INSTITUT DE FORMATION
EN MASSO KINÉSITHÉRAPIE
DE LA REGION SANITAIRE DE LILLE

FLORIAN ADRIEN

Protocole d'entrainement pliométrique en fin de rééducation de la tendinopathie patellaire chez le basketteur : évaluation des performances athlétiques et ressenti nociceptif

Sous la direction de Mme WISNIEWSKI

Mémoire entrant dans la validation de l'UE.28 du Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie

Mémoire soutenu en 2024

IFMK
10, rue Saint-Jean Baptiste de la Salle
59000 LILLE

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier l'ensemble des personnes m'ayant aidé lors de la réalisation de ce mémoire.

Premièrement, je remercie ma directrice de mémoire Mme WISNIEWSKI Corinne qui m'a consacré des heures et a su m'aiguiller à tout moment, merci pour son implication et sa réactivité hors du commun.

Je me dois également de remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu au cours de cette année, notamment ma conjointe Thaïs, mes amis les plus proches, ma famille, et aussi Thibault accompagné d'Isaac qui m'ont motivé lors de cette période de stage relativement chronophage.

Enfin, je serai éternellement reconnaissant envers l'ensemble des enseignants de l'IKPO, qui m'ont formé et guidé vers le chemin de l'apprentissage continu. Votre dévouement et votre expertise ont été une source d'inspiration et ont permis de me préparer à affronter avec confiance mon avenir professionnel.

SOMMAIRE

1.PREAMBULE …….....1
2.CADRE THEORIQUE …….....3
2.1. Tendinopathie patellaire …….....3
2.1.1. Définition et épidémiologie …….....…….3
2.1.2. Physiopathologie de la tendinopathie …….....……..4
2.1.3. Diagnostic clinique …….....…….6
2.1.3.1. Outils de diagnostic et évaluation …….....…...6
2.1.3.2. Diagnostic différentiel …….....…9
2.1.3.3. Facteurs de risque …….....9
2.2. Prise en charge des tendinopathies patellaires …….....10
2.2.1. Traitements …….....10
2.2.1.1. Traitement médical 10
2.2.1.2. Traitement kinésithérapeutique 10
2.2.1.3. Traitement chirurgical 13
2.2.2. Prévention 13
2.3. Tendinopathie patellaire dans le cadre du basketball 14
2.3.1. Basketball 14
2.3.2. Règles 14
2.3.3. Basketball et efforts physiques 15
2.3.4. Blessures et mécanisme lésionnel 16
2.3.5. Basketball et pliométrie 19
2.4. Problématique 23
3. METHODE 24
3.1. Conception de l'étude 24
3.1.1. Description de l'étude 24
3.1.2. Déroulement global 24
3.2. Population 25
3.2.1. Recrutement 25
3.2.2. Taille de l'échantillon 25
3.2.3. Consentement 27
3.2.4. Critères d'inclusion 27
3.2.5. Critères d'exclusion 27
3.3. Randomisation 28

3.4. Matériel 28
3.5. Données recueillies 29
3.5.1. Critères de jugement du protocole 29
3.5.1.1. Critère de jugement principal : saut vertical 29
3.5.1.2. Critères de jugement secondaires 30
3.5.1.2.1. Force des MI 30
3.5.1.2.2. Vitesse 31
3.5.1.2.3. Douleur 31
3.6. Protocole 32
3.6.1. Mesure des critères de jugement 32
3.6.2. Protocole de rééducation 32
3.6.3. Déroulement global 37
3.6.4. Justification des composantes du protocole 38
3.7. Critères d'interruption de l'intervention attribuée dans les deux groupes 42
3.8. Récolte des données 43
3.9. Méthode statistique 45
3.10. Ethique 45
4. DISCUSSION 46
5. CONCLUSION 50
6.BIBLIOGRAPHIE
7.ANNEXES

GLOSSAIRE :

AINS : Anti Inflammatoires Non Stéroïdiens

BFRT : Blood Flow Restriction Training

CC : Composante Contractile

CEP : Composante Elastique Parallèle

CES : Composante Elastique Série

CPP : Comité de Protection des Personnes

CPTS : Communauté Professionnelle Territoriale de Santé

DOMS : Delayed Onset Muscle Soreness

ECR : Essais Contrôlés Randomisés

ECSWT : Extra Corporeal Shock Wave Therapy

EN : Echelle Numérique

EVA : Echelle Visuelle Analogique

FC : Fréquence Cardiaque

FFBB : Fédération Française de Basket Ball

HAS : Haute Autorité de Santé

HSR : Heavy Slow Resistance

MI : Membre Inférieur

MTP : Massage Transversal Profond

MVIC : Maximum Voluntary Isometric Contraction

NCAA ISP : National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance Program

OTG : Organe Tendineux de Golgi

PJT : Plyometric Jump Training

PRP : Plasma Riche en Plaquettes

RM : Résistance Maximale

SSC : Stretch-Shortening Cycle

TP : Tendinopathie Patellaire

VISA-P : Victorian Institute of Sport Assessment-Patella

1. PREAMBULE

La tendinopathie patellaire (TP) est une pathologie liée à la surutilisation du tendon patellaire (1), elle se caractérise par une douleur focale au pôle inférieur de la patella pouvant varier avec la charge.(2) L'apparition de la douleur est majoritairement progressive laissant place à une aggravation des symptômes si l'athlète continue de s'entraîner ou de concourir (1).

Qualifiée de « Jumper's knee », la prévalence de cette pathologie est couramment associée à la pratique de sports impliquant des sauts répétés, on la retrouve en grande proportion chez les athlètes dits « élites » masculins pratiquant le basket-ball (32%). (2)

Le basket-ball est un des sports les plus populaires dans le monde avec un nombre d'adhérents qui ne cesse d'augmenter tout comme le nombre de blessures. (3)

La majorité de ces blessures se situerait aux membres inférieurs (63,7 %), quel que soit le sexe, le niveau ou l'âge de l'athlète ; la cheville serait le site anatomique le plus sujet aux blessures (21,9%) suivi du genou (17,8%). Notons que selon certaines études notamment celle de « K E DeHaven, D M Lintner » la proportion de blessure au genou dominerait celle de la cheville. (4)

Une étude analysant les données physiologiques et les gestes sportifs en compétition de basket-ball a démontré une forte implication énergétique dans le sprint et le saut (en particulier vertical) ; composantes importantes afin d'évoluer dans ce milieu. (5)

L'étude de Markovic et al a étudié l'entraînement pliométrique au niveau des membres inférieurs et en conclut que ces exercices selon différentes modalités d'entraînement pouvaient procurer de nombreux bénéfices dans l'adaptation neuro-musculo-squelettique. Il démontre une amélioration de force, de puissance et de contrôle proprioceptif notamment à court-terme ; pouvant avoir son importance dans la réalisation de sauts verticaux, de sprints ou encore de changement d'appuis. (6)

Le traitement de la TP est décrit par de nombreuses études, il en ressort principalement que la remise en charge progressive du tendon permettait de développer sa tolérance à la charge mécanique et réduisait également la douleur. L'entrainement excentrique semblerait être le plus efficace (long-terme et court-terme) ; permettant un remodelage des fibres de collagène et une meilleure adaptation des unités musculo-tendineuses. (7)

En somme, la TP est une pathologie ayant une forte prévalence dans le basket-ball, pouvant influencer sa pratique. Sa prise en charge possède un axe majeur passant par le renforcement. Cependant, comment optimiser cette prise en charge afin d'éviter les récidives et améliorer les performances de l'athlète ? Quel outil thérapeutique serait le plus adapté à la pratique de ce sport ? Y a-t-il des protocoles de rééducation permettant la réintégration du sportif en compétition ? Et enfin, la valorisation de l'entrainement pliométrique pourrait-elle se révéler plus efficace que le renforcement traditionnel ?
Ce mémoire se concentrera sur la réalisation d'un protocole d'entrainement pliométrique en fin de rééducation de la tendinopathie patellaire en évaluant les performances sportives et la perception de la douleur du basketteur.

2. CADRE THEORIQUE

2.1. Tendinopathie patellaire

2.1.1. Définition et épidémiologie

La tendinopathie patellaire (ou Jumper's knee) se présente par une douleur tendineuse persistante située au pôle inférieur de la patella, d'une perte de fonction liée à une surutilisation et/ou surcharge mécanique de tendon non adaptée ; elle peut être présente à différents degrés d'amplitude et varie en fonction de la charge qui lui est appliquée. (2) (8)

C'est un trouble musculosquelettique que l'on retrouve à la partie antérieure du genou, très répandu dans les sports impliquant la course et le saut où le mécanisme extenseur subit des contraintes élevées et répétitives. (7)

La proportion de tendinopathie patellaire est importante dans le monde du sport, il y a entre 11,8 % à 14,4 % des joueurs de volleyball et basketball récréatif présentant des symptômes cliniques correspondant ; chez les joueurs dit « élites » c'est 32 % des basketteurs masculins avec 49 % qui connaîtront des épisodes de récidives ; cela aura évidemment un impact négatif sur la pratique du sport, sur les performances sportives, voir même des conséquences sur le niveau de vie de l'athlète dépendant de cet univers professionnel. (2)

Dans la revue systématique de Carlos Vicente Andreoli et al qui extrait au total 12960 blessures sportives dans le milieu du basketball, la majorité des blessures étaient situées aux membres inférieurs (63,7%) quel que soit le sexe, le niveau ou l'âge ; avec la cheville en plus grande proportion (21,9%) suivi du genou (17,8%), évidemment la tendinopathie patellaire n'est pas la seule pathologie du genou, mais cela souligne que cette zone anatomique est une zone fortement à risque, pouvant entraîner des blessures chez le basketteur. (9)

Si la prévalence est aussi importante dans le basket-ball, c'est parce que lors de la pratique, on retrouve un volume important de sauts (comprenant la réception), des changements de direction ainsi que des accélérations/décélérations ; cela implique un stockage/relargage d'énergie considérable amenant ce surmenage mécanique provoquant les douleurs. (1)

Un biais lié à cette prévalence est l'imagerie, bien que généralement l'imagerie confirme ou exclut les diagnostics différentiels (syndrome fémoro-patellaire, lésions ostéochondrales, infections…), il est important de noter qu'il existe une discordance entre les lésions observées et la symptomatologie notamment la douleur ; il peut y avoir des tendons anormaux à l'imagerie sans que la fonction soit compromise ni douloureuse. (1)

2.1.2. Physiopathologie de la tendinopathie

Généralités des tendinopathies :

Un tendon dit « normal » doit être sollicité, doit supporter de la charge afin d'être résistant. Dans le cas où le tendon n'est pas stimulé, il sera moins apte à subir du stress mécanique par phénomène de transduction mécanique (mécanisme d'adaptation physiologique du tendon) ; ou si le tendon subit une charge excessive lors d'un effort ; on aura alors une tendinopathie réactive. Cette tendinopathie entraînera un remodelage tendineux physiologique au repos. Cependant, si aucun traitement adapté n'est appliqué, une forme dégénérative de tendinopathie apparaitra. (*Figure 1*)

Il peut exister ce qu'on appelle une hybridation. Un tendon dégénératif non fonctionnel (pas obligatoirement douloureux) supporte moins de charge, celui-ci sera donc plus susceptible de développer une tendinopathie réactive en addition de sa dégénérescence. (*Figure 2*)

Il est important de faire la dissociation entre la douleur, la structure et la fonction. Les trois sont possibles individuellement, pourtant s'il n'y a pas de douleur ni de perte de fonction, ce n'est pas considéré comme une tendinopathie. (*Figure 3*)

Le traitement recommandé se focalise sur le renforcement, le rapport à la résistance ainsi que la gestion de la douleur. Dans une tendinopathie réactive, on luttera contre la douleur, notamment en phase aiguë et ensuite on se concentrera sur la remise en charge progressive du tendon. (10)

Dans le cas de la tendinopathie patellaire, il est proposé plusieurs théories sur sa pathogénèse ; causes mécaniques, vasculaires, nerveuses…

Cependant, la théorie liée à la surcharge tendineuse chronique répétitive vue précédemment est la plus couramment proposée ; conduisant à une fragilisation des tissus ainsi qu'à sa défaillance fonctionnelle.

