



**TENDINOPATHIE PATELLAIRE CHEZ LE SPORTIF OU
« JUMPER'S KNEE » :
LA PLACE DES MODALITES DE CONTRACTIONS
MUSCULAIRES ET DES EXERCICES EN REEDUCATION.**





**TENDINOPATHIE PATELLAIRE CHEZ LE SPORTIF OU
« JUMPER’S KNEE » :
LA PLACE DES MODALITES DE CONTRACTIONS
MUSCULAIRES ET DES EXERCICES EN REEDUCATION.**

Revue de littérature

Mémoire de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute.

Directeur de mémoire :

Monsieur Pascal BRIOT
Kinésithérapeute Diplômé d'Etat. Formateur à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Dijon.

Remerciements

Je remercie tout d'abord mon directeur de mémoire Monsieur **Pascal Briot** pour son accompagnement dans la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Je tiens également à remercier :

L'équipe pédagogique de l'IFMK de Dijon pour l'encadrement apporté et notamment Monsieur **Pardon Laurent**, MKDE et référent de promotion des M2 pour ses judicieux conseils autour de mon sujet, pour sa patience, Madame **Martineau Nathalie** pour ses conseils rédactionnels et bibliographiques et pour avoir apporté son aide dans la recherche des ressources nécessaires à ce travail,

Monsieur **Garcia-Saez German**, MDKE, pour avoir donné de son temps afin d'échanger sur ses connaissances et son expérience professionnelle sur le sujet de ce travail, pour son soutien apporté dans ma réflexion pour mener à bien ce projet,

Madame **Ruffino Célia** et Monsieur **Bobillot Alex** pour avoir répondu présents afin de trouver des réponses à mes questions,

Les **patients** que j'ai pu rencontrer lors de mes stages ou de ma pratique sportive personnelle et tous les autres qui m'ont permis de me créer ma première expérience professionnelle en tant qu'étudiante,

Et enfin, je remercie **mes parents et mes amis** les plus proches pour leur soutien le plus précieux dans ce travail et depuis le début de ma scolarité et pour avoir cru en moi.

Liste des abréviations

TP : Tendinopathie Patellaire

HAS : Haute Autorité de Santé

US : Ultrasons

IRM : Imagerie par Résonnance Magnétique

LCAE : ligament croisé antéro-postérieur

SLDS : Single Leg Decline Squat

VISA-P : Victorian Institute of Sports Assessment – Patellar

TENS : Neurostimulation électrique transcutanée

HSR : Heavy Slow Resistance

C(I)VM : Contraction (Isométrique) Volontaire Maximale

RM : Répétition Maximale

EN : Echelle Numérique

NRS : Numerical Rating Scale

EVA : Echelle Visuelle Analogique

VAS : Visual Analogue Scale

QSM : Quantification du Stress Mécanique

RTS : Retour au Sport

Sommaire

1	Introduction	1
2	Cadre conceptuel	3
2.1	Rappels anatomophysiologiques du tendon normal	3
2.1.1	Introduction	3
2.1.2	Anatomie	3
2.1.3	Histologie	3
2.1.4	Vascularisation et innervation	4
2.1.5	Propriétés et rôles biomécaniques	4
2.1.6	Mécanotransduction	5
2.2	La tendinopathie patellaire : Le syndrome de Jumper's knee	7
2.2.1	Définition de la tendinopathie	7
2.2.2	Historique du syndrome du « Jumper's knee »	7
2.2.3	Données épidémiologiques dans le milieu du sport	7
2.2.4	Physiopathologie de la tendinopathie patellaire	8
2.3	Prise en charge de la tendinopathie en masso-kinésithérapie.....	12
2.3.1	Histoire de la maladie.....	12
2.3.2	Symptômes, diagnostic et pronostic.....	12
2.3.3	Evaluation des capacités fonctionnelles	13
2.4	Traitement de la tendinopathie	15
2.4.1	Objectifs et principes de traitement.....	15
2.4.2	Le repos et la gestion de la charge	15
2.4.3	Traitement médical et chirurgical	16
2.4.4	Renforcement musculaire.....	16
2.4.5	Autres options de prise en charge dans la tendinopathie	17
3	Synthèse du cadre théorique et problématique.....	18
4	Méthodologie de recherche	21
4.1	Mots clés utilisés	21
4.2	Bases de données consultées	22
4.2.1	Pubmed.....	22
4.2.2	ScienceDirect	23
4.2.3	Cochrane Library.....	23
4.2.4	LiSSa	23

4.3	Equations de recherche	23
4.4	Démarche de sélection des articles bibliographiques	23
4.5	Présentation des articles investigués.....	24
4.5.1	Types d'études.....	24
4.5.2	Les inclusions et exclusions	25
4.5.3	Moyens utilisés pour l'évaluation de la douleur	26
4.5.4	Moyens utilisés pour l'évaluation de la fonction	26
4.5.5	Autres paramètres évalués.....	27
5	Résultats	28
5.1	Effets des différentes modalités de contraction sur la douleur	28
5.1.1	Le travail musculaire excentrique	28
5.1.2	Le travail musculaire concentrique	30
5.1.3	Le travail musculaire isométrique	30
5.1.4	Le travail musculaire isotonique	32
5.1.5	Le HSR (Heavy Slow Resistance)	33
5.2	Effets des différentes modalités de contraction sur la fonction.....	34
5.2.1	Le travail musculaire excentrique	34
5.2.2	Le travail musculaire concentrique	36
5.2.3	Le travail musculaire isométrique	37
5.2.4	Le travail musculaire isotonique	37
5.2.5	Le HSR (Heavy Slow Resistance)	37
5.3	Effets des différentes modalités de contraction sur le complexe musculo-tendineux	38
5.3.1	Le travail musculaire excentrique	38
5.3.2	Le travail musculaire isométrique	39
5.3.3	Le travail musculaire isotonique	40
5.3.4	Le HSR (Heavy Slow Resistance)	41
5.4	Effet du travail isométrique sur l'excitabilité et l'inhibition corticospinale.....	41
6	Discussion	42
6.1	Effets des différentes modalités de contraction sur la douleur	42
6.1.1	Le travail musculaire excentrique	42
6.1.2	Le travail musculaire concentrique	44
6.1.3	Le travail musculaire isométrique	45
6.1.4	Le travail musculaire isotonique	47
6.1.5	Le HSR (Heavy Slow Resistance)	47
6.2	Effets des différentes modalités de contraction sur la fonction.....	48

6.2.1	Le travail musculaire excentrique	48
6.2.2	Le travail musculaire concentrique	52
6.2.3	Le travail musculaire isométrique	52
6.2.4	Le travail musculaire isotonique	53
6.2.5	Le HSR (Heavy Slow Resistance)	53
6.3	Effets des différentes modalités de contraction sur le complexe musculo-tendineux	54
6.3.1	Le travail musculaire excentrique	54
6.3.2	Le travail musculaire isométrique	55
6.3.3	Le travail musculaire isotonique	56
6.3.4	Le HSR (Heavy Slow Resistance)	56
6.4	Effet du travail isométrique sur l'excitabilité et l'inhibition corticospinale.....	57
7	Conclusion.....	58
8	Bibliographie.....	70
9	Annexes	77

1 Introduction

La réalisation de ce mémoire de kinésithérapie fait notamment suite à un travail de controverse réalisé précédemment dans mon cursus à l'Institut de Kinésithérapie à l'IFMK de Dijon sur le thème des modalités de contraction excentrique et isométrique dans la rééducation des tendinopathies du membre inférieur en général. De plus, lors de stages réalisés en cabinets libéraux puis dans un club féminin de haut niveau de joueuses professionnelles, ainsi que dans ma pratique personnelle du basketball en club, j'ai pu constater que certains sportifs avaient souffert de douleur au genou avec un diagnostic de tendinopathie patellaire.

C'est pourquoi le but de ce présent mémoire dans la thématique du sport était de cibler plus particulièrement la tendinopathie patellaire chez le sportif tel que le joueur ou le volleyeur afin d'approfondir l'étude des différentes modalités de contraction disponibles pouvant avoir un effet sur l'amélioration de la douleur et de la fonction dans la rééducation de cette affection et pouvoir aider les praticiens libéraux à proposer des programmes adaptés dans la prise en charge des sportifs présentant cette affection.

La tendinopathie en général est une pathologie de surutilisation que l'on rencontre fréquemment dans la profession de kinésithérapeute et notamment dans le domaine du sport, que ce soit chez les sportifs récréationnels ou sportifs d'élite. Plus particulièrement, la tendinopathie patellaire, ou « genou du sauteur », ou encore appelée « Jumper's knee » chez les anglo-saxons, est une lésion chronique de surmenage du tendon patellaire (autrement appelé tendon rotulien). Le tendon patellaire est un des tendons les plus susceptibles de subir des blessures dues à une surutilisation [1].

Celle-ci touche particulièrement les athlètes pratiquant des sports impliquant des sauts, des atterrissages fréquents ainsi que des changements brusques de direction. Sa prévalence varie de 14% chez les joueurs de volley-ball non élite et peut atteindre 45% chez les joueurs de volley-ball élite [2,3] et jusqu'à 55% chez les joueurs jouant en haut niveau [4] et presque 13% chez les joueurs non élite [2].

La durée des symptômes est souvent longue [3,5] et la nature chronique de la lésion peut avoir un impact considérable sur une carrière sportive. Elle oblige même parfois les athlètes à abandonner complètement leur carrière de sportifs. En effet, la douleur provoquée dans la tendinopathie patellaire va très souvent entraîner une perte de fonction avec pour conséquence une diminution de force de l'appareil extenseur et cela peut avoir de graves conséquences pour la carrière de certains athlètes qui se voient obligés de se retirer de la compétition. C'est une affection difficile à réduire et qui peut devenir chronique.

Si l'on s'intéresse à la rééducation de la tendinopathie patellaire aujourd'hui dans la littérature, après la lecture de papiers nous pouvons constater qu'il n'y a pas de recommandation nationale établie par la HAS (Haute Autorité de Santé) en ce qui concerne les stratégies de traitements à mettre en place spécifiquement pour la tendinopathie patellaire ni pour la tendinopathie du membre inférieur en général.

Après avoir recherché des guidelines internationales, nous pouvons retrouver des propositions de protocoles pour la tendinopathie du membre inférieur en général [6] ou d'Achille [7,8]. Cependant, il n'y a pas de consensus établi pour un protocole de traitement des tendinopathies patellaires applicable chez les patients sportifs élite ou non-élite ou non sportifs par les kinésithérapeutes et qui pourrait éventuellement tenir compte des différentes phases du tendon pathologique [9,10,11] et des différentes classifications disponibles [12,13,14,15]. Il faut néanmoins noter qu'aujourd'hui, un consensus existe sur la terminologie de « tendinopathie » à employer pour cette affection, qui est retenue au dépend de « tendinite » ou « tendinose » [16].

De plus, on retrouve un large panel de traitements et de programmes d'exercices dans la prise en charge de la tendinopathie du membre inférieur. La méthode de rééducation traditionnelle ou « Gold Standard » pour le traitement conservateur des tendinopathies est depuis très longtemps le mode de contraction excentrique [17]. Ce type de programme est aujourd'hui souvent appliqué pour la tendinopathie patellaire et est inspiré des protocoles appliqués d'abord pour la tendinopathie d'Achille. Il faut noter que les programmes excentriques peuvent être parfois très mal tolérés pour les patients, la rééducation étant très contraignante et demandant parfois l'arrêt de la pratique sportive pour cause de douleur entraînant une perte des capacités fonctionnelles ou alors un manque d'observance important peut être retrouvé. La question de l'efficacité d'autres modalités de renforcement est à investiguer dans la rééducation de la tendinopathie patellaire.

Dans les dernières études récentes, les auteurs introduisent la mise en œuvre d'exercices isométriques [18,19], isotoniques dont le HSR (High Slow Resistance) [20]. En revanche, il n'existe pas de consensus sur la méthode optimale de traitement par les exercices actifs afin de garantir au praticien, dans sa prise en charge, l'utilisation des différentes modalités de contraction qui permettraient au patient de retrouver ses capacités fonctionnelles sportives, sa performance sur le terrain en période de compétition ou non. Il n'y a pas de recommandation sur la modalité de contraction à utiliser en fonction du niveau de douleur, du niveau fonctionnel, du niveau de sport, du stade de sévérité de l'affection, de l'atteinte structurelle du tendon, ni comment le praticien peut proposer un programme de renforcement adapté en fonction du contexte de son patient.

Au regard de la prévalence élevée de la tendinopathie patellaire dans le sport et face au manque de recommandations, le but de ce mémoire sous forme de revue de littérature était principalement d'aborder la question de l'efficacité des programmes d'exercices excentriques : sont-ils réellement les plus efficaces chez les sportifs atteints de Jumper's knee ? Ensuite, un autre objectif était de comparer la modalité excentrique aux autres modes de contraction étudiés plus récemment dans la littérature, à savoir l'isométrie, l'isotonique, le HSR et le concentrique. Dans ce mémoire, la modalité de contraction pliométrique ne sera pas abordée.

Cette comparaison permettra d'essayer de déterminer s'il existe un meilleur traitement actuel qui soit efficace dans le traitement des tendinopathies patellaires chez le sportif pratiquant des sports de saut-réceptions tels que le basketball et le volleyball en période de compétition et hors saison afin de pouvoir proposer un programme d'exercices applicable par les masseurs-kinésithérapeutes exerçant en cabinet libéral.

2 Cadre conceptuel

2.1 Rappels anatomophysiologiques du tendon normal

2.1.1 Introduction

Le tendon est un tissu conjonctif fibreux. Il est mécaniquement responsable de la transmission de la force des muscles vers les os pour induire ou contrôler un mouvement [1,13]. C'est une entité dynamique qui se restructure en permanence en fonction des contraintes, grâce à diverses modifications métaboliques et mécaniques. Il a aussi un grand rôle dans la proprioception du fait de la présence de récepteurs sensoriels, appelés organes tendineux de Golgi, impliqués dans le réflexe myotatique inverse. Ce réflexe consiste en un relâchement musculaire lors d'une contraction trop intense [13].

2.1.2 Anatomie

Le tendon patellaire, anciennement nommé tendon rotulien, a une épaisseur d'environ 6mm et une longueur d'environ 4,4 cm. C'est une lame tendineuse large et aplatie. C'est le deuxième plus gros tendon de l'organisme derrière le tendon calcanéen [15].

Les fibres du tendon patellaire s'étendent de l'apex de la patella (dont il recouvre les deux tiers inférieurs) jusqu'à la tubérosité tibiale antérieure. Le tendon est légèrement désaxé par rapport au centre de la patella ce qui lui procure une orientation oblique vers le bas l'extérieur et l'arrière car 60% de sa largeur est déporté à la partie latérale de la patella [21,22]. Les fibres du tendon quadricipital et avec celles du tendon patellaire forment une continuité fonctionnelle ce qui forme un angle Q d'environ 13° pour les hommes et 16° pour les femmes [23].

2.1.3 Histologie

Le tendon est composé de fibres orientées parallèlement formant un tissu conjonctif dense. Macroscopiquement, le tendon normal est blanc et brillant *in vivo* et a une texture fibroélastique hiérarchisée. C'est une entité dynamique qui est en restructuration permanente suite à l'application de contrainte qui vont entraîner des modifications métaboliques et mécaniques [13,14].

Il est composé majoritairement d'une matrice extracellulaire (qui comprend la substance fondamentale et des fibres) et de cellules spécifiques dont 90 à 95% sont des ténoblastes et ténocytes. Les autres 5 à 10% d'éléments cellulaires tendineux sont les chondrocytes, les cellules synoviales et endothéliales [13]. Les ténoblastes (cellules immatures) vont progressivement se différencier en ténocytes permettant la synthèse du collagène et d'élastine (conférant l'élasticité au tendon). La substance fondamentale a un rôle de support, de lubrifiant et de glissement. C'est un gel composé d'eau (70%), de sels minéraux et de macromolécules (glycoprotéines, protéoglycanes et glycosaminoglycanes).

Les fibres tendineuses sont majoritairement composées de collagène de type I (95%), le reste correspond à d'autres types de collagène et à l'élastine. Les fibres de collagène permettent au tendon de résister à l'étirement, elles représentent 30% de sa structure [13], elles sont conçues pour la transmission de force du muscle à l'os [1].

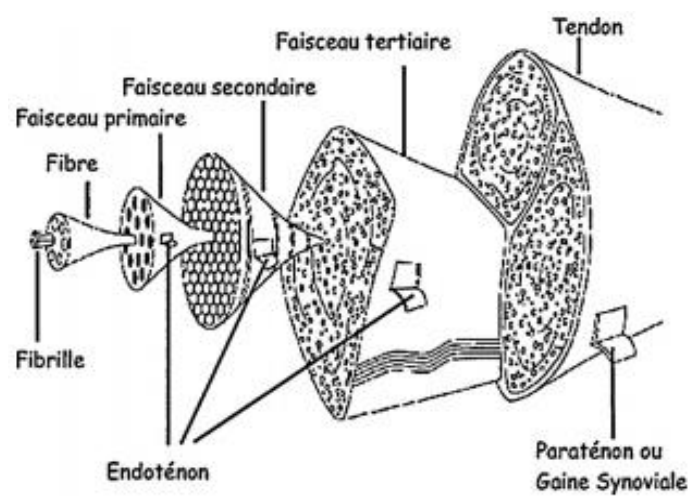


Fig. 1 : Schématisation de la structure tendineuse d'après Kaux et al. (2014) [13]

Les fibres de collagène s'assemblent et forment les microfibrilles, qui se réunissent en fibrilles, qui, elles-mêmes, donnent naissance aux fibres. Les fibres se regroupent en paquets pour former des faisceaux (primaires, secondaires, tertiaires). Les faisceaux de fibres s'alignent le long de l'axe longitudinal du tendon et lui confère sa force de tension qui augmente sa résistance à la traction. L'endotendon (tissu réticulaire) entoure chaque fibre du tendon et assure le système vasculaire, lymphatique et nerveux. Le tendon est entouré d'épitenon (tissu conjonctif). Le paratenon, avec l'épitenon qu'il recouvre, forment le « péri tendon » entourant le tendon et permettant de diminuer les frottements avec le tissu avoisinant grâce à une mince couche de fluide (Fig.1) [13,15,24].

2.1.4 Vascularisation et innervation

La vascularisation du tendon est variable et assurée par trois régions : deux systèmes intrinsèques (au niveau de la jonction myo-tendineuse et ostéo-tendineuse) et un système extrinsèque (au niveau du corps du tendon) [13]. Le tendon patellaire présente une faible vascularisation, celle-ci représente seulement 1 à 2% de la matrice extracellulaire tendineuse [24]. Il n'est pas entouré d'une gaine synoviale, c'est le paratendon qui assure l'apport sanguin extrinsèque dont les branches artérielles pénètrent dans l'épitenon afin de former un réseau vasculaire intratendineux. Au niveau de la jonction myo-tendineuse, des vaisseaux provenant du muscle viennent se loger entre les faisceaux du tendon mais sans s'étendre au-delà du tiers proximal du tendon. La vascularisation au niveau de la jonction ostéotendineuse reste limitée à la zone d'insertion du tendon [13]. Au niveau des zones de jonction ainsi que des sites de sollicitations, c'est-à-dire, de torsion, friction, compression, la vascularisation tendineuse sera compromise [13]. De plus, avec l'intensité des sollicitations mécaniques et avec l'âge, le flux sanguin va diminuer. C'est par exemple le cas lors d'un exercice maximal où le flux sanguin péri tendon se voit réduit à 20% de la vascularisation maximale au niveau de la région [13].

A l'inverse, l'innervation du tendon est importante et provient des troncs cutanés, péri tendon, musculaires mais la majorité des fibres nerveuses vont rester à la périphérie du tendon [13]. Celles-ci vont se croiser et, au niveau de la jonction myo-tendineuse, vont pénétrer dans l'endotendon. Elles sont présentes en quantité importante au niveau du paratendon et certaines branches pénètrent l'épitenon. Il existe différents types de fibres d'innervation. Les terminaisons nerveuses des fibres myélinisées ont un rôle proprioceptif et vont percevoir les changements de pression à l'intérieur du tendon grâce aux mécanorécepteurs appelés organes tendineux de Golgi (situés préférentiellement au niveau de la jonction myotendineuse). Ensuite, les terminaisons de fibres non myélinisées auront un rôle nociceptif et vont percevoir la douleur grâce aux nocicepteurs et la transmettre au cerveau. Dans le tendon sont aussi présentes des fibres sympathiques et parasympathiques [13].

2.1.5 Propriétés et rôles biomécaniques

Le tendon patellaire fait partie de l'appareil extenseur du genou. Il va permettre de transférer la force générée par le quadriceps via la patella, tel un système de poulie. Le but de ce système musculo-tendineux est de mobiliser en extension l'articulation du genou. Les propriétés propres au tendon que sont la compliance et la raideur vont permettre la transmission de force générée par le muscle à l'os [25].

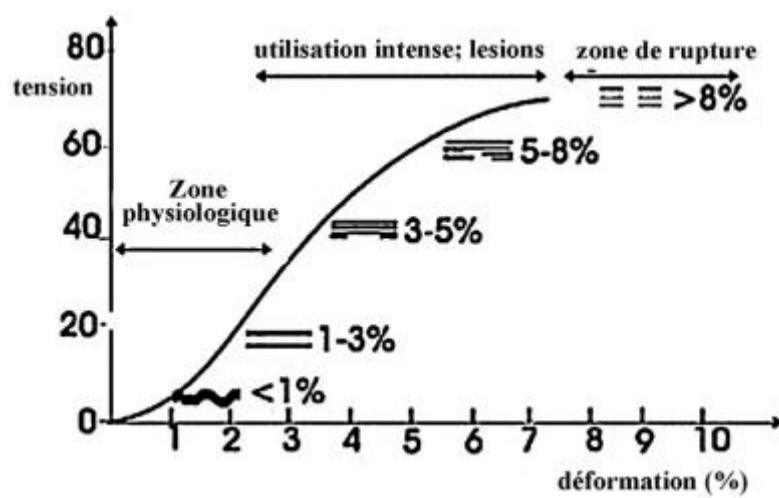


Fig. 2 : Courbe représentant la relation tension/déformation suite à un étirement progressif du tendon, d'après Rees et al. [13]

En effet, le tendon est un tissu visco-élastique et présente une résistance mécanique élevée et une grande élasticité [13]. Lors d'une contraction musculaire, le tendon est soumis à une charge de traction qui est traduite par un stockage de l'énergie élastique et lorsque la charge de traction est supprimée, il y a une libération de cette énergie [1]. La compliance permet la déformation du tendon sous la contrainte afin d'emmagasiner, stocker et restituer l'énergie. Son rôle est primordial dans l'efficacité du mouvement. La raideur permet au tendon d'avoir une force de résistance mécanique aux contraintes de traction, celui-ci pouvant supporter le poids du corps jusqu'à 17 fois [25]. En fonction du type d'activité pratiquée comme la course, les escaliers, les sauts, les contraintes qui s'exercent sur le tendon peuvent être soit des contraintes de compression, de traction ou de cisaillement. Néanmoins, sous l'influence de facteurs extrinsèques et/ou intrinsèques les propriétés du tendon pourront être modifiées. Ces modifications peuvent alors perturber l'équilibre du couple raideur/compliance et entraîner l'apparition de tendinopathie [24].

La raideur d'un matériau (représenté dans ce travail par le tendon patellaire) est caractérisée par son module d'élasticité (dit module d'Young). Il est défini comme le rapport entre une contrainte externe et un pourcentage d'allongement. Le couple raideur/compliance peut s'apparenter à la courbe (Fig.2) qui caractérise la relation « contrainte/déformation » lors d'un étirement progressif au niveau du tendon avant sa rupture complète. Cette courbe comporte trois phases et met en évidence un comportement biomécanique caractéristique du tendon subissant ces contraintes [25,26] : la première phase représentée par une courbe exponentielle correspond à la phase progressive et réversible de mise en tension des fibres tendineuses. Pour la deuxième phase, toutes les fibres sont tendues, c'est la phase linéaire jusqu'à 4% d'élongation. Au-dessus de 4% le tendon se déforme de manière irréversible et après cet étirement il ne retrouvera jamais sa forme initiale. Le module d'Young pourra être calculé durant cette phase, il correspond à la pente de la courbe. La troisième phase est la phase extra-physiologique. Elle débute à partir de 4% d'élongation des fibres (limite maximale avant les microruptures) jusqu'à 8% à 10% (limite à laquelle vont apparaître les micro-ruptures). Et enfin la dernière portion au-delà de 10% d'étirement des fibres il va rapidement se produire une rupture tendineuse.

2.1.6 Mécanotransduction

2.1.6.1 Définition

En 2009, Khan [27] a décrit le principe de « mécanotransduction » pour parler de la réparation et du remodelage tissulaire, notamment dans les tendinopathies. C'est un « processus physiologique par lequel le corps va convertir une charge mécanique en une réponse cellulaire qui va à son tour favoriser le changement structurel » [14,27].

La mécanotransduction se compose de trois étapes qui sont : le mécanocouplage (la perturbation physique directe ou indirecte de la cellule, qui peut être une force de compression, un cisaillement au niveau du tendon, qui va se transformer en signaux chimiques), la communication cellule-cellule (le « message » est distribué dans le tissu et un stimulus localisé à un endroit permet à une cellule distante d'enregistrer un nouveau signal même si cette cellule distante ne reçoit pas de stimulus mécanique) et la réponse des cellules effectrices (la réponse produite au niveau cellulaire responsable du remodelage des tissus). A chaque étape la communication se fait via la signalisation cellulaire (réseau de protéines messagères, de canaux ioniques et de lipides) [27].

L'exposition des tissus à des contraintes mécaniques répétées va fonctionner sur le principe de la mécanotransduction. La réponse cellulaire va être activée suite à l'application de contrainte mécanique sur le tissu tendineux qui va déclencher une action sur la trame de collagène désorganisée. Il y aura une adaptation tendineuse suite à l'application d'une charge, notamment grâce à l'exercice excentrique qui va entraîner progressivement des modifications au niveau de la structure tendineuse. Parmi ces modifications on peut noter : une néovascularisation, une synthèse de collagène augmentée, une amélioration de l'alignement des fibres de collagène, un allongement de l'unité musculo-tendineuse ainsi qu'une prévention des adhérences entre le tendon et les tissus environnants et une résistance accrue à la traction [27,14].

2.1.6.2 Mécanothérapie et réponse du tendon

Khan définit la mécanothérapie comme « l'application clinique de la mécanotransduction » ou encore « l'emploi de la mécanotransduction pour la stimulation de la réparation et du remodelage des tissus ». Cela met en évidence la prescription d'exercices thérapeutiques afin de favoriser la réparation ou le remodelage des tissus lésés. C'est la « transformation du mouvement en guérison tissulaire » [27].

Il existe une réponse physiologique par le tendon à la charge mécanique. Les propriétés mécaniques du tendon vont être améliorées par l'entraînement (plus particulièrement après un entraînement excentrique). Cela va induire dans le tendon des modifications structurales et biochimiques. L'exercice physique va stimuler la production des fibres de collagène du tendon entraînant un renouvellement continu du matériel synthétisé afin de permettre de maintenir les capacités biomécaniques [13,24,25]. Au contraire, après immobilisation relative ou totale, il y a une détérioration des propriétés viscoélastiques du tendon suite à une diminution en eau et protéoglycanes au sein de la matrice et une diminution de la quantité et qualité du collagène. Il en résulte une lente atrophie du tendon à cause d'une activité métabolique et vasculaire faible [13] et la raideur diminue progressivement, ce qui rend le tendon moins performant et moins efficient pour restituer l'énergie élastique emmagasinée pendant un mouvement [24,25].

La pratique excessive d'un exercice physique avec une charge non appropriée appliquée au tendon peut perturber le métabolisme du tendon et engendrer une dégradation des propriétés mécaniques tendineuses et une diminution du module de Young. Finalement, la gestion de l'intensité et de la fréquence des entraînements de façon adaptée pourrait améliorer l'équilibre entre le catabolisme et l'anabolisme tendon. On note qu'avec l'âge il y a une augmentation de la raideur du tendon due à la détérioration des propriétés visco-élastiques et biomécaniques à cause de la perte de collagène et de l'augmentation des croisements. La tension et la puissance diminuent également mais peuvent être partiellement compensées par l'entraînement en résistance [13].

