récidive de moins d'un an et lésion extrinsèque exclues de l'étude).	4 sportifs interrogés sur le ressenti de leur douleur maximale, cotée sur une EVA. 4 critères de départ ont été choisis : présence d'ecchymose, palpation douloureuse (avec distance point douloureux ischion), douleur lors d'une contraction isométrique et lors d'un étirement passif. Tous les sujets ont suivi le même programme de rééducation. Un interrogatoire final a été réalisé 45 jours après la blessure pour déterminer si le temps de reprise était inférieur ou supérieur à 40 jours.	Critère de jugement : temps de reprise « return to pre-injury level » Un temps de reprise supérieur à 40 jours est associé à une EVA cotée à plus de 6, un craquement entendu lors de la lésion, douleur ressentie pendant toute activité de la vie quotidienne et ce pendant plus de 3 jours, présence d'ecchymoses et limitation d'amplitudes liées à la douleur (15°). Il y aurait seulement l'EVA supérieure à 6 et la douleur lors d'activités de la vie quotidienne (pendant plus de 3 jours) qui sont significativement associées à un temps de reprise supérieur à 40 jours.	2
48	Determinants of Return to Play After the Nonoperative Management of Hamstring Injuries in Athletes – Fournier-Farley et al.	2016 Revue de littérature	Synthèse des différents facteurs qui influencent le RTP	914 résultats sur les différentes bases de données, pour 24 articles inclus dans cette étude	Critères d'inclusion : athlètes avec lésion musculaire aux IJ, études contrôlées randomisées, études de cohorte, étude cas-témoins, étude abordant les facteurs liés à l'examen clinique, à l'imagerie, à la rééducation et au retour au sport. Exclusion des lésions extrinsèques, tendinopathies et lésions musculaires nécessitant intervention chirurgicale.	Critère de jugement : niveau de preuve, RTP Concernant les facteurs en rapport avec l'examen clinique, voici ceux liés à un plus long temps d'indisponibilité : lésions survenues en overstretchings, sportifs amateurs, lésions structurelles, limitations d'amplitudes, première consultation médicale plus d'une semaine après la blessure, douleur importante à l'EVA et marche non douloureuse plus d'un jour après la lésion. Un programme de rééducation comprenant du travail excentrique et/ou 4 sessions d'étirements par jour, permet de réduire la durée de la rééducation et donc un retour plus précoce sur le terrain.	4
49	Why hamstring eccentrics are essential? – Thorborg	2012 Article de revue	Fournir des conseils pour optimiser la prévention des LM des IJ	35 articles inclus	Les athlètes ont estimé qu'ils retournaient à leur niveau sportif antérieur en 16 semaines en moyenne (de 6 à 50 semaines).	Les critères de progression sont plutôt basés sur des tests spécifiques à la place d'une durée à respecter. Le renforcement excentrique doit être réalisé vers la course externe. Le Nordic Hamstring et le renforcement en isométrique réduisent les récurrences.	3
50	Clinical and Morphological Changes Following 2 Rehabilitation Programs for Acute Hamstring Strain Injuries: A Randomized Clinical Trial – Silde et al.	2013 Etude randomisée en double aveugle	Evaluation de la différence entre un programme basé sur des exercices d'agilité et de stabilisation du tronc et d'un programme insistant sur le renforcement excentrique et une progression de course	Des sujets ayant subi une LM aux IJ récemment ont été répartis aléatoirement dans un des deux groupes des différents programmes. Leur degré de récupération a été évalué à l'IRM et à l'examen clinique.	31 sujets recensés au départ, 25 ont suivi toute la rééducation. Programme PANTS utilisé a été modifié : il a été divisé en 3 phases pour permettre une meilleure progression dans les exercices utilisés et notamment l'ajout de marches en fentes. Peu de différence clinique entre les 2 groupes a été relevée, tant en terme de récupération que de récurrences. Au moment du RTP, même si tous les sujets ont présenté une douleur quasi nulle et une force normalisée, aucun d'entre eux ont présenté une résolution totale de la lésion à l'IRM.	Critère de jugement : résultats à l'examen clinique et IRM Les 2 programmes ont donc donné des résultats similaires tant en terme de récupération que de capacités fonctionnelles au moment du RTP. Bien que la rééducation soit terminée et que la force et la fonction des IJ soient normalisées, la cicatrisation musculaire se poursuit encore.	Niv. 1B PEDro 4/10

34	Hamstring Muscle Injuries a Rehabilitation Protocol Purpose –Valle et al.	2015 Revue de littérature	Proposition d'un protocole de rééducation	Stratégie de rééducation basée sur les preuves	<p><u>Phase 1</u> : proprioception, gainage sur plan stable réalisé dans les 3 plans, étirement infra-dououreux. Renforcement analytique en chaîne fermée unipodal et bipodal. Renforcement d'abord en isométrie puis en progression vers le concentrique et l'excentrique puis vers la course moyenne indolore. Course sur tapis roulant < 8 km/h.</p> <p><u>Phase 2</u> : proprioception en augmentant l'instabilité et flexion de genou à 45°, gainage avec introduction d'un point instable, étirements infra-dououreux < 70. Course sur tapis à 70% de la vitesse maximale et pente à 3%.</p> <p>Contrôle neuromusculaire : augmentation en amplitudes, vélocité, intensité, combinaison de mouvements.</p> <p><u>Phase 3</u>: proprioception sur surface instable genou fléchi à 90°, gainage avec 2 points d'instabilité, mouvements fonctionnels, étirements sans limitations</p> <p>Renforcement avec progression en allongement, vélocité, charge et complexité. Course en vitesse maximale en pente négative.</p>	4
51	Hamstring strains and tears in the athlete – Ali et Leiland	2012 Article de revue	Présentation des 2 types de traitements selon grade lésionnel	Revue de littérature sur le traitement conservateur et chirurgical	<p>Traitement standard initié par le protocole RICE. Puis mobilisation précoce et graduelle. Retour au sport envisagé entre 4 et 6 semaines. Le traitement conservateur s'adapte selon la sévérité lésionnelle. Une fois que les sujets sont aptes à reprendre leur activité habituelle, telle que leur pratique sportive, et ce, sans douleur, ils peuvent reprendre la compétition.</p>	5