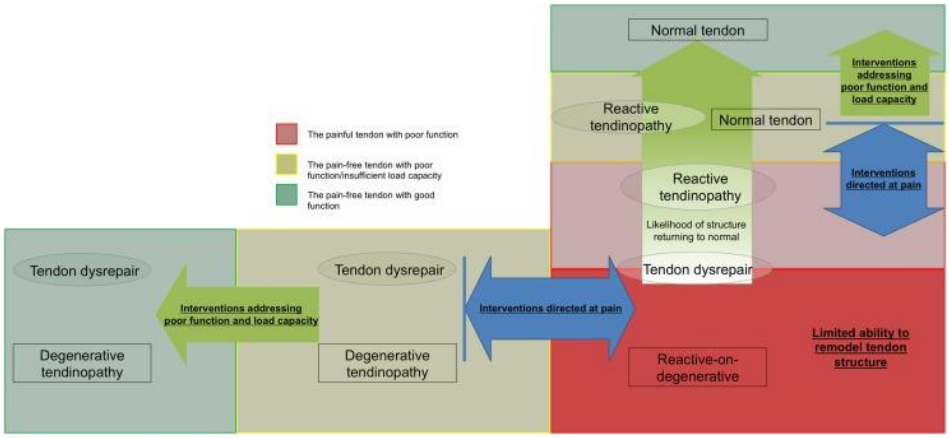

Figure 1- Modèle du continuum des tendinopathies (10)

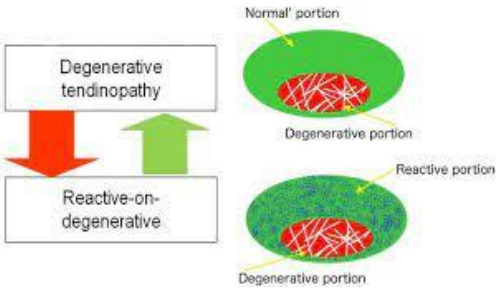

Figure 2- Représentation d'une hybridation (10)

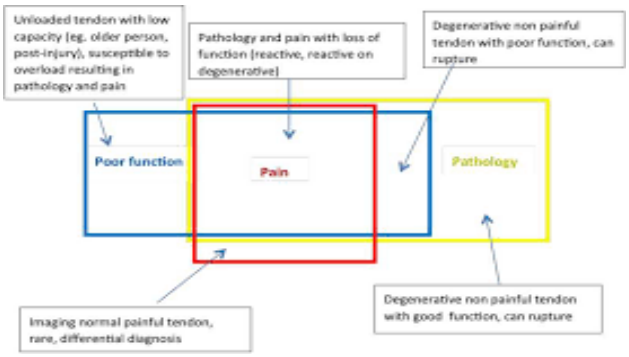

Figure 3- Relation entre structure, fonction et douleur (10)

L'augmentation de la tension tendineuse se situerait dans la partie postérieure profonde du tendon, au pôle inférieur de la patella (particulièrement avec l'augmentation de la flexion du genou).
Des charges élevées non adaptées provoqueraient une altération au niveau cellulaire affaiblissant les propriétés mécaniques. Ces microtraumatismes tendineux peuvent entraîner une dégénérescence fibrillaire, s'accumulant au fil du temps, amenant à une tendinopathie chronique.

La notion de néovascularisation et une quantité accrue de protéines/enzymes spécifiques pourraient également contribuer à cette dégénérescence en affectant les ténocytes et donc le remodelage du tendon. (11)

Cependant certaines études sont en contradiction affirmant que la néovascularisation ne serait pas associée à la tendinopathie.

Une autre étiologie mécanique proposée est le conflit du pôle inférieur patellaire lors de la flexion démontré par IRM. Les études ne permettent pas encore d'affirmer la relation de cause à effet, en revanche, une excision du pôle inférieur est souvent corrélée à une diminution de la douleur. Macroscopiquement, la tendinopathie a un aspect désorganisé décrit comme une dégénérescence « mucoïde » avec un épaississement du tendon. (11)

2.1.3. Diagnostic clinique

2.1.3.1. Outil de diagnostic et évaluation

Le test de palpation du tendon patellaire est le plus simple et le plus sensible (Se :0,98/Sp :0,94) ; il consiste à palper doucement le site d'insertion du tendon au niveau du pôle inférieur de la patella, ainsi que dans toute sa longueur du proximal vers le distal ; on interroge le patient sur la sensibilité à la palpation, si une douleur est ressentie le test est positif.

Le Royal London Hospital Test (*Figure 4)* est quant à lui moins sensible mais plus spécifique au diagnostic (Se :0,88/Sp :0,98) en comparaison avec le test de palpation dit classique ; il recherche une sensibilité locale avec une palpation genou détendu en extension, puis à nouveau une palpation genou placé à 90° afin de placer le tendon sous tension, ce test est positif si la douleur est réduite ou absente en flexion. L'imagerie n'est pas recommandée dans le diagnostic clinique car il peut exister une discordance entre les anomalies tendineuses et la symptomatologie. (12)



Figure 4- Royal London Hospital Test (12)

Cependant, dans l'étude de Javier A. Santana et al, il est affirmé qu'aucune technique de diagnostic de référence existerait dans le cas de tendinopathie patellaire, et précise quand même l'utilité de l'imagerie (IRM)/échographie afin de guider les cliniciens quant à la gravité des lésions sur la structure. De plus les radiographies permettraient d'exclure toute pathologie osseuse. (13)

La classification de cette tendinopathie se fait notamment grâce à l'interrogatoire du patient, décrivant couramment une douleur antérieure au genou avec des niveaux d'intensités variables dans diverses zones de l'appareil extenseur, avec une apparition progressive liée à l'activité, rarement en cas d'événement traumatique. La localisation la plus fréquente étant l'origine du tendon rotulien (65 à 70 % des cas), à l'insertion du tendon quadricipital (20 à 25%) puis à l'insertion sur la tubérosité tibiale (5 à 10%). Plusieurs classifications ont été proposées (14) :

1ère classification de Blazina et al :

1 : Douleur après l'activité physique uniquement sans déficience fonctionnelle.
2 : Douleur pendant et après l'activité physique avec des performances dites « satisfaisantes ».
3 : Douleur pendant et après l'activité physique, plus prolongée avec une difficulté croissante à performer à un niveau satisfaisant.

Classification de Roels et al modifie celle de Blazina et al pour inclure la rupture du tendon :

1 : Douleur dans la région infrapatellaire ou suprapatellaire après une pratique ou un événement sportif.
2 : Douleur au début de l'activité physique, disparaissant après l'échauffement et réapparaissant après la fin de l'activité.
3 : Douleur persiste pendant et après l'activité physique et le patient est incapable de participer à des sports.
4 : Représente une rupture complète du tendon-muscle.

Enfin, la classification de Ferretti et al basée sur l'intensité de la douleur :

Stade 0 : aucune douleur.
Stade 1 : douleur uniquement après une activité sportive intense sans gêne fonctionnelle.
Stade 2 : douleur modérée lors d'une activité sportive sans restriction sur la performance sportive.
Stade 3 : douleur avec une légère restriction des performances.
Stade 4 : douleur avec restriction sévère des performances sportives.
Stade 5 : douleur lors des activités quotidiennes et incapacité de participer à un sport à n'importe quel niveau.

2.1.3.2. Diagnostic différentiel

Bien que la tendinopathie patellaire ait une prévalence importante, il existe d'autres diagnostics cliniques présentant une douleur au genou :

-La maladie d'Osgood-Schlatter
-Les blessures méniscales
-Le syndrome fémoro-patellaire
-Blessures aux quadriceps
-Bursites (infrapatellaires superficielles et/ou profondes)
-Ostéochondrite disséquante
-Pathologies du coussinet adipeux de Hoffa
-La chondromalacie
-Luxations ou subluxations rotuliennes (13)

2.1.3.3. Facteurs de risque

Il se présente des facteurs de risque intrinsèques et extrinsèques à l'individu en relation avec la TP. Ils ont été tous deux décrits dans l'étude de « Aliza Rudavsky 1, Jill Cook » comme étant les suivants ; les facteurs intrinsèques sont déterminés par mesures anthropométriques spécifiques susceptibles d'augmenter le risque de TP, il en ressort notamment des facteurs comme une longueur plus courte et des muscles de la cuisse moins extensibles, un athlète ayant une plus grande capacité de sauts (plus grand stockage d'énergie et absorption des contraintes), une dorsiflexion réduite de la cheville, une plus grande hauteur de la voûte plantaire, une longueur des membres inférieurs inégale, une patella alta…

En ce qui concerne les facteurs extrinsèques, ils sont surtout liés à la pratique du sportif. On y retrouve l'augmentation du volume et de la fréquence d'entraînement, un changement de densité de surface et absorption des chocs (surface de réception moins compliante), dépend également du chaussage (épaisseur de la semelle, drop, qualité des matériaux) … (1)

2.2. Prise en charge des tendinopathies patellaires

2.2.1. Traitements

2.2.1.1. Traitement médical

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) sont couramment utilisés en raison de leur effet antalgique ayant une efficacité dans le traitement de la TP aiguë, cependant ils affectent la cicatrisation des tendons à long terme.

En ce qui concerne les injections péri et intratendineuses de corticostéroïdes, de plasma riche en plaquettes (PRP) ou d'acide hyaluronique, on note une amélioration de la cicatrisation néanmoins cela reste un geste médical traumatique qui augmente le risque de rupture des tendons surtout après de multiples injections.

Les dernières études démontreraient une efficacité significative du PRP sur la tendinopathie patellaire toutefois un manque de recherche de haute qualité et des incohérences retrouvées dans les protocoles ne permettent pas d'obtenir une conclusion définitive sur l'injection de PRP et son efficacité dans la cicatrisation. (7)

2.2.1.2. Traitement kinésithérapeutique

L'objectif principal de la rééducation est de développer la tolérance du tendon à la charge en passant par la réduction de la douleur puis par augmentation de la charge progressive.
Le type de contraction excentrique semble être le plus efficace dans le traitement de la tendinopathie (que ce soit à long ou court terme), il augmente le remodelage des fibres de collagène et conduit l'unité musculo-tendineuse à s'adapter à la charge de manière optimale (sportif ou non). (7)

L'étude de Purdam CR, Cook JL et al compare deux protocoles de rééducation, un avec des squats classiques et un avec des squats excentriques. On observe la même conclusion, c'est-à-dire que chez les sujets ayant suivi le programme d'entraînement excentrique, 6 athlètes sur 8 souffrants de TP ont pu reprendre leur pratique sportive contrairement à un seul pour l'entraînement de renforcement aux squats classiques. A noter un risque accru de blessure à la suite d'un surentraînement ou port de charge excentrique trop élevée. (15)

L'HSR* est quant à lui un traitement efficace sur le court et long terme avec amélioration des symptômes, de la pathologie, avec une augmentation du remodelage des fibres et normalisation de la morphologie des fibrilles tendineuses.

Une comparaison entre les traitements par injections, par l'entrainement excentrique et par l'HSR a été réalisé. Tous les trois ont montré une résolution des symptômes, cependant seuls les exercices excentriques et HSR améliorent le score VISA P* et l'EVA* après 6 mois. (ANNEXE).(16)
Notons que la satisfaction des patients était de 70 % pour l'HSR tandis que pour l'excentrique de 22 %. (7)

En ce qui concerne la physiothérapie ; la cryothérapie est couramment utilisée dans le cadre antalgique mais cela ne doit pas être systématique afin de ne pas perturber le phénomène de cicatrisation. (17)

La thérapie par ondes de chocs extracorporelles (ECSWT*) a fourni des résultats prometteurs dans la gestion de la tendinopathie patellaire, elle est d'ailleurs fréquemment réalisée et recommandée de nos jours. L'ECSWT permettrait de diminuer la transmission du message nociceptif par hyperstimulation de la zone douloureuse ; favoriserait la régénération du tendon et la destruction des tissus calcifiés. (18) (19)

Les massages décontracturants, la thérapie manuelle, la manipulation myofascial ont un effet positif sur l'ensemble de l'appareil extenseur dans la réduction de la douleur. (20)

Les ultrasons et le massage transversal profond (MTP) n'ont pas amené de grandes preuves scientifiques concernant leur efficacité dans le traitement de la tendinopathie patellaire. (21)

Protocole de rééducation de la TP proposé par Qassim I.Muaidi : (7)

Etape 1 : Modulation de la douleur et gestion de la charge

Prise en compte des déséquilibres de force et de flexibilité des membres inférieurs.
Gestion de la charge à la baisse ainsi qu'une modification de l'activité permettent de réduire de manière importante la douleur ainsi que d'autres symptômes de la TP (inflammation, gonflement). L'arrêt complet est contre-indiqué afin d'éviter au tendon de réduire davantage sa capacité de résistance à la charge. On aura donc une réduction du volume, de la fréquence d'entrainement, une suppression des activités à haut stockage d'énergie. Des études ont démontré l'intérêt de l'exercice isométrique dans la réduction de la douleur immédiate ; cinq répétitions de 45 secondes d'isométrie du quadriceps induiraient une analgésie pendant plusieurs heures chez les patients atteints de TP. (22)

Etape 2 : Exercices de renforcement et progression de la charge

Initiation à l'HSR dès que le patient peut réaliser des exercices isotoniques avec un minimum de douleur. L'HSR permettrait une meilleure adaptation des propriétés mécaniques du tendon et provoquerait une hypertrophie. (23)
On cherchera l'augmentation progressive de la charge tout en contrôlant le niveau de douleur.

Etape 3 : Renforcement fonctionnel et reprise du sport

Observation et correction du schéma corporel des gestes sportifs, ainsi que renforcement fonctionnel avec augmentation de la charge tendineuse. Une fois le schéma corrigé on aura une

progressivité des exercices avec des activités pliométriques et spécifiques au sport. Les résultats et performances seront à évaluer, les critères permettant la reprise du sport seront l'intensité de la douleur, la pathologie et les capacités de charge.