Le tendon est un tissu dynamique et mécanoréactif qui va répondre favorablement à une charge contrôlée après une blessure [27]. Cependant, il reste à définir les conditions de chargement idéales pour différents types de lésions tendineuses telle que la tendinopathie patellaire pour un sportif pratiquant un sport avec des contraintes en excentrique (basket, volley) en saison compétitive.

2.2 La tendinopathie patellaire : Le syndrome de Jumper's knee

2.2.1 Définition de la tendinopathie

La tendinopathie signifie « tendon douloureux », cela regroupe plusieurs affections notamment la tendinite (inflammation du tendon) et la tendinose (dégénérescence du tendon). Un consensus sur la terminologie de « tendinopathie » a été établi en 2019 par Scott et al [16]. C'est le terme correct pour le diagnostic clinique d'une douleur au niveau du tendon accompagnée d'une altération des performances, et parfois d'un gonflement du tendon [14]. La tendinopathie est une affection musculo-squelettique d'hyperutilisation fréquente chez les sportifs notamment [13,14,15].

2.2.2 Historique du syndrome du « Jumper's knee »

C'est la première fois en 1973 que les aspects cliniques des tendinopathies quadricipitales et patellaires ont été décrits par Blazina et al [28]. Le terme commun de « Jumper's knee » en ressort et se traduit par « le syndrome du genou sauteur » qui va désigner « une affection tendineuse douloureuse localisée sur la partie antérieure du genou due à une surcharge mécanique qui est appliquée au tendon lors d'un saut » [28].

Plus tard, en 1986, Ferreti [29] réutilise et définit le syndrome du « Jumper's knee » comme une enthésopathie correspondant à une lésion de la jonction ostéotendineuse. Au niveau de l'appareil extenseur, trois zones peuvent être impliquées dans cette affection : au niveau du pôle supérieur de la patella à l'insertion du tendon quadricipital (pour 25% des cas), au niveau du pôle inférieur de la patella à l'insertion proximale du tendon patellaire (65% des cas) et plus rarement (10% des cas) au niveau de la tubérosité tibiale antérieure à l'insertion distale du tendon patellaire.

Aujourd'hui, le terme de « Jumper's knee » ne décrit plus seulement les enthésopathies, il est utilisé de façon plus large pour désigner une atteinte tendineuse du système extenseur en général [11]. En effet, ce type d'affection a une incidence importante dans les sports avec des sauts et des changements brusques de direction qui se répètent de façon fréquente tel que le basket et volley.

2.2.3 Données épidémiologiques dans le milieu du sport

La tendinopathie est une blessure très courante de surutilisation dans les populations athlétiques et actives [13,14,15]. En effet, elle est le principal motif de consultation pour une plainte musculo-squelettique et correspond à environ 30% de l'ensemble de ces consultations avec un médecin généraliste [14]. Les activités sportives sont de plus en plus importantes depuis ces vingt dernières années [14]. Notamment, la demande de performances sportives a augmenté chez les athlètes de haut niveau dans les sports de compétition, et parallèlement le risque de blessures par surutilisation a augmenté, car les joueurs ont besoin de s'entraîner de manière plus intensive, plus souvent et pendant de plus longues périodes [14]. Environ 30 à 50% de toutes les blessures en médecine du sport sont des tendinopathies d'hyperutilisation [14]. Parmi les sports où l'incidence de ces blessures est la plus élevée on retrouve le basketball (13,6%) et le volleyball (12%) [14]. En effet, la prévalence de « jumper's knee » est élevée dans les sports caractérisés par des exigences importantes en matière de vitesse et de puissance pour les appareils extenseurs des jambes. D'après d'autres sources, elle représenterait plus de 44% dans le volleyball et plus de 31% dans le

basketball [30] et jusqu'à 55% des joueurs de basket-ball adultes élités rapportent des symptômes de douleur antérieure du genou [30].

Dans les activités sportives citées ci-dessus comportant des sauts, les contraintes subies par l'appareil extenseurs peuvent être très importantes et aller parfois jusqu'à 11 fois le poids du corps [15]. Le tendon patellaire fait partie des tendons étant les plus régulièrement atteints dans la tendinopathie [13]. Les symptômes peuvent parfois durer plus de 32 mois post diagnostic et entraîner une baisse de la performance ce qui empêche souvent la pratique d'une activité sportive chez ces athlètes [30].

Le problème fréquemment rencontré est que les athlètes consultent seulement lorsqu'ils sont vraiment limités dans leur pratique sportive (douleur, performance) et il en résulte un retard de diagnostic et donc de prise en charge. La tendinopathie est une pathologie de surutilisation dans laquelle la douleur apparaît insidieusement et n'est pas clairement identifiée par le joueur c'est pourquoi ils ne vont pas chercher à adapter leur pratique tant que le diagnostic ne sera pas établi. De ce fait, la prévalence du « jumper's knee » est sûrement souvent sous-estimée. Beaucoup de patients sont asymptomatiques et à l'échographie il y a une tendinopathie (dans 29% des cas) [15]. C'est pourquoi une bonne compréhension de l'étiopathologie et de la physiopathologie de la tendinopathie chez les athlètes est importante pour pouvoir ensuite mettre en place un traitement précoce et adapté pour diminuer l'incidence de cette affection.

2.2.4 Physiopathologie de la tendinopathie patellaire

2.2.4.1 Facteurs d'apparition et facteurs de risques

L'étiologie des tendinopathies est multifactorielle. On retrouve des facteurs de risque intrinsèques (modifiables ou non) et extrinsèques (susceptibles d'être modifiés) qui peuvent agir seuls ou de façon combinée [13,14].

Les facteurs favorisants intrinsèques peuvent être : l'hérédité, l'âge, le sexe (avec une prévalence masculine plus importante [13,15]), les troubles morphostatiques (inégalité de longueur des membres inférieurs, pied plat par exemple), la raideur musculo-tendineuse [13,15], la souplesse et la force musculaire du quadriceps [31], une diminution de la dorsiflexion [31], l'hygiène de vie (alcool, tabac, alimentation notamment), un mauvais état général, le stress, un indice de masse corporelle important, l'obésité, l'hypercholestérolémie, l'hyperuricémie, la dysthyroïdie [13].

Les facteurs extrinsèques peuvent être : une technopathie (matériel sportif inadapté comme les chaussures ou le terrain), une erreur d'entraînement ou de préparation, la mauvaise réalisation du geste sportif ou professionnel, le type de sport et la surface d'entraînement [31] une charge de travail trop élevée, la déshydratation, un traitement médicamenteux (corticostéroïdes, statines, fluoroquinolones), le dopage [14]. Un volume d'entraînement excessif ou un entraînement utilisant la fonction élastique des tendons de façon excessive et répétée peuvent être responsables d'une surcharge tendineuse et donc être propice à l'apparition de la tendinopathie sportive et de l'apparition des symptômes douloureux et d'un dysfonctionnement du tendon [32].

Il existe une multitude de facteurs favorisants, la liste ci-dessus est non-exhaustive.

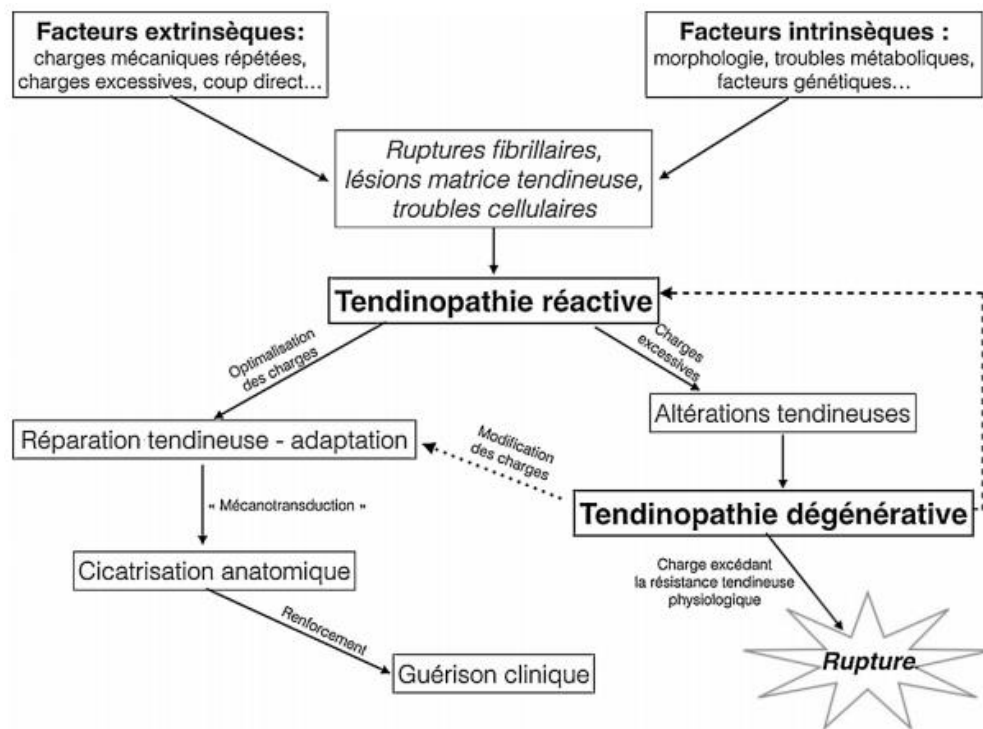


Fig. 3 : Schématisation de la physiologie de la tendinopathie traduite par Kaux et al [13].

D'après certains auteurs, l'inflammation pourrait jouer un rôle dans l'étiologie de la tendinopathie aiguë [14]. L'âge serait considéré comme un important facteur prédisposant dans la survenue de la tendinopathie. En effet, le vieillissement du tendon est caractérisé par un faible taux de métabolisme, une diminution progressive de l'élasticité et de la résistance à la traction ainsi qu'une diminution du flux sanguin tendineux [14].

D'après une étude de Cook et Purdam en 2012 [32], dans les tendinopathies d'insertion des combinaisons de charge de traction et de compression existent et peuvent être grandement responsables de l'apparition des tendinopathies. Cependant, d'après les mêmes auteurs, ce n'est pas le cas au niveau de l'insertion du tendon patellaire sur la patella où il serait peu probable que la compression joue un rôle important dans la tendinopathie. L'affection se produirait uniquement à la jonction os-tendon car l'enthèse est principalement soumise à une charge de traction.

2.2.4.2 Physiopathologie de la tendinopathie patellaire

Le tendon peut être endommagé de manière progressive par des sollicitations mécaniques répétitives ou encore lorsque la charge appliquée au tendon va dépasser sa résistance [14]. Progressivement il va y avoir un phénomène de dénaturation des fibres de collagène qui entraîne une dégénérescence intratendineuse localisée pouvant aller jusqu'à une déchirure partielle voire une rupture des fibres dans le pire des cas [14]. Macroscopiquement, le tendon pathologique a une couleur grisâtre ou jaune-brune, il a une texture friable, fragile et peut être mince ou œdématisé [13,14].

Aujourd'hui, certains processus physiopathologiques sont encore mal élucidés, néanmoins, on sait que, dans la genèse des tendinopathies, il n'y a pas de cellule inflammatoire dans et autour de la lésion donc le rôle de l'inflammation n'apparaît pas clairement cependant cela n'exclut pas l'implication de médiateurs inflammatoires [10,13,14]. L'inflammation peut jouer un rôle dans l'étiologie des tendinopathies mais, très rapidement, un processus dégénératif va le remplacer [14].

Il existe différents stades dans la tendinopathie. Lors de lésions aiguës, au stade initial, on va retrouver une phase inflammatoire avec un œdème, des bourgeonnements vasculaires avec infiltrats de polynucléaires et macrophages. A un stade plus évolué, il y a formation d'un tissu de granulation, d'une cicatrice constituée de collagène de type III (plus fragile et moins organisé que le collagène de type I retrouvé dans le tendon normal [33]).

D'un point de vue microscopique, la tendinopathie est caractérisée par des modifications intratendineuses avec une homéostasie tendineuse perturbée, une désorganisation des fibres de collagène qui sont également plus mince que la normale, une production anormale en quantité de collagène de type III, des changements cellulaires et notamment une apoptose des ténocytes, une néovascularisation et néoinnervation [13,14,32]. A cause de ces perturbations, le tendon aura une élasticité et une résistance à la tension diminuée [13,14]. Il y a une cohérence entre ces changements et remodelages de la matrice (Fig.3) et l'apparition par la suite de signes cliniques, c'est pourquoi une partie du traitement de la tendinopathie devrait cibler ces modifications intratendineuses afin de les corriger [14] en plus de traiter la douleur et la fonction.

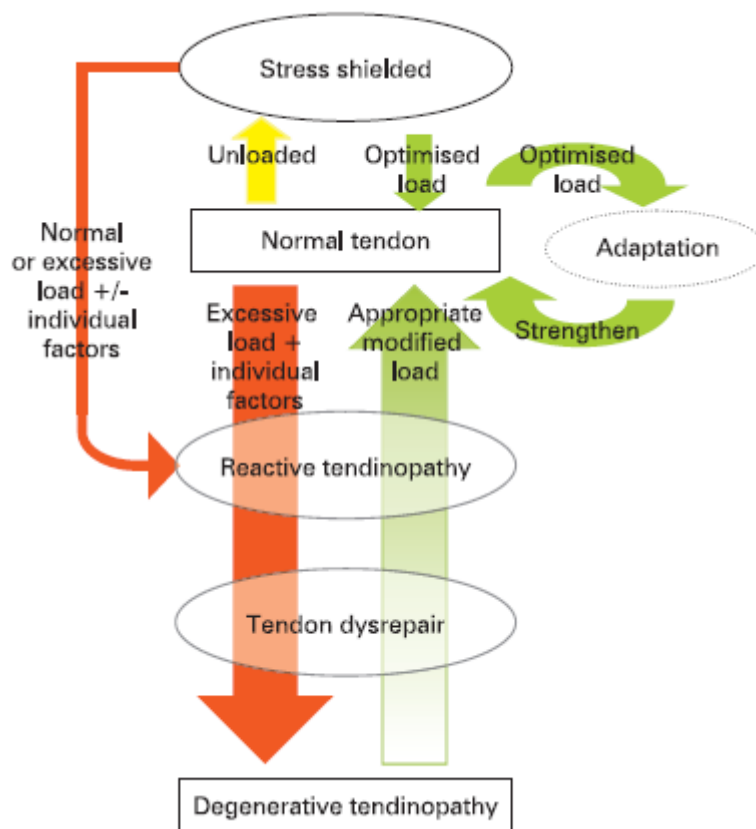


Fig. 4 : Continuum de la tendinopathie selon Cook et al [9].

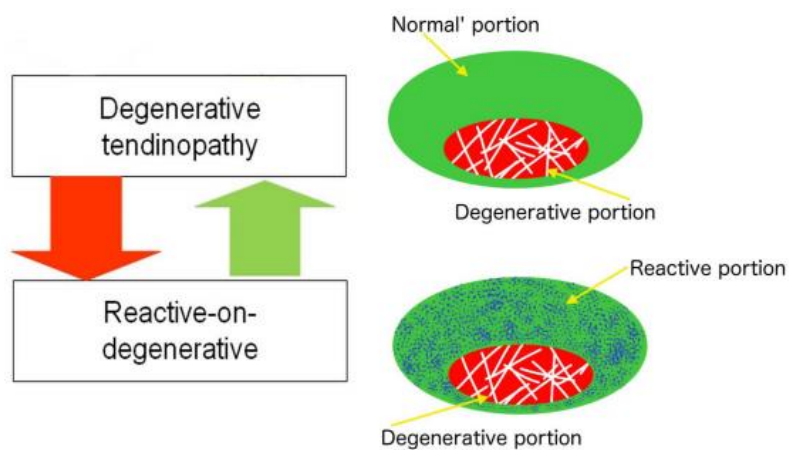


Fig. 5 : Schéma représentant la tendinopathie « réactive sur dégénérative » selon Cook et al [10].

2.2.4.3 Description du modèle du continuum tendineux dans la tendinopathie

Cook et Purdam, en 2009 [9], ont mis en évidence un continuum de la tendinopathie après avoir étudié les modifications de la structure tendineuse. C'est un modèle évolutif décrit en 3 stades en fonction des caractéristiques structurelles (Fig.4) [9,11] : la tendinopathie réactionnelle, le délabrement du tendon (échec de guérison) et la tendinopathie dégénérative. Ces étapes ont pour but de guider la pratique des praticiens afin qu'ils puissent adapter leur traitement en fonction de l'état tissulaire. C'est l'addition ou la soustraction de la charge appliquée au tendon qui va faire que l'on se déplace d'un bout à l'autre du continuum car les différents stades sont reliés entre eux [9].

La tendinopathie réactive est le stade de prolifération de cellules non inflammatoires, de protéines, d'un épaissement et d'une raideur du tendon sans modification de la structure du collagène (ou très peu) suite à une augmentation inhabituelle et brusque de la charge ou lors de répétitions excessives de la charge appliquée au tendon. Ces adaptations rapides et réversibles permettent au tendon de mieux résister aux nouvelles contraintes [9].

Si les contraintes mécaniques s'arrêtent il est possible de revenir à un tendon « normal » mais si elles persistent on peut arriver au stade du délabrement tendineux. Cette étape correspond à la cicatrisation tendineuse avec un remaniement du tendon et des modifications de la structure du collagène avec une désorganisation et une séparation des fibres et parfois une augmentation de la vascularisation et de l'innervation du tendon. Ces lésions peuvent être réversibles à condition de débiter précocement une adaptation de la charge de façon optimale en jouant sur l'intensité, la durée et la fréquence [9].

La phase ultime est irréversible et correspond à la dégénérescence du tendon dans laquelle les remaniements intratendineux et les contraintes mécaniques persistantes vont provoquer une augmentation de la mort cellulaire. Le risque de rupture est augmenté car le tendon est fragilisé à cause de différentes modifications (augmentation de la vascularisation et de l'innervation, des désorganisations voire des déchirures de la matrice tendineuse). Cette phase est souvent la cause de tendinopathies chroniques et les zones impliquées ne sont plus capables de transmettre au cerveau l'information de la charge mécanique [9,10].

En 2016, Cook et Purdam [10] ont réactualisé le modèle précédent du Continuum en précisant que dans les pathologies tendineuses, il est possible de retrouver des phases réactives sur dégénératives appelées « reactive-on-degenerative » (Fig.5). Un tendon peut avoir des zones de lésions tendineuses appartenant à des stades différents en même temps. Ce principe est illustré par les auteurs comme un « donut » : le beignet autour est la portion du tendon structurellement « normale » qui devient une zone « réactionnelle », et le « trou » du donut est une portion qui était « réactionnelle » et devient « dégénérative ». La zone saine du tendon va devoir compenser la perte de fonction induite par la portion dégénérative autour de laquelle elle se situe, et cela peut créer une surcharge de la zone saine [10,11]. La partie dégénérative est mécaniquement silencieuse et structurellement incapable de transmettre une charge de traction [10].

Le syndrome du « genou du sauteur » est une tendinopathie de surcharge et de surutilisation du tendon pouvant correspondre au premier stade du tendon réactif et au deuxième du tendon remanié.

2.2.4.4 La douleur tendineuse

La douleur est une source de préoccupation majeure chez les athlètes récréatifs et compétitifs car elle peut interférer avec la pratique et dans certains cas, mettre fin à une carrière sportive [1]. Les théories des mécanismes de la douleur ne sont pas complètement clarifiées dans l'affection de la tendinopathie, il en est de même pour la chronicité [14] ainsi que pour les interactions douleur-structure-fonction [10].

Certains auteurs proposent une explication d'origine nociceptive à l'apparition de la douleur : l'augmentation de la néovascularisation (visible à l'échodoppler), liée à la cicatrisation tendineuse, serait génératrice de la douleur au niveau local [10,13,34]. Il en serait de même pour la croissance neuronale accompagnant les néovaisseaux [13,34]. La sévérité des symptômes n'est pas liée à ces deux phénomènes [13]. L'origine centrale et périphérique de la douleur est due à des substances étant médiateurs de l'inflammation comme les prostaglandines, prostacyclines, thromboxanes [13,14].

D'après certains auteurs [10], il n'y a pas toujours de corrélation entre la douleur et les lésions intratissulaires à l'imagerie, c'est ce qui peut rendre la prise en charge des tendinopathies assez complexe. Selon d'autres auteurs [35], la douleur tendineuse est associée à une structure tendineuse anormale, une capacité de charge réduite et une diminution des performances. La capacité de charge réduite peut être due à la présence de la douleur et/ou à une structure tendineuse compromise.

2.2.4.5 Lien structure-douleur-fonction

Dans le cadre de la tendinopathie patellaire de surutilisation dans les sports à forte composante excentrique sur l'appareil extenseur du genou, la performance des athlètes peut être diminuée à cause de la douleur engendrée par les atteintes lésionnelles intratendineuses. Cependant, le lien entre la structure, la douleur et la fonction n'est pas toujours présent [10].

Les phases du continuum de Cook et Purdam [9,10] sont basées sur des caractéristiques structurelles et ne suggèrent pas qu'il existe une relation directe entre la structure, la douleur et le dysfonctionnement. La tendinopathie se définit comme la présentation clinique de la douleur et d'un mauvais fonctionnement indépendamment de la pathologie structurelle. Cependant, la pathologie intratendineuse peut être considérée comme un facteur de risque lorsque l'on modélise la relation entre la douleur et le changement structurel car elle augmente le risque de développer des symptômes [10]. La douleur tendineuse est alors en partie liée à la fonction, la tendinopathie diminuant la force musculaire et le contrôle moteur, ce qui réduit à son tour la fonction même si les changements de fonction se produisent également en présence d'une pathologie structurelle, indépendamment de la douleur [10].

Les interactions entre la structure, la douleur et la fonction sont complexes. Dans ce contexte on définit la fonction comme la capacité du muscle à générer de manière répétée une force appropriée qui permet au tendon de stocker et de libérer de l'énergie pour réaliser le mouvement. La douleur est un des facteurs limitants et constitue le symptôme principal de cette affection, ce qui peut souvent entraîner une limitation plus ou moins importante de la performance chez le sportif.

Cependant, la physiopathologie de la douleur dans la tendinopathie patellaire n'est pas ce jour pas totalement élucidée.

2.3 Prise en charge de la tendinopathie en masso-kinésithérapie

2.3.1 Histoire de la maladie

Dans le cadre de la tendinopathie patellaire, le temps de l'anamnèse est primordial. L'interrogatoire doit être bien mené de façon à pouvoir mettre en évidence, au niveau de l'appareil extenseur du genou, des sollicitations excentriques dans le cadre sportif qui vont conduire à l'apparition de la douleur de la tendinopathie patellaire. On doit retrouver une « cohérence entre le geste sportif et la survenue de la tendinopathie » [15]. La composante excentrique correspond à une contraction du quadriceps pendant qu'il subit une contrainte en étirement, ceci est caractéristique d'une réception d'un saut, ce qui correspond au mécanisme dans les sports comme le basket, le volley et le hand où la fréquence des sauts est très importante [15]. C'est autour de 60°, au début de la flexion de genou, que s'exerce la contrainte sur le tendon patellaire [15].

Les facteurs d'apparition extrinsèques à l'origine du déclenchement des symptômes sont recherchés, ils sont prédominants sur les facteurs intrinsèques qui peuvent être également mis en évidence [15].

Dans un deuxième temps, le praticien réalise un examen clinique avec palpation, étirement et tests isométriques et parfois excentriques. Il peut réaliser une analyse du mécanisme de saut et de réception. Le lien entre l'interrogatoire et la clinique doit être retrouvé [15].

La plupart des tendinopathies patellaires (65%) sont localisées au niveau de l'insertion proximale sur l'apex de la patella [15], on parle alors « d'enthésopathie » (jonction ostéotendineuse). D'autres structures peuvent être touchées dans la tendinopathie : le corps du tendon (tendinopathie corporelle), les structures péri-tendineuses entraînant une inflammation comme la gaine du tendon et les bourses séreuses (téno-synovite) [13].

2.3.2 Symptômes, diagnostic et pronostic

Le diagnostic est avant tout clinique [14,15]. A l'interrogatoire une triade doit être mise en évidence : une survenue progressive de la douleur (souvent avec un début insidieux), sa localisation et le rythme (lié au sport) [14,15]. La douleur doit être déclenchée sur un mode excentrique lors de la pratique du sport, c'est-à-dire que la douleur sera plus intense à la réception d'un saut qu'à l'impulsion (contrainte concentrique) [15].

L'affection de la tendinopathie patellaire est également caractérisée à l'examen clinique par une triade douloureuse : à étirement, à la contraction isométrique et à la palpation [13,14,15,33]. On retrouvera une douleur à la reproduction du geste sportif. Le praticien peut compléter l'examen par des tests excentriques en charge en réalisant une flexion de genou en appui unipodal afin de provoquer la douleur du patient au niveau du tendon patellaire [15].

Tab. I : Classification Blazina selon Rodineau et al [15].

Stade I	Douleur apparaissant après la pratique sportive mais ne l'empêchant pas.
Stade II	Douleur apparaissant au début de l'entraînement et à la fatigue et cédant après l'échauffement.
Stade III	Douleur permanente entraînant une diminution de l'activité sportive.
Stade III bis	Douleur imposant l'arrêt complet de l'activité sportive.
Stade IV	Rupture du tendon patellaire.

Cliniquement, on retrouve aussi une réduction fonctionnelle (diminution des performances sportives chez l'athlète) [13,14], parfois un gonflement localisé au niveau du tendon, avec un aspect épaissi ou nodulaire [14]. L'observation révèle souvent une atrophie du quadriceps homolatérale à l'affection dont le degré va dépendre de la durée des symptômes. Une perte de force du quadriceps peut souvent être observée même à un niveau d'élite car les athlètes vont décharger leur membre à cause de la douleur [11]. Il ne faut pas précipiter le diagnostic et bien prendre le temps de mettre en évidence le geste sportif et la tendinopathie patellaire puis d'exclure ou de rechercher un diagnostic différentiel [15].

Une fois le diagnostic posé, le pronostic de guérison est d'au moins six semaines (correspond à la durée de cicatrisation des fibres de collagène) mais la durée de la rééducation est très variable en fonction de la maîtrise des facteurs de risques, des capacités du patient à adhérer au traitement et à l'état de chronicité lésionnel [36]. On considère comme bon pronostic les stades 1 et 2 de la classification de Blazina (Tab.I) [12].

2.3.2.1 Diagnostics différentiels

Il existe plusieurs diagnostics différentiels, et l'anamnèse ne suffit pas toujours à exclure une autre pathologie [15]. Suivant les données récupérées lors de l'examen clinique et de l'interrogatoire, des examens complémentaires peuvent être demandés afin d'exclure ou non un diagnostic différentiel. Le diagnostic différentiel du syndrome rotulien n'est pas complètement écarté même une fois le lien entre le geste sportif et l'apparition de l'affection mis en évidence [15]. La tendinopathie patellaire et le syndrome rotulien peuvent être semblables en termes de localisation de la douleur (sur le tendon patellaire) et peuvent être confondus à l'imagerie [15].

2.3.2.2 Examens complémentaires d'imagerie

Le diagnostic clinique peut être confirmé par échographie Doppler et/ou IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) [13,14,15]. L'échographie avec Doppler couleur permet de voir la structure intratendineuse notamment la néovascularisation, un épaissement du tendon, des fibres discontinues [14] qui sont caractéristiques de la tendinopathie. Des examens complémentaires d'imagerie médicale peuvent être demandés également pour définir un stade lésionnel précis ou encore pour suivre l'évolution de la pathologie [33].

Il faut garder à l'esprit qu'il n'y a pas forcément de corrélation entre les examens complémentaires d'imagerie et les signes retrouvés en clinique [10,14], et que les anomalies structurelles intratendineuses sont parfois visibles à l'imagerie par ultrasons même lors d'une bonne récupération fonctionnelle [14].