52	Imaging diagnosis and prognostication of hamstring injuries – Rubin	2012 Revue de littérature	Présentation des facteurs qui influencent la PEC	Revue de littérature sur les différents types de lésions et leur aspect à l'imagerie	<p>Un muscle en contraction excentrique, bi-articulaire et comportant une large proportion de fibres de type 2 sont plus à risque de lésion.</p> <p>Traitement initial : PRICE, mobilisation précoce, étirements avec progression vers des exercices plus fonctionnels.</p>	5
12	Traitement médial des lésions musculaires – Bouvard et al.	2015 Chapitre de livre				
53	PRICE needs updating, should we call the POLICE? – Bleakley et al.	2012 Article de revue			<p>L'emploi de "Optimal loading" au lieu de "Rest" permet d'insister sur la notion de rééducation guidée, progressive et adaptée ainsi que sur le besoin de mobilisation précoce.</p>	5
					<p>Critère de jugement : niveau de preuve</p> <p>Objectifs phase 1 : pas de douleur ni d'inconfort pendant les exercices. Force isométrique en flexion de hanche (hanche 0°, genou 45°) de plus de 50% par rapport à la valeur précédente ou comparativement au côté controlatéral. Idem pour la force isométrique en extension de hanche (45° et genou 0°). Amplitudes normalisées.</p> <p>Objectifs phase 2 : pas de douleur ni d'inconfort pendant les exercices. Pas de tilt pelvien ni de postures modifiées de la colonne vertébrale pendant les exercices. Force de flexion isométrique de genou à 25° et hanche fléchi à 45° < 10% par rapport à valeur précédente ou comparativement au côté sain. force isométrique d'extension de hanche (70° et genou 0°).</p> <p>Active knee extension test: asymétrie < 10°. Modified Thomas test > 5 et asymétrie (l'asymétrie). Deep squat test, single leg squat, runner pose test et in-line lunge test.</p> <p>Objectifs phase 3 : pas de douleur ni d'inconfort. Contrôle neuromusculaire et transfert d'appui normaux. Test de force en flexion de hanche identique au côté sain. une différence de plus de 20% doit être évitée pour tous les tests. Ratio isocinétique normal.</p> <p>Active Hip flexion test et active knee extension test sans asymétrie.</p> <p>RTP : séance d'entraînement réalisée normalement, sans appréhension, peur, inconfort....</p>	

54	Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation and injury prevention - Heiderscheit	2010 Journal of Athletic Training Article de revue	Recommandations actuelles du diagnostic, de la rééducation et de la prévention des LM aux LI	Guide de rééducation basé sur des preuves qui permet de réduire le temps d'indisponibilité et le risque de récurrence	Le risque de récurrence peut être diminué en employant des programmes de rééducation basés sur des exercices de contrôle neuromusculaire et du travail excentrique. But : développement d'une rééducation plus individualisée/adaptée. Proposition d'un guide de rééducation pour les grades I et II des LM des LI (guide non approprié pour les lésions du tendon proximal et ni pour la rééducation postopératoire suite à une rupture complète des LI).	Critère de jugement : facteurs de risque modifiables Phase 1 : diminuer la douleur et l'œdème, protection de la cicatrice, exercices infra-dououreux réalisés à basse intensité au niveau distal et au niveau de la région lombopelvienne. Phase 2 : l'intensité et l'amplitude des mouvements sont augmentés selon tolérance du patient, début du travail excentrique. Phase 3 : mouvements spécifiques au sport réalisés sans limitation d'amplitude.	4
55	ISMuT Guidelines for muscles injuries- Maffulli et al.	2014 Article de revue	Guide sur la prise en charge des LM	Recommandations actuelles sur la classification, le diagnostic et les méthodes les plus efficaces de traitement	ISMuT = Italian Society of Muscles, Ligaments and Tendons. Classification Mueller-Wohlfahrt : lésion structurale (avec lésion anatomique) et lésion non structurale sans véritable Examen clinique. Avantages et inconvénients échographie/IRM.	Prise en charge en 5 étapes : les 3 premières correspondent aux 3 phases retrouvées dans d'autres articles, les 2 suivantes correspondent à l'athlétisation et au RTP. Utilisation de nouveaux produits : PRP et Losartan (angiotensine II qui limite le processus de fibrose et stimule la cicatrisation). Mais plus d'études sont nécessaires pour évaluer leur effet.	4
56	Ice and modern sports physiotherapy: still cool? - Bizzini	2012 - Article de revue				Reprise de l'article "PRICE needs updating, should we call the POLICE?" de Bleakley et al.	5
57	Recovery From Exercise- Induced Muscle Damage: Cold Water Immersion Versus Whole Body Cryotherapy - Abaidia et al.	2016 Etude de cohort randomisée	Comparaison des effets d'une immersion en eau froide à la cryothérapie chez des sportifs	10 hommes sportifs ont réalisé un exercice excentrique comprenant 5 séries de 15 répétitions, induisant des lésions post-effort	Immédiatement après l'exercice, les sujets ont été attribués aléatoirement à effectuer une immersion en eau froide (10 minutes à 10°C) ou une cryothérapie corps entier (3 minutes à -110°C). Les tests ont été effectués avant, immédiatement, 24h, 48h et 72h après l'exercice. Inclusion : les sujets ne devaient pas avoir subi une LM aux LI au cours des 6 mois précédents. Leur a été demandé de ne pas faire d'activité physique au moins 48h avant la fin du premier test, de ne pas consommer de protéines, d'alcool ou de la caféine ni d'effectuer des méthodes de récupération dans les 24h précédant l'exercice et pendant les 3 jours suivant l'exercice.	Critère de jugement : concentration de créatine kinase, forces statique et excentrique, mouvement de saut, douleur musculaire et perception de récupération. L'immersion en eau froide s'est montrée plus efficace sur la récupération de la force et la performance du saut (72h après l'effort), ainsi que sur la diminution des douleurs et la sensation de récupération de 24 à 48h après l'effort.	2
27	Muscle injuries: optimal icing, recovery - Järvinen et al.	2007 Article de revue	Principes de rééducation des LM des LI		Immobilisation et mobilisation précoce : juste dosage Protocole RICE	Retour à l'entraînement : étirement indolore et symétrique au côté sain et mouvements spécifiques au sport indolores.	5