2.2.1.3. Traitement chirurgical

La chirurgie est envisagée lorsque la prise en charge conservatrice a échoué ; pour la tendinopathie patellaire, ce sont les arthroscopies et la chirurgie ouverte qui peuvent être proposées au patient. Ils ont respectivement un taux de réussite de 91 et 87 %, mais à noter que la reprise des activités sportives est d'environ 8 mois pour la chirurgie ouverte tandis que seulement 4 mois en moyenne pour l'arthroscopie seront nécessaires. (7)
La rééducation débute de manière précoce avec une remise en charge partielle possible avec des béquilles dès le premier jour après la chirurgie.
Des mouvements dans l'amplitude permise sans charge peuvent être réalisés afin d'éviter l'enraidissement et augmenter le drainage ; des exercices concentriques et excentriques pourront être débutés dès la fin de la première semaine post-chirurgie ; l'augmentation de la charge se fera progressivement en fonction de l'état du patient. A noter que l'activité en charge maximale est réalisable deux semaines après l'opération. (24)

2.2.2. Prévention

Les résultats de l'étude de Ian Burton suggèrent que l'entraînement progressif à la résistance peut être une méthode prophylactique dans la tendinopathie patellaire qui serait fortement recommandé aux athlètes à risque, c'est-à-dire ceux pratiquant un sport impliquant des sauts par exemple.

Les quantités de preuves provenant des Essais Contrôlés Randomisés (ECR) sont plus importantes concernant l'entrainement excentrique, suivi de l'Heavy Slow Résistance (HSR) puis de l'entrainement isométrique. On notera aussi que l'entraînement au volant d'inertie ainsi que le Blood Flow Restriction Training (BFRT) peuvent être également des stratégies de gestion

réalisables tout au long de la saison compétitive, néanmoins avec un niveau de preuve moins important. (25)
Prévention en rapport avec les facteurs de risques :

-Étirements afin d'augmenter l'extensibilité des chaines musculaires (chaine postérieure, mobilité de cheville) (7)
-Éviter le surentraînement
-Amélioration de la planification des entraînements (temps de récupération, volume)
-Éviter la pratique du sport sur des sols n'absorbant pas ou peu les chocs/réceptions
-Prévoir des chaussures adaptées à la pratique (semelles amortissantes par exemple)

2.3. Tendinopathie patellaire dans le cadre du basketball

2.3.1. Basketball

A l'origine créé afin d'avoir un nouveau sport d'intérieur ludique, éducatif et favorisant l'adresse par rapport à la force, le basketball est devenu l'un des sports les plus populaires au monde.

En octobre 2023, il a été recensé 466 168 licenciés à la Fédération Française de Basket-Ball (FFBB) ; avec une proportion d'homme à 65% et de femmes à 35%. (26)

2.3.2. Règles

Une rencontre de basketball se dispute entre 2 équipes de 5 joueurs chacune, ayant pour objectif de marquer dans le panier adverse en empêchant l'autre équipe de marquer. La rencontre est officiée par des arbitres agréés et le vainqueur est l'équipe qui inscrit le plus grand nombre de points à la fin du temps réglementaire.

Le terrain de jeu est une surface plane et dure aux dimensions de 28 mètres de long sur 15 mètres de large. Différentes zones sont délimitées sur le terrain représentant des aires de jeux avec leurs caractéristiques. (*Figure 5)* (27)

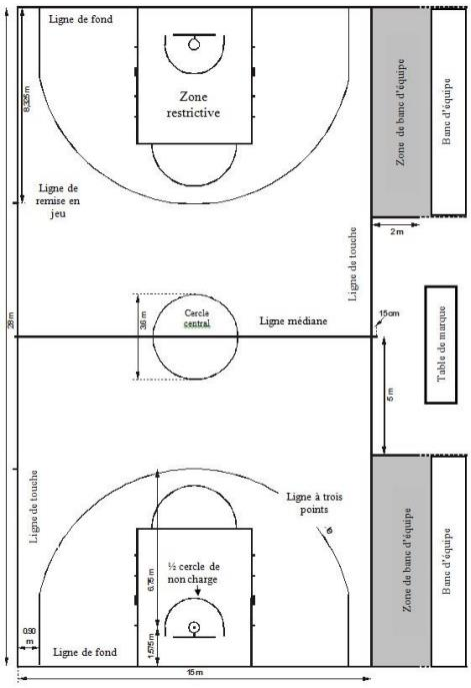

Figure 5- Terrain de jeu complet (27)

2.3.3. Basketball et efforts physiques

L'étude de Ben Abdelkrim et al a permis d'analyser les mouvements et les données physiologiques chez les basketteurs lors d'un match, il met en valeur le caractère intermittent des efforts au basketball. En effet, les joueurs passent 16.1% du temps à réaliser des activités de haute intensité et 30% à marcher voir à être immobile, ce sont des temps de récupération relatifs. Le reste du temps correspondant à des gestes spécifiques ou des efforts d'intensité modérée. Ils effectuent en moyenne 1050 mouvements avec un changement d'action toutes les 2 secondes ; un sprint toutes les 39 secondes et entre 45 et 50 sauts par match. De plus les efforts de courses sont susceptibles d'être effectués dans toutes les directions accentuant la charge métabolique. La fréquence cardiaque (FC) moyenne se situe entre 87 et 95% de la FC maximale,

à noter que les exigences physiques peuvent varier en fonction de nombreux facteurs comme le niveau de compétition, les stratégies tactiques et la capacité physique des joueurs de l'équipe.(5)

Enfin, il a été démontré que l'entrainement intermittent permet d'améliorer le métabolisme aérobie et anaérobie, permettant aux joueurs d'effectuer des efforts de course de haute intensité plus fréquemment lors des matchs.(28)

2.3.4. Blessures et mécanisme lésionnel

Le basketball est un sport de contact où de nombreuses structures anatomiques sont sensibles aux blessures (aiguë ou chronique), on reporte 60% de ces blessures aux MI*. (29)

Le terme blessure a été défini par la NCAA ISP* comme un événement s'étant produit à la suite de la participation à une pratique ou à une compétition organisée, nécessitant des soins médicaux par un entraîneur sportif ou médecin certifié, entrainant une restriction de la participation de l'athlète pendant 1 jour ou plus. Bien sûr cette définition rentre dans le contexte sportif et socio-économique du basketball semi-professionnel. (30)

Notons que le taux de blessure est plus élevé chez les basketteurs de plus haut niveau, il l'est également lors des compétitions (en comparaison avec les entrainements) et cela peu importe le niveau. (30)

Les blessures aux MI comprennent à 26.2% les entorses de chevilles ce qui en fait une majorité, les entorses interne de genou (7.5%) ; les blessures rotuliennes (2.4%) ; les contusions à la cuisse (3.9%) etc. Ces blessures se produiraient en majorité lors des changements de directions, des mouvements latéraux, des sprints et des sauts.(29)

Cependant 40% des blessures de gravité importante étaient localisées au genou avec un arrêt de compétition bien plus conséquent.(31)

4 mécanismes de blessures ont été déterminé lors de la pratique du basketball : (31)

-Contact avec un autre joueur (47.5%)

-Contact autres (ballon, chute…) (5.6%)

-Sans contact (25.8%)

-Surutilisation (20%)

Toutefois la proportion de blessure grave par rapport aux mécanismes varie.

En effet 22.6% et 22.2% sont liées à la surutilisation et le contact avec un objet ou une surface respectivement. Suivi à 18.5% des blessures sans contact puis, à seulement 16.2%, celles avec un contact direct avec un autre joueur. (31)

Enfin on peut tout de même ajouter que la distribution des blessures est similaire peu importe le niveau, l'âge ou le sexe donc les stratégies de prévention restent les mêmes. (30)

Concernant le mécanisme lésionnel de la TP :

Dans une majorité des cas la TP se caractérise par des lésions, des déchirures partielles du tendon voir même des tissus mous environnants.

Ces déchirures se produisent lorsque la résistance à la charge mécanique du tendon est insuffisante par rapport aux forces qui lui sont appliquées.

Ce tendon peut être soumis à la fatigue (entrainant une perte de force) spécifiquement sous la charge répétitive chronique élevée amenant à une tendinopathie, on observera donc une apparition progressive des symptômes.

La production de force lors de la phase excentrique (réception d'un saut par exemple) peut être trois fois supérieure à la force concentrique développée ; ce serait une des causes principales des micro-ruptures, qui avec le manque de récupération, un défaut de cicatrisation

ainsi qu'avec l'association de divers facteurs intrinsèques et/ou extrinsèques amèneraient au développement d'une TP. (32)

Une étude se basant sur l'analyse vidéo d'athlètes professionnels a pu remarquer qu'une majorité des blessures rotuliennes se produisaient lorsque le genou était en flexion et que la cheville était en flexion plantaire.(33)

Cette analyse fut appuyée par l'étude de Michael Dan et al, en effet aux alentours des 60° de flexion c'est le tendon patellaire qui encaisse le plus de contraintes car le moment de force est plus important, tandis que pour le tendon quadricipital il faudra atteindre les 90° de flexion pour inverser ce rapport de force. (Figure 6)

Remis dans le contexte du basketball cela expliquerait la grande prévalence de la TP chez le basketteur sachant que les sauts lors de la pratique ne dépassent pas les 90° de flexion de genou. (34)

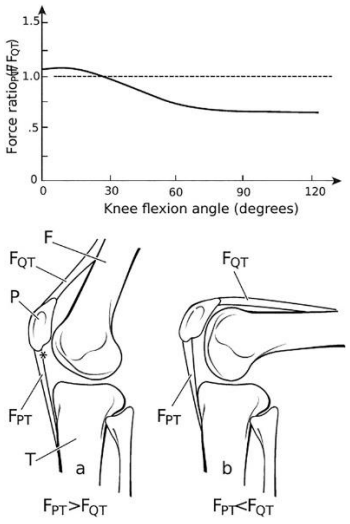

Figure 6- Rapport de force Fpt/Fqt (34)

Bien que le terme jumper's knee soit utilisé pour décrire la TP, il a été démontré que cette pathologie était associée à un risque plus important de développement lors de la phase d'atterrissage donc excentrique que lors de la phase de décollage, de propulsion du sol. (35)

2.3.5. Basketball et pliométrie

La pliométrie ou l'entrainement pliométrique (PJT) se base sur le cycle d'étirement-raccourcissement (SSC) où les unités musculo-tendineuses sont étirées de manière excentrique pendant la phase dite de chargement ou d'impact avant d'être raccourcies en concentrique dans la phase de poussée, de décollage.(36)

Les différentes phases de la pliométrie se décomposent ainsi : (37)

-Phase de pré-étirement excentrique :

C'est une phase de préparation, de potentialisation ou encore de pré chargement où les fuseaux neuromusculaires de l'unité musculo-tendineuse ainsi que le tissu non contractile (composantes élastiques de série et parallèle) vont être étirés ; de l'énergie élastique sera alors stockée dans le muscle squelettique. Plusieurs recherches ont démontré que ce pré-étirement améliorerait la contraction concentrique y résultant.(38)

Cette phase se base sur 3 variables ; l'amplitude, le taux et la durée de l'étirement. Ceux-ci influencent la quantité d'énergie stockée.

-Phase d’amortissement ou temps de rebond :

C’est une période entre l’arrêt du pré-étirement et le début de la phase concentrique. Elle est aussi appelée phase de retard électromécanique de la pliométrie.

Plus qu’une période c’est surtout un délai où le muscle doit surmonter le travail négatif de la contraction excentrique et générer de la force, de l’accélération par la contraction concentrique.

Cette phase est décrite comme la clé de la performance pliométrique car plus la phase d’amortissement est courte, plus le mouvement sera efficace et puissant car l’énergie stockée sera restituée en plus grande proportion dans la transition des deux phases de contraction. Dans le cas contraire, si cette phase est prolongée, l’énergie stockée sera dissipée sous forme de chaleur, le réflexe d’étirement ne sera pas activé et le travail positif concentrique perdra en efficacité.(39)

-Phase de raccourcissement concentrique :

C’est la phase dite de performance, de restitution d’énergie, c’est la résultante de nombreuses interactions neuromusculaires et biomécaniques utilisant les propriétés élastiques des muscles.