2.3.3 Evaluation des capacités fonctionnelles

2.3.3.1 Classifications

Afin d'apprécier le retentissement de la tendinopathie au niveau fonctionnel, il existe plusieurs échelles ou classifications. Celle de Blazina (Tab.I) [12,13,14,15] est la plus utilisée. Elle comporte 5 stades qui ne sont pas corrélée à l'aspect histologique de la lésion du tendon.

Tab. II : Classification de Leadbetter [12].

	Expression de la douleur	Clinique	Évoluant depuis :	Anatomo-pathologie
STADE 1	Douleur après le sport, disparaissant au repos en quelques heures	Pas de signe clinique particulier	moins de 2 semaines	Lésions microscopiques et réversibles
STADE 2	Douleur pendant et après le sport, ne disparaissant pas ou peu au repos	Douleur localisée Peu ou pas de signes inflammatoires	entre 2 et 6 semaines	Lésion microscopiques et réversibles
STADE 3	Douleur persistant plusieurs jours après l'arrêt de l'activité, réapparition rapide à la reprise Limitations fonctionnelles nettes	Présence de signes inflammatoires	supérieure à 6 semaines	Apparition de lésions macroscopiques et irréversibles
STADE 4	Douleurs permanentes empêchant toute activité sportive et gênant les activités quotidiennes courantes	Signes inflammatoires importants		Dans la majorité des cas, présence de lésions macroscopiques et irréversibles

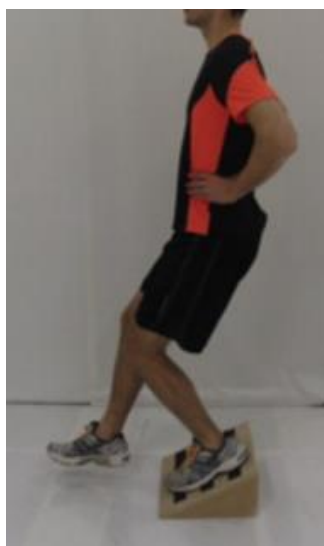


Fig. 6 : Squat sur plan incliné à 25° en unipodal utilisé pour l'évaluation de la douleur [11].

Des classifications moins utilisées existent comme celles de Leadbetter se basant également sur la clinique, l'anatomie-pathologie et la durée des symptômes (Tab.II), celle de Ferreti et Nirschl [12].

Trois stades peuvent parfois suffire à classer chronologiquement les symptômes douloureux et fonctionnels : tendinopathie dite « aigue » pour des symptômes présents entre zéro et six semaines, tendinopathie « subaiguë » entre six et douze semaines et chronique lorsque les symptômes sont présents depuis plus de trois mois [13,14].

2.3.3.2 Outils d'évaluation

Afin d'évaluer les répercussions fonctionnelles de la tendinopathie de façon plus précise, le questionnaire VISA-P (Victorian Institute of Sports Assessment for the Patellar tendon) [15] peut être utilisé par les praticiens. En 2016, un article de Kaux et al a publié la validation de ce questionnaire en français [37] disponible en annexe (Annexe 1). C'est une mesure de référence qui permet le suivi de la douleur et de la fonction [11]. Ce questionnaire comprend une série de questions brèves qui évaluent les symptômes, une série de simples tests évaluant la fonction et la capacité à pratiquer une activité sportive. Une EVA (Echelle Visuelle Analogique) de 0 à 10 (10 correspondant à aucun symptôme douloureux ou un fonctionnement normal) est utilisée pour six questions sur huit. Le score total est de 100 points correspondant à un sportif asymptomatique avec une fonction optimale. 0 est le score minimum, un score inférieur à 80 montre un dysfonctionnement et un changement minimal cliniquement significatif est de 13 points [11].

Il existe un test clé pour évaluer la douleur dans la tendinopathie patellaire, notamment le squat sur plan incliné en unipodal (Fig.6). Le patient se tient debout sur la jambe atteinte sur une planche inclinée à 25°, il doit maintenir le tronc droit et s'accroupir si possible jusqu'à 90°. Le test est réalisé en bilatérale et l'angle maximal de flexion du genou atteint est enregistré ainsi que la douleur à l'aide d'une EVA. Ce test permet à la fois un diagnostic en ce qui concerne la douleur (elle doit rester localisée à la jonction tendon/os et ne pas s'étendre lors du test) et à la fois une auto-évaluation pour surveiller la réponse du tendon à la charge de façon quotidienne [11].

En pratique, la qualité du mouvement peut être évaluée grâce à des tests de sauts unipodaux ou d'exercices spécifiques de changement de direction. La douleur et la fonction sont enregistrées à l'impulsion et à la réception de saut et il convient de noter si une charge provoque une augmentation de la douleur [11].

De façon plus élaborée, pour les athlètes d'élite il peut être utile d'avoir recours à une analyse vidéo biomécanique pour la mesure des angles et des moments des articulations. Les tests de saut en hauteur et en distance peuvent également être utilisés pour évaluer la qualité de la chaîne cinétique, tout en fournissant un moyen objectif de suivre les progrès [11].

En pratique, la force musculaire peut être évaluée par des mesures cliniques et fonctionnelles comme des squat unipodaux sur plan incliné répétés, ce qui permet de mettre en évidence le niveau de « décharge » du muscle quadriceps [11].

2.4 Traitement de la tendinopathie

La prise en charge de la tendinopathie patellaire consiste en une large variété de traitements conventionnels non pharmacologiques et pharmacologiques et certains dont l'efficacité est relative [14]. Le choix des traitements est orienté par l'évolution des découvertes sur la tendinopathie [14], cela va de la prise en charge classique avec la prise d'antalgiques, d'anti-inflammatoires, de physiothérapie classique complétée par d'autres traitements plus élaborés comme l'entraînement en excentrique impactant la structure tendineuse pour une récupération au long terme [14]. Le patient doit avant tout adhérer au traitement proposé par le praticien [38]. La prise en charge pourra être différente en fonction du type de tendinopathie (réactionnelle, dégénérative, enthésopathie) [38]. L'exercice et la gestion de la charge sont fondamentaux pour la gestion de la tendinopathie.

2.4.1 Objectifs et principes de traitement

Les objectifs de traitement, comme pour toute affection, découlent de l'anamnèse et du bilan diagnostique kinésithérapique qui aura été réalisé en amont. Cependant, les objectifs principaux dans la tendinopathie sont de lutter contre la douleur (par excès de nociception), favoriser la cicatrisation tendineuse (ou ostéo-tendineuse), renforcer le complexe myotendineux, et éviter les récurrences, aider à la reprise de l'activité physique ou du sport [36].

Pour diminuer les déficits fonctionnels, certains auteurs phares proposent comme objectifs d'améliorer la douleur et la fonction principalement car c'est seulement dans les stades aigus que la structure peut être améliorée. En effet, on retrouvera un déficit structurel résiduel dans certaines zones dégénératives [10].

Les principes de prise en charge de la tendinopathie patellaire sont de faire attention aux diagnostics différentiels, pas de repos complet mais diminuer les contraintes mécaniques et les réaugmenter progressivement, adapter les techniques de traitement aux symptômes douloureux, par exemple commencer les exercices statiques et excentriques lorsque l'étirement du tendon n'est plus douloureux, retenir que la réponse aux exercices est lente dans le cadre de tendinopathies, il est rare d'avoir une amélioration de l'affection au long court en utilisant que des techniques passives [14] et il est important de corriger les éventuels facteurs favorisants retrouvés au bilan kinésithérapique pour éviter les récurrences [36].

2.4.2 Le repos et la gestion de la charge

Le repos complet des charges de traction pendant un certain temps, c'est-à-dire la décharge du tendon ou encore l'immobilisation dans la tendinopathie est contre-indiquée car les conséquences sont néfastes (diminution de la résistance mécanique du tendon, changements intratendineux en raison de l'absence de stimulus mécanique) [32].

C'est pourquoi souvent il n'est pas nécessaire de cesser toute activité sportive, mais de la maintenir à une charge optimale, il faut tendre vers un équilibre [39]. Ce repos relatif est d'autant plus important au stade de tendinopathie réactionnelle [9] afin d'éviter la chronicisation de l'affection [39]. Afin de diminuer la douleur et le remaniement progressif du tendon à ce stade, le traitement de la tendinopathie consiste avant tout en une gestion de la charge et cela consiste à éviter de surcharger le tendon à nouveau [9,39].

Il faut trouver un équilibre entre continuer le sport et se mettre au repos complet en prenant en compte plusieurs facteurs comme la sévérité et l'irritabilité de la douleur au moment de l'activité et dans les 24h à 48h suivant celle-ci [39]. La plupart des charges fonctionnelles sont absorbées au niveau du tendon et de son insertion qui sont capables de s'adapter à des niveaux de charge élevée [27] mais de façon très lente [32]. C'est pourquoi le tendon a besoin de repos entre deux sollicitations en charge et il faudra davantage de temps après une sollicitation en surcharge [39], sans oublier que pour certaines personnes plusieurs jours de repos seront nécessaires et pour d'autres un seul peut suffire [39]. Une surcharge va déclencher une réponse intratendineuse mais la simple suppression de cette surcharge à court terme ne sera pas suffisante pour la guérison de la tendinopathie et pour redonner au sportif toutes ses fonctions.

Le repos relatif consiste donc à moduler la charge en fonction des symptômes douloureux en gardant en tête que l'inactivité physique peut entraîner des remaniements au niveau du tendon identique à un vieillissement du tendon [9]. La gestion de la charge dans le traitement de la tendinopathie est importante à prendre en compte. Elle repose principalement sur la réduction du volume et/ou de l'intensité de la charge d'entraînement. Dans les tendinopathies d'insertion, la réduction des charges de compression permet une stratégie de déchargement supplémentaire si le tendon est sensibilisé. Ceci est souvent simple comme par exemple changer les stratégies d'entraînement quand cela est possible, réduire les étirements [32].

2.4.3 Traitement médical et chirurgical

2.4.3.1 Traitements médicamenteux

Dans la prise en charge des tendinopathies, les AINS (anti-inflammatoires non stéroïdiens) sont parfois utilisés dans le but de diminuer le caractère inflammatoire de l'affection et la douleur, notamment en phase aigüe hyperalgique à court terme, même si leur rôle est discuté [14]. Les injections de stéroïdes peuvent être réalisées dans le but de diminuer la douleur en phase hyperalgique afin de pouvoir rapidement débiter le traitement kinesthésique par entraînement excentrique [14]. Les injections sclérosantes sont une alternative pour le traitement de la douleur dans les tendinopathies dans la mesure où les néovaisseaux et la néoinnervation seraient générateurs de douleur mais le rôle joué dans la guérison n'est pas connu clairement. Associées à l'entraînement en excentrique, elles ont démontré une diminution de la douleur pendant l'entraînement à court terme de façon complète [13]. Les injections de toxines botuliques peuvent être une option mais les auteurs ne s'accordent pas sur les résultats qui sont contradictoires [13].

2.4.3.2 La chirurgie

En dernière intention il est possible d'avoir recours au peignage du tendon ou à une ténotomie mais ceci reste extrêmement rare pour le traitement de la tendinopathie [36].

2.4.4 Renforcement musculaire

Un récent protocole de revue systématique datant de 2019 [40] ayant pour objectif d'analyser les preuves disponibles sur l'efficacité et les effets de la thérapie par l'exercice dans la prise en charge des tendinopathies des membres inférieurs rappelle que les exercices de renforcement sont

efficaces pour le traitement de ces affections [41]. En revanche, aucun consensus n'existe à propos des modalités optimales (intensité, dose, charge, fréquence) de contraction musculaire.

Les modalités de travail actif pouvant être mises en œuvre par le praticien dans le traitement des tendinopathies patellaires sont les exercices excentriques, concentriques, isométriques, isotoniques dont le HSR « High Slow Resistance » (et le pliométrie qui ne sera pas traité dans ce travail). Actuellement, il n'existe pas de recommandation officielle quant à leur utilisation en pratique clinique dans la prise en charge des patients sportifs.

Il faut noter que ces modalités de travail s'intègrent dans une prise en charge globale. D'autres techniques plus passives ou physiothérapiques pourront avoir leur place dans le traitement de la tendinopathie [14] ainsi que des exercices plus fonctionnels et spécifiques au sport, de vitesse et de pliométrie afin de permettre un retour au sport optimal [42].

2.4.4.1 La modalité de contraction excentrique

La composante excentrique correspond à une contraction du quadriceps pendant qu'il subit une contrainte en étirement [15]. Le traitement de choix de la tendinopathie est l'entraînement excentrique car il est considéré jusqu'à maintenant comme le plus efficace [14]. Des programmes d'exercices excentriques pour la gestion des tendinopathies du tendon patellaire se sont développés en s'inspirant des programmes de Stanish, qui est l'un des premiers à avoir utilisé comme traitement dans la tendinopathie chronique la thérapie par l'exercice excentrique progressif, au niveau du tendon d'Achille [14]. Les exercices de renforcement excentriques sont depuis longtemps utilisés dans la rééducation de la tendinopathie patellaire en raison de leur efficacité [14] cependant, ils ne sont pas supportés par tous les patients et d'autres modalités de contractions ont émergé ces dernières années pour le traitement des affections tendineuses.

2.4.4.2 Autres modalités de contraction musculaire

Des études émergentes sur l'utilisation d'autres modalités de contraction que l'exercice excentrique ont été publiées, on retrouve par exemple la contraction isométrique qui induirait une diminution des symptômes douloureux [43,44], le protocole HSR (Heavy Slow Resistance) qui comme l'exercice excentrique permet un travail en force du tendon et doit être intégré dans la réhabilitation pour améliorer la gestion de la charge du tendon [42]. C'est une méthode de contraction qui combine les modalités concentrique et excentrique à charge lourde. La modalité concentrique a cependant peu été étudiée pour ce type d'affection dans la littérature.

2.4.5 Autres options de prise en charge dans la tendinopathie

La prise en charge de la tendinopathie repose également sur d'autres techniques, pour certaines controversées [44], pour d'autres plus récentes encore en cours de développement et manquant de preuves pour leur utilisation en clinique [13]. Dans ces traitements adjuvants aux exercices actifs, on retrouve : les ondes de chocs extracorporelles [13,15], les étirements, le MTP (massage par frictions transversales profondes), l'acupuncture, les ultrasons, les orthèses, le traitement topique au trinitrate de glycéryle ou NO, les injections sclérosantes, de sang, de PRP (Plasme Risque en Plaquettes), les injections d'inhibition de MMP (Matrix Metalloproteinase) ou d'aprotinine [13,15], ou encore les thérapies laser d'après certaines études.

3 Synthèse du cadre théorique et problématique

La tendinopathie patellaire est une pathologie musculosquelettique caractérisée par une douleur localisée au niveau du tendon patellaire (et plus précisément au niveau de la jonction ostéotendineuse à l'apex de la patella le plus souvent), par une altération des performances sportives et parfois par un gonflement du tendon. C'est une affection fréquemment retrouvée dans les sports d'impulsions, de saut-réceptions avec une composante excentrique importante et qui sollicite alors davantage le tendon patellaire [9]. C'est une tendinopathie d'insertion dans la plus grande majorité des cas (65%) qui est due à une dégénérescence des fibres de collagène mais il ne s'agit pas d'une simple affection inflammatoire [45].

La tendinopathie patellaire ou syndrome du « Jumper's knee » est une affection assez largement répandue dans la population sportive essentiellement, les exigences pour les sports de compétition en termes d'intensité, de fréquence, de temps d'activité sportive ont largement augmenté depuis plusieurs dizaines d'années [14] ce qui a tendance à accroître le risque de blessure notamment par surutilisation, et le matériel (terrain, chaussures) parfois n'est pas toujours adapté surtout dans les sports de loisirs [14]. En effet, la tendinopathie patellaire provoque chez de nombreux sportifs une douleur et une diminution des capacités fonctionnelles sportives donc une baisse de leur performance. Le syndrome du « genou du sauteur » est une tendinopathie de surcharge et de surutilisation du tendon pouvant correspondre au premier stade du tendon réactif et au deuxième du tendon remanié selon les phases du continuum proposé par Cook et al [9] mais cela ne correspond pas à une inflammation tendineuse [45].

Les tendons sont conçus pour supporter une charge de traction, mais une charge excessive peut entraîner une tendinopathie par surutilisation. La tendinopathie par surutilisation entraîne des modifications importantes intratendineuses avec des changements cellulaires et matriciels. En effet, dans la pathologie tendineuse on retrouve une activation des cellules, des changements substantiels au niveau de la matrice extracellulaire, une quantité importante de grands protéoglycanes agrégés, un changement de type de collagène (type III), une dégradation de la structure du collagène avec une augmentation du renouvellement très élevée et une augmentation de la désorganisation du collagène, ainsi qu'une croissance neurovasculaire [32].

Dans la physiopathologie de la tendinopathie, le rôle de l'inflammation a longtemps été débattu, les cellules inflammatoires seraient absentes du processus pathologique mais pas les médiateurs inflammatoires tels que les cytokines, métalloprotéinases, facteurs de croissance. Ceux-ci sont impliqués dans la néovascularisation et la douleur (au niveau central et périphérique). Les ténocytes endocriniens et les terminaisons nerveuses libèrent des substances biochimiques qui sont censées jouer un rôle dans les douleurs tendineuses (par exemple, la substance P) [46]. Les terminologies « tendinite » (étant associée à l'inflammation intratendineuse) et « tendinose » (décrivant un tendon dégénératif sans signe inflammatoire) ont été abandonnées et un consensus sur le terme « tendinopathie » (désignant tout tendon douloureux, une diminution de la fonction et parfois un gonflement) a vu le jour en 2019 [16] pour désigner ce type d'affection.

L'étiologie de cette pathologie semble être multifactorielle. Des facteurs tant extrinsèques (par exemple, la surutilisation) qu'intrinsèques (par exemple, les niveaux de lipides, les gènes) peuvent

prédisposer aux lésions [46]. Cependant, la pathogénèse exacte de cette affection reste encore mal comprise. Un des facteurs extrinsèques les plus importants est la pratique d'une activité sportive avec une fréquence élevée de contraintes excentriques impliquant des sauts-réceptions, des changements brusques de direction, des transferts d'appuis. Les sports comme le basketball et le volley sont les sports les plus représentatifs de la tendinopathie patellaire.

Lors du bilan diagnostique, il est important d'écarter les diagnostics différentiels. Le diagnostic est avant tout clinique mais peut être confirmé par des examens complémentaires d'imagerie si nécessaire. L'imagerie permet aussi de mettre en évidence d'éventuelles lésions tissulaires même s'il est important de garder à l'esprit que la corrélation symptômes-structure-fonction est faible. La classification de Blazina [12,15] est la plus utilisée pour décrire la sévérité de la pathologie tendineuse mais il en existe d'autres.

Le traitement de la tendinopathie patellaire fait suite au bilan diagnostique et comprend un large éventail de techniques à la fois passives (repos relatif, AINS, injections de corticostéroïdes, orthèses, étirements, MTP) et actives (exercices de renforcement musculaire) et des techniques innovantes (ondes de chocs, injections sclérosantes, de PRP, toxines botuliques, MMP, thérapie génique) afin d'agir sur les symptômes douloureux, la fonction et la structure du tendon.

Le kinésithérapeute a une place majeure dans la prise en charge de la tendinopathie patellaire. Le tendon est un tissu « mécanoréceptif », c'est-à-dire qu'il est capable de répondre à une contrainte en charge (notamment une contrainte en excentrique) et de modifier sa structure interne. Le masseur-kinésithérapeute va pouvoir tenir compte de cette propriété du tendon afin de proposer un traitement adapté. Le tendon patellaire est un tissu dynamique qui va répondre favorablement à une charge contrôlée. Il est capable de s'adapter à la contrainte mécanique qu'on lui impose mais de façon très lente [32] c'est pourquoi la gestion de la charge est primordiale à prendre en compte en rééducation. La mécanothérapie correspond aux exercices thérapeutiques de renforcement musculaire utilisés pour permettre la mécanotransduction. Cela va favoriser la réparation, le remodelage au niveau de la matrice intratendineuse car les tissus lésés s'adaptent à la contrainte [27]. Le tendon réagit à la charge, il est doté d'une capacité d'adaptation [35]. L'application d'une contrainte par l'exercice va entraîner une augmentation de la production de collagène [27,47].

Dans le cadre de la prise en charge de la tendinopathie par le renforcement musculaire, la modalité de travail en excentrique est depuis longtemps privilégiée, c'est le traitement de référence car son efficacité présente le plus de preuves dans la littérature. Notamment, le protocole Stanish a montré ses preuves dans les tendinopathies du tendon d'Achille et à partir de celui-ci des programmes ont été adaptés pour la rééducation de la tendinopathie patellaire.

Cependant, depuis quelques années, cette recommandation est quelque peu remise en question dans la littérature par l'émergence de nouvelles études sur d'autres modalités de travail musculaire dans la prise en charge de cette affection. C'est pourquoi, dans ce travail, nous pouvons nous poser la question de savoir s'il existe une modalité optimale de travail musculaire (en termes de dose, intensité, fréquence, charge) parmi l'excentrique, le concentrique, l'isométrique, l'isotonique (dont le protocole HSR), ainsi que leurs effets potentiels sur la pathologie notamment sur les symptômes douloureux, sur les capacités fonctionnelles sportives ainsi que sur la structure du

tendon dans la prise en charge des sportifs atteints du syndrome du Jumper's knee pratiquant des sports d'impulsion en saison de compétition.

Nous pourrions ensuite discuter de leur application dans la prise en charge du sportif afin d'aider le masseur-kinésithérapeute à proposer une rééducation et des exercices adaptés. De plus, ce sujet semble intéressant du fait qu'un protocole ressemblant de revue systématique a été proposé récemment [40]. Le but serait d'analyser les preuves disponibles sur les effets de différents types de modalités de contraction musculaire, et de déterminer s'il existe une meilleure forme de thérapie par l'exercice, compte tenu de la modalité, de la dose, de la fréquence et de l'intensité, pour le traitement des tendinopathies patellaires. Ainsi la problématique découlant de cette réflexion est la suivante :

"Quelles modalités de travail musculaire et exercices préconiser dans la prise en charge de la tendinopathie patellaire chez le sportif atteint de Jumper's knee ?"
--

4 Méthodologie de recherche

Ce mémoire se présente sous la forme d'une revue de littérature pour tenter de répondre à une problématique concernant les différentes modalités de travail musculaire (excentrique, concentrique, isométrique, isotonique, HSR) dans la prise en charge de la tendinopathie patellaire en kinésithérapie ainsi que leurs effets sur la douleur et la fonction notamment ainsi que sur la structure du tendon, chez le sportif.

Pour entreprendre cette recherche, des mots clés (en français et en anglais) ont été utilisés, des équations de recherche ont été construites en ajoutant des opérateurs booléens (« OR », « AND »). Les recherches documentaires ont été effectuées sur différentes bases de données qui sont les suivantes : Pubmed, ScienceDirect, Cochrane et LiSSa. Chaque base de données à ses spécificités, et pour chacune d'entre elles une équation de recherche a été établie.

4.1 Mots clés utilisés

Avant de définir les mots clés, les différents champs qui englobent la problématique ont été mis en évidence. Des mots clés synonymes ont été associés à ces champs, ils ont été retenus des précédentes lectures d'articles pour le cadre théorique, ils sont résumés ci-dessous :

1 ^{er} champ :	Tendinopathie patellaire / Jumper's knee
2 ^{ème} champ :	Sujets sportifs/ athlètes / sport
3 ^{ème} champ :	Modalités de travail musculaire/ contraction / renforcement musculaire/ exercices /entraînement / traitement / protocole

Le modèle PICO [48] a également été utilisé afin d'aider à la formulation des équations de recherche. La problématique fait référence à une intervention thérapeutique. Les critères PICO sont donc les suivants :

P (population /patient / problème) :	Sujets sportifs/athlètes atteints d'une tendinopathie patellaire ou Jumper's knee
I (intervention / stratégie de prise en charge) :	Travail musculaire suivant une modalité de contraction (excentrique, concentrique, isométrique, isotonique, HSR)
C (comparateur) :	Travail musculaire suivant une autre modalité de contraction (excentrique, concentrique, isométrique, isotonique, HSR)
O (critères de jugement) :	Effet sur la douleur, la fonction et la structure

Une fois définis, ces critères ont permis de faire ressortir des mots clés en français. Ils ont ensuite été traduits en anglais en utilisant le site « HeTOP » [49] mais cela n'a pas toujours permis de trouver des termes Mesh, c'est pourquoi des mots clés proposés dans des articles référencés dans le cadre théorique ont été utilisés ainsi que les propositions de mots clés du moteur de recherche Pubmed.

Les mots clés sont répertoriés ci-dessous :

Français	Anglais
Tendinopathie(s) patellaire(s)	patellar tendinopath*, patellar tendon pain, Jumper's knee / Tendinopathy (Mesh) ; Patellar tendon (Mesh)
Isométrique, isotonique, excentrique concentrique, entraînement en résistance	Isometric, isotonic, eccentric, concentric, heavy slow resistance (HSR)
Travail musculaire, exercices, contraction, traitement, protocole	Exercise, contraction, training, treatment, protocol
Douleur / Fonction, capacités fonctionnelles/ Structure	Pain /Function, functional abilit*, functional capacit*, strength, stiffness, structure

Les mots clés des différentes modalités de contractions musculaires ont été définis, ils ont été associés à des mots clés plus généralistes comme « exercice », « contraction », « training », « traitement », « protocole », « gestion » retrouvés dans des articles lus précédemment sur le sujet faisant référence à la tendinopathie.

4.2 Bases de données consultées

Une fois les mots clés établis, des équations de recherche ont été créées en y insérant les opérateurs booléens « AND », « OR ». Les équations ont été utilisées dans différentes bases de données afin de rechercher des articles bibliographiques étant susceptibles de répondre à la problématique. Dans les équations de recherche, les « outcomes » du modèle PICO [48] n'ont pas été inclus car les critères de jugements sur le sujet sont assez hétérogènes. De plus, concernant le critère P de PICO seulement les mots clés faisant référence à la pathologie « patellar tendinopathy » et « Jumper's knee » ont été utilisés sans inclure les termes « sport », « athlètes » afin de pouvoir sélectionner par la suite les articles selon les critères d'inclusion qui feront référence au sport. Les moteurs de recherches utilisés sont présentés ci-dessous. La recherche avancée de chacun a été utilisée afin de cibler de façon plus pertinente et précise les articles.

4.2.1 Pubmed

Le moteur de recherche de données bibliographiques en ligne Pubmed a été interrogé car il recense plusieurs millions d'articles scientifiques, c'est un site de référence pour l'ensemble des domaines de la recherche en biologie et médecine et son moteur de recherche est très performant.

Les mots clés ont été soumis au Mesh en passant par HeTOP [49]. Dans le constructeur Mesh on ne retrouve pas de correspondance pour les termes : « tendinopathie patellaire », « jumper's knee », « excentrique », « concentrique », « isotonique », « HSR », « heavy slow resistance ». Pour le terme « isométrique », le Mesh terme est « exercise » cependant il apparaît comme un terme généraliste et trop générique et pourrait proposer des articles éloignés du sujet, c'est pourquoi j'ai choisi d'utiliser le mot clé « isometric » pour que cela se rapproche le plus possible de la problématique. De plus, HeTOP a été utilisé mais parfois Pubmed propose des synonymes qui sont référencés pour leur propre base de données, ce qui est le cas pour « isometric contraction » et « isotonic contraction » qui ont été ajoutés en plus à l'équation de recherche.

Tab. III : Equations de recherche selon les bases de données utilisées et le nombre d’occurrences obtenues.