58	Hamstring injury rehabilitation and prevention of injury using lengthened state eccentric training: a new concept – Schmitt et al.	2012 Revue de littérature	Stratégie de rééducation basée sur la résolution des facteurs de risque	Proposition de différents critères de progression entre les 3 phases.	Phase 1 : protection de la zone lésionnelle, restriction d'amplitude, entretien de la force. Renforcement sous-maximal isométrique à différentes amplitudes et infra-douloureux. Mobilisations articulaires de la hanche et du genou, sans placer en course externe les IJ. Phase 2 : récupération de la force musculaire dans toutes les amplitudes, améliorer le contrôle neuromusculaire de la région lombopelvienne-fémorale, préparation aux mouvements sportifs. Course externe à éviter si la douleur persiste. Renforcement concentrique et excentrique (avec dynamomètre isocinétique). Phase 3 : basée sur les mouvements fonctionnels et le renforcement excentrique en course externe. Entraînement spécifique au sport et pliométrie débutés.	Critère de jugement : RTP Phase 1 à 2 : normaliser la marche et obtenir une force de flexion de genou (90°) au-delà de 50% d'allongement musculaire. Phase 2 à 3 : force normalisée (test musculaire 5/5) ou à 20% comparativement au côté sain. Course marche avant/arrière possible sans douleur et à une vitesse modérée. Phase 3 au RTP : force rétablie et maximale dans toutes les amplitudes, le sportif doit être capable (et confiant) de réaliser n'importe quelle activité sans limitation.	5
59	Hamstring Injuries in Athletes: Diagnosis and Treatment – Alzahrani et al.	2015 Article de revue	Fournir des principes de traitement basés sur des preuves : traitements conservateur, chirurgical et rééducation		Modalités de traitement proposées : ultrasons, compresses chaud/froid, massage mais ne sont pas validés. Une recommandation générale (non prouvée non plus) est de limiter l'étendue lésionnelle en suivant le protocole RICE (rest, ice, compression, elevation) et suivre une rééducation adéquate avec programme de renforcement et de proprioception.	Critère de jugement : niveau de preuve Aucun protocole de rééducation n'a été validé ou démontré supérieur à un autre mais certains types d'exercices sont globalement retrouvés : travail du contrôle neuromusculaire et travail excentrique avec notamment le Nordic Hamstring exercice. Les étirements et les techniques de renforcement permettent d'aligner les fibres de collagène au niveau cicatriciel. Les techniques de contrôle neuromusculaire de la région lombopelvienne permettent d'améliorer la fonction des IJ, ont donc été proposé des exercices d'agilité et de stabilisation du tronc.	5
60	Can application of a pelvic belt change injured hamstring muscle activity? – Arumugam et al.	2012 Revue de littérature	Cet article présente les mécanismes d'une compression pelvienne extrinsèque (EPC) qui influencent la fonction musculaire des IJ et la réduction du risque lésionnel	Les auteurs ont exploré le lien étroit entre la région lombopelvienne et les IJ et ont émis différentes hypothèses sur l'impact d'une ceinture pelvienne sur le recrutement et la force des IJ.	L'utilisation d'une ceinture pelvienne peut améliorer la stabilité des articulations adjacentes et modifier le contrôle neuromusculaire des muscles lombopelvien et IJ. Hypothèses : - Effet de l'EPC sur la biomécanique : diminution du recrutement musculaire - Effet sur le contrôle neuromusculaire : amélioration de la stabilité de l'articulation sacro-iliaque, limitation du rôle de stabilisation pelvienne des muscles adjacents, notamment IJ - Effet fascial : amélioration de la transmission de force - Effet sur l'extensibilité et la force : augmentation de la raideur des IJ et force plus importante	Critère de jugement : évaluation des différentes hypothèses par des études randomisées contrôlées Il est recommandé que la rééducation adopte une approche globale et qu'elle introduise dans son programme de prise en charge des LM des IJ des exercices visant à améliorer la stabilité et le contrôle neuromusculaire de la région lombopelvienne. Les hypothèses émises devront être confirmées/infirmer par plusieurs d'études pour savoir si la ceinture pelvienne peut réellement être un outil de traitement des LM des IJ.	5

61	A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains – Sherry, et Best	2004 Etude prospective randomisée	Comparaison de 2 programmes de rééducation	24 athlètes de 14 à 49 ans avec LM aux JJ séparés aléatoirement en 2 groupes : 11 pour le programme STST et 13 pour le PATS.	STST = étirement statique, renforcement analytique, glace. PATS = exercices progressifs d'agilité et de stabilisation du tronc. RTP STST = 37,4 +/- 27,6 jours. RTP PATS = 22,2 +/- 8,3 jours. Pendant les 2 premières semaines après le RTP, 6 récidives pour le groupe STST, aucune pour le PATS. Pendant 1 an après le RTP : 7 récidives pour le STST et 1 pour le PATS.	Critère de jugement : durée d'indisponibilité et récidives Le programme PATS présente donc de meilleurs résultats en termes de temps d'indisponibilité et de récidives.	1
62	Hamstring injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play – Chu et Rho	2016 Revue de littérature	Abord du diagnostic, traitement et RTP des lésions musculaires aux JJ	Différentes phases et critères de progression décrits pour un programme de rééducation	Phase 1 : limitation de la douleur et de l'œdème, prévention de l'étendue de la cicatrice, développer un bon contrôle neuromusculaire, prévenir un étirement excessif. Des exercices d'agilité et de stabilisation sont débutés à basse puis moyenne intensité. Un renforcement analytique et un étirement des JJ lésés sont à éviter. Phase 2 : augmentation de l'intensité, de la vitesse et de l'amplitude des mouvements, introduction travail excentrique. S'il persiste une faiblesse au niveau des JJ, il faut éviter le travail dans la course externe de ces muscles. Phase 3 : poursuite et amplification des exercices de contrôle neuromusculaire et de renforcement excentrique, avec exercices spécifique au sport du patient.	Critère de jugement : progression et RTP Critères de progression de la phase 1 à 2 : Athlète capable de marcher et de courir lentement sans douleur, d'effectuer une contraction isométrique position genou fléchi à 90° contre 50 à 70% de la RM. Phase 2 à 3 : Récupération d'une force maximale en contraction isométrique réalisée sans douleur lors d'une répétition en position genou fléchi à 90° et athlète capable de courir en avant et à reculons à 50% de la vitesse maximale, toujours sans douleur. RTP : Aucune douleur à la palpation de la zone lésée, force maximale concentrique et excentrique sans douleur, pas d'appréhension, capacités fonctionnelles de l'activité sportive récupérées proches de la vitesse et de l'intensité maximales, sans douleur.	4