La pliométrie s’appuie sur certains fondements physiologiques afin de démontrer son efficacité. Sa phase de pré-étirement de l’unité musculo-tendineuse améliore la capacité des fibres musculaires à générer de l’énergie et à produire de la force. (courbe tension-longueur cf. *Figure 7*) (40)

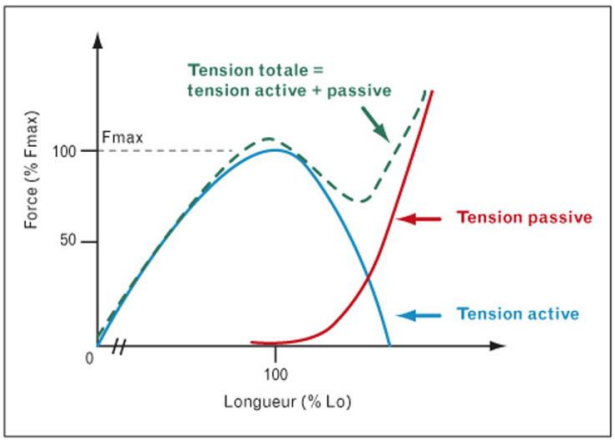

Figure 7- Courbe Tension-Longueur (40)

En effet la contraction excentrique maximale entraine en moyenne 10 à 40% de force en plus qu'en concentrique ; car pendant cette phase les CES* et CEP* sont étirées ce qui permet un stockage et une restitution d'énergie plus importante. (37) (41) (*Figure 8)*

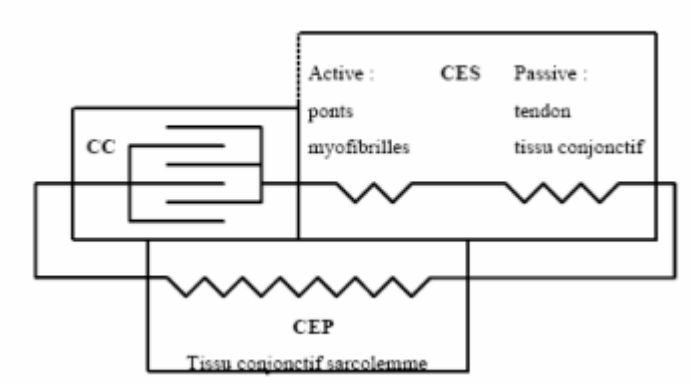

Figure 8- Modèle mécanique décrit par Hill modifié par Shorten (41)

On observe également un meilleur recrutement des unités motrices amenant la contraction volontaire des fibres dites « rapides » (type 2a et 2b) des muscles squelettiques, cela étant permis en effectuant des efforts de haute intensité supérieure à 80%.

Sur le plan neurophysiologique ; l'entrainement pliométrique provoque une inhibition, une facilitation et une modulation des muscles agonistes/antagonistes en agissant sur les fuseaux neuromusculaires, les OTG* et les mécanorécepteurs. De plus le signal nerveux envoyé à la moelle épinière dépend du taux d'étirement appliqué aux structures musculo-tendineuses or lors des exercices pliométriques on retrouve un taux d'étirement rapide amenant à un signal plus important et donc une contraction efférente plus grande. En résumé la pliométrie a pour but d'augmenter l'excitabilité des récepteurs neurologiques afin d'améliorer la réactivité du système neuromusculaire tout en désensibilisant le réflexe myotatique inversé par les OTG.(37)

Sur le terrain, les apports de la pliométrie ont pu être déterminés notamment dans une population de basketteurs. La puissance musculaire, par des mécanismes d'adaptations avec un meilleur recrutement des unités motrices et une stimulation de la coordination, serait significativement améliorée. L'augmentation de la fréquence d'utilisation des unités motrices ainsi que l'optimisation de la raideur des tendons augmenteraient les capacités de sprint.(42)

La PJT sollicitant grandement la contraction excentrique et donc le freinage mais également la propulsion explosive, permet alors une augmentation de la vitesse de changement de direction due à l'adaptation neuromusculaire ainsi qu'au perfectionnement des schémas moteurs. On retrouve une meilleure co-contraction des muscles du MI avec une amélioration de la proprioception conduisant à un gain d'équilibre lors de la pratique. La force est la composante la plus controversée, bien qu'on ait une adaptation neuronale et une mise en tension de l'unité motrice plus importante, l'augmentation de la force peut être aussi lié à l'hypertrophie engendré par la répétition des exercices.(36)

Cependant, l'utilisation accrue de la phase excentrique pourrait amener à l'apparition de DOMS* surtout lors d'un effort inhabituel. On retrouve également des microtraumatismes du tissu conjonctif par sollicitation des CES et CEP, ceux-ci libèrent de l'hydroxypropline

induisant un stimulus douloureux ainsi que la perception de DOMS. (la résolution des DOMS ainsi que sa surcompensation se résolvant en 7 à 10 jours) (43)

L'absence d'adaptation positive physiologique après le programme d'entrainement pliométrique pourrait s'expliquer par une forte charge de pratique sportive (entrainement de basketball, matchs) et/ou une fatigue trop importante ainsi qu'une récupération incomplète.(42)

La pliométrie comporte certaines contre-indications qu'il faudra prendre en compte : (37)

-Douleur importante (selon une échelle de la douleur)

-Inflammation

-Entorse aiguë ou subaiguë

-Déformation aiguë ou subaiguë

-Instabilité articulaire (importante)

-Limitation des tissus mous en fonction des conditions opératoires

-La plus importante = athlète n'ayant pas la force fondamentale (c'est-à-dire la force nécessaire au simple décollement des pieds du sol) ou la base d'entrainement de la pliométrie (manque de coordination, de contrôle moteur)

2.4. Problématique

Quels sont les effets d'un programme d'entrainement pliométrique sur les performances athlétiques, ainsi que sur le ressenti nociceptif en fin de rééducation chez les basketteurs souffrant de tendinopathie patellaire ?

3. METHODE

3.1. Conception de l'étude

3.1.1. Description de l'étude

Cette étude est dite interventionnelle, comparative et randomisée, sa réalisation nécessite des moyens et du temps qui ne permettent pas à ce mémoire de la mettre en pratique. Elle pourra l'être une fois présentée au Comité de Protection des Personnes (CPP).

Deux groupes indépendants seront présents dans cette étude, avec une proportion de patient randomisée de manière équitable.

Un groupe sera le groupe interventionnel dit « groupe test » qui réalisera le protocole d'entrainement pliométrique en fin de rééducation dans le cas de la tendinopathie patellaire. L'autre groupe dit « groupe contrôle » suivra uniquement la rééducation classique décrite dans la littérature.

L'étude durera 6 semaines et sera réalisée par des kinésithérapeutes ayant suivi une formation spécialisée dans le sport et intégrés à une CPTS*.

L'objectif étant d'évaluer et de comparer les performances sportives entre les 2 groupes indépendants.

3.1.2. Déroulement global

L'intervention durera 6 semaines, comprenant une évaluation initiale, une évaluation intermédiaire ainsi qu'une évaluation finale avec 3 entraînements pliométriques par semaine pour le groupe test tandis que l'autre groupe poursuivra sa rééducation standard. Les patients doivent remplir les critères d'éligibilité et informer de leur consentement.

3.2. Population

3.2.1. Recrutement

Un recrutement basé sur le volontariat sera mis en place chez les personnes pratiquant le basketball et licenciées dans le comité du nord de basketball ; adultes âgés entre 18 et 50 ans, peu importe le sexe, en fin de rééducation de tendinopathie patellaire, notons que cette période est très variable car elle dépend de nombreux facteurs (intrinsèques et extrinsèques) et peut varier d'une pathologie légère avec 20 jours de rééducation à une plus lourde, voir chronique (environ 90 jours à 6 mois de prise en charge) (1) donc on considérera qu'un patient est en fin de rééducation lorsqu'il sera capable de réaliser des exercices de renforcement avec une force pratiquement similaire à la période pré-tendinopathie et surtout avec un minimum de douleur (cf critères d'inclusion).

Un recruteur proposera à l'ensemble des clubs de la MEL de transmettre le protocole à ses licenciés, ceux remplissant les critères annoncés, pourront participer à l'étude.

3.2.2. Taille de l'échantillon

En prenant en compte l'ensemble des critères ainsi que l'importance de l'implication au protocole, la proportion de l'échantillon ne sera pas très importante. En se basant sur l'étude de Pedro Jimenez-Reyes et al évaluant l'efficacité d'un entrainement individuel pliométrique, une sélection de 80 athlètes pourra être un bon compromis dans la réalisation de cette étude.(44)

La prévalence de la tendinopathie patellaire étant de 36% chez les basketteurs, et sachant que l'on compte 31 000 licenciés dans le Nord, on a donc environ 11 000 personnes susceptibles d'être incluses dans l'étude (sans les critères d'inclusion/exclusion).(3)

Avec un niveau de confiance à 95% et une marge d'erreur à 5% sur une population de 11 000 personnes, un échantillon initial de 372 sujets serait optimal.

CONSORT

TRANSPARENT REPORTING of TRIALS

CONSORT Flow Diagram

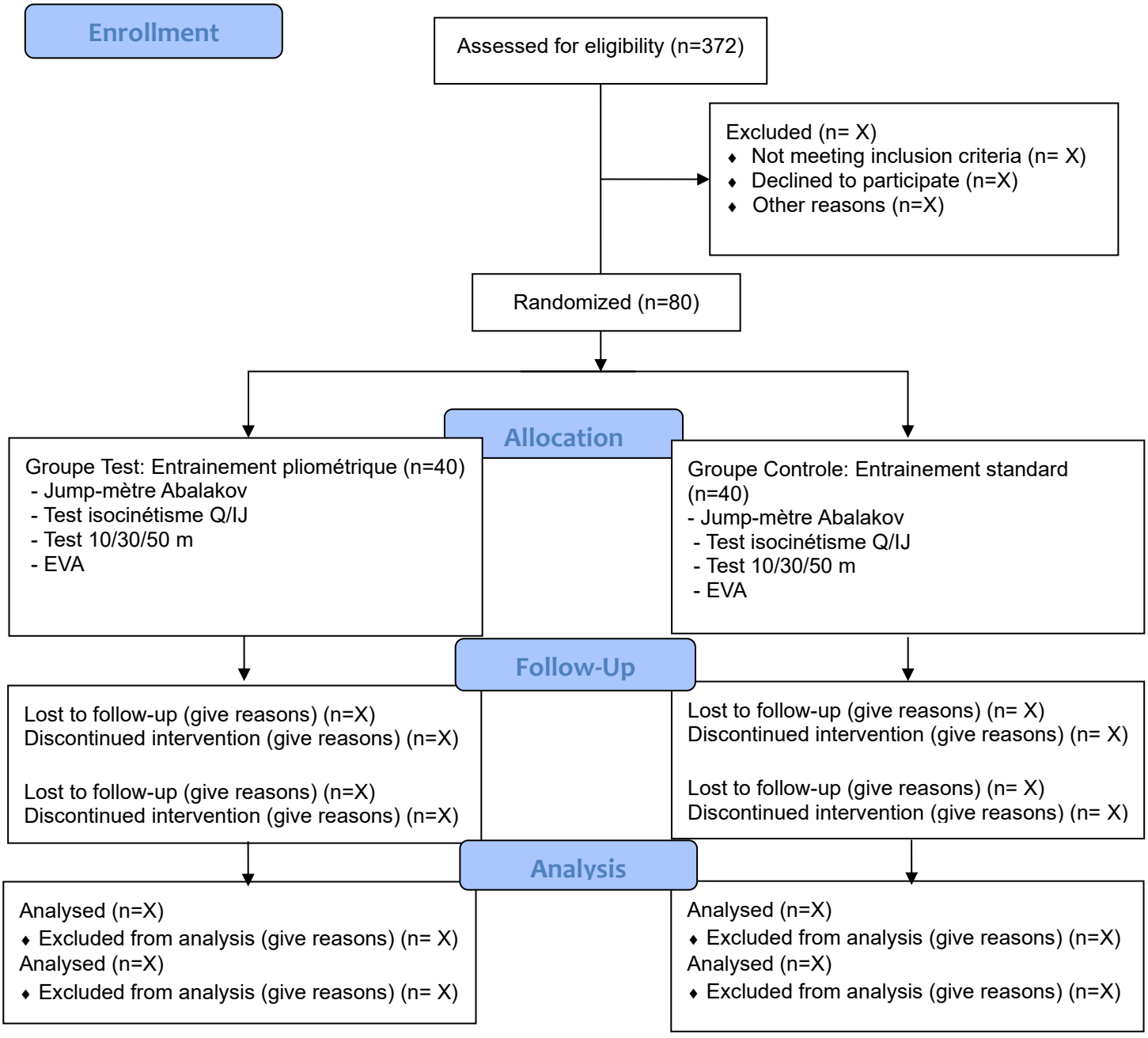

Figure 10- Diagramme de flux CONSORT (45)

3.2.3. Consentement

Une note d'information sera à remettre à tous les participants. L'intérêt, les objectifs et le plan de déroulement de l'étude sera décrit en détail afin de ne pas surprendre le participant et ainsi éviter tout désistement lié à divers facteurs.

Pour cela, un entretien avec un kinésithérapeute responsable du programme aura lieu afin de vérifier que tous les éléments de celui-ci soient clairs.

Le droit de rétractation, les séances prescrites, la coordination avec les assurances/mutuelles seront décrits également.