Bases de données	Equations utilisées	Nombre d’occurrences
Pubmed	((("tendinopathy"[MeSH Terms] AND "patellar ligament"[MeSH Terms]) OR "jumper s knee"[Title/Abstract] OR "patellar tendinopath*"[Title/Abstract] OR "patellar tendon pain"[Title/Abstract]) AND ("isometric contraction"[MeSH Terms] OR "isometric"[Title/Abstract] OR "isotonic contraction"[MeSH Terms] OR "isotonic"[Title/Abstract] OR "eccentric"[Title/Abstract] OR "concentric"[Title/Abstract] OR "HSR"[Title/Abstract] OR "heavy slow resistance"[Title/Abstract]) AND ("exercise*"[Title/Abstract] OR "contraction"[Title/Abstract] OR "training"[Title/Abstract] OR "treatment"[Title/Abstract] OR "protocol"[Title/Abstract]))	119
ScienceDirect	("patellar tendinopathy OR "jumper's knee" OR "patellar tendon pain") AND " isometric " AND (“protocol” OR “exercise” OR “contraction” OR “treatment” OR “training”)	10
ScienceDirect	("patellar tendinopathy OR "jumper's knee" OR "patellar tendon pain") AND " isotonic " AND (“protocol” OR “exercise” OR “contraction” OR “treatment” OR “training”)	1
ScienceDirect	("patellar tendinopathy OR "jumper's knee" OR "patellar tendon pain") AND " eccentric " AND (“protocol” OR “exercise” OR “contraction” OR “treatment” OR “training”)	24
ScienceDirect	("patellar tendinopathy OR "jumper's knee" OR "patellar tendon pain") AND " concentric " (“protocol” OR “exercise” OR “contraction” OR “treatment” OR “training”)	3
ScienceDirect	("patellar tendinopathy OR "jumper's knee" OR "patellar tendon pain") AND " HSR " (“protocol” OR “exercise” OR “contraction” OR “treatment” OR “training”)	0
ScienceDirect	("patellar tendinopathy OR "jumper's knee" OR "patellar tendon pain") AND " heavy slow resistance " (“protocol” OR “exercise” OR “contraction” OR “treatment” OR “training”)	0
Cochrane Library	("patellar tendinopathy" OR "jumper's knee" OR "patellar tendon pain") in Title Abstract Keyword AND ("isometric" OR "isotonic" OR "eccentric" OR "concentric" OR "HSR" OR "heavy slow resistance") in Title Abstract Keyword AND (“protocol” OR “exercise” OR “contraction” OR “treatment” OR “training”) in Title Abstract Keyword	2 revues Cochrane 77 essais
Lissa	(“tendinopathie patellaire” OR “Jumper’s knee”) AND (“isométrique” OR “isotonique” OR “excentrique” OR “concentrique”) AND (“contraction” OR “exercice” OR “traitement” OR “protocole”)	4
Lissa	(“tendinopathie patellaire” OR “Jumper’s knee”) AND « entrainement en résistance »	0
TOTAL		240

4.2.2 ScienceDirect

La base de données ScienceDirect (plateforme de l'éditeur Elsevier) a été consultée car c'est une source qui répertorie une multitude de revues, d'articles dans les domaines de la recherche scientifique, médicale et technique. Dans la recherche avancée de ScienceDirect, les équations de recherche ont été insérées dans la rubrique « title, abstract or author - specified keywords ». Cependant, plusieurs équations de recherche ont été créées en fonction de la modalité de contraction musculaire à investiguer car la limite était de 8 opérateurs booléens maximum par équation.

4.2.3 Cochrane Library

Cochrane Library a été interrogée afin d'effectuer les recherches car c'est une base de données qui répertorie des méta-analyses, revues systématiques, essais cliniques randomisés contrôlés dans le domaine scientifique. Les équations ont été écrites dans la rubrique « title abstract keywords » de la recherche avancée.

4.2.4 LiSSa

La base de données bibliographique LiSSa (Littérature Scientifique en Santé) a été consultée car elle recense plus d'un million d'articles scientifiques pertinents en langue française. De plus il existe un moteur de recherche avancée avec différentes options qui permettent d'affiner les recherches.

4.3 Equations de recherche

Voici ci-contre un tableau (Tab.III) récapitulant les équations de recherche entrées dans les bases de données ainsi que le nombre d'occurrences retrouvées.

4.4 Démarche de sélection des articles bibliographiques

Après avoir interrogé les bases de données ci-dessus en utilisant la recherche avancée, un total de 240 articles a été obtenu avant application des critères de sélection et d'inclusion/exclusion. Le nombre d'occurrences pour chaque base de données a été répertorié dans un tableau ci-dessus. Volontairement, la date de publication des résultats ne figure pas comme un critère ceci permettant de couvrir l'ensemble des articles dans le domaine concerné.

La première étape de sélection consiste en l'élimination des doublons. Cette étape m'a permis d'écarter N = 65 articles. Après élimination des doublons, N = 175 articles ont été retenus pour l'étape suivante.

Tab. IV : Grade des recommandations selon la HAS [50].

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

Afin d'affiner les recherches et de cibler les articles pertinents pour répondre à la problématique, des critères d'inclusion/exclusion ont été définis, ci-dessous :

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
- Les sujets sont atteints d'une tendinopathie patellaire - La population étudiée est sportive (même population définie que dans le cadre théorique) - Les articles sont en anglais ou français - Types d'études apparaissant dans le tableau des grades scientifiques de la HAS (Tab.IV), revues exploratoires avec méthodologie explicitement détaillée - Les études s'intéressent à l'efficacité du travail musculaire excentrique et/ou concentrique et/ou isométrique et/ou isotonique et/ou au HSR - Les résultats des études s'intéressent à la douleur et/ou à la fonction du sujet et/ou la structure du tendon	- Les sujets ne sont pas atteints d'une tendinopathie patellaire - La population n'est pas sportive - Les articles ne sont ni en anglais, ni français - Revues narratives, revues exploratoires dont la méthodologie n'est pas explicitement détaillée - Les études ne s'intéressent pas à l'efficacité du travail musculaire excentrique et/ou concentrique et/ou isométrique et/ou isotonique et/ou au HSR - Les résultats des études ne renseignent pas sur la douleur et/ou à la fonction du sujet et/ou la structure du tendon

Ci-contre est présenté le tableau des grades des recommandations des niveaux de preuves scientifiques de la littérature selon la HAS (Tab.IV).

Deux sélections ont ensuite été réalisées. Premièrement, la lecture des titres et résumés a permis d'effectuer un premier tri et d'éliminer les articles ne correspondant pas aux critères d'éligibilité PICO et aux critères d'inclusion/exclusion définis ci-dessus. Cette sélection a réduit le nombre à 31 articles retenus.

Une seconde sélection a été faite après avoir lu entièrement les articles afin de retenir seulement ceux répondant aux critères d'inclusion et d'exclusion précisés ci-dessus. A l'issue de ce processus de sélection 29 articles ont été conservés car ils répondaient à l'ensemble des critères. Le résumé de la sélection des articles est présenté en Annexe par un diagramme de modélisation de la recherche bibliographique (Annexe 2).

Une veille a été menée sur PubMed afin de pouvoir recueillir, des articles ultérieurement qui seront ou non retenus afin d'alimenter la discussion et/ou conclusion. Les recherches se sont terminées le 1^{er} novembre, les articles publiés après cette date n'ont pas pu être inclus dans la méthodologie de ce travail.

4.5 Présentation des articles investigués

4.5.1 Types d'études

Dans cette revue de la littérature, 29 articles ont été investigués au total dont 6 revues systématiques, 4 revues exploratoires, 15 essais contrôlés randomisés, 1 étude de cohorte, 2 études de séries de cas et 1 étude pilote non randomisée. Les caractéristiques des principales études sont synthétisées en annexe dans un tableau de synthèse des résultats (Annexe 3, Tab.VII).

Tab. V : Critères d'inclusion des participants selon les études.

Critères d'inclusion des participants	Etudes
Diagnostic de tendinopathie patellaire par la présence de douleurs dans le tendon patellaire liées à l'activité	[45,51,52,53,54,55,56, 57,58,59,60,61,62]
Diagnostic de tendinopathie patellaire par la présence d'un épaissement du tendon patellaire	[45,51,59,63]
Diagnostic de tendinopathie patellaire par la présence d'une sensibilité à la palpation du tendon patellaire	[45,51,58,60,61,62,63]
Diagnostic clinique par une douleur localisée au pôle inférieur de la patella (ou supérieur [54])	[52,53,54,64]
Diagnostic médical (pas de précision)	[65,66]
Douleur lors de l'exécution du test Single Leg Decline Squat (SLDS)	[53,55,56,58,64]
Douleur cotée $\geq 2/10$ sur l'échelle NRS (identifiée par le participant sur une carte de la douleur) ou VAS	[53,63,64]
Imagerie pour confirmer le diagnostic (IRM ou US)	[45,52,55,56,58,59,60, 61,62,63,64,66,67]
Symptômes ≥ 3 mois ou entre 3 à 24 mois	[5,45,51,59, 63,66, 67]
VISA-P < 80	[5,51,62,63]
Utilisation de la classification de Blazina	[45]

L'objectif commun des différentes études était d'étudier les effets et/ou de comparer les différentes modalités de contraction pour le traitement de la tendinopathie patellaire, en particulier chez le sportif. Les études investiguées traitaient des tendinopathies mécaniques faisant référence au sport et non aux tendinopathies biologiques. Les lésions sont d'origine mécanique, c'est-à-dire, dues à une sursollicitation (tendinopathie ou tendinose) mais non des lésions inflammatoires. La plupart des tendinopathies incluses sont des tendinopathies d'insertion, c'est-à-dire, des enthésopathies, au niveau de l'apex de la patella ou sur la tubérosité tibiale antérieure.

4.5.2 Les inclusions et exclusions

La plus grande majorité des études ont été réalisées sur une population sportive pratiquant des sports que l'on peut assimiler à des sports de rebonds comme le basketball, volleyball mais également le badminton, la course à pied et d'autres sports similaires. Certaines études ont réalisé leur intervention spécifiquement sur des athlètes pratiquant en particulier le volleyball seulement [5,55,62,65]. Certains articles n'ont pas spécifié s'il s'agissait de sport de compétition ou de loisir et d'autres ont pratiqué leur intervention sur les deux types confondus. L'âge des participants dans et entre les études était très hétérogène, on retrouve des personnes par exemple de 18-40 ans [51], 16-19ans [65], au moins 16 ans [56], 16-31 ans [57], 16-32 ans [54], au moins 18 ans [45,53], 18-25 ans [64], 18-35 ans [5,62,68], 18-40 ans [55,58], 18-50 ans [66].

Concernant l'inclusion des participants, un seul article s'est basé sur l'utilisation de la classification de Blazina [69] pour sélectionner ses participants en incluant les patients ayant un stade IIIB correspondant à l'item « *le patient devait avoir des douleurs pendant et après l'activité et devait être incapable de pratiquer un sport au même niveau qu'avant l'apparition de la douleur* » [45,69]. C'est une classification en 5 stades (il existe des variantes de cette classification avec un nombre de stades plus ou moins important) qui permet d'évaluer la sévérité de la tendinopathie en fonction de si la douleur est présente pendant l'entraînement, l'activité physique et/ou le repos [12].

La plupart des études ont inclus des patients après diagnostic clinique par un médecin spécialisé avec une confirmation par un examen complémentaire d'imagerie. Certaines études n'ont pas eu recours à l'imagerie pour confirmer le diagnostic. La durée des symptômes était également très hétérogène variant de moins de 3 mois à plus de 6 mois ou n'était pas prise en compte dans l'étude [53]. Les participants inclus avaient souvent soit une tendinopathie patellaire unilatérale ou bilatérale et ont reçu le même traitement tous sans distinction ou parfois seul le genou le plus douloureux à subir le traitement. Ci-contre est représenté un tableau récapitulant les critères d'inclusion des participants selon les études (Tab.V).

Tab. VI : Critères d'exclusion des participants selon les études.

Critères d'exclusion des participants
Les blessures aiguës du genou ou d'autres troubles coexistants du genou [51,54,56,66], les symptômes traumatiques et les douleurs non traumatiques du genou autres que la tendinopathie patellaire [53],
Antécédents de blessure aux membres inférieurs au cours des 6 derniers mois [64], autres blessures des membres inférieurs qui les empêcheraient de réaliser des tâches de rééducation [52][64],
Autres blessures au genou comme rupture de ligament, lésion du ménisque ou du cartilage [68][63], fracture [63],
Les antécédents ou diagnostic différentiel de douleurs fémoro-patellaires [5,57,58,60,62,63,64],
Syndrome du coussinet adipeux de Hoffa [52,63],
Rupture du tendon patellaire [52,54,56],
Les antécédents de chirurgie du genou ou du tendon patellaire [51,45,52,54,56,59,60,62,66,68], reconstruction du LCAE [62,67], chirurgie de tout le membre inférieur [64],
Les antécédents de thérapie par injection du genou [51,59,62] dans les 3 mois [52,63,64],
L'utilisation quotidienne d'anti-inflammatoires non stéroïdiens [51], de fluoroquinolones ou de corticostéroïdes au cours des 12 derniers mois [54,56,66],
Affection articulaire inflammatoire ou dégénérative du genou [5,45,54,56,67], arthrose du genou [59,60,63,66], polyarthrite rhumatoïde, myopathie inflammatoire, infection [63],
Maladies osseuses métaboliques [54,56], diabète [59,66,67], diabète de type II [54], hypercholestérolémie familiale connue [54,56],
Fibromyalgie [56], douleurs chroniques [54], douleurs dorsales ≥ 3 mois [67],
Maladies systémiques, cardiaques et/ou respiratoires et les troubles neuromusculaires (par exemple, la maladie de Parkinson, la sclérose en plaques, les accidents vasculaires cérébraux ou la neuropathie périphérique) [68][64],
Antécédents de rééducation dans les 3 mois [52,64], sujets subissant un traitement invasif ou utilisant des orthèses [68], autres traitements pour la tendinopathie patellaire [62],
Participants non disposés à s'abstenir de certaines activités pendant l'étude impliquant de courir, sauter, s'accroupir ou autres exercices de musculation pour le bas du corps [52].

Les résultats des études investiguées dans ce travail ne seront pas extrapolables à la population toute entière car un certain nombre de critères d'exclusion ont été définis par les auteurs afin de cibler les groupes de population. Nous pouvons citer les exclusions selon les études retenues dans le tableau ci-contre (Tab.VI).

4.5.3 Moyens utilisés pour l'évaluation de la douleur

Les moyens utilisés pour évaluer la douleur dans les études étaient l'échelle VAS (= Visual Analogue Scale) qui se traduit en français par l'EVA (= Echelle Visuelle Analogique), l'échelle NRS (= Numerical Rating Scale), qui correspond à l'EN (= Echelle Numérique allant de 0 à 10) et l'évaluation subjective à la douleur. L'EN est souvent utilisée lors du test SLDS (Single Leg Decline Squat) qui est la réalisation d'un squat unipodal sur la jambe atteinte et parfois pratiqué sur une planche inclinée à 25° (Fig.6). C'est un test de provocation de la douleur dans la tendinopathie patellaire. Concernant l'évaluation subjective à la douleur, certains auteurs, notamment Bahr et al [45] ont posé la question suivante aux participants de leur étude : *"Comment se porte votre genou aujourd'hui par rapport à avant le traitement ?"*. Ils ont noté les réponses sur une échelle numérique visuelle de 11 points, avec +5 représentant une amélioration maximale (aucun symptôme), 0 représentant aucun changement et -5 représentant une aggravation maximale (symptômes graves). La satisfaction générale à l'égard du traitement a aussi été évaluée à l'aide d'une échelle à 4 niveaux : *"aucun symptôme"*, *"amélioration, mais toujours symptomatique"*, *"aucun changement"* ou *"pire"* [45]. La douleur est parfois évaluée directement avec le questionnaire VISA-P [37].

4.5.4 Moyens utilisés pour l'évaluation de la fonction

La plupart des auteurs ont utilisé le questionnaire VISA-P qui est spécifique à la tendinopathie patellaire. La traduction et validation en français par Kaux et al [37] se trouve en Annexe (Annexe 1). Il s'agit de huit questions évaluant les symptômes, des tests fonctionnels simples et évaluant la capacité à faire du sport. Le score VISA-P a été conçu spécifiquement pour quantifier la fonction du genou chez les sujets atteints de tendinopathie patellaire et s'est révélé être une mesure fiable et valide [45]. Il donne un score entre 0 et 100, où 100 représente un athlète sans douleur et en possession de ses pleines fonctions. De façon subjective, certains auteurs ont posé la question suivante afin de rapporter le score global de la fonction du genou : *"Comment se porte votre genou aujourd'hui par rapport au début de l'étude en janvier ?"*. Ils notaient la réponse obtenue sur une échelle numérique visuelle de 11 points où +5 représentait une amélioration maximale (aucun symptôme), 0 était marqué comme aucun changement, et -5 une aggravation maximale (symptômes graves) [5]. Concernant la fonction du genou dans la tendinopathie patellaire, d'autres mesures ont été réalisées dans certaines études, par exemple, l'évaluation de la biomécanique tridimensionnelle [64], le test de saut vertical en contre-mouvement (CMJ = countermovement jump) [5,67,68], le squat sauté (SJ = squat jump) [5], le test de force des quadriceps et/ou du membre inférieur [45,65], le retour au sport [45,61,62], le triple hop test unipodal [67].

4.5.5 Autres paramètres évalués

Certains auteurs ont mesuré d'autres paramètres dans leur étude qui sont importants à prendre en compte pour les résultats de ce travail. Notamment la contraction maximale volontaire (CMV) du quadriceps [52,55,66,67,68], les phénomènes d'adaptation du tendon (épaisseur, déformation transversale, vascularisation) [52,57,58,63,65,66,], l'excitabilité et l'inhibition corticospinale [55], les propriétés mécaniques des tendons [59,63,66].

5 Résultats

5.1 Effets des différentes modalités de contraction sur la douleur

5.1.1 Le travail musculaire excentrique

Les résultats de l'effet de l'entraînement excentrique sur le soulagement de la douleur dans le traitement de la tendinopathie patellaire se sont avérés mitigés. Les programmes basés sur la modalité de contraction excentrique se sont révélés efficaces notamment dans des études pilotes sur des patients atteints de tendinopathie patellaire [61,62]. Les interventions de ces deux études consistaient en la réalisation d'exercices deux fois par jour pendant douze semaines, en pratiquant 3 fois 15 répétitions de mouvement de squat jusqu'à 60° [62] ou 90° [61] de flexion de genou. Les exercices devaient être réalisés avec un certain niveau de douleur et d'inconfort.

L'étude pilote de Purdam et al [61] impliquant l'utilisation d'une planche de 25° de déclivité a montré une diminution de la douleur significativement après la période de traitement de 12 semaines (les scores moyens du VAS passant de $74,2 \pm 11,6$ à $28,5 \pm 29,4$; $p = 0,004$). Cette même étude a comparé le même programme avec le pied à plat sur un sol dur mais n'a montré aucun changement significatif concernant la douleur. Une autre étude de Young et al [62] comparant l'exercice de squat sur planche inclinée avec un squat traditionnel pied à plat sur sol dur a montré que l'exercice de squat sur planche inclinée avait des résultats similaires à l'étude précédente avec une diminution de la douleur après 12 semaines d'intervention, et cet effet a été maintenu sur une période de 12 mois. En résumé, le squat sur une planche inclinée à 25° était plus efficace que les squats standards (pied à plat sur sol dur) dans une étude de Purdam et al [61] et tout aussi efficace que des "step squats" (sur plan horizontale) correspondant à un programme isotonique dans l'étude de Young et al [62] pour réduire la douleur des personnes atteintes de tendinopathie patellaire. La réalisation du mouvement avec une déclivité de 25° au sol permet de limiter le travail des fléchisseurs plantaires [65]. Une étude datant de 2009 de Kongsgaard et al [66] est en accord avec ces résultats et a montré une amélioration de la douleur (VAS) après 12 semaines d'entraînement excentrique chez des patients souffrant de tendinopathie patellaire. Jonsson et Alfredson [60] ont étudié les effets d'un programme d'exercices excentriques de 12 semaines par rapport à un programme concentrique. Cette étude a montré que les exercices excentriques étaient efficaces pour réduire la douleur. En effet, les résultats ultérieurs montrent une réduction significative de la douleur uniquement dans les exercices excentriques sur l'EVA passant de 73 à 23 ($p < 0,005$). Lee et al [63] ainsi que Frohm et al [67] ont également mis en place une intervention de 12 semaines avec squat sur planche inclinée et ont montré une amélioration du score VAS. Frohm et al [67] ont comparé ce groupe à un autre groupe réalisant des exercices excentriques sur un dispositif « Bromsman » 2 fois par semaine à raison de 4 séries de 4 répétitions et ont montré des résultats positifs sur la douleur dans les deux groupes (favorisant le groupe sur planche inclinée).

Dans une étude de Bahr et al [45] l'intervention dans le groupe excentrique était la même que dans l'étude de Purdam et al [61] sur planche inclinée à 25° et était à réaliser à domicile. La composante descendante excentrique du squat d'une durée de 2 secondes était effectuée avec la jambe atteinte jusqu'à 90° de flexion de genou (ce qui garantissait que le genou était fléchi au-delà de 60° qui est l'angle de l'articulation censé exercer une charge maximale sur le tendon patellaire) et la composante ascendante concentrique avec la jambe asymptomatique. Si les deux genoux étaient touchés, le patient devait utiliser les bras pour aider la phase concentrique. L'exercice devait être

réalisé avec une douleur inférieure ou égale à 4-5 sur 10 sur l'échelle VAS mais arrêter l'exercice seulement si celle-ci devenait invalidante. Les auteurs préconisaient une adaptation de la charge de sorte que si la douleur diminuait et devenait inférieure à 3 sur 10, il fallait ajouter une charge dans un sac à dos par tranches de 5 kg. Si la douleur augmentait de façon à devenir supérieure à 5 sur 10, il fallait faire l'exercice avec moins de poids. Après 12 semaines d'exercices, les participants étaient encouragés à poursuivre par la suite les exercices. Concernant la restriction du sport, pendant les 8 premières semaines de traitement, les patients n'étaient pas autorisés à participer aux entraînements spécifiques de leur sport. Au bout de 4 semaines, ils étaient autorisés à faire du vélo, du jogging sur une surface plane ou à s'exercer dans l'eau si ces activités pouvaient être pratiquées sans douleur. Au bout de 8 semaines, ils étaient autorisés à reprendre progressivement leur activité sportive si la douleur était nulle ou minime. Dans le groupe excentrique composé de 20 genoux de patients, 5 genoux n'ont pas répondu au traitement et ont subi une chirurgie secondaire après 3 à 6 mois, 7 ne présentaient aucun symptôme et 8 présentaient une amélioration mais étaient toujours symptomatiques après 12 mois de suivi.

Biernat et al [65] ont réalisé une étude expérimentale contrôlée randomisée sur 15 patients masculins, joueurs de volleyball âgés de 16 à 19 ans. L'intervention a consisté en la réalisation d'un squat sur planche inclinée à 25° puis avec une surface instable supplémentaire instaurée à partir de la 4ème semaine de traitement (afin d'augmenter les exigences de stabilisation du corps et provoquer une rotation de l'articulation du genou pendant le squat). La phase excentrique de descente était réalisée en unipodal jusqu'à 60° de flexion de genou. La phase concentrique a été réalisée en bipodal avec pour consigne de garder le tronc droit (afin de limiter l'action du grand fessier). L'exercice était réalisé une fois par jour avec 3 séries de 15 répétitions de chaque jambe, pendant 24 semaines. Néanmoins, les jours où les joueurs de volley-ball participaient à des matchs ou avaient des entraînements intenses, les squats excentriques n'étaient pas pratiqués. Les joueurs avaient pour consignes d'effectuer les exercices avec un niveau de douleur n'excédant pas 4 sur 10 (VAS). En cas d'augmentation de la douleur, l'exercice ne devait pas être effectué ou la charge devait être réduite ou le nombre de répétitions limité. Les auteurs ont conseillé d'appliquer une compresse froide après chaque exercice au niveau du tendon patellaire. Les résultats du groupe expérimental ont été comparés à un groupe contrôle de 13 patients. En ce qui concerne le groupe expérimental, les auteurs ont utilisé la partie du questionnaire VISA-P faisant référence à la douleur et le nombre moyen de points au questionnaire lors de la troisième mesure de résultats (90.3 ± 12.2 points) de l'étude était significativement plus élevé que lors de la première (84.6 ± 13.5 points) et deuxième mesure (86.4 ± 12.6 points). Le niveau de douleur dans le groupe expérimental a diminué de manière significative. Dans le groupe contrôle, le nombre moyen de points du questionnaire VISA-P n'a pas changé de manière significative lors des évaluations. La troisième mesure était significativement différente ($p < 0,05$) dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle.

Les résultats précédents ont été contrebalancés par un essai contrôlé randomisé mené par Visnes et al [5]. C'est la seule étude parmi celles étudiant les effets des exercices excentriques n'ayant trouvé aucune réduction des scores de la douleur et des scores post-interventionnels de la douleur après un programme d'exercices excentriques en cours de saison sportive. L'intervention a été réalisée pendant 3 mois sur des joueurs et joueuses d'élite de volley-ball qui continuaient à s'entraîner et à jouer les matchs. Le programme était similairement le même que celui proposé par

Bahr et al [45] ainsi que Purdam et al [61] et le groupe contrôle s'est entraîné normalement. Le niveau moyen de douleur rapporté par les joueurs du groupe d'entraînement pendant les séances d'exercices en excentrique était de $5,1 \pm 1,8$ points sur 10 à l'EVA pour toute la période de 12 semaines.

Une revue critique des différents programmes d'exercices a montré que l'entraînement excentrique ne donne aux patients que 50 à 70 % de chance d'améliorer la douleur du genou [70]. Cependant, une revue systématique récente de 2018 [71] de Lim et Wong avait pour objectif d'évaluer les preuves actuelles et fournir une revue des effets des exercices isométriques, excentriques ou de HSR sur la douleur et la fonction chez les personnes atteintes de tendinopathie patellaire. La plupart des participants pratiquaient leur sport régulièrement (notamment le volley-ball et le basket-ball). La période de suivi s'étendait de 0 (immédiatement après l'intervention [55]) à 12 mois [62]. La chronicité de la tendinopathie patellaire s'étendait de 3 mois [5,67] à 79 mois. Les auteurs de cette revue systématique ont conclu que les exercices excentriques seraient appropriés pour la réduction de la douleur plutôt à long terme dans le traitement du Jumper's knee.

5.1.2 Le travail musculaire concentrique

Une seule étude incluse dans ce travail a évalué les effets des exercices concentriques sur la douleur. Dans cette étude randomisée prospective, Jonsson et Alfredson [60] cherchent à comparer un programme concentrique à un programme excentrique sur planche inclinée pendant 12 semaines chez des athlètes souffrant de douleurs chroniques de tendinopathie patellaire. Les résultats à court terme ont montré que le traitement avec un entraînement douloureux des quadriceps en excentrique sur une planche inclinée réduisait significativement les douleurs tendineuses pendant l'activité, ce qui n'est pas le cas pour l'entraînement concentrique. En effet, dans ce groupe, il n'y avait pas de différence significative pour le score moyen du VAS entre les mesures. Le score pour le groupe concentrique est passé de 74 à 68 ($p < 0,34$). Les auteurs ont rapporté 3 abandons sur 7 patients dans le groupe concentrique après 6 semaines de protocole à cause de forte douleur pendant et après les exercices. Leur score VAS moyen au moment de l'abandon était de 75/100.

5.1.3 Le travail musculaire isométrique

Plusieurs études incluses dans ce travail [52,53,54,55,56,57,58,64] (Annexe 3, Tab.VII) ont cherché à évaluer les effets des protocoles isométriques sur la douleur dans le traitement de la tendinopathie patellaire. Les résultats semblent cohérents entre les différentes études menées et montre une amélioration de la douleur. Certains auteurs ont utilisé les scores NRS [53,54,55,56,57,58,64] et d'autres les scores VAS [52].

Dans un essai croisé randomisé de 2020 [64], Pietrosimone et al ont cherché à évaluer le niveau de douleur sur la Numerical Rating Scale (NRS) au cours d'un squat unipodal sur planche inclinée (SLDS). Il s'agissait d'un protocole isométrique à séance unique réalisée sur une chaise HUMAC où les participants (un groupe symptomatique et un autre asymptomatique) devaient maintenir la contraction pendant 45 secondes à répéter cinq fois avec deux minutes de repos entre chaque répétition. Le travail musculaire était effectué à 60° de flexion du genou et à 70% de leur

contraction isométrique volontaire maximale (CIVM). Un groupe contrôle devait suivre un protocole de simulation de TENS (neurostimulation électrique transcutanée) fictif. Les deux groupes ont maintenu leur activité physique et sportive de base pendant toute la durée de l'intervention. Les auteurs ont observé une diminution non significative de la douleur dans le groupe symptomatique mais une augmentation dans le groupe asymptomatique. La diminution moyenne de la douleur après l'intervention était de $0,73 \pm 0,72$ sur 10 (avant : $2,34 \pm 2,10$ sur 10, après : $1,62 \pm 1,89$ sur 10) mais cette réduction n'était pas significativement importante.