63	Rehabilitation After Hamstring Strain Injury Emphasizing Eccentric Strengthening at Long Muscle Lengths: Results of Long Term Follow-up – Tyler et al.	2016 Etude de cohorte longitudinale	Déterminer si un protocole basé sur du renforcement excentrique plaçant en course externe les JJ est efficace	50 athlètes ayant LM aux JJ ont suivi ce protocole établi en 3 phases	Objectifs phase 1 : protection de la zone lésée, prévenir la perte d'amplitudes articulaires et la diminution de force. Objectifs phase 2 : permettre que la contraction maximale des JJ soit indolore à toutes les amplitudes et améliorer le contrôle neuromusculaire du tronc et du pelvis. Objectifs phase 3 : augmenter la force musculaire des JJ en course externe et permettre que le sportif reprenne son activité avec un risque minimal de récurrence.	Critère de jugement : récidives et compliance 4 athlètes (8%) ont subi une récurrence entre 3 à 12 mois après le RTP. Ces 4 athlètes font partie d'un groupe de 8 personnes n'ayant pas été compliants au protocole (RTP précoce). D'ailleurs ce groupe de 8 ont tous présenté un déficit de force au moment du RTP, contrairement à tous les autres athlètes qui ont suivi le protocole.	3

32	A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries - Jurdan Mendiguchia	2011 Algorithm me réalisé grâce à une revue de littérature	Proposition d'un algorithme (non validé) qui présente différents critères de progression au sein d'un programme de rééducation dont le but est le retour au sport le plus sûr (sans risque de récurrences) d'un athlète ayant subi une LMI aux IJ	Cet algorithme se base sur les facteurs de risque lésionnel retrouvés au niveau des IJ.	L'objectif d'utilisation de l'algorithme est de développer les capacités fonctionnelles du sportif tout en minimisant le risque lésionnel, le faire progresser à travers chaque phase de rééducation et identifier les déficits qui limitent la performance et sur lesquels il faudra insister pour éviter la récurrence (déficits neuromusculaire et biomécaniques notamment). Phase aigue : prévenir l'extension de la désinsertion, limiter l'inflammation, augmenter la résistance à la traction et l'élasticité du tissu cicatriciel, réduire l'accumulation de liquide interstitiel, biplaner , et traiter une éventuelle dysfonction lombopelvienne. Phase subaigue : améliorer la stabilisation du tronc, la force globale, la souplesse bilatérale des IJ et des fléchisseurs de hanche, le contrôle neuromusculaire et diminuer la douleur lors de la contraction isométrique des IJ. Phase fonctionnelle : augmenter la souplesse des IJ et rétablir une symétrie entre les deux membres inférieurs en souplesse et en force.	Critère de jugement : facteurs de risque Des critères ont été imaginés avec des tests quantitatifs permettant de déceler chaque déficit éventuel et d'instaurer une progression entre chaque phase de prise en charge. L'objectif final étant de permettre un retour au sport performant et sans risque de récurrence.	AE
64	At return to play following hamstring injury the majority of professional football players have residual isokinetic deficits - Tol et al.	2014 Etude de cohorte	Evaluation des tests isocinétiques Q/IJ après rééducation et réathlétisation chez des sportifs blessés pour objectiver d'un risque de récurrence éventuel si déficit de force résiduel	52 footballeurs professionnels avec LM aux IJ ont suivi un programme de rééducation standardisé puis un programme de réathlétisation spécifique au football avant d'effectuer les tests	Le programme de rééducation comprend des exercices de renforcement, de stabilité (gainage), d'agilité et des exercices de mobilisation dans les différentes courses articulaires.	Critère de jugement : risque de récurrence 67% des sportifs de l'étude montrent un déficit de force isocinétique de plus de 10% comparativement au côté sain. La normalisation de cette force isocinétique entre les deux groupes d'IJ des deux membres inférieurs ne semblerait pas être un critère nécessaire pour que la rééducation et la réathlétisation soient correctes. Le lien entre un déficit de force isocinétique et un risque augmenté de récurrence n'est pas établi et reste inconnu.	4
65	Successful management of hamstring injuries in Australian Rules footballers: two case reports - Hoskins et Pollard	2005 Article de revue	Présentation de 2 cas de LM aux IJ traités en thérapie manuelle	Proposition de traitement des LM sans atteinte structurale	Les lésions décrites sont en relation avec le rachis et ne présente pas d'atteinte anatomique/structurale au niveau de la fibre musculaire. 1 sujet de 19 ans et l'autre de 25 ans semi-professionnels australiens (lésion IJ liée au rachis); traité avec cryothérapie, anti-inflammatoires, slump stretch, mobilisation lombaire, ultrasons, PNF, détente du poas et massage des IJ. Renforcement fessiers, abdos,	« back-related hamstring injury », le slump stretch utilise en traitement (lorsque le test est positif) s'est montré efficace pour le retour à la compétition des athlètes. La mobilisation rachidienne et l'amélioration de la biomécanique lombopelvienne jouent un rôle non négligeable dans le traitement et la prévention des LM aux IJ.	5