Ce formulaire devra être remplis par le participant (informations personnelles) et soumis à une signature de celui-ci ainsi que de l'investigateur de l'étude. (ANNEXE)

3.2.4. Critères d'inclusion

. Hommes et femmes

. Agés de 18 à 50 ans

. Suivant une rééducation pour la tendinopathie patellaire

. Licenciés dans un club de basket-ball

. Douleur sur l'EVA < ou égal à 3 à l'exercice

. Ayant donnés leur consentement via le formulaire

3.2.5. Critères d'exclusion

. Patients non compris dans la tranche d'âge entre 18 et 50 ans

. Basketteurs exclusivement récréatifs

. Douleur sur l'EVA > 3 à l'exercice

. Patients avec des pathologies lourdes (types neurologique, métastasique, infectieuses)

. Présentant des contre-indications à l'entrainement pliométrique

. Pas de consentement écrit

. Abandonnant le protocole

. Développant des effets indésirables significatifs

3.3. Randomisation

Un échantillonnage stratifié sera réalisé, cela va consister à séparer la population en différents groupes d'individus répartis selon des critères, les individus de la population possèdent une/des caractéristique(s) commune(s) pouvant influencer les résultats de l'étude. A noter que chaque individu ne doit faire partie que d'un seul groupe.

Dans cette étude les sujets seront répartis en 2 groupes, suivant une randomisation stratifiée, à l'aide d'un logiciel informatique.

Les patients remplissant les critères d'inclusion seront stratifiés selon leur âge et leur sexe car ces facteurs peuvent exercer une influence sur les résultats des données recueillies. Il a été décrit qu'avec l'âge il existait une régression de l'ensemble des fonctions physiologiques (psychologiques également) ; le système musculosquelettique ne faisant pas exception. (46) De plus le vieillissement affecte la perception de la douleur (diminution des fibres nerveuses delta détectant les signaux douloureux) mais aussi sa conduction par dysfonction neuronale générale. (47) En ce qui concerne le sexe, les femmes obtiennent de moins bons résultats dans la performance aux sauts. (48) La méta analyse de Goran Markovic sur l'amélioration du saut vertical avec l'entrainement pliométrique conclut qu'il n'y avait pas de différence significative dans les résultats que ce soit chez l'athlète de « haut » niveau ou non, il n'est donc pas impératif de stratifier ces deux populations.(49)

3.4. Matériel

Pour la réalisation du protocole il n'y a pas de nécessité de matériel particulier, en effet il peut être entièrement adapté dans la mesure où le patient n'a pas les moyens (quel qu'il soit) de se procurer tout type de matériel. Cependant il sera recommandé de préciser, lors de l'analyse des résultats du protocole, si le patient a pu bénéficier d'appareils spécifiques (ex : dispositif

de cryothérapie, feedback EMG…). Notons que la faible exigence de matériel pourrait permettre une meilleure observance et un accès plus large au traitement.

Matériels de mesure des critères de jugement :

Afin de mesurer les critères de jugement, les thérapeutes devront se doter d'un jumpmètre ABALAKOV pour les sauts verticaux, d'une échelle numérique (EN) cotée de 1 à 10 pour la douleur, d'une machine d'isocinétisme couple quadriceps/ischio-jambiers pour la force et enfin un terrain assez large pour réaliser des tests de vitesse sur 10, 30 et 50m.

3.5. Données recueillies

3.5.1. Critères de jugement du protocole

3.5.1.1. Critère de jugement principal : saut vertical

Le saut vertical est largement utilisé comme test de terrain concernant les capacités d'un sportif à développer sa puissance musculaire.(50) On mesure la distance séparant le sol du talon de l'athlète lors de son saut, le départ s'effectue en position debout, le mouvement de balancier des membres supérieurs est permis ; le sujet réalisera ensuite une flexion des MI immédiatement suivi d'une extension complète (cf.*Figure 10)*, la consigne est simple, il faut sauter le plus haut possible. Le sujet se place sur une plateforme en caoutchouc avec une plage de mesure de 5 à 99 cm ; c'est ce qu'on appelle le jump-mètre Abalakov. Notons qu'il permet également de mesurer la puissance générée lors du saut.

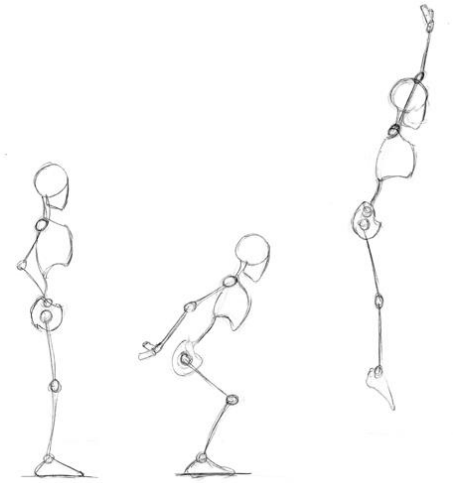

Figure 10- Abalakov Jump

3.5.1.2. Critères de jugement secondaires

3.5.1.2.1. Force des MI

La force des MI équivaut à la force mécanique produite par la contraction musculaire de l'ensemble des muscles des MI, elle peut être calculée de manière simple en kilogramme ou encore en Newton par mètre (N.m). Plusieurs facteurs que ce soit structurel ou enzymatique détermine la force musculaire : le type de fibre musculaire, la trophicité, la vitesse de contraction, l'âge, le sexe etc (51)

Afin de suivre l'évolution de la force au cours du protocole, un test d'isocinétisme en 1RM* ciblé sur le couple Quadriceps/ Ischio-jambiers sera mis en place grâce à une machine d'isocinétisme type HUMAC NORM permettant d'avoir un compte rendu précis sur la force développée lors du test.

Il a été démontré que le pic de contraction isocinétique était corrélé avec la masse musculaire ainsi que la force générale produite par les muscles concernés.(52)

3.5.1.2.2. Vitesse

Les études montrent que les tests de sprint linéaire (de 5 à 40m) peuvent être utilisés pour déterminer l'accélération et la vitesse maximale.(53)

Ceux-ci doivent être réalisés dans les mêmes conditions afin d'être le plus reproductible et valide possible ; on doit y retrouver le même type de surface au sol, les mêmes chaussures, les mêmes conditions météorologiques si réalisés en extérieur, et il faudra signaler si le patient souffre de douleur particulière avant, pendant, voir après la réalisation des tests.

3.5.1.2.3. Douleur

Selon l'INSERM, la douleur est définie comme une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée, ou ressemblant, à celle liée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle. En neurologie elle correspond en partie à la nociception.

Elles sont classifiées selon leur nature et leur durée ; on peut retrouver des douleurs type inflammatoires, neuropathiques, mixtes, nociplastiques, chroniques ou aiguës. Diverses sous-classes existent comme les douleurs musculaires, articulaires, tissulaires ... (54)

La douleur, étant en grande partie subjective, est difficile à évaluer ; elle est propre au patient et peut varier selon de nombreux paramètres. En effet le contexte affectif, socio-culturel, ethnologique ou religieux peut moduler la perception de la douleur.(55)

L'intérêt de l'EN* dans la mesure de la douleur dans ce protocole est que sa mise en place est simple et rapide. Elle possède également une meilleure réactivité aux symptômes fluctuants et des propriétés psychométriques supérieures (fidélité, sensibilité et spécificité). Elle est d'ailleurs acceptée par l'HAS* dans la prise en charge de la douleur.(56)

3.6. Protocole

3.6.1. Mesure des critères de jugement :

Avant la mise en place du protocole, les sujets seront soumis à la batterie de tests initiale, c'est-à-dire l'ensemble des tests permettant d'évaluer les critères de jugement définis précédemment.

L'athlète aura donc :

- ➔ Sa détente verticale exprimée en cm
- ➔ La force qu'il est capable de développer lors d'un test isocinétique Q/IJ en N.m
- ➔ Sa vitesse maximale sur 10-30 et 50m en m/s (conversion en km/h possible pour une meilleure compréhension du patient)

En ce qui concerne la douleur, à chaque séance de pliométrie, la mesure de la douleur sera prise à 3 moments différents :

- ➔ Avant de débuter la séance
- ➔ A la fin de chaque exercice
- ➔ En fin de séance

Une batterie de tests intermédiaire aura lieu à la fin de la 3e semaine du protocole lors d'une séance à part entière.

Et enfin les tests finaux seront réalisés au bout des 6 semaines.

A noter que le test de saut vertical ainsi que de force seront réalisés trois fois, la meilleure valeur sera retenue.

3.6.2. Protocole de rééducation

Le groupe contrôle continuera sa rééducation dite standard dans la prise en charge de la tendinopathie patellaire pendant toute la durée de l'étude. Les kinésithérapeutes auront un

protocole classique comprenant (au stade de fin de rééducation) un renforcement avec augmentation de la charge tendineuse (HSR/excentrique/exercices isotoniques) ainsi que tous outils de physiothérapie disponibles. Concernant le groupe test, il passera de sa rééducation standard à sa rééducation pliométrique suivant le protocole suivant :

SEMAINE	EXERCICES	DESCRIPTION	GROUPE TEST	GROUPE CONTROLE
1	**SQUAT JUMP**	Le départ du saut s'effectue en position de « squat », les genoux fléchis à un angle d'environ 90°.Les mains sont placées sur les hanches afin d'éviter tout mouvement de balancier des bras. Le patient a pour consigne de sauter le plus haut possible en évitant d'augmenter la flexion des MI lors du départ du saut.	Répétitions : **10/10/10/10** Temps de repos : **2 min de repos entre chaque série**	Suite de protocole de rééducation type HSR/ excentrique/ isotonique
	SAUTS LATERAUX	Le patient réalise des sauts de gauche à droite et inversement, en se réceptionnant sur une jambe et en rebondissant sur celle-ci.	Répétitions : **15/15/15/15** Temps de repos : **2 min de repos entre chaque série**	
	COUNTER MOVEMENT JUMP	Similaire au squat jump, le patient doit cependant réaliser un « contre-mouvement » vers la flexion des MI suivi immédiatement d'une extension complète.	Répétitions : **10/10/10/10** Temps de repos : **2 min de repos entre chaque série**	

2	**COUNTER MOVEMENT JUMP**	Idem que la semaine 1	<u>Répétitions :</u> **10/10/10/10** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	Suite de protocole de rééducation type HSR/ excentrique/ isotonique
	SAUTS LATERAUX	Idem que la semaine 1	<u>Répétitions :</u> **15/15/15/15** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	
	SPLIT SQUAT JUMP	Le patient se place en position de fente et réalise un saut. La jambe située à l'avant et celle en arrière alternent à chaque saut.	<u>Répétitions :</u> **10/10/10/10** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	
3	**COUNTER MOVEMENT JUMP**	Idem + ajout d'un gilet lesté de 5kg	<u>Répétitions :</u> **10/10/10/10** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	Suite de protocole de rééducation type HSR/ excentrique/ isotonique
		Idem que la semaine 2	<u>Répétitions :</u>	

	SPLIT SQUAT JUMP		**15/15/15/15** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	
	DROP JUMP	Le patient se place sur la « jump box », celle-ci d'une hauteur de 60 cm. Il se laisse tomber de la box et saute le plus rapidement possible dès sa réception au sol.	<u>Répétitions :</u> **8/8/8/8** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	
4	**COUNTER MOVEMENT JUMP**	Idem que la semaine 3	<u>Répétitions :</u> **10/10/10/10** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	Suite de protocole de rééducation type HSR/ excentrique/ isotonique
	DROP JUMP	Idem que la semaine 3	<u>Répétitions :</u> **8/8/8/8** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	
	DEPTH JUMP	Similaire au drop jump, mais dans cet exercice l'ensemble des MI vont réaliser	<u>Répétitions :</u> **8/8/8/8**	

		une flexion bien plus importante à la réception avant le saut vertical.	Temps de repos : **2 min de repos entre chaque série**	
5	**DROP JUMP**	Idem que la semaine 3 et 4	Répétitions : **8/8/8/8** Temps de repos : **2 min de repos entre chaque série**	Suite de protocole de rééducation type HSR/ excentrique/ isotonique
	DEPTH JUMP	Idem que la semaine 4	Répétitions : **8/8/8/8** Temps de repos : **2 min de repos entre chaque série**	
	JUMPING BOX	Le patient doit réaliser un saut sans élan et atterrir sur une box d'une hauteur de 60cm.	Répétitions : **6/6/6/6** Temps de repos : **2 min de repos entre chaque série**	
	JUMPING BOX	Idem que la semaine 5	Répétitions : **8/8/8/8** Temps de repos :	Suite de protocole de rééducation type HSR/

			2 min de repos entre chaque série	excentrique/ isotonique
6	**DEPTH JUMP**	Idem que la semaine 4 et 5	<u>Répétitions :</u> **8/8/8/8** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	
	SINGLE LEG HOPS	Le patient se place sur une jambe et réalise un saut vertical. Il peut s'aider du balancier des bras et de la flexion de hanche controlatérale genou fléchi. La réception se fait sur les deux MI.	<u>Répétitions :</u> **6/6/6/6 de chaque jambe** <u>Temps de repos :</u> **2 min de repos entre chaque série**	

3.6.3. Déroulement global

Chaque séance de pliométrie sera supervisée par un thérapeute participant à la mise en place du protocole. Celui-ci sera divisé en 6 semaines, avec 3 entrainements par semaine contenant 3 exercices différents. Ces exercices seront sujets à des modifications en fonction des semaines (nombre de répétitions, complexité). De plus, 48h de repos minimum seront imposées au patient.