Dans une étude de Rio et al [55] de 2015, les auteurs ont comparé la modalité de contraction isométrique et isotonique. Le protocole isométrique était le même que dans l'étude de Pietrosimone et al [64] mais réalisé sur une machine Biodex pro. Les résultats ont constaté une réduction significative de la douleur pour le groupe isométrique (de 6,8 sur 10 soit 87% ; $p=0,004$) immédiatement après une seule série d'exercice et ceci a été maintenu 45 minutes après l'intervention seulement pour le groupe isométrique ($p < 0.001$).

Deux autres études [54,56] ont également fait état d'une amélioration significative de la douleur. Dans l'étude de Rio et al [56] en 2017 et Van ark et al [54] en 2016 les protocoles étaient semblables à celui de Rio et al [55] de 2015, mais étaient pratiqués à 80% de la CIVM et 4 fois par semaine pendant 4 semaines. Ces mêmes auteurs ont constaté que les exercices isométriques provoquaient des changements plus importants dans le score de la douleur NRS (de $1,8 \pm 0,39$) que les exercices isotoniques (de $0,9 \pm 0,25$) sans modification de la charge d'entraînement et de compétition sur 4 semaines [56]. Cependant, van Ark et al. [54] n'ont signalé aucune différence statistiquement significative entre les groupes isométrique et isotonique après 4 semaines d'entraînement. Les résultats de l'étude de van Ark et al en 2018 [57] sont les mêmes que ceux des mêmes auteurs en 2016 [54]. Une cinquième étude [58] a constaté une réduction significative de 0,9 sur 10 des scores moyens de la douleur (NRS) immédiatement après une seule séance de 5x45 secondes de contraction isométrique sur un appareil Biodex à 60° de flexion de jambes à 70% de la CIVM.

Une récente étude de Rio et al [53] a cherché à montrer les effets d'un protocole isométrique de 4 semaines grâce à une ceinture rigide portable chez des sportifs en cours de saison. L'exercice consistait à effectuer un squat unipodal le plus bas possible pendant 5 séries de 30 secondes. Les auteurs ont observé une diminution significative de la douleur de 3,5 sur 10 soit 49% ($p < 0,001$) après l'intervention.

Person et al en 2020 [52] ont cherché à comparer deux programmes isométriques de 4 semaines sur une machine d'extension de jambe à 30° de flexion de genou et 85% de la CIVM, un à courte durée (24x10 secondes de maintien et 20 secondes de repos) et un à longue durée (6x40 secondes de maintien et 80 secondes de repos entre chaque série). Les auteurs ont mesuré la douleur (VAS) lors d'un « single leg decline squat » puis d'un « Hop Test » et ont constaté une diminution significative pour chacun des tests sans différence significative entre les groupes favorisant le groupe à courte durée lors du suivi immédiatement après les 4 semaines d'intervention. La différence moyenne était de 1,66 sur 10 ($p < 0,01$). Dans cette étude, les joueurs de basket et volley étaient retirés de la compétition pendant la durée du traitement.

Les résultats sont soutenus par une revue systématique récente de 2018 [71] de Lim et Wong qui avait pour objectif d'évaluer les preuves actuelles et fournir une revue des effets des exercices isométriques, excentriques ou de HSR sur la douleur et la fonction chez les personnes atteintes de tendinopathie patellaire. La plupart des participants pratiquaient leur sport régulièrement (notamment le volley-ball et le basket-ball). La chronicité de la tendinopathie patellaire s'étendait de 3 mois à 79 mois. Les auteurs de cette revue systématique ont conclu que les exercices isométriques semblaient être plus efficaces pendant les saisons de compétition pour le soulagement de la douleur à court terme [62].

5.1.4 Le travail musculaire isotonique

Six études incluses dans cette revue systématique ont évalué l'efficacité des exercices isotoniques sur la douleur [54,55,56,57,58,62] chez des personnes souffrant de tendinopathie patellaire lors de compétitions de volley-ball et/ou de basket-ball en cours de saison. Les protocoles isotoniques consistaient en 3 ou 4x8 répétitions à 80-100% de 8 RM (répétitions maximales) en utilisant un appareil d'extension des jambes [54,55,56,57,58] ou en 3x15 répétitions de squat unipodal jusqu'à 60° de flexion [62]. L'étude de Rio et al de 2015 [55] et de Holden et al [58] ont réalisé une période de suivi de 45minutes (les mesures des résultats ont été prises immédiatement après l'intervention et 45 minutes après. Pour trois autres études [54,56,57] les mesures de base et de suivi ont été réalisées au départ (avant l'intervention) et après 4 semaines d'entraînement isométrique. Un suivi à long terme (jusqu'à 12 semaines) a été réalisé dans l'étude de Young et al [62].

Rio et al [55] ont évalué lors d'une seule séance le mode de contraction isotonique (comprenant une phase concentrique de 3 secondes et excentrique de 4 secondes) qu'ils ont comparé à un programme isométrique et ont constaté une diminution de la douleur de 2,6 sur 10 soit 42% ($p=0,4$) pour le groupe isotonique immédiatement après une seule série d'exercice, mais à 45min après l'intervention, ce groupe n'a pas démontré de réduction significative de la douleur. Cependant, cette amélioration du score NRS est inférieure à celle du groupe isométrique (diminution de 87% immédiatement après l'intervention).

Dans une étude de Young et al [62], les participants du groupe "step squats" (squat unipodal avec le pied à plat sur un plan non incliné) devaient réaliser un programme isotonique de 3x15 répétitions 2 fois par jour pendant 12 semaines. Ils devaient réaliser la phase excentrique jusqu'à environ 60° de flexion de genou. Les auteurs ont montré une réduction significative de la douleur (score VAS). Les exercices du groupe « step squat » étaient, selon les résultats, tout aussi efficaces que les programmes excentriques sur planche inclinée pour réduire la douleur des personnes atteintes de tendinopathie patellaire.

Trois autres études [54,57,58] ont également fait état d'une amélioration significative de la douleur. Rio et al en 2017 [56] ont montré une réduction du score moyen NRS mais de façon non significative. Ils ont également constaté que les exercices isotoniques provoquaient des changements moins importants du score de douleur ($0,9 \pm 0,25$) que les exercices isométriques ($1,8 \pm 0,39$) sans modification de la charge d'entraînement et de compétition sur 4 semaines. Cependant, van Ark et al. [54] n'ont signalé aucune différence statistiquement significative entre

les groupes isotonique et isométrique après 4 semaines d'entraînement. Ces résultats sont appuyés par ceux de Holden et al en 2020 [58] immédiatement après l'intervention et 45 minutes après.

5.1.5 Le HSR (Heavy Slow Resistance)

Deux études évaluant le protocole HSR [59,68] ont montré une amélioration significative de la douleur jusqu'à 12 semaine de suivi. Les exercices de HSR utilisent des contractions concentriques et excentriques effectuées entre une flexion de genou à 90° et une extension complète pendant 4 séries de 6 à 15 répétitions [59,66] ou 4 séries de 10 répétitions [68]. Afin d'obtenir une résistance inertielle élevée, l'entraînement en HSR implique l'utilisation d'une machine à presse pour les jambes [59,66] ou un ergomètre à volant d'inertie [68]. Les exercices sont effectués 2 à 3 fois par semaine sur une période 6 à 12 semaines comme décrit dans les études [59,68].

Romero-Rodriguez et al [68] ont proposé dans leur étude une autre façon de faire de l'excentrique à la place du squat normal ou avec planche inclinée. Le but était de tester l'efficacité d'un nouveau type d'entraînement de renforcement en utilisant la résistance inertielle excentrique-concentrique pour traiter la tendinopathie patellaire chronique. Le programme d'entraînement était d'une durée de 6 semaines, utilisant un ergomètre à volant d'inertie pour presse à jambes (« leg press flywheel ergometer ») permettant des actions musculaires couplées excentrique-concentriques avec surcharge excentrique par résistance inertielle. Les sessions étaient réalisées 2 fois par semaine avec 2 jours de pause entre chaque et les exercices étaient réalisés en bilatéral pour 4 séries de 10 répétitions. Ce type d'entraînement à court terme utilisant une surcharge excentrique inertielle a entraîné une réduction de la douleur subjective. A 6 semaines d'intervention, le score VAS pour la douleur a été amélioré de 60% ($p < 0,01$) et les effets ont persisté jusqu'à 12 semaines de suivi, tandis que Kongsgaard et al. [59] ont montré une réduction de la douleur de 36% ($p = 0,008$) après 12 semaines de traitement par le programme HSR. Dans cette précédente étude [59], l'entraînement consistait en la réalisation de 3 exercices d'extension bilatérale de genou : le squat, le leg press et le hack squat. Quatre séries de chaque exercice étaient réalisées avec 3 secondes d'excentrique et 3 secondes de concentrique. En fonction des semaines le nombre de répétitions maximales (RM) diminuait passant de 15 RM (semaine 1) à 6 RM (semaine 9 à 12). Une autre étude de 2009 de Kongsgaard et al [66] avec le même protocole a montré une amélioration de la douleur après 12 semaines d'entraînement en résistance lourde et lente (HSR) chez des patients souffrant de tendinopathie patellaire.

Une revue systématique récente de 2018 [71] de Lim et Wong avait pour objectif d'évaluer les preuves actuelles et fournir une revue des effets des exercices isométriques, excentriques ou de HSR sur la douleur et la fonction chez les personnes atteintes de tendinopathie patellaire. La plupart des participants pratiquaient leur sport régulièrement (notamment le volley-ball et le basket-ball). Les auteurs de cette revue systématique ont conclu que les exercices HSR seraient appropriés pour la réduction de la douleur plutôt à long terme.

5.2 Effets des différentes modalités de contraction sur la fonction

5.2.1 Le travail musculaire excentrique

Toutes les études incluses dans ce mémoire excepté celle de Visnes et al [5] ont montré des résultats positifs après intervention par des exercices excentriques dans l'amélioration de la fonction pour les personnes souffrant de Jumper's knee. La plupart des études [5,45,60,61,62,63,65,66,67] ont évalué la fonction en utilisant diverses mesures de résultats telles que le score VISA-P, les tests de saut ou le retour au sport (RTS). La description des différents protocoles excentriques se trouve en annexe (Annexe 3, Tab.VII). Globalement, les scores VISA-P se sont améliorés par rapport au niveau de départ pour tous les groupes d'exercices excentriques, pour atteindre une étendue similaire [62,66,67] ou supérieure [60] par rapport à celle des autres types d'interventions actives. Cependant, lorsque les scores de VISA-P ont été comparés à ceux des groupes contrôles, les résultats étaient contradictoires [5,65]. Biernat et al [65] ont montré une différence significative entre le groupe excentrique et le groupe contrôle après l'intervention à 24 semaines mais ce n'est pas le cas dans l'étude de Visnes et al [5]. Dans le questionnaire VISA-P utilisé pour évaluer les résultats dans l'étude de Biernat et al [65], les joueurs avec une tendinopathie patellaire diagnostiquée ont gagné 63 points en moyenne ce qui est en concordance avec d'autres études ayant analysé la modalité de contraction excentrique dans l'affection de cette pathologie. Une revue systématique de 2017 [72] est en accord avec les résultats précédents et a trouvé que l'entraînement excentrique entraînait une amélioration de 61 % du score du VISA-P.

Une revue systématique de Malliaras et al [46] avait pour but de synthétiser et d'évaluer les preuves disponibles dans les études qui comparent deux ou plusieurs programmes de charge dans la tendinopathie achilléenne et patellaire. Six études sur le tendon patellaire comprenant 112 participants d'un âge moyen de 27 ans ont été traitées. Tous les participants étaient actifs et participaient à des sports et plus des trois quarts étaient des hommes (77 %). Dans le cas de la tendinopathie patellaire, les auteurs ont rapporté qu'il existait des preuves contradictoires quant au fait que la charge excentrique soit supérieure aux autres programmes de charge. Deux études de haute qualité ont apporté des preuves modérées, qui ont montré que l'amélioration des scores des questionnaires VISA-P est comparable, mais que la satisfaction des patients est moins grande après un programme de charge excentrique par rapport à un programme HSR. De plus, il n'y a pas de différence dans le changement des scores VISA-P pendant une saison de volley-ball avec et sans l'ajout d'une charge excentrique. De plus, il y a peu de preuves que l'amélioration du score du VISA-P soit plus importante après une charge excentrique par rapport à une charge concentrique d'après les auteurs. Néanmoins, il existe des preuves modérées que la charge excentrique est équivalente à la charge du HSR pour les résultats du VISA-P.

L'application d'un programme de 12 semaines de squat excentrique sur planche inclinée avant la saison sportive a permis de réduire la douleur évaluée avec le questionnaire VISA-P de manière significative et cela a été maintenu après 12 mois de suivi [62]. Un effet similaire a été obtenu à 12 semaines dans les interventions effectuées par Jonsson et Alfredson [60] dont le score a augmenté significativement de 41 à 83 ($p < 0,005$), ainsi que pour d'autres auteurs [65,63,62,67,66]. En revanche cela n'est pas le cas pour Bahr et al [45] ainsi que pour Visnes et al [5].

Dans l'étude de Bahr et al [45] les effets des exercices excentriques ont été étudiés pendant 12 semaines chez des hommes et des femmes souffrant de tendinopathie patellaire. Les auteurs ont retrouvé une amélioration du score VISA-P qui était non significative au cours de la période de 12 mois de suivi contrairement aux autres auteurs. Dans cette étude, le score moyen obtenu au questionnaire VISA-P de base était de 30, ce qui était bien inférieur à celui rapporté pour les athlètes symptomatiques d'un groupe de joueurs de volley-ball qui ont participé à l'étude de Visnes et al [5] sur l'effet de l'entraînement excentrique.

Dans l'étude de Visnes et al [5], les auteurs ont mis en place l'application d'un protocole de réhabilitation pendant la saison sportive qui consiste en la réalisation de squats sur planche inclinée chez des joueurs atteints de tendinopathie patellaire. C'était un programme de 12 semaines où les entraînements excentriques n'ont eu aucun effet sur la fonction du genou dans un groupe de joueurs de volley-ball ayant continué à s'entraîner et à participer à des compétitions pendant la période de traitement. Le score VISA-P du groupe excentrique n'a pas changé significativement immédiatement après l'intervention (de $71,1 \pm 11,3$ à $70,2 \pm 15,4$). Pour le groupe contrôle, le score du questionnaire VISA-P n'a pas changé non plus (passant de $76,4 \pm 12,1$ à $75,4 \pm 16,7$), et aucun changement n'est intervenu au cours de la période de suivi à 6 semaines ou 6 mois pour les deux groupes. Dans cette même étude, les auteurs ont également évalué le score global de la fonction du genou à la fin de la période de 12 semaines d'intervention en posant la question suivante aux sujets "*Comment se porte votre genou aujourd'hui par rapport au début de l'étude en janvier ?*" puis ils notaient la réponse obtenue sur une échelle numérique visuelle de 11 points où +5 représente une amélioration maximale (aucun symptôme), 0 était marqué comme aucun changement, et -5 une aggravation maximale (symptômes graves) [5]. Le groupe ayant subi l'intervention a obtenu un score de $+0,7 \pm 2,1$ et le groupe de contrôle un score de $+0,2 \pm 1,1$ ($P = 0,44$).

Certaines études ont évalué la fonction du genou grâce à d'autres mesures que par le questionnaire spécifique du VISA-P. L'évaluation de la hauteur et de la puissance de saut au niveau du genou atteint a été réalisée, notamment dans l'étude de Biernat et al [65]. Le groupe expérimental de joueurs de volley-ball a reçu un programme d'entraînement de squat sur planche inclinée durant la saison sportive. Les auteurs ont constaté que 24 semaines d'entraînement n'avaient pas d'influence significative sur la puissance maximale et la capacité de saut des jeunes joueurs.

Dans deux études [65,5], bien que les tests de sauts aient montré une amélioration significative des exercices excentriques, aucune différence statistiquement significative n'a été constatée avec les groupes contrôles [65,5], ni entre divers types d'exercices excentriques dans une troisième étude [67]. Dans cette dernière étude, les auteurs ont montré une amélioration significative ($p < 0,001$) de la performance lors du Triple Hop Test unipodal pour le groupe « unipodal » (squat sur planche inclinée à 25°) et le groupe « Bromsman » (entraînement sur le dispositif Bromsman). Les séances étaient accompagnées d'autres exercices de renforcement, d'échauffement, d'étirements.

Visnes et al [5] ont évalué la fonction grâce à la capacité de saut : un saut debout (SJ = squat jump) et un saut en contre-mouvement (CMJ) en unipodal et bipodal ont été testés avant et après la période d'intervention de 12 semaines. Les auteurs ont observé une légère amélioration de $1,2 \pm 2,9$ cm (en hauteur) de la performance de saut en contre-mouvement en bipodal dans le groupe

d'entraînement excentrique, mais il n'y a pas eu de différence significative entre les deux groupes pour les trois autres tests de saut.

Dans l'étude pilote de Purdam et al [61], les auteurs ont comparé l'effet de l'entraînement excentrique effectué sur une planche inclinée à celui des squats excentriques sur un sol plat. Ils ont évalué la fonction grâce au nombre de patients ayant repris le sport (RTS). Le taux était plutôt bon dans le groupe excentrique B (réalisation de 3x15 répétitions de squat sur planche inclinée à 25°). Ils ont constaté que les résultats cliniques de la fonction du genou étaient meilleurs dans le groupe sur planche inclinée. En effet, à 12 semaines d'intervention 6 patients sur 8 (9 tendons sur 12) ont repris le sport avec leur niveau d'activité physique pré-lésionnel mais 2 patients (3 tendons) ont subi un traitement chirurgical. Alors que dans le groupe excentrique A réalisant les exercices pied à plat sur sol dur, un seul athlète sur 9 a pu retrouver son niveau d'activité physique pré-lésionnel et les 8 autres patients ont été traités chirurgicalement. A 15 mois de suivi, 4 des 6 participants (5 des 9 tendons) du groupe B étaient toujours actifs au niveau pré-lésionnel, 1 sujet (2 tendons) a cessé son activité (à cause du développement d'un syndrome fémoro-patellaire bilatéral), et 1 athlète (2 tendons) a fait une récurrence de tendinopathie patellaire.

Deux autres études [45,62] étudiant les effets des exercices excentriques sur planche inclinée ont évalué la fonction grâce au RTS et ont montré des résultats mitigés. Après 12 mois de suivi pour le groupe excentrique dans l'étude de Bahr et al [45], seulement 6 athlètes sur 15 se sont entraînés normalement sans aucun symptôme, 5 autres présentaient des symptômes légers à modérés, 2 s'entraînaient avec un niveau réduit et 2 ne pouvaient pas s'entraîner du tout. Pour Young et al [62], le RTS n'a été possible que pour 67% du groupe excentrique contre 90% dans le groupe « step squats » (isotonique).

Une revue critique des différents programmes d'exercices a montré que l'entraînement excentrique ne donne aux patients que 50 à 70 % de chance d'améliorer la fonction du genou [70]. Une revue systématique récente de 2018 [71] de Lim et Wong avait pour objectif d'évaluer les preuves actuelles et fournir une revue des effets des exercices isométriques, excentriques ou de HSR sur la douleur et la fonction chez les personnes atteintes de Jumper's knee. La plupart des participants pratiquaient leur sport régulièrement (notamment le volley-ball et le basket-ball). Les auteurs de cette revue systématique ont conclu que les exercices excentriques seraient appropriés pour l'amélioration de la fonction du genou.

5.2.2 Le travail musculaire concentrique

Seule l'étude randomisée prospective de Jonsson et Alfredson [60] incluse dans ce travail a évalué les effets sur la fonction des exercices concentriques sur planche inclinée pendant 12 semaines chez des athlètes souffrant de douleurs chroniques de tendinopathie patellaire. Les résultats à court terme ont montré que le traitement avec un entraînement douloureux des quadriceps en concentrique n'a pas changé significativement la fonction. En effet, le score moyen du VISA-P est passé de 41 à 37 ($p < 0,34$). De plus, 3 patients (4 tendons) du groupe concentrique n'ont pas poursuivi le programme d'entraînement après le suivi à 6 semaines représentant un taux d'abandon de presque 50%, en raison de douleurs tendineuses sévères pendant et après l'entraînement. Au suivi à en moyenne 32,6 mois, tous les patients du groupe concentrique avaient été traités par chirurgie ou par des injections sclérosantes.

5.2.3 Le travail musculaire isométrique

Quatre études ont mesuré les changements fonctionnels par rapport au niveau de référence grâce au score du questionnaire VISA-P [53,54,56,57]. Trois des études [53,54,57] ont mis en évidence une amélioration significative des scores VISA-P après 4 semaines d'intervention selon un travail isométrique chez les athlètes en saison de compétition. En effet, dans l'étude de Rio et al [56], le changement de score n'était pas significatif (amélioration du score moyen de 11,5 points) et les scores étaient hétérogènes. Le score moyen du groupe isométrique était de 84 sur 100 après l'intervention au suivi à 4 semaines, avec un intervalle de 41 à 100.

D'autres auteurs ont évalué la fonction dans la tendinopathie patellaire grâce à d'autres moyens de mesure. Dans l'étude de Pietrosimone et al [64] analysant les effets d'un protocole isométrique sur chaise HUMAC lors d'une séance unique, les auteurs ont utilisé le questionnaire VISA-P uniquement pour le recrutement des participants mais il n'a pas été réutilisé dans l'évaluation de la fonction du genou après l'intervention. En revanche, la biomécanique d'atterrissage a été analysée mais aucun changement significatif n'a été retrouvé. Les auteurs ont conclu qu'une seule séance de travail musculaire isométrique (5x45 secondes à 70% de la contraction isométrique maximale volontaire à 60° de flexion de genou) n'est pas efficace pour changer la biomécanique d'atterrissage.

5.2.4 Le travail musculaire isotonique

Quatre études incluses dans cette revue systématique ont mesuré les changements fonctionnels après des exercices isotoniques grâce au questionnaire VISA-P [54,56,57,62] chez des personnes souffrant de tendinopathie patellaire lors de compétitions de volley-ball et/ou de basket-ball en cours de saison. Les protocoles isotoniques consistaient en 4x8 répétitions à 80-100% de 8 RM (répétitions maximales) en utilisant un appareil d'extension des jambes [54,56,57] ou en 3x15 répétitions de squat unipodal jusqu'à 60° de flexion [62].

Pour trois études [54,56,57], les mesures ont été réalisées au départ avant l'intervention et après 4 semaines d'entraînement isométrique. Un suivi à long terme jusqu'à 12 semaines a été réalisé dans l'étude de Young et al [62]. Une amélioration significative des scores VISA-P après 4 semaines d'intervention a été mise en évidence dans deux études [54,57] ainsi qu'après 12 semaines d'intervention [62] mais sans différence significative entre les groupes isométrique et isotonique [54,57] ou excentrique [62]. Dans l'étude de Rio et al [56] l'augmentation du score VISA-P était non significative. Dans l'étude de Young et al [62] après 12 mois de suivi, l'amélioration du score VISA-P était significative ($p < 0,05$) mais la probabilité d'amélioration était inférieure à celle du groupe excentrique comparé. Cependant, dans la même étude, le taux de RTS était supérieur pour le groupe isotonique (90% contre 67% pour le groupe excentrique ; $p > 0,05$).

5.2.5 Le HSR (Heavy Slow Resistance)

Les deux études de Kongsgaard et al. [59,66] et celle de Rodriguez et al [68] ont utilisé le score VISA-P pour évaluer la fonction chez des sujets atteints de tendinopathie patellaire après avoir testé l'entraînement HSR pendant 6 à 12 semaines. Globalement les résultats sont convergents. Une revue systématique de Malliaras et al [46] avait pour but de synthétiser et d'évaluer les

preuves disponibles dans les études qui comparent deux ou plusieurs programmes de charge dans la tendinopathie achilléenne et patellaire. Dans le cas de la tendinopathie patellaire, les auteurs rapportent qu'il existe des preuves modérées que la charge du HSR est équivalente à la charge excentrique pour les résultats du VISA-P et supérieure à la charge du HSR pour la satisfaction subjective du patient [46].

Kongsgaard et al en 2010 [59] ont fait état d'une amélioration des résultats en matière de fonction de $27\% \pm 7\%$ du score (de 57 ± 3 à 82 ± 7 , $P=0,02$) après 12 semaines de traitement. Individuellement, l'évolution était mitigée, le score de 5 sujets a augmenté, celui de 2 sujets est resté inchangé et celui d'un sujet s'est détérioré. En 2009, les mêmes auteurs [66] avaient également démontré une amélioration statistiquement significative du score VISA-P ($p < 0,05$) jusqu'à 12 semaine de suivi après l'intervention, sans changement à 6 mois de suivi.

Dans une étude de Romero-Rodriguez et al en 2011 [68] utilisant la résistance inertielle excentrique-concentrique sur un petit groupe de patients, le score VISA-P après la période d'entraînement HSR a été amélioré de 86% ($p < 0,01$) sans changement après 12 semaines de suivi. C'est une intervention à court terme (6 semaines) et à basse fréquence (deux fois par semaine avec deux jours de repos entre chaque session), en tout il y avait douze séances d'exercices à réaliser et chacune comptait moins de 24 minutes d'activité contractile. L'exercice était caractérisé par un effort maximal et une surcharge excentrique pour chaque répétition.

Ces mêmes auteurs [68] ont également cherché à évaluer la fonction grâce à la hauteur de saut en contre-mouvement mais aucun changement n'a été démontré après l'intervention. Les auteurs ont tout de même signalé une augmentation hauteur de saut en contre-mouvement chez 7 des 10 sujets après 6 semaines d'entraînement en HSR.

Une revue systématique récente de 2018 [71] de Lim et Wong avait pour objectif d'évaluer les preuves actuelles et fournir une revue des effets des exercices isométriques, excentriques ou de HSR sur la douleur et la fonction chez les personnes atteintes de tendinopathie patellaire. La plupart des participants pratiquaient leur sport régulièrement (notamment le volley-ball et le basket-ball). Les auteurs de cette revue systématique ont conclu que les exercices HSR, comme les exercices excentriques, seraient appropriés pour l'amélioration de la fonction du genou.

5.3 Effets des différentes modalités de contraction sur le complexe musculo-tendineux

5.3.1 Le travail musculaire excentrique

Dans cette revue de la littérature, seulement trois études [63,65,66] ont étudié les effets des exercices excentriques sur les changements structurels tendineux.

Dans une étude datant de 2009 de Kongsgaard et al [66] l'objectif était de comparer un programme excentrique avec un programme HSR pendant 12 semaines d'intervention. L'entraînement excentrique chez des patients souffrant de tendinopathie patellaire n'a pas montré de changement significatif de la structure des tendons contrairement au HSR (gonflement, vascularisation, épaisseur, propriétés mécaniques et collagéniques). Néanmoins, on retrouve une diminution de

l'épaisseur de $8 \% \pm 19 \%$, une augmentation de $7 \pm 6 \%$ de la surface anatomique en coupe transversale du quadriceps (Q-ACSA), une augmentation de $17 \pm 12\%$ de la section transversale du tendon patellaire, une diminution de la rigidité de $6 \pm 23\%$.

Dans une étude plus récente de Biernat et al [65] comparant la modalité de travail excentrique à un groupe contrôle chez des volleyeurs, les auteurs ont retrouvé des changements structuraux morphologiques des tendons à 12 semaines pour 36% des joueurs et à 24 semaines pour 29% des joueurs sans distinction entre les deux groupes.