66	Conservative interventions for acute hamstring injuries (PEDro synthesis) – Vasseljo et al.	2016 Revue systématique et méta-analyse	Evaluation de la revue de littérature <i>The impact of acute hamstring injuries: a systematic review</i> – Reunanen et al.	11 études randomisées contrôlées ont été incluses grâce à une sélection d'articles regroupés sur 6 bases de données différentes.	Interventions dites conservatives étudiées ici : travail excentrique avec charge croissante, exercices d'agilité et de stabilisation du tronc, étirements, PRP, anti-inflammatoires et mobilisation sacro-iliaque.	5
68	Altered muscle activation following hamstring injuries – Gisela Sole	2012 Etude de cohorte transversale	Comparaison de l'activité EMG des muscles fessiers et IJ	16 participants avec LM aux IJ et 18 participants sains (groupe contrôle).	L'activité électromyographique des muscles fessiers, quadriceps et IJ sont relevés lors d'un mouvement « double-to single-leg ».	4
69	Effects of external pelvic compression on isokinetic strength of the thigh muscles in sportsmen with and without hamstring injuries – Arumugam et al.	2015 Etude randomisée contrôlée	Déterminer si l'application d'une ceinture pelvienne influence la force des IJ	20 sportifs ayant une LM aux IJ et 29 sujets sains (groupe contrôle) passant des tests isométriques	Les lésions aiguës, récidivantes, unilatérale et bilatérale ont été incluses. Les tests isométriques ont été réalisés : avec ou sans ceinture (division aléatoire avec ordinateur), des deux côtés chez les sujets blessés et d'un seul côté dans le groupe contrôle (membre inférieur gauche ou droit choisi aléatoirement à l'ordinateur).	2
29	The effects of early mobilisation and immobilisation on the healing process following muscle injuries – Järvinen	1993 Article de revue	Evaluation des effets de l'immobilisation et de la mobilisation sur le processus cicatriciel		Une courte période d'immobilisation est nécessaire pour favoriser et accélérer le processus cicatriciel. La durée d'immobilisation est dépendante du grade lésionnel et ne doit pas être poursuivie trop longtemps car la cicatrice a besoin de traction modérée. La mobilisation est nécessaire pour augmenter la résistance à la traction des fibres cicatricielles et leur alignement.	5

71	Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols – Askling et al.	2014 Etude comparative	Comparaison de deux protocoles de rééducation Démontrer une éventuelle association entre le type de lésion, sa localisation, sa taille et la douleur à la palpation par rapport au moment de reprise.	56 athlètes suisses ayant une lésion musculaire au JJ confirmée à l'IRM, répartis aléatoirement dans 2 groupes réalisant 2 protocoles de rééducation différents	28 athlètes pour le « L-protocol » (L= lengthening), et 28 pour le « C-protocol » (C= conventional). Le critère de mesure est le nombre de jours comptés jusqu'à la reprise de l'entraînement. Les lésions récidivantes ont été relevées pendant 1 an après cette reprise. Au sein des groupes, les athlètes sont répartis par rapport au sexe, au mécanisme lésionnel et atteinte ou non du tendon proximal des JJ. Un programme général de rééducation est suivi par tous les athlètes puis retour à la course progressif. En complément, est demandé aux athlètes de s'entraîner le plus possible selon leur programme habituel en infra-dououreux.	Critère de jugement : efficacité d'un programme, RTP Temps de reprise bien plus court chez les athlètes du « L-protocol » (49 jours contre 86). 2 récidives retrouvées, les 2 ayant suivi le C-protocol. 93% des lésions se sont produites lors d'un sprint (atteintes BF et ST) et 7% lors d'un étirement forcé (atteinte du SM). Un programme de rééducation comportant des exercices d'allongement/étirement est plus efficace qu'un programme dit conventionnel en termes de reprise. Il semblerait aussi que le protocole simplifié ait contribué à prévenir le risque de récidives.	4/10
73	Predicting hamstring strain injury in elite athletes – Brockett et al.	2004 Etude de cohorte	Comparaison de l'apparition du pic de force sur des muscles anciennement lésés et des muscles sains	La mesure du pic de force sur des muscles précédemment lésés a été réalisée chez 9 athlètes et comparé au côté controlatéral et comparé aux muscles de 18 athlètes sains.	Le pic de force a été relevé à l'aide d'un dynamomètre isométrique. Chez les athlètes anciennement blessés, le pic de force apparaît à une course musculaire plus petite par rapport aux muscles « sains ».	Les sujets présentant un pic de force à une course musculaire plus restreinte sont plus susceptibles d'exposer le muscle déjà lésé à d'autres dommages structuraux et c'est ce qui est à l'origine de la recrudescence de récidives.	5
74	Is There Evidence to Support the Use of the Angle of Peak Torque as a Marker of Hamstring Injury and Re-Injury Risk? – Timmins et al.	2016 Revue de littérature	Présentation de la fiabilité du pic de moment de force de flexion de genou comme marqueur de progression en rééducation, comme critère de RTP	Analyse des mesures d'apparition de l'angle de pic de force et alternatives possibles	La détermination de l'angle d'apparition du pic de force est surtout réalisée à l'aide d'un dynamomètre (isométrique/isométrique) mais démontre une mauvaise reproductibilité. La mesure est biaisée par des compensations musculaires : 3 muscles JJ, gracile, sartorius, gastrocnémiens. Cet angle est souvent mesuré lors de contractions concentriques lentes (60/s) sur un dynamomètre isométrique, mais il peut être mesuré à de plus grandes vélocités comme lors d'efforts excentrique ou isométrique.	Critère de jugement : fiabilité des mesures, En raison des limitations et biais des mesures, l'efficacité de l'angle de pic de force comme facteur de prévention et de progression dans la rééducation n'est pas encore établie.	5