Avant les exercices, un échauffement sera demandé au patient ; celui-ci réalisera 5x45 secondes de contraction isométrique à l'exercice de la chaise contre un mur puis 3 minutes de corde à sauter.

Ensuite, en post-training, le patient réalisera 5 minutes d'automassage léger type MTP sur le tendon patellaire en position d'étirement (vu avec le kinésithérapeute au préalable) ainsi que 10 min de cryothérapie sur la même zone en cas de douleur ou d'inflammation.

3.6.4. Justification des composantes du protocole

Echauffement :

➔ Isométrique :

Il a été démontré que, lors de la contraction isométrique, on retrouve un effet analgésique durant environ 45 minutes. Cela serait dû à un changement au niveau cortical et un recrutement des motoneurones plus important que lors de la contraction excentrique/concentrique, notamment sur des lésions cellulaires musculo-tendineuses. Les recommandations sont de 5 répétitions à 70% MVIC*.(22)

➔ Corde à sauter :

Les recommandations en termes d'échauffement pour un effort de courte durée avec une intensité haute se portent sur une durée d'échauffement inférieure à 5 min avec une intensité faible autour de 40%VO2max. Cela apporterait de multiples bénéfices ; il permet un rodage articulaire, un recrutement des motoneurones, une augmentation du métabolisme (sphère cardio-vasculaire/ température corporelle/ régulation hormonale) et contribuerait donc à la prévention des blessures. (57)

Post-training :

➔ MTP :

Selon les études le MTP ne montrerait pas une grande efficacité dans le contrôle de la douleur et la récupération notamment dans les cas de tendinites, cependant il reste un automassage très simple à réaliser soi-même favorisant l'autonomie du patient ; et son effet vasodilatateur apportant les nutriments nécessaires à la cicatrisation reste une piste intéressante dans le traitement de la TP. (58)

➔ Cryothérapie :

Utilisé seulement pour le côté analgésique ou si le genou est considéré comme inflammatoire, dans d'autre cas, on laisse la cryothérapie de côté afin de ne pas enrailler le processus de cicatrisation. (11)

Entrainement :

➔ Durée :

Aucune durée de séance a montré plus de bénéfices qu'une autre, néanmoins, en prenant en compte la durée moyenne d'une séance de kiné ainsi que le temps libre consacré au sport dans une population certes catégorisée comme « athlétique » mais ayant des occupations tierces comme la vie sociale (famille, amis) ou encore professionnelle, et en prenant en compte la variation de motivation à moyen et long-terme ; une séance de pliométrie se situant entre 30 et 45 min semble être un bon compromis.(59)

➔ Fréquence :

La fréquence d'entrainement, par exemple 1 contre 2 séances par semaine ne semble pas affecter les adaptations physiologiques en termes de bénéfice chez l'athlète (du moins sur le court terme <8 semaines) donc chez un patient ne disposant pas de beaucoup de temps libre une seule séance par semaine sera préconisée (à condition qu'elle soit réalisée correctement).Toutefois, chez un patient recherchant une optimisation maximale de ses performances, on se dirigera vers 3 séances au maximum ; on augmentera en parallèle les temps de récupération, et des exercices de renforcement type hypertrophie pourront être ajoutés pour la prévention des blessures. (59)

➔ Volume :

D'après les meilleures preuves disponibles il est démontré qu'entre un volume de saut faible (132 sauts/semaine) et un modéré (236 sauts/semaine) les améliorations de la condition physique semble être similaires. Dans le protocole proposé le volume est conséquent en début de prise en charge sur des exercices plus simples et moins traumatisants afin que le patient intègre le schéma moteur correct à la réalisation des sauts. Vers la fin du protocole on diminuera le volume sur des exercices plus complexes toujours en essayant de rechercher une intensité quasi-maximale à maximale. (60)

➔ Intensité :

Dans l'ensemble des études l'intensité prescrite était maximale, cependant aucune mesure ne permettait d'affirmer que le patient l'était constamment. Il semblerait que cette prescription soit essentielle pour obtenir les adaptations souhaitées. Cela étant dit, à intensité maximale on retrouvera une vigilance maximale du thérapeute dans le bon déroulement de la séance (sécurité, bon schéma moteur, signes de fatigue important…) (44) (61)

➔ Récupération :

Les intervalles de repos relativement courts (environ 30 secondes) et ceux plus longs (environ 120 secondes) permettent des améliorations significatives de la condition physique dans les programmes d'entrainement de sauts. Ce qui fera varier ce temps de repos, c'est l'adaptation au patient, en effet, des intervalles de récupération plus longs seront à favoriser chez des patients plus âgés (avec une plus grande maturité biologique).(62)

Pour la récupération entre les séances, des facteurs comme l'expérience, l'habitude d'entrainement au saut, l'âge, l'intensité, la stratégie de récupération (active ou passive) devront être pris en compte.

Lorsque la charge totale est plutôt modérée (100 à 200 sauts par semaine) un repos intersession entre 48h et 168h serait efficace. Le protocole comportant une charge totale légèrement supérieure en début de prise en charge puis diminuant, la récupération sera surtout à adapter en fonction du patient ; sachant qu'il réalise 3 entrainements, une récupération de 48h pourra être déterminée. Il faudra également s'adapter avec les créneaux d'entrainement du patient. (63)

➔ Surcharge progressive :

En termes de volume, une progression de 10% par semaine semblerait efficace dans l'amélioration des conditions physiques. Néanmoins, la progressivité dans ce protocole est ciblée sur le degré de difficulté des exercices (étant évidemment plus énergivore pour le patient). Le ressenti du patient pourra être utilisé afin de moduler la surcharge progressive durant les séances. (64)

➔ Stratégies de diminution :

Le type de surface à privilégier sera au mieux du parquet (plus spécifique au sport), sinon revêtement classique type sol souple d'un plateau technique.

3.7. Critères d'interruption de l'intervention attribuée dans les deux groupes

Initialement, si l'étude se retrouve face à un obstacle de recrutement par rapport aux participants ou que les données concernant les programmes de pliométrie sont jugées comme étant insuffisantes notamment par le CPP, la recherche peut être suspendue ou arrêtée.

Divers évènements pourront perturber l'étude et venir mettre fin à la participation d'un sujet :

- ➔ Critères d'exclusion
- ➔ Non suivi du protocole
- ➔ Défaut de communication/ trouble du comportement
- ➔ Exacerbation de la sémiologie ou altération générale du patient voire décès
- ➔ Rétractation de celui-ci

3.8. Récolte des données

Effectué par une tierce personne n'ayant pas connaissance de l'identité des groupes afin de minimiser les biais ; elle prendra en compte toutes les données recueillies dans le but de les analyser.

Les individus seront anonymes, et on pourra prendre certains critères comme leur âge et leur sexe, puis les critères de jugement à différentes périodes du protocole et enfin l'ensemble des données qui y correspondent.

Caractéristiques	Sujet 1	…	Sujet X	Moyenne	Ecart-type
Sexe					
Age					
Détente verticale					
Force des MI					
Vitesse					
EN					

Ce tableau pourra être utilisé pour l'ensemble des batteries de tests (initial, intermédiaire, final).

Notons que les données récoltées et retranscrites dans ce tableau permettront d'effectuer la répartition des sujets aux 2 groupes de l'étude lors des tests initiaux.

Ensuite on dressera un tableau comparatif entre les sujets du groupe test et ceux du groupe contrôle avec les valeurs évaluées à la batterie de test final :

Caractéristiques	Groupe Test	Groupe Contrôle
Détente verticale (S6)		
Force des MI (S6)		
Vitesse (S6)		
EN (S6)		

L'évaluation de la douleur devra se présenter dans un tableau comme ceci :

EN					
	Avant séance	**Fin du 1ere exercice**	**Fin du 2eme exercice**	**Fin du 3eme exercice**	**Après séance**
S1	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**
S2	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**
S3	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**
S4	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**
S5	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**
S6	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**	**X/X/X**

3.9. Méthode statistique

L'ensemble des analyses statistiques pourra être effectué avec la supervision d'un statisticien, et passant par un logiciel comme JMP clinical ou XLSTAT.

Afin de vérifier l'efficacité de la randomisation ainsi que d'assurer la comparabilité des deux groupes, il est nécessaire de vérifier l'homogénéité des groupes. Pour cela, le test Z sera utilisé pour les variables quantitatives (âge, données mesurées), ainsi que le test x2 d'indépendance pour les variables nominales (sexe du sujet).

L'ensemble des statistiques descriptives sera analysé, avec la moyenne et l'écart-type correspondant, nous permettant de calculer les statistiques inférentielles finales. On pourra alors effectuer une comparaison intra et inter-groupe des résultats, il en découlera une interprétation justifiée.

3.10. Ethique

Toute recherche doit respecter des principes éthiques ; un soin tout particulier doit être apporté lorsque l'étude met en jeu la santé des participants.

4. DISCUSSION

Cette étude a donc pour objectif de comparer les effets de l'entrainement pliométrique pur avec une rééducation dite « standard », sur des critères évaluables, tel quel la détente verticale, la force, la vitesse et la douleur. Sa conception a été agencée de façon à être la plus abordable possible que ce soit en termes de matériel (hors matériel de mesure) ou en gestion du temps.
La validité interne et externe de l'étude se concentrent sur des bases solides, rencontrant cependant certaines interrogations.

Pertinence de l'étude :

Premièrement, l'entrainement pliométrique, bien qu'ayant été l'objet de plusieurs recherches sérieuses, est une thérapie peu adoptée et peu connue voir inconnue aux yeux d'une majorité de patients et même des thérapeutes. Conseillée dans certains protocoles standard de rééducation de la TP, elle est souvent oubliée à la place du renforcement type isotonique.
En effet, la pliométrie est davantage liée à des mouvements fonctionnels, particulièrement chez la population concernée dans l'étude ; elle a démontré de nombreux bénéfices sur le plan athlétique et peut être considérée comme une arme supplémentaire chez un sujet souhaitant être plus compétitif dans sa discipline. Notons que les résultats obtenus traitent plusieurs aspects de la performance. Enfin, ce protocole, une fois appréhendé par le patient, est entièrement réalisable en autonomie et à domicile.

Limite et biais :

Il est fondamentalement admis que les hommes et les femmes présentent des différences sur le plan physique, en effet un homme aura généralement un score plus élevé lors des tests, mais témoignera aussi d'une progression plus importante à la suite des entrainements pliométriques. (48)

La durée du protocole est un facteur influençant les résultats, certaines variables sont considérablement améliorées avec une durée d'intervention relativement courte (<7 semaines). Bien que les résultats des études suggèrent des adaptations précoces (après 4 semaines notamment), il convient de noter que de plus grandes améliorations soient attendues après des interventions à long terme. (59)
De plus, une majorité d'études rapporte des bénéfices dans le cadre du court et moyen terme, très peu sur le long terme. En résumé, dans l'entrainement pliométrique, on retrouve une période précoce avec une adaptation importante, puis une période où les performances continuent d'augmenter mais moins de manière exponentielle, et enfin une période de stabilisation des performances, équivalente au long-terme. Notons que comme pour tous types d'entrainement, le risque de surutilisation/surentrainement n'est pas à écarter.

D'autre part, le calcul de la taille de l'échantillon suggère que 372 patients devront être sélectionnés afin de récolter des résultats statistiquement significatifs. Néanmoins, pour des raisons de faisabilité, seulement 80 athlètes participeront à l'étude.

En ce qui concerne la mesure des critères de jugement, l'EN évaluant la douleur peut se révéler biaisée car la douleur reste subjective et varie selon de nombreux facteurs. (cf 3.5.1.2.3.)
Il convient de mentionner que le jumpmètre Abalakov possède une plage de 5-99 cm, donc si un sujet réalise une performance supérieure, aucune donnée ne pourra être retranscrite. Il n'est pas non plus considéré comme un moyen d'évaluation validé.

L'exécution des exercices, relevant de gestes complexes polyarticulaires et cinématiques, est sujet à de nombreux mouvements parasites, qui peuvent différer d'un athlète à l'autre malgré les consignes claires du thérapeute. Cela pourrait alors affecter les résultats obtenus. De plus la notion d'intensité maximale n'est pas toujours respectée ni même vérifiable et la validité inter-examinateur lors des batteries de tests reste un paramètre pouvant impacter les données.

Des paramètres liés au patient peuvent aussi peser sur la balance ; on peut retrouver des pathologies associées comme des lésions méniscales ou ligamentaires collatérales parfois

dissimilées par la TP. L'observance du patient, son hygiène de vie (lié à la récupération), sa rigueur notamment dans l'arrêt des entrainements préconisé pendant la durée du protocole et lors des séances de pliométrie sont imprévisibles et influencent les résultats. A noter que l'évolution de la pathologie est fluctuante, avec un taux important de chronicisation et récidives.(65)
Certaines variations peuvent être attachées aux compétences de l'évaluateur, le diagnostic peut être erroné ou incomplet et la surveillance/vigilance insuffisante.