En 2020, Lee et al [63] ont mis en évidence dans leur étude, pour le groupe excentrique, une diminution significative de la raideur du tendon ($p=0,02$) après 12 semaines de traitement ainsi qu'une augmentation significative du pourcentage de déformation du tendon (de $10,6 \pm 4 \%$ à $12,8 \pm 5,4\%$ à $p=0,01$). Ces auteurs ont mis en évidence une corrélation ($p=0,05$) entre le pourcentage de la variation de la raideur des tendons et les scores VISA-P (une diminution de la raideur des tendons était associée à une amélioration du VISA-P). De plus, une augmentation de la déformation tendineuse était associée de manière significative à une réduction de l'intensité de la douleur perçue et à une tendance à l'amélioration du score du VISA-P.

Une revue systématique de 2020 de Rabello et al [73] avait pour objectif de déterminer l'association entre les résultats cliniques et ceux d'imagerie après des exercices en charge dans les populations atteintes de tendinopathie d'Achille et patellaire lors d'un suivi à court et à long terme. Pour les patients atteints de tendinopathie patellaire, des preuves modérées suggéraient une association entre les résultats cliniques (score au questionnaire VISA-P et douleur) et l'imagerie (épaisseur et néovascularisation du tendon) après un programme d'excentrique lors d'un suivi à court terme.

De plus, dans certaines études, les auteurs ont également utilisé des tests de force [45,65,67]. L'évaluation de la force musculaire au niveau du genou atteint a été réalisée notamment dans l'étude de Biernat et al [65]. Le groupe expérimental de joueurs de volley-ball a reçu un programme d'entraînement de squats sur planche inclinée durant la saison sportive. Les auteurs ont constaté que 24 semaines d'entraînement n'avaient pas d'influence significative sur la force musculaire des extenseurs et fléchisseurs du genou. En revanche, dans une autre étude, lors du test fonctionnel de force (test de résistance à la pression des jambes), Bahr et al [45] ont montré une amélioration significative à 6 et 12 mois de suivi par rapport à la mesure de départ.

5.3.2 Le travail musculaire isométrique

Trois études récentes incluses dans ce travail ont mesuré les effets des exercices isométriques sur les changements structuraux du tendon patellaire cependant les résultats sont mitigés.

En 2018, van Ark et al [57] n'ont montré aucun changement significatif de la structure et des dimensions (épaisseur et section moyenne) des tendons après 4 semaines de traitement isométrique sur un appareil d'extension de jambes à raison de 4 séances par semaine.

Holden et al en 2020 [58] vont dans le même sens que les résultats précédents car ils n'ont pas montré de changement significatif de l'épaisseur du tendon patellaire après seulement une séance

de contraction isométrique en utilisant un appareil Biodex pour l'extension de jambe ainsi qu'au suivi après 45 minutes.

Les résultats précédents ne sont pas en accord avec ceux de l'étude de Pearson et al de 2020 [52] qui comparent un groupe pratiquant des exercices isométriques de courte durée et un autre de longue durée. Les auteurs retrouvent dans leurs résultats des adaptations au niveau du tendon après 4 semaines de traitement à raison de 5 séances d'entraînement par semaine sur un appareil d'extension de jambe. Notamment, ils retrouvent une réduction significative de l'épaisseur du tendon patellaire après chacune des trois mesures effectuées à 0, 2 et 4 semaines entre la mesure pré-intervention et post-intervention ($p < 0,001$) et une augmentation mais non significative ($P = 0,08$) de la déformation transversale du tendon passant d'environ 14% à 22% (mesure 1 = 14%, mesure 2 = 17 %, et mesure 3 = 22 %). La déformation transversale correspond au pourcentage de réduction de l'épaisseur antéro-postérieur du tendon.

Certains auteurs ont tenté de mesurer le changement de force musculaire [52,55]. Le protocole isométrique de Rio et al [55] sur un appareil Biodex pro consistait en 5x45 secondes à 70% de la contraction isométrique maximale volontaire à 60° de flexion de genou. Les auteurs ont mesuré la force du quadriceps (contraction isométrique maximale volontaire = CIVM) des genoux atteints après une seule session d'exercices. La CIVM a augmenté significativement de $18,7\% \pm 7,8\%$ immédiatement après l'intervention et au suivi 45 minutes après ($p < 0,001$).

De plus, un essai contrôlé randomisé de 2020 [52] comparant un protocole isométrique de courte et de longue durée sur une machine d'extension de jambes a montré une amélioration significative de la CVM 85% (contraction volontaire maximale) avec une différence moyenne de 9,92kg dans l'ensemble de la population étudiée au suivi à 4 semaines. La différence entre les groupes n'a pas été étudiée dans cette étude.

5.3.3 Le travail musculaire isotonique

Seulement deux études incluses dans cette revue de la littérature ont évalué l'efficacité des exercices isotoniques sur les changements structuraux des tendons [57,58] chez des athlètes souffrant de tendinopathie patellaire. Les protocoles isotoniques consistaient en 3 ou 4x8 répétitions à 80-100% de 8 RM (répétitions maximales) en utilisant un appareil d'extension des jambes.

Holden et al [58] ont réalisé une période de suivi de 45minutes (les mesures des résultats ont été prises immédiatement après l'intervention et 45 minutes après mais n'ont montré aucun changement significatif de l'épaisseur du tendon patellaire atteint. Ce résultat est appuyé par van Ark et al [57] dont les mesures de base et de suivi ont été réalisées au départ (avant l'intervention) et après 4 semaines d'entraînement isométrique et n'ont montré aucun changement de la structure et des dimensions du tendon (épaisseur, section moyenne). Aucun suivi à long terme (>6 semaines) n'a été inclus dans ces deux études.

Rio et al en 2015 [55] ont mesuré la force isométrique volontaire maximale mais aucun changement n'a été observé après un seul entraînement isotonique de 4x8 répétitions à 100% de 8RM sur une machine d'extension de jambes.

5.3.4 Le HSR (Heavy Slow Resistance)

Deux études [59,66] incluses dans ce travail ont mesuré les effets des exercices HSR sur la structure intratendineuse. Les auteurs d'une étude de 2010 [59] ont utilisé la biopsie tendineuse pour étudier les propriétés mécaniques des tendons et la morphologie des fibrilles. Après 12 semaines d'intervention HSR, ils ont remarqué de manière significative une diminution de la rigidité du tendon, une augmentation de la densité des fibrilles de 70%, une diminution de 26% de la surface moyenne des fibrilles ainsi qu'une augmentation significative de la section transversale du quadriceps [59]. Ils ont conclu que les améliorations cliniques étaient associées à une normalisation de la morphologie des fibrilles due au traitement du HSR par rapport à la morphologie du tendon du groupe témoin. Dans une autre étude de Kongsgaard et al en 2009 [66] les résultats ont montré après 12 semaines d'entraînement en résistance lourde et lente (HSR) chez des patients souffrant de tendinopathie patellaire une réduction significative des anomalies tendineuses aux ultrasons (gonflement -12% $p < 0,05$, vascularisation -45% $p < 0,01$, épaisseur -12% $p < 0,01$) et des changements dans la matrice extracellulaire, indiquant une augmentation du renouvellement du collagène. En 2020, Rabello et al [73] ont rapporté dans leur revue systématique que pour les patients souffrant de tendinopathie patellaire il y avait des preuves modérées d'une association entre les résultats cliniques et l'épaisseur et la néovascularisation du tendon après un exercice de HSR.

Certains auteurs [68] ont également cherché à évaluer la force excentrique et concentrique des membres inférieurs et du droit fémoral de la jambe atteinte, la force excentrique des membres inférieurs a augmenté après l'entraînement (de 90%, $p < 0,05$). Cette étude a utilisé la résistance inertielle excentrique-concentrique sur un petit groupe de patients à court terme (12 séances en 6 semaines) et à basse fréquence (2 fois par semaine avec 2 jours de repos entre chaque session). L'exercice était caractérisé par un effort maximal et une surcharge excentrique pour chaque répétition. De plus, Kongsgaard et al [66] ont également mis en évidence une augmentation significative de la force tendineuse maximale à 12 semaines de suivi ($p < 0,05$).

5.4 Effet du travail isométrique sur l'excitabilité et l'inhibition corticospinale

Un seul article, en 2015, de Rio et al [55] a tenté d'explorer les mécanismes et d'étudier les modifications de la fonction motrice corticale après un protocole isométrique et isotonique. Il s'agissait d'une séance unique pour chaque groupe. Le groupe isométrique devait réaliser l'exercice sur un appareil Biodex pour 5x45 secondes à 60° de flexion de genou à 70% de la CIVM (contraction isométrique volontaire maximale). Les résultats ont mis en évidence une libération de l'inhibition corticale du muscle quadriceps du côté atteint de 27,53% $\pm$ 8,30 à 54,95% $\pm$ 5,47 après les contractions isométriques. Cependant, les contractions isotoniques n'ont pas eu d'effet significatif sur l'inhibition (avant 30,26% $\pm$ 3,89, après 31,92% $\pm$ 4,67 ; $p = 0,004$).

6 Discussion

6.1 Effets des différentes modalités de contraction sur la douleur

6.1.1 Le travail musculaire excentrique

La plupart des études ont utilisé le squat sur une planche avec 25° d'inclinaison comme principale stratégie d'intervention pour les exercices excentriques, la phase concentrique du squat étant effectuée avec la jambe non affectée ou avec les bras, alors que la phase excentrique est effectuée sur la jambe atteinte. La prescription de programmes d'exercices excentriques était variable, mais la plupart des études ont utilisé 3x15 répétitions pratiquées avec des douleurs légères à modérées ($VAS \leq 5$). Certaines études prescrivaient les exercices 2 fois par semaine [67], tandis que d'autres les prescrivaient 1 fois [65] ou 2 fois par jour [5,45,60,61,62,63,66]. La durée d'intervention variait également de 12 semaines [5,45,60,61,62,63,65,67] à 24 semaines [65]. Des revues de la littérature sur le traitement de la tendinopathie patellaire incluses dans ce mémoire ont conclu que l'entraînement excentrique utilisant une planche à 25° de déclivité devrait être le traitement de choix pour les patients souffrant de tendinopathie patellaire [74,75]. Cependant, nos résultats montrent que les exercices excentriques ne sont pas généralisables à toute la population, surtout pour les sportifs en saison de compétition [5].

Bien que le squat sur planche inclinée semble être le traitement de premier choix, les résultats sont encore loin d'être idéaux. Bien que l'entraînement musculaire excentrique puisse produire une amélioration significative en termes de douleur, Bahr et al. [45] ont constaté qu'environ 55% seulement des athlètes d'élite obtenaient des résultats soit excellents (retour au niveau de sport précédent sans douleur) soit bons (retour au niveau sportif précédent avec une douleur légère ou modérée) à 12 mois. Les patients qui ont été inclus dans cette étude représentaient un sous-groupe présentant des symptômes graves (selon le grade IIIB sur Blazina) et récalcitrants, et les auteurs ne savaient pas si les résultats seraient différents pour les individus présentant des symptômes moins graves. Les athlètes en compétition atteints de tendinopathie patellaire ont généralement un score compris entre 50 et 80 points [45] alors que dans cette étude le score de base était seulement de 30 sur 100.

Dans la plupart des études sur l'entraînement excentrique, les résultats à court terme ont montré que le traitement avec un entraînement douloureux des quadriceps en excentrique sur une planche inclinée réduisait significativement les douleurs tendineuses pendant l'activité et améliorait la fonction. Cependant, seuls des résultats cliniques à court terme sont rapportés c'est pourquoi des études de suivi à long terme seraient nécessaires. Dans ces mêmes études, la plupart des patients ont cessé leurs activités sportives pendant toute la durée de l'intervention [62] ou les 4 à 8 premières semaines [45,60,61,67]. Puis, pour certains, s'ils ne ressentaient pas de douleur sévère, il leur a été dit de commencer un entraînement spécifique au sport et de reprendre progressivement leur activité sportive précédente d'avant la blessure. En pratique, les sportifs de haut niveau plus particulièrement ou d'un niveau intermédiaire ne peuvent souvent pas se permettre d'arrêter leur sport pour suivre une rééducation de six semaines ou plus. Le protocole excentrique a aussi été testé sur des joueurs n'ayant pas cessé leur activité en cours de saison et comparé à un groupe contrôle [5,65]. Au vu des résultats non encourageants de l'étude de Visnes et al [5], d'autres alternatives de traitement pour diminuer la douleur doivent leur être proposées.

Les résultats des études sur l'exercice excentrique dans ce mémoire sont en effet contrebalancés par l'étude de Visnes et al [5] qui est la seule avec une autre étude de Biernat et al [65] ayant examiné les effets des exercices excentriques sur la diminution de la douleur en comparant à ceux d'un groupe contrôle sans l'arrêt de l'activité sportive. Contrairement à son efficacité dans la rééducation de la tendinopathie patellaire dans d'autres études, Visnes et al. [5] ont montré que le protocole de squat en excentrique n'était pas efficace pendant la saison de compétition chez les athlètes d'élite ayant un niveau de charge tendineuse très élevé. Plusieurs arguments pourraient être discutés quant à leur impact sur l'obtention de ce résultat. Les questions à se poser sont de savoir si le programme d'entraînement était optimal et si les athlètes ont respecté le programme prescrit. D'après les auteurs le programme a été considéré comme optimal car il suivait la prescription d'Alfredson [76] ayant montré des effets sur la tendinopathie d'Achille, avec deux séances quotidiennes d'entraînement et des exercices excentriques lents et douloureux. Cependant, dans la littérature, il a été démontré que l'entraînement excentrique des muscles du mollet donne de très bons résultats cliniques chez les patients atteints de tendinopathie de la partie moyenne du tendon d'Achille chronique [60], mais de bons résultats similaires n'ont pas toujours été obtenus avec l'entraînement excentrique des quadriceps chez les patients atteints de tendinopathie patellaire. Et certains auteurs [60] rappellent que l'entraînement excentrique ne donne pas de bons résultats chez les patients souffrant de problèmes d'insertion du tendon d'Achille, et que la tendinopathie patellaire est un problème d'insertion du tendon patellaire. Par conséquent, il semble y avoir des différences dans la réponse à l'entraînement excentrique en fonction de l'endroit où se trouve la blessure dans le tendon. Pour Visnes et al [5], leur programme d'entraînement était optimal car il correspondait également aux principes de Purdam et al [61] en effectuant les squats sur une planche inclinée pour maximiser la charge sur le tendon patellaire, un programme qui a donné des résultats prometteurs dans deux études pilotes (Purdam et al [61] et Young et al [62]) après une période d'entraînement de 12 semaines. Ensuite, l'intervention excentrique a été réalisée sous forme de programme d'entraînement à domicile sans supervision directe d'un praticien. Les participants n'ont pas été suivis en réel, ils ont reçu un livret explicatif ainsi que des instructions données par téléphone. Nous pouvons nous poser la question de savoir si le programme était correctement exécuté. Tous les sujets se sont auto-enregistrés pour faire état de leur niveau d'activité (entraînements excentriques, entraînements de volley-ball, matchs, et autres). C'est pourquoi nous pourrions prendre du recul concernant les résultats qui diffèrent des autres études. Nous pouvons nous poser la question de savoir si les participants ont retranscrit correctement les données d'auto-évaluation. Les auteurs ont analysé les livrets remplis par les participants eux-mêmes et le groupe d'entraînement a effectué $8,2 \pm 4,6$ séances hebdomadaires d'entraînement excentrique pendant la période d'intervention soit seulement 59% du volume recommandé dans la méthodologie de l'étude. Même s'il n'y a pas eu de différence entre les groupes en ce qui concerne la charge d'entraînement ou de compétition, cela peut notamment impacter le résultat et expliquer le contraste avec les autres études.

Ensuite, dans cette même étude, un problème pratique s'est posé dans la prescription d'exercice, si les deux jambes des sujets étaient atteintes, les joueurs n'étaient probablement pas en mesure de se décharger complètement pendant la phase concentrique de l'exercice, même s'ils avaient pour instruction d'utiliser leurs bras pour s'aider et de ne s'entraîner qu'une jambe à la fois. Les auteurs ne savent pas si cela a influencé les résultats sur la douleur, cependant on remarque que ce

problème est le même dans les autres études ayant trouvé des résultats positifs sur l'excentrique dans la tendinopathie patellaire.

Etant donné les résultats contradictoires de l'étude de Visnes et al [5] avec ceux d'autres études, une question pouvant être posée est de savoir s'il aurait été nécessaire que les participants arrêtent les entraînements et les matchs pendant la période d'intervention. Contrairement à certaines autres études, le but de celle-ci était de voir si l'entraînement excentrique pouvait être utilisé pour traiter les joueurs souffrant d'un Jumper's knee qui continuaient à s'entraîner et à participer à des compétitions de haut niveau. La période d'intervention se situe dans la dernière moitié de la saison de compétition. Il est possible que le programme d'entraînement et de compétition ait interféré d'une certaine manière avec les potentiels effets du programme d'entraînement excentrique, la charge totale sur le tendon est peut-être simplement devenue trop élevée. Ceci pourrait être une explication de la baisse des entraînements excentriques dans le groupe d'intervention. Certains joueurs du groupe d'entraînement ont déclaré qu'il était difficile de suivre leur entraînement habituel, de jouer des matchs et, en même temps, de suivre le programme d'entraînement excentrique deux fois par jour, car ils se sentaient obligés d'être au mieux de leur forme pour les matchs du week-end. La plupart des sujets inclus dans les autres études ont dû arrêter complètement leur pratique sportive, ou du moins réduire considérablement leur niveau de pratique.

Biernat et al [65], comme dans l'étude précédente [5], ont cherché à comparer un groupe d'exercices excentriques à un groupe contrôle mais n'ont pas utilisé le score VAS pour conclure des effets sur la douleur. Les autres auteurs étudiant l'excentrique n'ont fait aucune comparaison statistique avec un groupe contrôle, par conséquent les effets « réels » des exercices excentriques sur la douleur sont plus ou moins inconnus [71]. La thérapie par l'exercice, et plus particulièrement l'entraînement excentrique, est actuellement considéré comme le traitement de choix, mais il ne semble pas bénéfique pour tous les patients souffrant de tendinopathie patellaire [51,74,75]. Des écrits à propos des différents programmes d'exercices ont montré que l'entraînement excentrique ne donne aux patients que 50 à 70 % de chance d'améliorer la fonction et la douleur du genou [70,51]. De plus, la contraction musculaire excentrique isolée peut poser des problèmes : les douleurs musculaires à déclenchement retardé (DOMS) sont un effet secondaire reconnu de la charge excentrique, qui est négligeable avec la contraction isométrique et concentrique. Mais les DOMS peuvent être minimisés par une exposition graduelle aux contractions musculaires excentriques [46].

6.1.2 Le travail musculaire concentrique

Dans l'étude de Jonsson et Alfredson [60] cherchant à comparer un programme excentrique à un programme concentrique pendant 12 semaines chez des athlètes souffrant de douleurs chroniques de tendinopathie patellaire, les résultats à court terme de cette étude prospective randomisée ont montré que le traitement avec un entraînement douloureux des quadriceps en concentrique sur une planche inclinée n'avait pas apporté de changement significatif des douleurs tendineuses pendant l'activité, contrairement à l'exercice excentrique. Les groupes de patients étaient petits, et des études avec un plus grand nombre de sujets seraient nécessaires pour évaluer les résultats. En raison de la douleur intense après 6 semaines d'entraînement, il a été constaté une fréquence élevée

d'abandons (4 sur 9 tendons) dans le groupe concentrique [60]. Cela aurait pu avoir un impact sur les résultats, mais comme aucun patient du groupe d'entraînement concentrique n'était satisfait du résultat du traitement, les auteurs ont considéré que pour des raisons éthiques il était incorrect de recruter davantage de patients dans l'étude. Au suivi à environ 33 mois après le traitement tous les patients dans un groupe d'entraînement concentrique avaient été traités chirurgicalement ou par des injections sclérosantes. Cette étude à court terme n'a pas montré des effets cliniques bénéfiques avec un entraînement concentrique des quadriceps sur une planche inclinée. Les auteurs ont tenté de trouver une explication au fait qu'un entraînement excentrique douloureux, mais non concentrique douloureux, des quadriceps est associé à de bons résultats cliniques. D'après eux, si les mécanismes bénéfiques sont liés à l'interférence avec les nerfs, peut-être que la lésion nerveuse est plus efficacement causée lors d'une charge excentrique. Une autre explication possible des différences de résultats pourrait être que la mise en charge excentrique est associée à une meilleure réponse des tissus en termes de mécanismes de réparation des tissus que le concentrique. Par conséquent, le travail musculaire concentrique n'est pas une modalité de contraction optimale à proposer comme traitement de la tendinopathie patellaire.

6.1.3 Le travail musculaire isométrique

Comme la tendinopathie est une affection courante qui affecte les performances des sportifs, les stratégies de traitement doivent intégrer la gestion de la douleur en particulier pendant les saisons de compétition. C'est en partie l'étude de Visnes et al [5] sur l'exercice excentrique et ses résultats non concluants qui ont motivé d'autres études sur d'autres modalités de contractions, et notamment, l'exercice l'isométrique.

Dans la littérature actuelle, 6 études sur 8 qui étudient les effets des exercices isométriques ont fait état d'une amélioration significative de la douleur pendant la saison de compétition [52,53,54,55,57,58]. La significativité des résultats sur la douleur n'est pas toujours présente même si globalement les études s'accordent à dire que l'exercice isométrique est efficace dans la réduction de la douleur chez les sportifs atteints de tendinopathie patellaire.

Par exemple, pour une séance unique d'exercices isométriques, Rio et al en 2015 [55] et Holden et al en 2020 [58] ont rapporté une analgésie immédiate significative pour le Jumper's knee et qui était maintenue 45 minutes après l'intervention pour une seule étude [55] contrairement à Pietrosimone et al en 2020 [64] pour qui la diminution n'était pas significative. Cette différence de résultats pourrait s'expliquer par le fait que dans l'étude de Rio et al [55], les athlètes de volleyball de sexe masculin adultes avaient une douleur initiale plus élevée ($7,0$ sur $10 \pm 2,04$ sur 10), ce qui est aussi le cas dans l'étude de Holden et al [58] ($4,3$ sur $10 \pm 1,6$ sur 10) alors que le groupe symptomatique dans l'étude de Pietrosimone [64] a démontré moins de douleur avant l'intervention isométrique ($2,34$ sur $10 \pm 2,10$ sur 10) et a pu par conséquent montrer des effets de l'intervention isométrique plus faibles.

D'autres recherches ayant étudié les effets d'une intervention isométrique sur 4 semaines ont globalement trouvé une amélioration significative lors du suivi sauf pour l'étude de van Ark et al [56] dont l'amélioration de la douleur était non significative. La taille de l'échantillon ainsi que le protocole isométrique était pourtant similairement le même que dans les études ayant amélioré

significativement leurs résultats [52,54,57] en termes de durée, angle articulaire de travail et force de contraction sauf pour le temps de repos qui était globalement supérieur.

Bien que les exercices isométriques puissent donner des résultats favorables à court terme [52,53,54,55,57,58,71], aucune conclusion solide ne peut être tirée concernant son efficacité à long terme en raison du manque d'études sur le long terme (> 6 semaines).

Lim et Wong, dans leur revue systématique [71], ont analysé 15 études et rapporté que la rigueur générale de ces études était de moyenne à haute qualité (score moyen de 81,6%, les scores allant de 70 à 93%). Ceci donne des preuves solides quant à la recommandation de l'utilisation des exercices isométriques dans la pratique clinique. De plus, certains auteurs [46] pensent que, lors du travail musculaire isométrique, la charge peut être effectuée dans une plage non douloureuse et la compression des tendons peut être réduite au minimum. La compression tendineuse qui se produit vers la fin de l'amplitude articulaire serait impliquée dans la pathoétiologie de la tendinopathie d'insertion. Cependant, un inconvénient potentiel de cette modalité de contraction est que le gain de force est spécifique à l'angle de l'articulation travaillé [46]. Néanmoins, son effet sur la douleur a été montré pour les athlètes en saison de compétition. Les interventions utilisant des appareils à extension de jambes se sont montrées presque aussi efficaces que les squats en bipodal à l'aide d'une ceinture rigide portable [53] qui est alors transportable à n'importe quel endroit lors de déplacements pour les matchs, par exemple, ce qui peut faciliter l'adhérence des joueurs pratiquant des sports à des niveaux élevés et qui ont besoin d'effectuer de longs déplacements. Cependant, des études avec un nombre de sujets plus important ainsi qu'un groupe témoin sont nécessaires pour mesurer les effets réels de ce type d'exercice. De plus, il faut garder à l'idée que ce type d'entraînement ne remplace pas une rééducation complète comprenant des entraînements en charge progressive, de stockage et de libération d'énergie, puis une phase spécifique au sport [42,77] mais cela offre aux cliniciens une option pratique en cours de saison, compte tenu des difficultés liées au temps, à l'équipement, à la douleur et à l'incapacité de mener à bien une rééducation complète pendant la saison de compétition.

Le travail musculaire isométrique semble donc être une intervention efficace qui s'offre aux praticiens pour réduire la douleur du tendon patellaire afin de permettre aux athlètes de continuer à jouer pendant la saison de compétition sans modifier les charges d'entraînement actuelles. De plus, cela fournit une option importante que les cliniciens peuvent proposer pour les tendons douloureux qui sont difficiles à charger, notamment dans les premiers stades de la rééducation. Cependant, aucune des études n'a comparé ces types de contractions avec d'autres contractions que l'isotonique. On ne peut donc pas savoir s'il y a une supériorité des contractions isométriques par rapport aux autres modalités investiguées. En plus de cela, certains auteurs [78] suggèrent qu'un changement de préoccupation, passant de l'amélioration de la capacité d'adaptation du tendon à un soulagement de la douleur immédiat, risque de faire croire aux patients et aux cliniciens qu'il existe une solution rapide de guérison [78] or le fait de promouvoir l'isométrie pour une diminution immédiate de la douleur ne tient pas compte de la lente guérison de l'affection sous-jacente. En effet, les tendons ont besoin de temps pour s'adapter à une charge adéquate, ce qui est confirmée, d'après certains auteurs [78], par les preuves de la persistance de déficits fonctionnels et d'une altération de l'activation musculaire lorsque la douleur est absente mais que les tendons ne se

rétablissent pas complètement. La rééducation du tendon doit aller au-delà de l'exercice isométrique pour permettre à un tendon résilient de reprendre le sport.

6.1.4 Le travail musculaire isotonique

Les résultats des études incluses ont montré que l'exercice isotonique entraînait une réduction significative de la douleur à court terme chez les patients atteints de tendinopathie patellaire. Le travail musculaire isotonique semble être une intervention efficace pour réduire la douleur du tendon patellaire afin de permettre aux athlètes de continuer à jouer pendant la saison sportive sans modification des charges d'entraînement actuelles.

D'après Malliaras et al [46], des preuves de bonne qualité font défaut pour la tendinopathie patellaire, mais les programmes de mise en charge impliquant des actions musculaires excentriques-concentriques (isotoniques) présentent des avantages évidents. Les modalités de travail concentrique avec l'excentrique sont mieux tolérées pour les patients les plus irritables qui ne peuvent pas faire de l'excentrique seul, ce qui peut être sous-entendu que pour une même charge de travail, l'excentrique seul est moins toléré par les patients irritables. C'est pourquoi les cliniciens pourraient envisager une charge isotonique parallèlement ou à la place d'une charge excentrique dans les cas des tendinopathies patellaires. Notamment, le travail isotonique peut être important en particulier chez les patients présentant une faiblesse concentrique marquée qui ne peuvent pas récupérer avec une charge excentrique isolée.

D'un point de vue pratique, la plupart des études ayant testé l'isotonique ont utilisé un appareil d'extension de jambe. La mise à disposition du matériel professionnel peut être un frein à l'utilisation de ces programmes notamment en libéral. Cependant, un autre moyen moins contraignant d'un point de vue matériel est la réalisation de squat sur planche inclinée à 25° [62] qui a également montré des effets positifs sur la douleur. D'autres auteurs dans d'autres revues [42,77,79] ont utilisé les fentes en avant avec charge comme alternative d'exercices isotoniques. En effet, les deux derniers exercices proposés pourraient aider à améliorer l'observance et la satisfaction au traitement des patients du fait de la faible nécessité de matériel. Ces exercices sont faciles à réaliser et présentent également un avantage, par rapport à l'entraînement excentrique classique, car ils prennent moins de temps pour le sportif.