75	Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload – Askling et al.	2003 Etude de cohorte prospective	Evaluer si l'ajout d'un entraînement spécifique en pré-saison peut avoir une influence sur l'incidence et la sévérité de LM au niveau des IJ	30 sportifs faisant partie des 2 des meilleures équipes de football de première division en Suisse ont été répartis en 2 groupes	Les gardiens de but, les sportifs blessés et ceux avec des problèmes chroniques aux IJ ont été exclu. L'un des 2 groupes a effectué un entraînement spécifique centré sur les IJ et basé sur du travail excentrique (1 à 2 fois par semaine pendant 10 semaines). L'autre groupe a suivi un autre entraînement non spécifique aux IJ. Ils ont été comparés lors de tests isométriques et à la course de vitesse maximale avant la mise en place de cet entraînement et à la fin de celui-ci. Toute survenue de lésion a été relevée au cours de ces 10 mois.	Critère de jugement : incidence lésionnelle et performance La survenue de lésions est clairement moindre dans le groupe de joueurs ayant suivis l'entraînement spécifique de pré-saison. De plus, ces sportifs présentent une force et une vitesse plus importantes comparativement au groupe contrôle. Du point de vue de l'amélioration de la performance et d'une prévention de lésions, cet entraînement spécifique montre des effets positifs sur ces sportifs.	5/10
76	Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union – Brooks et al.	2006 Etude de cohorte	Présentation de l'incidence, la sévérité et les facteurs de risque associés aux LM des IJ chez les rugbyman professionnels	Hypothèse : l'utilisation de renforcement et d'étirements réduisent l'incidence et la sévérité lésionnelles.	Les lésions ont nécessité 17 jours d'arrêt avec 23% de récidives qui sont plus sévères (25 jours perdus) par rapport aux lésions aiguës (14 jours manqués). Les lésions survenant à la course représentent 68M d'entre elles mais les lésions suite à un overstrach sont plus sévères (36 jours manqués).	Les joueurs ayant réalisé le Nordic Hamstring en complément d'étirements et de renforcement présentent une incidence et une sévérité lésionnelles moindres.	3
79	Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement – Potier et al.	2009 Etude de cohorte	Déterminer si le travail excentrique modifie l'architecture musculaire du BFe	22 sujets répartis aléatoirement dans un groupe expérimental et dans un groupe contrôle.	Le groupe expérimental a suivi un programme de renforcement excentrique de 8 semaines. Critères relevés : force musculaire, extensibilité passive, longueur fasciculaire et angle de pennation.	La force musculaire a augmenté de 34%, l'extensibilité de 5% et la longueur fasciculaire de 34%. L'angle de pennation na quant à lui pas été modifié. Le travail excentrique permet donc une augmentation de la longueur fasciculaire, ce qui aurait donc des conséquences sur l'extensibilité musculaire et donc l'amplitude articulaire.	3

80	High-speed running type or stretching-type of hamstring injuries makes a difference to treatment and prognosis – Askling et al.	2012 Article de revue	Différence de pronostic et de traitement selon le mécanisme lésionnel des IJ	2 types de mécanisme lésionnel: lié à la course ou lié à l'éirement. Pour le premier, il atteint principalement la LP du BF et la partie proximale de la jonction myotendineuse. Tandis que le second est plutôt proche de l'ischion et touche principalement le tendon du SM. Les lésions liées à la course provoquent une impotence fonctionnelle aigue plus importante mais nécessite une plus courte période de rééducation que les autres.	Plus la lésion est proche de l'ischion, plus la rééducation sera longue. Les athlètes qui se sont blessés la course démontrent des mouvements rapides en 4-6 jours notamment en termes de douleur, de force et d'extensibilité, malgré le processus cicatriciel non terminé. Pour les autres lésions (par éirement excessif), il est important de prévenir le sportif sur le pronostic et la rééducation qui va être plus longue malgré des symptômes moindres (douleur et impotence fonctionnelle moindres).	4
81	The effects of a closed-chain, eccentric training program on hamstring injuries of a professional football cheerleading team – Greenstein et al.	2011 Etude de cohorte rétrospective	Identifier les effets du travail excentrique et d'exercices en chaîne fermée en prévention et en PEC de LM aux IJ	43 blessés avec ou sans LM aux IJ ont suivi un protocole de PEC en auto-rééducation et à l'entraînement	La douleur liée à une éventuelle LM aux IJ a été évaluée en Juin, en Septembre et en Décembre. Le protocole n'a pas été effectué entre Juin et Septembre (les sujets ont poursuivi leur entraînement habituel). L'intervention a donc été mise en place de Septembre à Décembre. Cette intervention comprend 2 exercices réalisés bilatéralement, 2 fois par semaine lors des entraînements et 3 fois par semaine en auto-rééducation (les jours où il n'y a pas d'entraînement). Tous les sujets ont réalisé ce protocole, avec ou sans LM aux IJ (mais certains exercices n'ont pas été réalisés par les sujets avec LM pour ne pas être déléter).	5
82	Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting – Schache et al.	2012 Etude de cohorte	Quantification de la charge biomécanique subie par les IJ au cours d'une foulée complète de course et la différence entre chaque chef	Etude cinésiologique réalisée chez 7 sujets en train de courir	SM, ST et BF présentent tous un pic de force et réalisent un amortissement (absorption énergétique) pendant la phase terminale du cycle de course. La demande biomécanique diffère entre chaque chef: le BF présente la plus grande désinsertion, le ST le plus grand allongement et le SM le plus grand développement de force et de puissance.	4

83	Hamstring injuries: prevention and treatment – an update Peter Brukner	2015 Revue de littérature	Mise à jour concernant la prévention et le traitement des LM des IJ	Sélection d'articles selon différents thèmes abordés dans la prise en charge	Thèmes : Différences de lésions, prédiction RTP, récidive, examen clinique, programmes de rééducation, rôle du PRP, prédiction de lésion, prévention.	Critère de jugement : facteurs de risque lésionnel Une lésion survenue lors d'un éirement lent et incriminant le tendon présente un temps d'indisponibilité plus long. Un déficit de force suite à une lésion est un facteur de risque de récidive. Les exercices de renforcement doivent être réalisés vers la course externe. Différents tests sont utilisés pour prédire le risque lésionnel. Il est de plus en plus prouvé que le Nordic Hamstring diminue le risque lésionnel.	4