Résultats attendus :

Le critère de jugement principal, la détente verticale ; est équivalente dans les études à la performance aux sauts. L'entrainement pliométrique améliorerait le recrutement des unités motrices, la coordination intermusculaire (capacité à activer/désactiver un groupe musculaire), la transmission des impulsions neuronales vers les muscles agonistes, permettant ainsi une augmentation significative des données mesurées lors des tests de sauts.(66)
Notons que cela participe au développement athlétique au long terme, particulièrement chez les plus jeunes.(67)

Une diminution des temps de sprint court (<10m) et long (>10m) a été observé chez un groupe de basketteurs avec entrainement pliométrique en comparaison avec un groupe témoin sans pliométrie ajoutée (chez une population de basketteurs également).(68)
Cela pourrait être expliqué par une activation neuromusculaire accrue des muscles entrainés, ainsi qu'une implication plus importante des fibres musculaires à contraction rapide.(69)

De plus, on retrouverait une optimisation de la raideur musculo-tendineuse, témoin de l'efficacité de la restitution d'énergie.(6)
Enfin, il faut rajouter que les sauts horizontaux incorporés dans l'entrainement pliométrique seraient une stratégie adéquate dans la performance au sprint car la force horizontale est la composante majeure dans l'accélération des sprints linéaires.(70)

Concernant la force maximale, on retrouve des améliorations significatives à modérées.
Les adaptations neuronales, l'amélioration de la fréquence de déclenchement des unités motrices, la synchronisation de celles-ci etc peuvent aussi expliquer ces résultats ; ce sont des mécanismes adaptatifs permettant d'optimiser la force générée. (6)

L'hypertrophie musculaire engendrée par le renforcement a aussi son rôle dans le gain de force constaté.(71)
Toutefois, le ratio de force Q/IJ ne semble pas être sensible à l'entrainement pliométrique.(36)

Du côté de la douleur, bien évidemment la diminution de celle-ci sera recherchée.
Il est admis que le renforcement progressif dans le cas de tendinopathie amène à une consolidation avec normalisation des symptômes (douleur comprise) ainsi qu'une hypertrophie de la structure tendineuse. Cependant, à noter que la douleur dans les tendinopathies, est multimodale et possède diverses étiologies/mécanismes (douleur lésionnelle, nociception, douleur projetée, allodynie…). (72)

Effets indésirables :

Dans la méta-analyse de Markovic et al, aucune blessure liée à l'intervention n'a été signalé.
Correctement programmés et supervisés, les entrainements pliométriques réduiraient même le risque de blessure. (6)
Toutefois, la prudence est de mise chez les personnes en mauvaise condition physique avec de faibles niveaux de force et une incapacité à décélérer sa masse corporelle lors des phases d'atterrissage.
Seuls des volumes plus élevés ont été associés à un risque accru de blessures ; chez les femmes en particulier.(73)

En résumé, il n'y aurait pas d'effet indésirable direct lié à la pliométrie, cela étant dit ; étant une thérapie de haute énergie et impliquant un schéma moteur spécifique ; des facteurs accidentels ou lié à la négligence du thérapeute (mauvaise consigne, pas de surveillance) pourraient amener à l'apparition de blessures.

5. CONCLUSION

Dans la pratique sportive du basketball, la tendinopathie patellaire est une des pathologies les plus répandues et dans certains cas, ampute les performances de l'athlète, pouvant conduire à une baisse de compétitivité voir de motivation.
La rééducation souvent décrite, enseignée et transmise montre effectivement des résultats positifs notamment dans la diminution des symptômes ainsi que dans le gain de force musculaire ; elle serait tout à fait adaptée au sujet sportif ou non, souffrant de cette tendinopathie sans la recherche de l'optimisation de ses performances (particulièrement dans les premières phases de prise en charge).

Or, un nombre important d'études a permis de démontrer les effets significatifs de l'entrainement pliométrique concernant les performances athlétiques.
Donc, la conception d'un programme centré essentiellement sur la pliométrie pourrait se montrer plus que pertinent, surtout qu'il se base sur des mouvements et un mode de contraction musculaire fonctionnel lié à la pratique des participants.
Cependant, certains points restent à éclaircir ; en effet on se situe en fin de rééducation ce qui signifie que la pathologie n'est pas entièrement résorbée, il existe donc un risque d'aggravation voir de récidive car aucune étude à ma connaissance n'a encore réalisé de protocole basé sur la pliométrie chez une population encore en rééducation de TP.

On peut estimer que cette proposition d'essai contrôlé randomisé pourrait avoir un impact sur la reprise en compétition en termes de durée (réduction du temps d'arrêt) car s'introduit dans la rééducation fonctionnelle, mais aussi en termes de compétitivité car elle apporte des bénéfices significatifs ; tout cela basé sur des critères de mesures évaluables et précis. La comparaison entreprise et les résultats fournis démontreraient la pertinence du programme, ainsi que la plus-value du travail pliométrique dans le cas étudié.

6. BIBLIOGRAPHIE

1. Rudavsky A, Cook J. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). J Physiother. sept 2014;60(3):122-9.

2. Sprague AL, Smith AH, Knox P, Pohlig RT, Grävare Silbernagel K. Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. déc 2018;52(24):1575-85.

3. Statistiques des licences | FFBB [Internet]. [cité 4 oct 2023]. Disponible sur: http://www.ffbb.com/ffbb/statistiques-licences

4. DeHaven KE, Lintner DM. Athletic injuries: comparison by age, sport, and gender. Am J Sports Med. 1986;14(3):218-24.

5. Abdelkrim NB, Fazaa SE, Ati JE. Time–motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. Br J Sports Med. févr 2007;41(2):69-75.

6. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. Sports Med. 1 oct 2010;40(10):859-95.

7. Muaidi QI. Rehabilitation of patellar tendinopathy. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2020;20(4):535-40.

8. Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. Am J Sports Med. avr 2005;33(4):561-7.

9. Andreoli CV, Chiaramonti BC, Buriel E, Pochini A de C, Ejnisman B, Cohen M. Epidemiology of sports injuries in basketball: integrative systematic review. BMJ Open Sport Exerc Med. 2018;4(1):e000468.

10. Cook JL, Rio E, Purdam CR, Docking SI. Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? Br J Sports Med. oct 2016;50(19):1187-91.

11. Schwartz A, Watson JN, Hutchinson MR. Patellar Tendinopathy. Sports Health. 2015;7(5):415-20.

12. Aicale R, Oliviero A, Maffulli N. Management of Achilles and patellar tendinopathy: what we know, what we can do. J Foot Ankle Res. 29 sept 2020;13(1):59.

13. Santana JA, Mabrouk A, Sherman A l. Jumpers Knee. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cité 4 oct 2023]. Disponible sur: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532969/

14. King D, Yakubek G, Chughtai M, Khlopas A, Saluan P, Mont MA, et al. Quadriceps tendinopathy: a review, part 2—classification, prognosis, and treatment. Ann Transl Med. févr 2019;7(4):72.

15. Purdam CR, Cook JL, Hopper DM, Khan KM, VIS tendon study group. Discriminative ability of functional loading tests for adolescent jumper's knee. Physical Therapy in Sport. 1 févr 2003;4(1):3-9.

16. Visentini PJ, Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Harcourt PR, Wark JD. The VISA score: An index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). Journal of Science and Medicine in Sport. janv 1998;1(1):22-8.

17. Dubois B, Esculier JF. Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. Br J Sports Med. janv 2020;54(2):72-3.

18. Leeuwen MT van, Zwerver J, Akker-Scheek I van den. Extracorporeal shockwave therapy for patellar tendinopathy: a review of the literature. British Journal of Sports Medicine. 1 mars 2009;43(3):163-8.

19. van der Worp H, van den Akker-Scheek I, van Schie H, Zwerver J. ESWT for tendinopathy: technology and clinical implications. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1 juin 2013;21(6):1451-8.

20. Pedrelli A, Stecco C, Day JA. Treating patellar tendinopathy with Fascial Manipulation. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 1 janv 2009;13(1):73-80.

21. Stasinopoulos D, Stasinopoulos I. Comparison of effects of exercise programme, pulsed ultrasound and transverse friction in the treatment of chronic patellar tendinopathy. Clin Rehabil. juin 2004;18(4):347-52.

22. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. Br J Sports Med. oct 2015;49(19):1277-83.

23. Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training - Kongsgaard - 2007 - Acta Physiologica - Wiley Online Library [Internet]. [cité 25 oct 2023]. Disponible sur: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-1716.2007.01714.x

24. Willberg L, Sunding K, Öhberg L, Forssblad M, Alfredson H. Treatment of Jumper's knee: promising short-term results in a pilot study using a new arthroscopic approach based on imaging findings. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1 mai 2007;15(5):676-81.

25. Burton I. Interventions for prevention and in-season management of patellar tendinopathy in athletes: A scoping review. Phys Ther Sport. mai 2022;55:80-9.

26. Présentation générale | FFBB [Internet]. [cité 6 oct 2023]. Disponible sur: http://www.ffbb.com/ffbb/presentation-generale

27. Vauthier B. Règlement Officiel de Basketball.

28. MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. J Appl Physiol (1985). juin 1998;84(6):2138-42.

29. Dick R, Hertel J, Agel J, Grossman J, Marshall SW. Descriptive Epidemiology of Collegiate Men's Basketball Injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 Through 2003–2004. J Athl Train. 2007;42(2):194-201.

30. Clifton DR, Onate JA, Hertel J, Pierpoint LA, Currie DW, Wasserman EB, et al. The First Decade of Web-Based Sports Injury Surveillance: Descriptive Epidemiology of Injuries in US High School Boys' Basketball (2005–2006 Through 2013–2014) and National Collegiate Athletic Association Men's Basketball (2004–2005 Through 2013–2014). J Athl Train. nov 2018;53(11):1025-36.

31. Sekine Y, Kamada K, Koyama T, Hoshikawa S, Uchino S, Komatsu T. Descriptive epidemiology of injuries in Japanese collegiate men's basketball: 2013/2014 to 2019/2020. Inj Epidemiol. 17 janv 2022;9:4.

32. Lian Ø, Refsnes PE, Engebretsen L, Bahr R. Performance characteristics of volleyball players with patellar tendinopathy. Am J Sports Med. 2003;31(3):408-13.

33. Yüce A, Yerli M, Mısır A. The Injury Mechanism of Knee Extensor Mechanism Rupture in Professional Athletes: A Video Analysis Study. Indian J Orthop. oct 2022;56(10):1737-44.

34. Dan M, Parr W, Broe D, Cross M, Walsh WR. Biomechanics of the knee extensor mechanism and its relationship to patella tendinopathy: A review. J Orthop Res. déc 2018;36(12):3105-12.

35. Van der Worp H, de Poel HJ, Diercks RL, van den Akker-Scheek I, Zwerver J. Jumper's knee or lander's knee? A systematic review of the relation between jump biomechanics and patellar tendinopathy. Int J Sports Med. juill 2014;35(8):714-22.

36. Ramirez-Campillo R, García-Hermoso A, Moran J, Chaabene H, Negra Y, Scanlan AT. The effects of plyometric jump training on physical fitness attributes in basketball players: A meta-analysis. J Sport Health Sci. nov 2022;11(6):656-70.

37. Davies G, Riemann BL, Manske R. CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. Int J Sports Phys Ther. nov 2015;10(6):760-86.

38. Asmussen E, Bonde-Petersen F. Storage of Elastic Energy in Skeletal Muscles in Man. Acta Physiologica Scandinavica. 1974;91(3):385-92.

39. Davies G, Matheson J. Shoulder Plyometrics. Sports Medicine and Arthroscopy Review. 1 nov 2001;9:1-18.

40. Cohen J, Cantecorp K. Les DOMS : compréhension d'un mécanisme en vue d'un traitement masso-kinésithérapique préventif: DOMS : Understanding the mechanism to enable preventive physiotherapy. Kinésithérapie, la Revue. 1 mai 2011;11(113):15-20.

41. Rabita G, Couturier A, Lambertz D, Métais F, Gadal M, Blondel M. Elasticité musculo-tendineuse et raideur musculo-squelettique globale chez les pongistes de haut-niveau.

42. Meszler B, Váczi M. Effects of short-term in-season plyometric training in adolescent female basketball players. Physiology International. 1 juin 2019;106(2):168-79.

43. Clarkson PM, Byrnes WC, Gillisson E, Harper E. Adaptation to exercise-induced muscle damage. Clin Sci (Lond). oct 1987;73(4):383-6.

44. Jiménez-Reyes P, Samozino P, Brughelli M, Morin JB. Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. Front Physiol. 2016;7:677.