6.1.5 Le HSR (Heavy Slow Resistance)

Konsgaard et al [59,66] ont démontré que trois exercices spécifiques de HSR (le squat, le leg press et le hack squat) avaient de bons effets cliniques sur les tendons à court et long terme.

L'étude de Romero-Rodriguez et al [68] a montré une amélioration de la douleur, après l'activité. L'intervention correspond à la mise en œuvre de protocoles d'exercices à haute intensité et à basse fréquence mettant l'accent sur de brefs épisodes de surcharge excentrique dans le traitement de la tendinopathie patellaire chronique chez les athlètes. C'est une étude prospective de série de cas réalisée sur seulement dix participants hommes athlètes pratiquant divers sports (football, basketball, course de longue distance) et aucun comparateur n'était disponible contrairement aux autres études incluses dans ce travail [59,66]. Les résultats de cette étude suggèrent que

l'entraînement en résistance au moyen de la résistance inertielle aide au traitement de la tendinopathie patellaire chronique. Cependant, l'échantillon est très faible et nécessiterait d'être agrandi afin d'obtenir un effet plus significatif. Il n'y a pas de groupe contrôle permettant de comparer les effets de ce type d'entraînement HSR.

D'un point de vue pratique, ce type de programme est contraignant car le praticien et le patient doivent avoir à leur disposition du matériel professionnel, ce qui n'est pas le cas dans les cabinets libéraux classiques, le plus souvent. Le coût et l'accès à l'équipement sont, en effet, des facteurs à prendre en compte. Comparé à l'excentrique qui nécessite une planche inclinée, peu coûteuse et facilement transportable pour la poursuite du traitement pendant les vacances ou lors d'une tournée avec une équipe sportive, le HSR exige l'accès à un équipement de musculation professionnel et une supervision professionnelle.

Ensuite, la motivation des patients et l'observance des exercices sont d'autres éléments importants à prendre en compte. L'entraînement en résistance de type HSR est moins exigeant que l'excentrique car il est effectué une fois par jour, 3 jours par semaine, pendant 12 semaines, même s'il dure 45 minutes à chaque fois [59,66] contrairement au squat excentrique qui est effectué 2 fois par jour, 7 jours par semaine, pendant 12 semaines, et prend 10 à 15 minutes par séance.

D'après les auteurs Malliaras et al d'une revue systématique [46], il y a une plus grande satisfaction des patients lors de la mise en charge du HSR par rapport à l'exercice excentrique, ceci peut être expliqué par le fait que le HSR est effectué 2 à 3 fois par semaine plutôt que 2 fois par jour pour l'excentrique. L'entraînement avec des charges lourdes, comme dans le cas du HSR ou de la charge excentrique maximisée, peut être mieux adapté à certains groupes de patients comme par exemple ceux ayant des symptômes tendineux moins irritables.

6.2 Effets des différentes modalités de contraction sur la fonction

6.2.1 Le travail musculaire excentrique

Dans les études incluses dans ce travail, l'exercice excentrique généralement recommandé pour le tendon patellaire est le squat traditionnel. Cependant, lors d'un squat, il est possible de décharger et soulager les extenseurs du genou et, plus largement, de réduire la charge appliquée au tendon patellaire, notamment en utilisant les muscles fessiers et du mollet. Comme le genou est une articulation intermédiaire dans une chaîne fermée, les charges par le mécanisme des extenseurs peuvent être réduites par ces compensations proximales et distales. Purdam et al [80] avaient suggéré que cet effet pouvait être minimisé et la charge sur le tendon patellaire maximisée en effectuant des squats sur une planche inclinée. En effet, deux études pilotes [61,62] ont suggéré que l'exercice avec une planche inclinée augmenterait la charge sur le mécanisme extenseur plus qu'un squat traditionnel et pourrait entraîner une plus grande amélioration de la fonction du genou, et elles ont montré une amélioration de la fonction par rapport à une période d'intervention de 12 semaines et cet effet a été maintenu sur une période de 12 mois [62]. Cependant ces études ont été menées sur un faible nombre de sujets et qui ont arrêté de participer à leur compétition pendant la durée de l'intervention ou pendant les premières semaines donc les résultats sont à interpréter avec prudence. Par la suite, d'autres études avec un nombre plus important de participants ont confirmé

cette amélioration de la fonction grâce au questionnaire VISA-P ce qui prouve néanmoins les effets de l'excentrique pour le traitement des tendinopathies patellaires.

Bien que le squat sur planche inclinée semble évidemment être le traitement de premier choix [75] car l'inclinaison permet probablement de mieux isoler le mécanisme extenseur du genou dans les exercices de squat, les résultats sont encore loin d'être idéaux. Bien que l'entraînement musculaire excentrique puisse produire une amélioration significative en termes de fonction, Bahr et al [45] ont constaté que seulement environ 55% des athlètes d'élite obtenaient des résultats soit excellents (retour au niveau de sport précédent sans douleur) soit bons (retour au niveau sportif précédent avec une douleur légère ou modérée) à 12 mois. De plus, le groupe ayant réalisé les exercices excentriques ont rapporté avoir suivi en moyenne $9,3 \pm 4,1$ séances d'entraînement excentrique par semaine soit seulement 66 % de la dose prescrite pendant la période initiale de suivi de 12 semaines ce qui peut avoir un impact sur l'efficacité de l'intervention pour l'amélioration de la fonction. De plus, les athlètes avaient arrêté la compétition pendant les 8 premières semaines de l'intervention ce qui, on pourrait penser, aurait pu permettre de les rendre plus observants dans leur traitement car la charge appliquée au tendon était moins importante pendant cette période ce qui aurait déclenché moins de douleur. Les résultats de l'étude de Jonsson et Alfredson [60] ayant mesuré les effets d'un programme excentrique pendant 12 semaines chez des athlètes souffrant de douleurs chroniques de tendinopathie patellaire sont supérieurs aux précédents. Ils montrent que lors du suivi à environ 33 mois, 7 patients sur 8 (soit 9 tendons sur 10) après un entraînement excentrique étaient toujours satisfaits et actifs dans leur sport. Cependant, aucune information concernant le nombre de séances réalisées par les participants n'est fournie, par conséquent on ne sait pas si le pourcentage de la dose prescrite d'exercices a été réalisé en totalité. Néanmoins, tous les patients ont cessé leurs activités sportives pendant les 6 premières semaines. Puis, s'ils ne ressentaient pas de douleurs sévères, il leur a été dit de commencer un entraînement spécifique au sport et de reprendre progressivement leur activité sportive précédente d'avant la blessure. En pratique, les sportifs de haut niveau plus particulièrement ou d'un niveau intermédiaire ne peuvent souvent pas se permettre d'arrêter leurs entraînements ou matchs pendant une période aussi importante pour suivre une rééducation de 6 semaines. D'autres alternatives doivent leur être proposées.

Contrairement à son efficacité dans la rééducation de la tendinopathie patellaire dans d'autres études, Visnes et al. [5] ont montré que le protocole de squat en excentrique n'était pas efficace pendant la saison de compétition chez les athlètes d'élite ayant un niveau de charge tendineuse très élevé. Ce résultat diffère des autres études et pourrait être discuté par plusieurs arguments. Le programme d'entraînement était-il optimal ? Les athlètes ont-ils respecté le programme prescrit ? D'après les auteurs le programme a été considéré comme optimal car tiré du protocole d'Alfredson [76] ayant montré des effets dans la tendinopathie d'Achille, avec deux séances quotidiennes d'entraînements et des exercices excentriques lents et douloureux. Les principes de Purdam et al [61] étaient également respectés : les squats étaient effectués sur une planche inclinée pour augmenter la charge sur le tendon patellaire, un programme qui a donné des résultats prometteurs dans deux études pilotes de Purdam et al [61] et Young et al [62] après une période d'entraînement de 12 semaines. Cependant, l'intervention excentrique a été réalisée sous forme de programme d'entraînement à domicile sans supervision directe d'un praticien. Les participants n'ont pas été suivis en réel, ils ont reçu un livret explicatif ainsi que des instructions données par téléphone. Aucun moyen objectif permet de savoir si le programme était correctement exécuté.

Le protocole de Visnes et al [5] proposait une progression de la charge en ajoutant des poids si la douleur était inférieure à 5 sur 10 à l'EVA pendant l'exercice. Moins de la moitié des athlètes ont pu ajouter du poids, et ceux qui l'ont fait n'ont ajouté que 4 kg en moyenne. Moins de 60% du volume recommandé a été réalisé par les participants. Cette augmentation limitée de la charge pourrait expliquer pourquoi l'intervention n'a pas été efficace sur l'amélioration du score VISA-P pendant la saison de compétition. Plusieurs raisons ont pu impacter la progression de la charge et cela resterait à investiguer afin d'améliorer le protocole d'études futures (manque de temps, de motivation, douleur, manque d'intérêt, autres).

L'étude de Visnes et al. [5] est une des rares à indiquer la quantité de poids ajoutée pendant l'exercice, c'est pourquoi afin d'améliorer la compréhension de ce traitement, les chercheurs pourraient faire état de ce résultat dans les études futures. Tous les sujets se sont auto-enregistrés pour faire état de leur niveau d'activité : entraînements excentriques, entraînements de volley-ball, matchs, et autres. C'est pourquoi nous pourrions prendre du recul concernant les résultats qui diffèrent des autres études. Nous pouvons nous poser la question de savoir si les participants ont retranscrit correctement les données d'auto-évaluation. D'après les auteurs de l'étude, les rapports hebdomadaires montrent que l'observance était très bonne : au cours de la première semaine complète d'entraînement le nombre moyen de séances d'entraînement que les joueurs ont déclaré avoir suivies était supérieur à 10 sur un objectif de 14 séances (deux fois par jour). Le volume d'entraînement a quelque peu diminué au cours de la période de 12 semaines, mais la valeur moyenne globale rapportée était toujours aussi élevée chaque semaine d'après les auteurs. Cependant, après avoir analysé les livrets remplis par les participants eux-mêmes, le groupe d'entraînement a effectué $8,2 \pm 4,6$ séances hebdomadaires d'entraînement excentrique pendant la période d'intervention soit seulement 59% du volume recommandé dans la méthodologie de l'étude. Même s'il n'y a pas eu de différence entre les groupes en ce qui concerne la charge d'entraînement ou de compétition, cela peut notamment impacter le résultat et expliquer le contraste avec les autres études.

Face aux résultats contradictoires de l'étude de Visnes et al [5], la question qui peut se poser est de savoir s'il aurait été nécessaire que les participants arrêtent les entraînements et les matchs pendant la période d'intervention. En effet, une des explications pourrait être le moment d'intervention. Contrairement aux études précédentes, le but de la présente étude était de voir si l'entraînement excentrique pouvait être utilisé pour traiter les joueurs souffrant d'un Jumper's knee qui continuaient à s'entraîner et à participer à des compétitions de haut niveau. Dans l'étude actuelle, la période d'intervention se situe dans la dernière moitié de la saison de compétition, et les patients ont suivi le programme d'entraînement excentrique tout en participant aux entraînements et aux matchs habituels de l'équipe. Il est possible que le programme d'entraînement et de compétition aient interféré d'une certaine manière avec les effets potentiels du programme d'entraînement excentrique, la charge totale sur le tendon est peut-être tout simplement devenue trop élevée, ce point est soulevé par les auteurs [5]. Ceci pourrait être une explication de la baisse des entraînements excentriques dans le groupe d'intervention. Certains joueurs du groupe d'entraînement ont déclaré qu'il était difficile de suivre leur entraînement habituel, de jouer des matchs et, en même temps, de suivre le programme d'entraînement excentrique deux fois par jour, car ils se sentaient obligés d'être au mieux de leur forme pour les matchs du week-end. Lorsqu'ils jouaient plus d'un match par semaine ou avaient des matchs importants, ils devaient réduire la

charge d'entraînement excentrique. Pour les auteurs [5], c'est la principale explication de la réduction du volume d'entraînement excentrique observée au cours de la période de 12 semaines. D'autant plus que l'on peut remarquer que les scores du VISA-P ont eu tendance à diminuer pendant la première moitié de la période de traitement, lorsque l'observance était la meilleure. Les auteurs ont justifié leur choix de faire l'intervention sur la deuxième partie de la saison sportive, notamment car pendant cette période, la charge d'entraînement et de compétition était la même pour tous les joueurs, et il y avait moins de différence de contrainte en charge (autres que le programme d'entraînement excentrique) entre les 2 groupes [5]. La deuxième raison, selon les auteurs [5] est que la période de recrutement coïncide avec le moment de la saison où la prévalence de la tendinopathie patellaire est supposée être à son maximum, et les auteurs étaient plus susceptibles de pouvoir recruter des sujets pour l'étude. Pour finir, d'après Visnes et al [5] il était cliniquement pertinent de tester l'intervention excentrique pendant la saison de compétition afin de traiter les joueurs alors qu'ils s'entraînent et participent à des matchs autant que leurs symptômes le permettent. Cependant, les joueurs pour qui les symptômes étaient toujours présents à la fin de la saison ont été invités à poursuivre le programme après la période de 12 semaines jusqu'à ce qu'ils disparaissent complètement mais nous n'avons pas de données de suivi.

Pour conclure au sujet de cette étude, les résultats indiquent qu'il n'y a pas de bénéfice à tirer d'un programme d'entraînement excentrique sans retirer l'athlète de ses entraînements et matchs réguliers pendant la période de traitement. La plupart des patients inclus dans les études ont le plus souvent dû arrêter complètement leur pratique sportive ou du moins réduire considérablement leur niveau de pratique [45,60,61,67,]. Les programmes de traitement excentrique n'ont pas été systématiquement testés sur les athlètes souffrant de douleurs du tendon patellaire qui sont encore capables de s'entraîner et de participer à des compétitions de haut niveau sauf quelques études qui viennent contrer les résultats précédents concernant l'amélioration du score VISA-P [63,65,66].

Le protocole de réhabilitation avec des exercices de squat sur planche inclinée présenté dans l'étude de Biernat et al [65] a été appliqué sans interruption de la période de compétition et comme pour Visnes et al [5], un groupe contrôle permettait de comparer les résultats. Les résultats ont montré que l'intervention excentrique a permis de maîtriser le « Jumper's knee » sans changement significatif des valeurs moyennes de la force musculaire, de la puissance maximale et de la capacité de saut des jeunes joueurs de volley-ball et le score moyen du VISA-P a montré une augmentation (non significative) à 12 et 14 semaines de suivi. Cependant, les exercices sont accompagnés de l'application d'une compresse froide directement après les exercices et de la réalisation d'autres exercices fonctionnels non détaillés. Les résultats doivent donc être interprétés avec prudence car les effets peuvent ne pas être attribuables qu'aux exercices de squat pratiqués. De plus, selon les mêmes auteurs [65], les analyses des résultats des tests et des observations des joueurs permettent de conclure que l'efficacité du protocole de réhabilitation peut être plus élevée lorsque le joueur est exclu des entraînements. Notamment, des auteurs [70] ont suggéré que l'entraînement excentrique avait un effet positif sur la tendinopathie patellaire et ont recommandé aux athlètes de suspendre leur activité sportive pendant leur rééducation. Cette revue critique a été limitée par le petit nombre de patients et une courte période de suivi, et aucun protocole de traitement spécifique n'a été recommandé. D'autres alternatives de renforcement doivent être investiguées car le retrait du sport n'est souvent pas envisageable ou pas pour une période comme imposée dans les études.

Ensuite, certains auteurs expliquent que les contractions excentriques entraînent des changements neuronaux plus importants que la charge concentrique notamment, des gains de force plus importants dans le membre controlatéral, une adaptation neuronale plus rapide à la contrainte et une excitabilité corticale accrue [46]. Une revue systématique récente de 2017 a conclu que la thérapie physique basée sur l'exercice de squat excentrique dispose de bonnes preuves pour être utilisée comme traitement conservateur initial [72] cependant cette modalité n'a pas été comparée aux autres modalités de travail musculaire investiguées dans ce mémoire telles que le HSR, l'isotonique et le concentrique.

6.2.2 Le travail musculaire concentrique

Dans l'étude de Jonsson et Alfredson [60] cherchant à comparer un programme excentrique à un programme concentrique pendant 12 semaines chez des athlètes souffrant de douleurs chroniques de tendinopathie patellaire, les résultats n'ont pas montré d'amélioration significative de la fonction. En raison de la douleur intense après 6 semaines d'entraînement, il a été constaté une fréquence élevée d'abandons (4 sur 9 tendons) dans le groupe concentrique [60]. Cela aurait pu avoir un impact sur les résultats, mais comme aucun patient du groupe d'entraînement concentrique n'était satisfait du résultat du traitement, les auteurs ont considéré que pour des raisons éthiques il était incorrect de recruter davantage de patients dans l'étude. Au suivi à environ 33 mois après le traitement tous les patients dans un groupe d'entraînement concentrique avaient été traités chirurgicalement ou par des injections sclérosantes. Cette modalité de contraction ne semble pas adaptée dans l'amélioration de la fonction chez les athlètes mais d'autres études avec un groupe contrôle seraient nécessaires.

6.2.3 Le travail musculaire isométrique

La tendinopathie patellaire affecte couramment les performances des sportifs et les stratégies de traitement doivent intégrer l'amélioration des fonctions en particulier pendant la saison sportive. C'est en partie l'étude de Visnes et al [5] sur l'exercice excentrique et ses résultats non concluants qui ont motivé d'autres études sur d'autres modalités de contractions et notamment l'exercice l'isométrique. Dans la littérature actuelle, globalement les études s'accordent à dire que l'entraînement isométrique augmente le score VISA-P pour la fonction, notamment, 3 études [53,54,57] sur 4 qui étudient les effets des exercices isométriques ont fait état d'une amélioration significative de la fonction grâce au score VISA-P pendant la saison de compétition [53,54,56,57].

Une récente étude de 2020 [64] ayant tenté d'analyser la hauteur et la biomécanique tridimensionnelle lors d'un test d'atterrissage bipodal n'a pas montré de résultat concluant suite à une séance unique d'exercice isométrique. C'est pourquoi, il est possible que plusieurs sessions du protocole isométrique au fil du temps puissent être nécessaires pour faciliter des changements significatifs de la biomécanique d'atterrissage et d'autres études seraient nécessaires.

Bien que les exercices isométriques puissent donner des résultats favorables à court terme [53,54,56,57], aucune conclusion solide ne peut être tirée concernant son efficacité à long terme en raison du manque d'études sur le long terme (> 6 semaines).

Lim et Wong, dans leur revue systématique [71], ont analysé 15 études et rapporté que la rigueur générale de ces études était de moyenne à haute qualité (score moyen de 81,6%, les scores allant de 70 à 93%). Ceci donne des preuves solides quant à la recommandation de l'utilisation des exercices isométriques dans la pratique clinique. Cependant, un inconvénient potentiel de cette modalité de contraction est que le gain de force est spécifique à l'angle de l'articulation [46]. Néanmoins, les contractions musculaires isométriques peuvent être effectuées dans une plage non douloureuse et où la compression des tendons peut être réduite au minimum (celle-ci serait impliquée dans la pathoétiologie de la tendinopathie d'insertion) [56].

6.2.4 Le travail musculaire isotonique

Les études traitant de la modalité de travail isotonique incluses dans ce mémoire s'accordent à dire que la fonction évaluée par le questionnaire VISA-P s'est améliorée à court terme (4 semaines) pour les athlètes en saison [54,56,57,62]. Cependant, en comparaison aux résultats du travail musculaire isométrique, ces derniers ont montré une plus grande amélioration des scores VISA-P par rapport aux contractions isotoniques, mais de façon non significative. Comparé à l'exercice excentrique sur planche inclinée [62], les exercices isotoniques ont montré de meilleurs résultats en termes de fonction (VISA-P et RTS) après 12 mois de suivi. L'exercice isotonique représente donc une alternative de traitement actif dans le traitement de la tendinopathie patellaire.

D'un point de vue pratique, la plupart des études ayant comparé l'isotonique à l'isométrique ont utilisé un appareil d'extension de jambes. En effet, la mise à disposition du matériel peut être un frein à l'utilisation de ces programmes. Cependant, un autre moyen moins contraignant d'un point de vue matériel est la réalisation de squats sur planche inclinée à 25° [62]. Les auteurs ont retrouvé une amélioration significative de la fonction avec ce type d'entraînement sur 12 semaines mais comparé aux exercices excentriques, la différence de résultat n'était pas significative. D'autres auteurs dans d'autres revues [42,77,79] ont utilisé les fentes en avant avec une charge comme alternative à l'appareil d'extension de jambes. En effet, cela pourrait aider à améliorer l'observance et la satisfaction au traitement car cela ne nécessite que peu de matériel. Ces exercices sont faciles à réaliser et on également l'avantage, par rapport à l'entraînement excentrique classique, de prendre moins de temps de réalisation pour le sportif.

6.2.5 Le HSR (Heavy Slow Resistance)

Konsgaard et al [59,66] ont démontré que trois exercices spécifiques de HSR (le squat, le leg press et le hack squat) avaient de bons effets cliniques sur les tendons à court et long terme. Romero-Rodriguez et al [68] ont montré dans leur étude une amélioration de la fonction musculaire, des capacités fonctionnelles et de la performance après l'activité. Cependant, aucun comparateur n'était disponible car il s'agissait d'une étude de série de cas réalisée sur seulement dix participants hommes athlètes pratiquant divers sports (football, basketball, course de longue distance). L'intervention correspondait à la mise en œuvre d'un protocole d'exercices à haute intensité et à basse fréquence mettant l'accent sur de brefs épisodes de surcharge excentrique dans le traitement de la tendinopathie patellaire chronique chez les athlètes. Les résultats de cette étude suggèrent que l'entraînement HSR au moyen de la résistance inertielle aide au traitement de la tendinopathie patellaire chronique. Cependant, l'échantillon est très faible et nécessiterait d'être agrandi afin

d'obtenir un effet plus significatif. D'un point de vue pratique, ce type de programme est contraignant en termes de matériel nécessaire pour la réalisation des exercices, ce qui n'est pas mis à disposition dans les cabinets libéraux classiques la plupart du temps. De plus, l'augmentation de la force maximale constatée au test n'a eu aucun impact ou un impact minime sur les performances dans les tâches explosives du saut en contre-mouvement après 6 semaines de traitement. L'amélioration liée à la fonction musculaire est donc minime par rapport à l'amélioration de la douleur, cependant, aucun comparateur n'était disponible car il s'agissait d'une étude de série de cas donc les résultats sont à interpréter avec prudence [68].

D'un point de vue pratique, le coût et l'accès à l'équipement sont des facteurs à prendre en compte pour la rééducation. Par exemple, l'excentrique ne nécessite que d'une planche inclinée, peu coûteuse et facilement transportable pour la poursuite du traitement pendant les vacances ou lors d'une tournée avec une équipe sportive, tandis que le HSR exige l'accès à un équipement de musculation professionnel et une supervision professionnelle ce qui peut être un facteur dans la diminution la compliance au traitement. Un autre élément important à prendre en compte est la motivation des patients et l'observance pour les exercices. L'entraînement type HSR est moins exigeant que l'excentrique car il est effectué une fois par jour, 3 jours par semaine, pendant 12 semaines, même s'il dure 45 minutes à chaque fois [59,66] contrairement aux squats excentriques qui sont effectués 2 fois par jour, 7 jours par semaine, pendant 12 semaines, mais durent seulement 10 à 15 minutes à chaque fois. Le choix du traitement peut être influencé en fonction des préférences du sportif.

6.3 Effets des différentes modalités de contraction sur le complexe musculo-tendineux

6.3.1 Le travail musculaire excentrique

Les résultats d'une récente étude [63] indiquent que la rigidité des tendons diminue et la déformation augmente après 12 semaines d'exercices excentriques en squat chez les athlètes en saison souffrant de tendinopathie patellaire. Cela implique que le tendon est plus extensible. Une déformation du tendon plus grande peut faciliter la capacité de celui-ci à amortir mécaniquement la force transmise par le corps du tendon pendant les activités de sauts ou de réceptions, ce qui est l'une des fonctions principales des tendons. En plus de cela, les changements des propriétés mécaniques des tendons étaient liés à l'amélioration de la douleur et de la fonction chez les sujets après un programme d'exercices excentriques pour les tendons dégénératifs. Cependant, les sujets ont continué à pratiquer leur sport au même niveau qu'avant pendant l'intervention, cela pourrait être un facteur de confusion en ce qui concerne les effets de l'intervention. En plus de cela, les participants recrutés étaient des hommes donc les résultats ne peuvent être généralisés à la population féminine. Les auteurs de cette étude ont tenté d'expliquer quels mécanismes seraient à l'origine de la réduction de raideur et de l'augmentation de la déformation des tendons après un programme d'exercices excentriques. L'explication pourrait être que l'excentrique entraîne un stimulus mécanique facilitant le remodelage des tendons et les auteurs ont proposé que ces changements pourraient être liés à l'exsudation d'eau et au réalignement des fibres de collagène mais des études plus approfondies seraient nécessaires pour mettre en évidence ces propos.

Les résultats des études incluses dans ce travail montrent que l'excentrique semble moins susceptible d'entraîner une adaptation du tendon par rapport aux entraînements HSR ce qui est soutenu par certains auteurs d'une revue systématique [46]. Parmi les études ayant examiné les sujets diagnostiqués, une seule [66] a comparé les exercices excentriques au HSR, en concluant que l'épaisseur et la néovascularisation des tendons diminuaient de manière significative après l'exercice de HSR et non avec l'excentrique et que la surface anatomique en coupe transversale des tendons patellaires augmentait de manière significative après l'exercice excentrique.

Une association entre les résultats cliniques (score au questionnaire VISA-P et douleur) et l'imagerie (épaisseur et néovascularisation du tendon) après un programme d'excentrique lors d'un suivi à court terme a été montré dans une revue systématique de 2020 de Rabello et al [73]. Cependant, lors du suivi à court terme, les auteurs ont également observé que les résultats cliniques et d'imagerie qui n'étaient pas associés après un programme d'exercices excentriques l'étaient après un programme HSR, ce qui montre que l'exercice excentrique n'aura pas autant d'effet que le HSR sur les changements structurels des tendons à court terme.

Les différences retrouvées entre ces modalités de contraction pourraient s'expliquer par la conception du protocole : les exercices excentriques devaient être effectués quotidiennement, contrairement au programme HSR qui devait s'effectuer seulement 3 fois par semaine. On peut alors supposer que des exercices réalisés moins fréquemment pourraient entraîner des changements structurels tels que la synthèse de collagène et même améliorer la compliance des sujets. On peut également supposer que le type de contraction musculaire soit moins important que la charge tendineuse (intensité de la contraction musculaire) pour les changements structurels.

6.3.2 Le travail musculaire isométrique

Dans le traitement de la tendinopathie patellaire, la réparation des tendons est un processus à long terme, ce qui suggère qu'une période de suivi de 4 semaines après une intervention isométrique peut être insuffisante pour voir des changements structurels ce qui peut expliquer les résultats de 2 études [57,58] et il serait alors nécessaire de prolonger les périodes de suivi. Cependant, une troisième étude de Pearson et al en 2020 [52] a montré des changements de l'épaisseur et de la déformation transversale du tendon jusqu'à 4 semaines de suivi. Les protocoles d'entraînement étaient différents entre les études et pourraient expliquer les différences de résultats. En effet, dans l'étude de Pearson et al [52], la fréquence des entraînements était plus élevée, l'angle de travail était de 30° au lieu de 60°, le temps de maintien était plus important et la force de contraction également. De plus, dans cette dernière étude, les joueurs de basket et volley à un niveau national ont été retirés de leur activité sportive pendant la durée de traitement contrairement aux études précédentes ce qui peut expliquer la variation structurelle au niveau du tendon due à une moindre contrainte appliquée durant cette période. Cependant, il n'est pas toujours possible de demander aux sportifs d'arrêter leur sport pendant l'intervention, il faudrait d'autres études évaluant l'effet de l'isométrie en parallèle des entraînements et matchs. Cette étude donne donc un aperçu du potentiel d'adaptation des tendons, ce qui pourrait générer de nouvelles hypothèses sur les bénéfices tirés des exercices de rééducation. Néanmoins, cette modalité de contraction manque de comparaison avec un groupe contrôle et avec d'autres modalités de contraction concernant les changements structurels et l'association aux résultats cliniques (douleur et fonction). De plus,

aucune supervision n'a été instaurée puisque les exercices étaient réalisés à domicile donc on ne sait pas si les joueurs ont respecté correctement le programme d'intervention proposé par les auteurs. Ces résultats nécessitent des études plus approfondies sur une population plus grande et sur une période d'entraînement plus longue.