84	The role of neuromuscular inhibition in hamstring strain injury recurrence – Fyfe et al.	2013 Revue de littérature	Discussion sur le rôle de l'inhibition neuromusculaire après lésion comme origine à plusieurs « mauvaises » adaptations	Analyse des différents facteurs de risque existants et pouvant être modifiables et accessibles à la rééducation	La persistance des facteurs de risque et le développement de mauvaises adaptations suite à une blessure expliquent les récidives. Les « mauvaises » adaptations regroupent : faiblesse musculaire en excentrique des IJ, amyotrophie et changement d'angle d'apparition du pic de force.	Critère de jugement : récidives L'inhibition neuromusculaire a des effets délétères sur la récupération suite à une lésion. En effet, cela limiterait les IJ, pendant les exercices de rééducation, à être exposés à des stimuli excentriques vers la course externe qui permettraient d'éviter une perte de force, une atrophie et une modification d'apparition de l'angle de pic de force à une course musculaire plus petite.	4
86	The preventive effect of the Nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial – van der Horst et al.	2015 Etude de cohorte Randomisée contrôlée	Evaluer l'effet préventif du NHE sur l'incidence et la sévérité lésionnelles au niveau des IJ	Les joueurs de 40 équipes de football ont été répartis en 2 groupes (intervention et contrôle)	Groupe « intervention » comprend 20 équipes, soit 292 joueurs et groupe contrôle de 20 équipes aussi avec 287 joueurs. Le groupe intervention a réalisé 25 sessions de NHE sur 13 semaines. Tous les joueurs ont poursuivi leur entraînement de foot habituel.	38 lésions ont été recensées, taux d'incidence de 0,25 pour le groupe « intervention » contre 0,8 pour le groupe contrôle. Le risque lésionnel est donc bien moindre dans le groupe « intervention » mais la sévérité lésionnelle n'est pas significativement différente. L'ajout du NHE dans un programme d'entraînement diminue l'incidence lésionnelle mais pas la sévérité.	1
88	Les limites du stretching pour la performance sportive. 2ème partie : « Les effets physiologiques des étirements » - Cometti						

91	Hamstring exercises for track and field athletes: injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention – Malliaropoulos et al.	2012 Article de revue	Exposition du rôle du travail excentrique des IJ en prévention et mise en place d'un guide d'exercices spécifiques	68 articles inclus	Selon le mécanisme lésionnel à la course : à la phase oscillante mais aussi lors de la phase d'appui, il est important d'inclure dans un programme des exercices en chaîne ouverte et en chaîne fermée. La partie proximale comme distale des muscles doivent être sollicitées.	Afin de restaurer le déficit de force présent, il est nécessaire de produire de la force au cours des exercices et donc ces derniers doivent être réalisés de 20 à 80% de la résistance isométrique maximale.	5
92	Morphological changes in MRI measurements of the thigh muscles after two hamstring strengthening exercises – Mendiguchia et al.	2013	Etude des effets de l'excentric leg curl (LC) et lunge (L) exercices sur le BF, le ST, le SM et le grand adducteur	11 footballeurs professionnels répartis de façon randomisée dans 2 groupes : LC et L exercices.	Chaque jambe a été mesurée (donc 22 cas), Exercices réalisés en 3 séries de 6 répétitions. Une étude à l'IRM a été réalisée avant et 48h après l'intervention. LC exercises load all the regions of the ST muscle. The L exercises load the proximal regions of the BF and AM.	Les exercices LC ciblent toutes les parties du ST, Les « L » exercices ciblent les parties proximales du BF (LP) et du grand adducteur.	2
93	Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation – Tsaklis et al.	2015 Etude de cohorte	Relever quelle composante musculaire est recrutée lors d'exercices conventionnels de renforcement des IJ	20 athlètes féminines réalisant des exercices de renforcement des IJ	Cette étude permet une meilleure sélection d'exercices au cours de la rééducation. Les athlètes réalisent 10 exercices de renforcement avec électrodes posées sur le trajet du BF et du ST pour relever l'activité EMG. Un électrogoniomètre a été utilisé et synchronisé à l'EMG afin de déterminer si l'activité musculaire maximale s'est produite en allongement, en raccourcissement ou sans modification de longueur de la jonction myotendineuse. Les valeurs moyennes ont ensuite été comparées selon le site d'enregistrement. Les résultats pourront aider à concevoir des programmes progressifs de renforcement des IJ.	Critère de jugement : activité EMG Les exercices : fente (lunge), Romanian dead lift et kettlebell swings montrent une meilleure activité EMG pour le ST. Le seul exercice avec une meilleure activité pour le BF est l'exercice « fitball ». Seuls les exercices lunge et kettlebell swings présentent une activité musculaire maximale lorsque la jonction myotendineuse est allongée. Les exercices de basse intensité sont lunge, Romanian dead lift, kettlebell swings. Moyenne intensité : bridge, TRX (suspensions), hamstring bridge et hamstring curl. Haute intensité : Nordic, fitball, slide, leg. Ces informations permettent au MK de mieux comprendre l'activation musculaire spécifique et son intensité au cours de différents exercices.	4
94	Impact of exercise selection on hamstring muscle activation – Bourne et al.	2016 Etude de cohorte	Evaluer quels exercices ciblent préférentiellement la longue portion du BF	Etude sur 24 hommes sportifs et sains (pas de LM durant les 18 derniers mois).	Partie 1 : étude électromyographique sur le recrutement des IJ médiaux/latéraux lors des phases concentrique et excentrique pendant un exercice de renforcement. Partie 2 : étude à l'IRM fonctionnelle sur le recrutement de la longue portion du BF lors de différents exercices.	Critère de jugement : recrutement préférentiel Durant le NHE c'est surtout le ST qui est recruté. Et lors du renforcement en extension de hanche, ce sont les IJ distaux qui sont le plus recrutés (la courte portion du BF l'est moins).	4