45. ResearchGate [Internet]. [cité 8 févr 2024]. Figure 10 : Diagramme de flux CONSORT -Revue dOdonto-Stomatologie... Disponible sur: https://www.researchgate.net/figure/Diagramme-de-flux-CONSORT-Revue-dOdonto-Stomatologie-Fevrier-2010-p36_fig3_356579887

46. Rowe JW, Kahn RL. Human aging: usual and successful. Science. 10 juill 1987;237(4811):143-9.

47. Mullins S, Hosseini F, Gibson W, Thake M. Physiological changes from ageing regarding pain perception and its impact on pain management for older adults. Clin Med (Lond). juill 2022;22(4):307-10.

48. Arundale AJH, Kvist J, Hägglund M, Fältström A. Jump performance in male and female football players. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2020;28(2):606-13.

49. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. Br J Sports Med. juin 2007;41(6):349-55.

50. Vanezis A, Lees A. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. Ergonomics. 15 sept 2005;48(11-14):1594-603.

51. Gaines JM, Talbot LA. Isokinetic Strength Testing in Research and Practice. Biological Research For Nursing. juill 1999;1(1):57-64.

52. Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braun JM. Isokinetic, isometric and isotonic strength relationships. Arch Phys Med Rehabil. févr 1983;64(2):77-80.

53. Altmann S, Ringhof S, Neumann R, Woll A, Rumpf MC. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. Mirkov D, éditeur. PLoS ONE. 14 août 2019;14(8):e0220982.

54. Inserm [Internet]. [cité 1 févr 2024]. Douleur · Inserm, La science pour la santé. Disponible sur: https://www.inserm.fr/dossier/douleur/

55. Apkarian AV, Bushnell MC, Treede RD, Zubieta JK. Human brain mechanisms of pain perception and regulation in health and disease. European Journal of Pain. 2005;9(4):463-463.

56. Studies Comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for Assessment of Pain Intensity in Adults: A Systematic Literature Review. Journal of Pain and Symptom Management. 1 juin 2011;41(6):1073-93.

57. Bishop D. Warm Up II: Performance Changes Following Active Warm Up and How to Structure the Warm Up. Sports Medicine. 2003;33(7):483-98.

58. Brosseau L, Casimiro L, Milne S, Robinson V, Shea B, Tugwell P, et al. Deep transverse friction massage for treating tendinitis. Cochrane Database Syst Rev. 2002;(1):CD003528.

59. Ramirez-Campillo R, Moran J, Oliver JL, Pedley JS, Lloyd RS, Granacher U. Programming Plyometric-Jump Training in Soccer: A Review. Sports (Basel). 10 juin 2022;10(6):94.

60. Ramirez-Campillo R, Pereira LA, Andrade DC, Mendez-Rebolledo G, De La Fuente CI, Castro-Sepulveda M, et al. Tapering strategies applied to plyometric jump training: a systematic review with meta-analysis of randomized-controlled trials. J Sports Med Phys Fitness. janv 2021;61(1):53-62.

61. Ramirez-Campillo R, Alvarez C, García-Pinillos F, Sanchez-Sanchez J, Yanci J, Castillo D, et al. Optimal Reactive Strength Index: Is It an Accurate Variable to Optimize Plyometric Training Effects on Measures of Physical Fitness in Young Soccer Players? J Strength Cond Res. avr 2018;32(4):885-93.

62. Ramirez-Campillo R, Alvarez C, Sanchez-Sanchez J, Slimani M, Gentil P, Chelly MS, et al. Effects of plyometric jump training on the physical fitness of young male soccer players: Modulation of response by inter-set recovery interval and maturation status. J Sports Sci. déc 2019;37(23):2645-52.

63. Davis HL, Alabed S, Chico TJA. Effect of sports massage on performance and recovery: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open Sport Exerc Med. 7 mai 2020;6(1):e000614.

64. Asadi A. Use of rating of perceived exertion for determining plyometric exercises intensity in physically active men. Sport Sci Health. 1 août 2014;10(2):75-8.

65. Kettunen JA, Kvist M, Alanen E, Kujala UM. Long-term prognosis for jumper's knee in male athletes. A prospective follow-up study. Am J Sports Med. 2002;30(5):689-92.

66. Taube W, Leukel C, Gollhofer A. How Neurons Make Us Jump: The Neural Control of Stretch-Shortening Cycle Movements. Exercise and Sport Sciences Reviews. avr 2012;40(2):106.

67. Lloyd RS, Oliver JL. The Youth Physical Development Model: A New Approach to Long-Term Athletic Development. Strength & Conditioning Journal. juin 2012;34(3):61.

68. Sáez de Villarreal E, Requena B, Cronin JB. The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. J Strength Cond Res. févr 2012;26(2):575-84.

69. Häkkinen K, Komi PV, Kauhanen H. Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises. Int J Sports Med. juin 1986;7(3):144-51.

70. Morin JB, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, Lacour JR. Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. Eur J Appl Physiol. nov 2012;112(11):3921-30.

71. Grgic J, Schoenfeld BJ, Mikulic P. Effects of plyometric vs. resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A review. J Sport Health Sci. sept 2021;10(5):530-6.

72. Rio E, Moseley L, Purdam C, Samiric T, Kidgell D, Pearce AJ, et al. The Pain of Tendinopathy: Physiological or Pathophysiological? Sports Med. 1 janv 2014;44(1):9-23.

73. Brumitt J, Heiderscheit BC, Manske RC, Niemuth P, Mattocks A, Rauh MJ. The Lower-Extremity Functional Test and Lower-Quadrant Injury in NCAA Division III Athletes: A Descriptive and Epidemiologic Report. Journal of Sport Rehabilitation. 1 août 2016;25(3):219-26.

7. ANNEXES

VICTORIAN INSTITUTE OF SPORT ASSESSMENT SCALE

1. For how many minutes can you sit pain-free? POINTS ☐

0 mins | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | 100 mins

2. Do you have pain walking downstairs with a normal gait cycle? POINTS ☐

strong severe pain | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | no pain

3. Do you have pain at the knee with full active non weight bearing knee extension? POINTS ☐

strong severe pain | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | no pain

4. Do you have pain when doing a full weight bearing lunge? POINTS ☐

strong severe pain | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | no pain

5. Do you have problems squatting? POINTS ☐

unable | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | no problems

6. Do you have pain during or immediately after doing 10 single leg hops? POINTS ☐

strong severe pain/ unable | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | no pain

7. Are you currently undertaking sport or other physical activity? POINTS ☐

0 ☐ Not at all
4 ☐ Modified training ± modified competition
7 ☐ Full training ± competition but not at same level as when symptoms began
10 ☐ Competing at the same or higher level as when symptoms began

8. Please complete EITHER A, B or C in this question.

* If you have **no pain** while undertaking sport please complete **Q8a only**.
* If you have **pain while undertaking sport but it does not stop you** from completing the activity, please complete **Q8b only**.
* If you have **pain that stops you from completing sporting activities**, please complete **Q8c only**.

8a. If you have no pain while undertaking sport, for how long can you train/practise?

NIL	0-5 mins	6-10 mins	11-15 mins	>15 mins
☐	☐	☐	☐	☐
0	7	14	21	30

POINTS ☐

OR

8b. If you have some pain while undertaking sport, but it does not stop you from completing your training/practice, for how long can you train/practise?

NIL	0-5 mins	6-10 mins	11-15 mins	>15 mins
☐	☐	☐	☐	☐
0	4	10	14	20

POINTS ☐

OR

8c. If you have pain that stops you from completing your training/practice, for how long can you train/practise?

NIL	0-5 mins	6-10 mins	11-15 mins	>15 mins
☐	☐	☐	☐	☐
0	2	5	7	10

POINTS ☐

TOTAL VISA SCORE ☐

Victorian Institute of Sport Assessment Scale – VISA-P

Formulaire de consentement

Titre du projet : Protocole d'entrainement pliométrique en fin de rééducation de la tendinopathie patellaire chez le basketteur

Chercheur principal : *Nom Prénom*
Informations complémentaires (+moyen de contact)
Eventuels co-chercheur ou personnes impliquées dans le projet

Si projet subventionné, indiquer la source des fonds

Invitation à participer

But de l'étude : Effets de l'entrainement pliométrique sur les performances athlétiques et la douleur en fin de rééducation chez le basketteur souffrant de tendinopathie patellaire.

Participation : Ma participation consistera à suivre le protocole proposé. (Détails cf 3.6)

Risques : Détailler l'implication et les effets indésirables pouvant apparaitre au cours de l'étude.

Bienfaits : Expliquer l'ensemble des résultats recherchés pouvant être bénéfiques.

Confidentialité et vie privée : Conservation du secret professionnel/médical, de l'anonymat…

Conservation des données : Les résultats, les mesures et autres seront partagés entre les collaborateurs de l'étude sur une plateforme/logiciel sécurisé.

Compensation : Préciser s'il y a compensation et de quelle nature.

Participation volontaire : Attestera de l'entière participation du sujet au projet avec les conditions évoquées. (Droit de rétractation, renseignements, prise de connaissances)

Notons qu'une copie du formulaire sera nécessaire

Acceptation : *En signant de mon nom, je consens à participer à cette étude :*

Nom du participant :
Signature du participant : *Date :*

Nom du chercheur :
Signature du chercheur : *Date :*

Formulaire de consentement

RESUME

Introduction : La tendinopathie patellaire aussi appelée « Jumper's knee » est une pathologie de surutilisation du tendon patellaire, elle relève d'une forte prévalence chez une population d'athlètes pratiquant un sport impliquant des sauts répétés tel que le basketball. Cette atteinte tendineuse affecte la pratique sportive ; avec une baisse des performances, des douleurs, voire une amputation des activités de la vie quotidienne. Le traitement repose sur la remise en charge progressive du tendon ainsi que tout traitement physiothérapeutiques pouvant soulager les plaintes du patient. A cela l'entrainement pliométrique, démontrant de nombreux bénéfices dans les performances athlétiques ainsi que dans la symptomatologie, pourrait être un axe de traitement supplémentaire voir préférentiel dans la résorption de cette pathologie. L'objectif de cet essai contrôlé randomisé est de proposer un protocole de rééducation fonctionnel basé sur des exercices pliométriques notamment, en évaluant certains critères de performances athlétiques et la perception de la douleur chez les basketteurs en fin de rééducation de tendinopathie patellaire.

Méthode : L'étude comprendra deux groupes, un groupe contrôle et un groupe test réalisant le protocole proposé. L'intervention durera 6 semaines comprenant une évaluation initiale, une intermédiaire et une finale, basé sur la mesure des critères de jugements (saut vertical, force des MI, vitesse et douleur). Une analyse comparative pourra alors avoir lieu entre les deux groupes.

Discussion : L'entrainement pliométrique est un sujet ayant été analysé sérieusement et dans de nombreuses études, il démontre une efficacité certaine dans la performance athlétique, mais est cependant parfois mis de côté à l'encontre des méthodes de rééducation dites traditionnelles. Toutefois c'est une thérapie requérant des ressources énergétiques importantes et un schéma moteur complexe qui se doit d'être contrôlé, supervisé afin d'éviter tout effet indésirable.

Conclusion : Cette proposition d'essai contrôlé randomisé permettrait de démontrer les bénéfices liés à l'entrainement pliométrique dans la reprise du basketball chez des sujets souffrant de tendinopathie patellaire.

Mots-clés : Tendinopathie Patellaire, Basketball, Pliométrie, Performance, Douleur, Protocole

ABSTRACT

Introduction : Patellar tendinopathy, also known as "jumper's knee", is a pathology due to overuse of the patellar tendon. It is highly prevalent within a population of athletes practising a sport involving repeated jumps, such as basketball. This tendon damage affects sporting activities, leading to a deterioration in performance, pain and even the impairment of activities of daily living. Treatment is based on progressive re-loading of the tendon, as well as any physiotherapeutic treatment that may relieve the patient's complaint. Plyometric training, which has shown considerable benefits in terms of both athletic performance and symptomatology, could be an additional or even preferential treatment option for this condition. The aim of this randomised controlled trial is to suggest a functional rehabilitation protocol based on plyometric exercises in particular, by evaluating specific athletic performance criteria and pain perception in basketball players at the end of patellar tendinopathy rehabilitation.

Method : The study will comprise two groups, a control group and a test group carrying out the proposed protocol. The intervention will last 6 weeks, including an initial, an intermediate and a final evaluation, based on the measurement of judgement criteria (vertical jump, strength of the lower limbs, speed and pain). A comparative analysis could then be carried out between the two groups.

Discussion : Plyometric training is a subject that has been seriously analysed in numerous studies, demonstrating a definite efficiency in athletic performance, but it is sometimes set aside in favour of so-called traditional rehabilitation methods. However, it is a therapy that requires significant energy resources and a complex motor pattern that needs to be controlled and supervised in order to avoid any undesirable effects.

Conclusion : This proposal for a randomised controlled trial would demonstrate the benefits related to plyometric training in the recovery of basketball for people suffering from patellar tendinopathy.

Key words : Patellar tendinopathy, Basketball, Plyometrics, Performance, Pain, Protocol