95	Kettlebell swings targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications – Zebis et al.	2013 Etude de cas (EMG)	Déterminer l'activation préférentielle des IJ médiaux/lateraux lors de différents exercices	16 joueuses de handball et footballeurs professionnels	Kettlebell swings et Romanian deadlift ciblent plutôt le ST, le supine leg curl et l'exercice d'extension de hanche ciblent quant à eux le BF.	Ces exercices spécifiques peuvent être regroupés en 2 groupes par dominance (BF ou ST).	4
96	Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention – Bourne et al.	2016	Etude des modifications architecturales et morphologiques selon différents exercices de renforcement	30 athlètes répartis en 3 groupes : gp 1 = extension de hanche (HE), gp 2 = NHE, gp 3 = contrôle	La longueur fasciculaire du BF (longue portion) a été mesurée avant, pendant et après l'intervention en échographie. Le volume des IJ a été mesuré avant et après l'entraînement à l'IRM.	La longueur fasciculaire a été augmentée dans les groupes HE et NHE au milieu et après l'entraînement. Ces changements ne diffèrent pas significativement entre les exercices. Le volume du BF (longue portion) a plus augmenté dans le gp HE par rapport au NHE et gp contrôle. En comparaison avec le gp contrôle, les 2 exercices ont tous 2 augmentés significativement le volume du ST.	2
97	A new hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury – Askling et al.	2010	Evaluation de la fiabilité et validité d'un test de flexibilité actif des IJ, qui permet de déterminer si le sportif peut reprendre son activité sans risque de récédives.	11 sujets sains et 11 sujets avec LM aux IJ (attestée par IRM) et dont l'examen clinique (douleur à la palpation, test manuel de force et test d'élévation passif) ne révèle plus aucune lésion résiduelle ont suivi cette étude.	Echelle VAS (0-100) utilisée pour estimer l'appréhension des sportifs au cours des tests actifs. Hypothèse : un test de flexibilité actif couplé à une estimation de la perception d'insécurité/d'appréhension du sportif peut être plus fiable par rapport au meilleur moment du RTP. Le test consiste d'abord en une élévation passive du MI (1 essai puis 3 tests), hanche fléchie et genou tendu. Le sujet doit être relâché et dire « stop » quand l'amplitude n'est plus supportable. Ensuite le test est actif, en demandant au sujet d'élever son membre le plus rapidement possible jusqu'au point maximum d'étirement (modérément). Après 3 répétitions, le sujet doit estimer sa perception d'insécurité et doit noter sa douleur sur l'échelle VAS.	Critère de jugement : douleur, insécurité/appréhension Ce test se révèle être d'une grande fiabilité et est suffisamment sensible pour détecter les différences (au côté sain) tant en terme de flexibilité qu'en terme d'appréhension après LM aux IJ. Ce test pourrait donc être un bon complément à l'examen clinique pour permettre la décision finale du RTP.	3

89	Efficacy of rehabilitation (lengthening) exercises, platelet-rich-plasma injections, and other conservative interventions in acute hamstring injuries: an updated systematic review and meta-analyses – Pas et al.	2015	Revue de littérature	Mise au point sur l'efficacité des traitements dits conservateurs dans les lésions musculaires des JJ	Sélection d'études randomisées contrôlées traitant du traitement conservateur et d'études traitant des autres interventions possibles	Résultats étudiés par 2 auteurs différents. 10 études randomisées et contrôlées ont été incluses, regroupant 526 participants. 2 études ont été relevées sur les effets d'un programme de rééducation basé sur des exercices d'étirement et qui montrent une réduction du temps d'indisponibilité suite à ce programme mais sans différence sur le risque de récurrence comparé aux autres interventions.	Critère de jugement : efficacité sur RTP et récurrence Les méta-analyses incluses ont révélées que la meilleure efficacité en terme de prise en charge a été obtenue grâce aux exercices de rééducation. Par ailleurs, l'injection de PRP n'aurait aucun effet sur ces lésions musculaires (sur RTP et récurrences). La réalisation d'étirements 4 fois par jour serait plus efficace qu'une seule fois par jour.	PEDro : N/A
67	Therapeutic interventions for acute hamstring injuries: a systematic review – Reijnen et al.	2012	Revue de littérature	Démontrer l'efficacité/supériorité d'une prise en charge des lésions musculaires des JJ	Inclusion de 6 études prospectives comparatives d'une autre prise en charge ou d'un groupe contrôle	Il n'existe que peu de preuves démontrant l'efficacité des étirements, des exercices d'agilité et de stabilité du tronc et des mobilisations sacro-iliaques.	Critère de jugement : niveau de preuve des études Il manque des études de haut niveau de preuve pour confirmer ou non de l'efficacité de différentes techniques. La prise en charge de ces lésions est encore non-consensuelle.	5
87	Ankle Position During the Nordic curl Does Not Affect Muscle Activity of the Biceps Femoris and Medial Gastrocnemius – Comfort et al	2016	Etude de cas	Comparaison du recrutement musculaire lors du NHE lorsque la cheville est en flexion plantaire ou dorsale	Etude EMG du recrutement du BF et des gastrocnémiens médiaux sur 15 athlètes réalisant le NHE	Les sujets réalisent 2 séries de 3 répétitions du NHE pendant les relevés à l'EMG avec une certaine position de cheville (flexion dorsale ou plantaire, l'ordre étant randomisé). 15 secondes de repos entre chaque répétition et 3 minutes entre chaque série. Hypothèse de départ : la dorsiflexion permettrait de réduire la production de force réalisée par les gastrocnémiens et donc d'améliorer le recrutement du BF.	Critère de jugement : recrutement musculaire La position de la cheville n'influence pas le recrutement préférentiel du BF ou des gastrocnémiens médiaux. Toutefois, réaliser le NHE avec la cheville en flexion dorsale reflète mieux la fonction puisque la cheville est dans cette position à la fin de la phase oscillante de la course (moment où la lésion apparaît le plus fréquemment).	2