Deux études [52,55] ont des résultats concordants à court terme sur la significativité de l'amélioration de la CIVM (contraction isométrique volontaire maximale) du quadriceps, l'une immédiatement et 45 minutes après une séance unique en isométrique [55] et l'autre après un programme de quatre semaines. L'exercice isométrique pourrait alors être une option thérapeutique intéressante pour la remise en charge du complexe musculo-tendineux dans le traitement de la tendinopathie patellaire, d'autant plus pour les sujets chez qui un manque de force a été bilanté.

6.3.3 Le travail musculaire isotonique

Aucune des deux études sur l'isotonique incluses dans ce travail n'a montré de changement sur la structure tendineuse. La réparation des tendons est connue pour être un processus à long terme dans le traitement de la tendinopathie patellaire, ce qui suggère qu'une période de suivi jusqu'à 4 semaines est sûrement insuffisante pour voir les changements structurels évalués. Les effets des programmes d'exercices de plus longue durée restent à étudier. De plus, cette modalité de travail musculaire nécessiterait une comparaison avec les autres modalités concernant les changements structurels et l'association aux résultats cliniques (douleur et fonction) dans de futures études.

En parallèle, les auteurs ont mis en évidence une amélioration de la douleur et de la fonction, il semble alors que des améliorations structurelles ne soient pas nécessaires pour obtenir un résultat clinique positif. C'est pourquoi, selon certains auteurs [57], les résultats des traitements de la tendinopathie patellaire doivent être basés sur les résultats cliniques plutôt que sur l'imagerie. Selon les mêmes auteurs, les tendons peuvent déjà avoir des niveaux suffisants de fibrilles alignées soutenant la charge. Les interventions futures devraient donc peut-être se concentrer plutôt sur la capacité de charge de la structure fibrillaire alignée environnante, plutôt que sur la normalisation de la structure du tendon atteinte.

Néanmoins, l'effet des programmes d'exercices sur la structure et l'aspect des tendons est important pour la compréhension de l'adaptation du tendon patellaire en réponse au traitement, et ajoute des informations importantes au-delà des données sur les résultats cliniques.

6.3.4 Le HSR (Heavy Slow Resistance)

Deux études incluses dans cette revue de la littérature traitant du HSR ont montré des résultats positifs dans l'amélioration de la structure tendineuse. En effet, Kongsgaard et al [59,66] ont démontré que trois exercices spécifiques de HSR (le squat, le leg press et le hack squat) avaient de bons effets histologiques sur les tendons à court et long terme.

D'après la revue systématique de 2013 de Malliaras et al [46], le HSR semble être une intervention prometteuse pour l'adaptation des tendons, cependant il faut faire preuve de prudence dans

l'interprétation des résultats car seulement trois études ont été investiguées dans ce travail. Ceci est appuyé par les propos d'autres auteurs affirmant que l'entraînement avec des charges lourdes, comme dans le cas du HSR ou de la charge excentrique maximisée, peut-être plus susceptible d'entraîner l'adaptation des tendons que d'autres modalités de travail musculaire [46].

Dans une revue systématique plus récente [73], Rabello et al ont montré des preuves modérées d'une association entre la néovascularisation et l'épaisseur du tendon et les résultats cliniques après un exercice de HSR mais ces résultats liés à l'exercice doivent être interprétés avec prudence en raison du petit nombre d'études analysées.

L'entraînement avec des charges lourdes, comme dans le cas du HSR ou de la charge excentrique maximisée peut néanmoins être mieux adapté à certains groupes de patients comme par exemple ceux ayant des exigences de charges élevées comme chez les athlètes car ce type d'entraînement est plus susceptible d'entraîner l'adaptation des tendons [67].

6.4 Effet du travail isométrique sur l'excitabilité et l'inhibition corticospinale

Rio et al expliquent dans leur étude [55] que l'inhibition de la douleur suite à une contraction isométrique locale, démontrée dans des études antérieures sur des participants non atteints de tendinopathie patellaire, est très répandue ce qui indique une implication du système nerveux central (SNC) et justifie l'investigation qu'ils ont mené pour l'exercice isométrique. L'exercice est la pierre angulaire de la rééducation tendineuse et serait capable de modifier les mesures excitatrices et inhibitrices [55]. Les auteurs, après une séance unique sur un appareil d'extension de jambes, ont mis en évidence une libération de l'inhibition corticale du muscle quadriceps du côté atteint ce qui permet de clarifier le mécanisme qui se trouve derrière l'amélioration clinique suite à l'exercice isométrique. Ils ont alors démontré que l'exercice isométrique affecte les changements corticaux avec des effets « antinociceptifs » et notamment une libération de l'inhibition intracorticale qui a été associée à la réduction de la douleur.

Ce même phénomène retrouvé par l'effet de l'exercice sur le cortex moteur peut être modulé en présence de la douleur. Les exercices dont la réalisation est douloureuse peuvent modifier le contrôle moteur et provoquer une réorganisation corticale, car la douleur elle-même est connue pour modifier la représentation corticale [55].

7 Conclusion

La tendinopathie patellaire est une cause fréquente de douleur au niveau de la face antérieure du genou. Le tendon patellaire est un des tendons les plus susceptibles de subir des blessures dues à une surutilisation [1]. La tendinopathie est une affection musculo-squelettique d'hyperutilisation fréquente chez les sportifs notamment [13,14,15] et surtout en haut niveau. L'incidence de la tendinopathie patellaire au cours d'une saison sportive dans une population générale de sportifs est très élevée et reste la plus élevée dans les sports de sauts explosifs [54] et principalement dans le volleyball et basketball. Cette affection provoque des douleurs importantes et une réduction des fonctions, ce qui est particulièrement handicapant chez les athlètes pendant la saison de compétition [10]. La douleur peut entraver les capacités fonctionnelles du genou, interférer avec la pratique, empêcher la participation sportive et dans certains cas, mettre fin à une carrière sportive [1]. Parfois, la douleur peut même affecter les activités de la vie quotidienne.

La tendinopathie est également connue sous le nom de tendinite, tendinose ou " jumper's knee ", bien que des études aient montré qu'il s'agit d'un processus dégénératif chronique plutôt que d'une inflammation aiguë. C'est pourquoi un consensus sur la terminologie de « tendinopathie » patellaire a été établi. La principale cause de cette affection dégénérative est constituée par des mouvements répétitifs entraînant une charge excessive sur le tendon patellaire, en particulier lors de la pratique des sports impliquant des déplacements, des changements brusques de direction, des accélérations soudaines et des sauts-réceptions. Les sports tels que le basket-ball, le volley-ball, le football, le handball et la course à pied ont une incidence plus élevée de sportifs développant des tendinopathies patellaires. Pour évaluer la douleur et la fonction chez ces athlètes atteints de tendinopathie patellaire, le questionnaire VISA-P a été créé et approuvé comme reproductible et fiable. Les joueurs sportifs ayant une pathologie diagnostiquée du tendon patellaire obtiennent en moyenne 50 à 80 points (la valeur maximale est de 100 points) à ce questionnaire VISA-P.

La thérapie par l'exercice est depuis très longtemps recommandée dans la gestion de cette affection afin de remettre en contrainte le tendon en vue d'une possible amélioration de la fonction, de la douleur et de la structure. Notamment la modalité de contraction excentrique est depuis très longtemps étudiée dans la littérature mais aucune recommandation officielle nationale n'est parue à ce jour. Plus récemment, d'autres modalités de travail musculaire commencent à être étudiées dans des publications.

C'est pourquoi, le but de ce mémoire présenté sous forme de revue de littérature était de tenter de répondre à une problématique au sujet de la tendinopathie patellaire chez le sportif et les différentes modalités de travail musculaire (excentrique, concentrique, isométrique, isotonique, HSR) pouvant être utilisées dans la prise en charge de cette affection en kinésithérapie ainsi que leur effet sur la douleur et la fonction. Les effets des différentes modalités de contractions sur le changement au niveau de la structure des tendons ont également été abordés. L'écriture de ce mémoire avait pour objectif de tenter de répondre à la problématique suivante :

"Quelles modalités de travail musculaire et exercices préconiser dans la prise en charge de la tendinopathie patellaire chez le sportif atteint de Jumper's knee ?"

Avant tout, il faut garder à l'idée que le traitement du Jumper's knee par des techniques de renforcement selon différentes modalités s'inscrit dans une prise en charge plus globale du patient. L'utilisation de techniques passives peut être complémentaire, ainsi que la correction des éventuels facteurs favorisants retrouvés au bilan diagnostic kinésithérapique et une éducation thérapeutique afin de permettre au sportif de diminuer sa douleur, augmenter ses capacités fonctionnelles et également éviter la chronicité et les récurrences de l'affection.

Dans ce mémoire, l'influence des modalités de contraction, sur le changement des propriétés mécaniques et sur les résultats cliniques, a été investiguée pour le traitement de la tendinopathie patellaire. Pour diminuer les déficits fonctionnels, certains auteurs phares [10] proposent comme objectifs d'améliorer la douleur et la fonction principalement car c'est seulement dans les stades aigus que la structure peut être améliorée. En effet, on retrouvera un déficit structurel résiduel dans certaines zones dégénératives [10] même après le temps de rééducation. Cependant, certaines études récentes ont parfois réussi à mettre en évidence une corrélation entre l'amélioration des symptômes cliniques et les changements structurels.

Le tendon est une structure visco-élastique ayant des propriétés d'adaptation à la charge. A partir des premiers symptômes l'important sera de mettre en place une adaptation de la charge de façon optimale en jouant sur l'intensité, la durée et la fréquence des exercices de renforcement proposés [9]. Les recommandations actuelles selon lesquelles l'entraînement excentrique devrait constituer la base du traitement de la tendinopathie patellaire sont soutenues par la grande majorité de nos résultats. Néanmoins, il existe de plus en plus de preuves des effets bénéfiques d'autres programmes d'exercices pour le traitement de la tendinopathie patellaire. La recherche de nouvelles méthodes efficaces pouvant être appliquées pendant la saison sportive semble être cruciale pour le sportif professionnel. Une thérapie rapide et efficace pourrait être essentielle pour une diminution effective de la douleur et sans perte significative du niveau physique et spécifique au sport d'un joueur.

Parmi les études examinées dans ce travail, les exercices **isométriques** semblent mieux convenir au **soulagement de la douleur à court terme** que les exercices HSR, excentriques, concentrique ou isotonique par exemple, ce qui est soutenu par une revue systématique récente de 2018 [71,81]. Ses auteurs émettent des recommandations selon lesquelles l'utilisation des exercices isométriques peut être faite dans la pratique clinique, comparée aux exercices excentriques dont les preuves sont modérées et le HSR dont il est recommandé de l'appliquer en pratique avec précaution en l'adaptant aux circonstances cliniques individuelles [71]. Suite à ce travail d'analyse, on peut conclure que les exercices isométriques semblent plus efficaces **pendant la saison de compétition sportive**, lorsque la douleur du genou peut réduire considérablement les performances sportives et où les traitements **analgésiques rapides** sont à privilégier.

L'entraînement avec des charges lourdes, comme dans le cas du **HSR** ou de la charge **excentrique** maximisée [68], peut-être plus susceptible d'entraîner **l'adaptation des tendons** et peut être mieux adapté à certains groupes de patients comme par exemple ceux ayant des **symptômes tendineux moins irritables** ou **dégénératifs**, ou ayant des **exigences de charges élevées** comme chez les sportifs [46]. Les exercices **excentriques et HSR** ont donné de bons résultats **à long terme** [71,81] en ce qui concerne la douleur et la fonction, une étude a montré des

effets durables jusqu'à un an [62]. Il est donc probable que les exercices HSR ou excentriques puissent être mis en œuvre pour améliorer le soulagement de la douleur et la fonction du genou à long terme.

En revanche, les exercices concentriques, tels qu'analysés dans ce travail, ne semblent pas avoir leur place dans le traitement du Jumper's knee car aucune amélioration n'a été montrée en termes de douleur, fonction et structure tendineuse. Cependant, le concentrique associé à de l'excentrique (**isotonique**) dans les exercices a montré des résultats **bénéfiques sur la douleur** et la **fonction à court terme** même si les effets sont moindres que ceux des exercices isométriques.

Sur le plan clinique, les programmes d'exercices **excentriques, isométriques et isotoniques** peuvent être des approches plus pratiques car ils peuvent nécessiter d'un **équipement minimal** (sac à dos, haltères, planche inclinée, ceinture portable) et peuvent être trouvés assez couramment à la maison ou dans les centres de rééducation ou encore en exercice libéral. Cependant, les protocoles d'exercices de **HSR** étudiés dans ces études impliquaient l'utilisation d'au moins une machine professionnelle de renforcement (**machine à presse pour les jambes notamment**) et seraient donc difficiles à reproduire à domicile ou au cabinet si le praticien n'a pas ce gros matériel à disposition. Par conséquent, la compliance et la facilité de prescription des programmes d'exercices excentriques, isométriques et isotoniques peuvent être meilleures que les programmes d'exercices de HSR.

Il est donc nécessaire de sélectionner les stratégies de traitement appropriées en tenant compte des besoins sportifs, des niveaux de douleur et des objectifs de l'individu.

Les études futures devraient néanmoins inclure la comparaison directe des résultats à court et long terme de la douleur, fonction et structure du tendon pour les différents types d'exercices (isométrique, excentrique, HSR, concentrique, isotonique).

L'exercice excentrique est depuis longtemps considéré comme le Gold Standard dans la rééducation du Jumper's knee. Parmi les nombreux protocoles de rééducation appliqués, il est difficile d'indiquer le meilleur et leur efficacité est variable d'un patient à l'autre. La base du traitement est constituée d'exercices contrôlés car le tendon réagit à la charge avec un taux métabolique plus élevé que d'autres modalités de contraction, ce qui affecte positivement le traitement. Lorsque l'entraînement d'un athlète est intense, la section transversale du tendon augmente. Les exercices pendant lesquels les muscles travaillent dans des conditions excentriques sont considérés comme les plus efficaces [60,65]. Une douleur modérée pendant les exercices excentriques est acceptable. Sur l'EVA (VAS) de 0 à 10 (où 0 signifie aucune douleur et 10 une douleur maximale qui rend les exercices impossibles) le **niveau acceptable est de 3-4 (parfois jusqu'à 5) sur 10** d'après la littérature. La thérapie par l'exercice, et plus particulièrement l'entraînement excentrique, est actuellement et depuis longtemps considéré comme le traitement de choix, mais il ne semble pas bénéfique pour tous les patients souffrant de tendinopathie patellaire [51,74,75]. Des revues de la littérature sur le traitement de la tendinopathie patellaire ont conclu que l'entraînement excentrique utilisant une **planche à 25° de déclivité** devrait être le traitement de choix pour les patients souffrant de tendinopathie patellaire [74,75]. L'exercice de squat excentrique sur planche inclinée avec des exercices fonctionnels faisant référence au sport pratiqué peuvent être poursuivis **pendant toute la saison d'entraînement** et pour **au moins 3 fois**

par semaine. Pour cela, on peut recommander de travailler selon des modalités spécifiques qui sont de travailler à **faible intensité et à vitesse lente en intensifiant progressivement** afin de conduire à la guérison tendineuse de façon progressive mais cela demande une phase douloureuse au départ [14]. L'exercice de renforcement excentrique va induire la mécanotransduction (processus par lequel le corps convertit la charge mécanique en réponses cellulaires qui favorisent les changements structurels [27]), ce qui consiste en l'amélioration de l'alignement des fibrilles de collagène, l'augmentation de l'activité des fibroblastes, la diminution des adhérences entre le tendon en cours de guérison et les tissus environnants [27,14]. Les effets positifs des exercices excentriques pourraient être dus, d'après certains auteurs, soit à l'étirement lors de la contraction qui entraîne un allongement de l'unité myotendineuse ce qui réduirait la tension lors d'un mouvement articulaire [14], soit à la charge infligée à l'unité musculo-tendineuse qui améliorerait la résistance du tendon lors d'une contrainte en traction [14]. L'exercice excentrique induirait également une diminution de la douleur par réduction du flux sanguin paratendineux [14] et il favoriserait la guérison du tendon au long court par une néovascularisation suite à un arrêt de la vascularisation au niveau de la lésion [14]. Cependant, il a été démontré que les patients souffrant de tendinopathie patellaire chronique répondent moins bien lorsqu'ils participent à des programmes de renforcement excentrique car la douleur résiduelle entraverait les activités fonctionnelles même après la rééducation [71].

Le travail musculaire excentrique peut parfois être associé à un taux d'échec important pendant la saison de compétition sportive. Bien que les exercices excentriques aient montré des preuves solides de leur utilité dans la rééducation du Jumper's knee, ils ne sont souvent pas efficaces chez les athlètes surtout lors de la saison de compétition. Une étude de Visnes et al [5] a révélé que les athlètes d'élite souffrant de tendinopathie patellaire ne pouvaient pas tolérer ou faire progresser leur programme de rééducation pendant les saisons de compétition en raison d'une charge excessive du tendon patellaire pendant les matchs et entraînements, ce qui se traduit par de mauvais résultats cliniques.

C'est pourquoi des **techniques rééducatives innovantes** sont nécessaires. Des méthodes de traitement nouvelles vont être importantes pour améliorer la rééducation et le rétablissement de ces patients sportifs. Dans les études les plus récentes, les exercices **isométriques, isotoniques** et de « résistance lourde et lente » autrement dit le **HSR** (« Heavy Slow Resistance ») ont démontré un potentiel de réduction de la douleur et de l'amélioration fonctionnelle dans le cadre de la rééducation de la tendinopathie patellaire. En particulier, il a été rapporté qu'une seule contraction isométrique a permis de soulager immédiatement les douleurs tendineuses pendant au moins 45 minutes chez les athlètes pendant la saison de compétition. Il semblerait donc qu'un exercice avec un type de contraction alternatif ait pu émerger comme un outil prometteur pour révolutionner la gestion de la tendinopathie patellaire.

En tant que tel, l'exercice basé sur la charge est considéré comme la référence en matière de rééducation tendineuse [9,10,64]. Comme dits précédemment, les protocoles d'exercices basés sur **l'excentrique** ont traditionnellement été utilisés dans le traitement des **tendinopathies chroniques** [60, 64,76]. Cependant, tous les patients souffrant de tendinopathie ne répondent pas positivement à l'exercice excentrique [61,5,64]. Plus précisément, chez les athlètes qui continuent de participer à une activité tout en gérant une tendinopathie patellaire, la capacité à tolérer des charges sportives élevées ainsi que des traitements d'exercices excentriques lourds peut être limitée

[5]). Une intervention qui réduit la douleur peut permettre à l'athlète de normaliser les schémas de mise charge, car ceux présentant une tendinopathie patellaire symptomatique présentent des profils de « sous-utilisation » c'est-à-dire que leurs tendons ne sont pas soumis suffisamment à la contrainte [64]. Ainsi, une intervention par des exercices basés sur **la charge isométrique** peut offrir trois avantages clés. Premièrement, la charge isométrique **fournit un stimulus au tendon patellaire**, ce qui peut avoir des **effets mécanotransductifs** positifs sur le tissu fibrillaire aligné environnant [64]. En effet, lors de la contraction isométrique, le temps passé sous tension peut être augmenté pour permettre une plus grande contrainte au niveau des tendons, ce qui offre probablement un stimulus pour l'adaptation des tendons. Deuxièmement, l'exercice isométrique peut **réduire considérablement la douleur et diminuer l'inhibition corticale** [55]. Et enfin, une réduction de la douleur et de l'inhibition pourrait permettre, d'après certains auteurs de normaliser le profil biomécanique de l'individu, ce qui **minimise la sous-utilisation pendant les tâches spécifiques au sport** [64]. En sélectionnant le type approprié d'intervention basée sur la charge, en particulier dans les premiers stades de la rééducation, le renforcement progressif de la capacité tissulaire peut être plus tolérable pour les patients et donc améliorer l'efficacité d'autres interventions, telles que la rééducation neuromusculaire et la rééducation par le mouvement [64].

Les différentes interventions par l'exercice traitées dans ce mémoire ont montré une applicabilité variable dans le traitement du Jumper's knee et les tendinopathies présentes dans un **continuum avec différents stades** (proposé par Cook et Purdam [9]) nécessiteraient des approches d'intervention différentes en raison de la **variabilité de la lésion du tendon** [10]. En effet, la modalité de contraction n'est pas la seule influençant le résultat clinique. Il est possible que les caractéristiques des patients et de la blessure influencent le résultat des différents traitements. Par exemple, **le stade physiopathologique de la blessure**, selon le continuum pathologique, est susceptible de jouer un rôle important dans le résultat clinique d'un traitement. Dans leurs travaux, Cook et Purdam [9] suggèrent que, par exemple, la tendinopathie réactive résultant d'une surcharge aiguë peut nécessiter un ajustement de la charge pour donner au tendon le temps de récupérer, alors que la tendinopathie dégénérative pourrait bénéficier d'interventions qui restructurent la matrice tendineuse [9,10,51]. Cependant, la plupart des études n'ont pas indiqué le stade de la tendinopathie des participants, ce qui pourrait potentiellement influencer la réponse à l'intervention pratiquée. Les études futures seraient donc encouragées à préciser le stade de l'état tendineux de la tendinopathie patellaire afin d'améliorer l'homogénéité de la population étudiée. Bien que les cliniciens pourraient évaluer les stades de la tendinopathie patellaire pendant la rééducation, la douleur, les besoins sportifs et les objectifs de l'individu doivent également être évalués. Étant donné que la pathologie tendineuse existe dans un **continuum dont la gravité et l'irritabilité varient, le choix d'une technique de prise en charge appropriée doit tenir compte des niveaux de douleur, des besoins sportifs et des objectifs de l'individu**. Les recherches futures devraient avoir pour objectif de spécifier les approches de traitement par l'exercice en rééducation aux différentes étapes de la tendinopathie patellaire ainsi qu'à comparer les effets des différentes modalités de contraction afin de déterminer quelle stratégie d'exercice offre les meilleurs résultats cliniques en fonction du stade pathologique.

Les résultats présentés dans ce travail ont montré l'influence variable des différentes modalités de contraction sur le résultat clinique et la structure du tendon. Néanmoins, une grande partie des études incluses dans ce mémoire ne justifiait pas la sélection de la taille de l'échantillon ce qui représente un biais pouvant influencer les résultats. L'impossibilité de comparer directement les

effets des exercices isométriques, concentriques, excentriques, isotoniques et HSR constitue une limite pour l'interprétation des résultats de ce travail qui sont à pondérer puisque l'on ne sait pas clairement quelle intervention peut être supérieure dans la gestion de la tendinopathie patellaire en termes de douleur, de fonction et d'adaptation structurelle tendineuse. Ceci est dû au manque d'études disponibles comparant directement les effets de ces interventions. On pourrait suggérer, pour des recherches futures, de viser à comparer les différentes modalités pour mieux les évaluer. L'un des principaux problèmes de cette revue de la littérature est que la gravité de la pathologie n'a pas été évaluée à l'inclusion des participants, dans les études incluses, selon les classifications disponibles dans la littérature telles que Blazina ou Leadbetter et l'irritabilité des tendons n'est généralement pas signalée, de sorte que les tendons peuvent se trouver à des endroits très différents du continuum symptomatique réactif-dégénératif, ce qui pourra influencer la réponse à la charge. Une autre limite est la diversité des méthodes utilisées dans les études incluses, par exemple, une variabilité dans le suivi, des interventions ont été menées une seule fois, tandis que d'autres ont utilisé des interventions sur une plus longue durée, certains sujets ont dû arrêter leur sport et d'autres ont subi le traitement en parallèle de leur activité. De plus, seules les études publiées en français et anglais ont été incluses dans ce travail c'est pourquoi il est possible que des études pertinentes publiées dans d'autres langues aient été exclues. La méthodologie de ce travail n'est pas irréprochable puisque la sélection des articles a été effectuée par une seule personne, il aurait été plus pertinent de faire intervenir deux personnes ainsi qu'une troisième en cas de litige. Ensuite, aucun outil n'a été utilisé pour noter la qualité des articles inclus ce qui aurait pu donner plus de poids à ce mémoire. Néanmoins, des réponses ont pu être apportées à la problématique de départ.

L'exercice et la gestion de la charge sont fondamentaux pour la gestion de la tendinopathie.

La prise en charge pourra être différente en fonction du type de tendinopathie (réactionnelle, dégénérative, enthésopathie) [38]. Si l'on se base sur les publications de Cook et al [9,10], le tendon pathologique peut avoir des zones de lésions tendineuses appartenant à des stades différents en même temps. Ce principe est illustré par les auteurs comme un « donut » dont la partie dégénérative (imagée par le trou du donut) est mécaniquement silencieuse et structurellement incapable de transmettre une charge de traction [10]. En rééducation, nous devons en tenir compte car nous devons nous intéresser aux portions qui sont « saines » ou « actives » (imagées par les bords du donut) ayant une certaine réversibilité et non aux portions « dégénératives » celles-ci étant irréversibles. Autrement dit, en reprenant l'image du donut, on traitera le « beignet » et non le « trou » du donut [10]. Après avoir traité la portion réactive, les symptômes seront diminués mais au niveau de la portion dégénérative on retrouvera très certainement un déficit structurel et c'est pourquoi parfois on ne retrouve pas de symptôme douloureux. **L'amélioration de la douleur et de la fonction n'entraîne donc pas systématiquement une amélioration de la structure** [10].

Cook et Purdam [9,10] proposent 4 états tendineux suivant plus ou moins un continuum : la tendinopathie réactive, le délabrement du tendon, la tendinopathie dégénérative et la tendinopathie « reactive on degenerative ». Ils précisent que trois stades peuvent parfois suffire à classer chronologiquement les symptômes douloureux et fonctionnels : tendinopathie dite « aiguë » pour des symptômes présents entre 0 et 6 semaines, tendinopathie « subaiguë » entre 6 et 12 semaines et « chronique » lorsque les symptômes sont présents depuis plus de 3 mois [13,14].

Ensuite, l'influence négative de l'âge avancé et de la durée prolongée des symptômes peuvent être liées au stade de la pathologie [60]. Une personne plus âgée a tendance à avoir des tendons plus rigides qui présentent plus souvent des caractéristiques du stade dégénératif de la pathologie. Ce dernier est également observé chez les patients présentant des symptômes plus chroniques de la tendinopathie patellaire. Dans les deux cas, la capacité du tendon à s'adapter et à guérir tend à diminuer, ce qui complique son traitement.

Le protocole en cas de tendinopathie patellaire est long et éprouvant. De nos jours, certains auteurs estiment qu'il s'agit de l'une des tâches les plus difficiles de la médecine sportive [65]. Actuellement, l'orientation du protocole de rééducation est une approche complexe de cette affection, avec un rôle prépondérant du renforcement, dont les principes sont adaptés au niveau actuel des connaissances. Dans une étude récente de van Rijn et al datant de 2019 [51], seulement 37,7% des patients ont vu leur état clinique s'améliorer après trois mois de traitement. **Le faible nombre de patients dont l'état s'améliore cliniquement suggère qu'un traitement plus individualisé et des programmes individualisés sont nécessaires pour améliorer les résultats cliniques** [82]. Il pourrait être nécessaire d'approfondir les recherches afin d'identifier des facteurs pronostiques et ainsi concevoir des protocoles de traitement spécifiques aux patients pour la gestion de la tendinopathie patellaire. D'après certains auteurs d'une revue systématique, un volume d'entraînement élevé, une durée des symptômes plus longue et un âge plus avancé influençaient négativement le résultat clinique [51].

Comme énoncé plus tôt dans ce travail, les principes de prise en charge dans les tendinopathies patellaires chez le sportif préconisent de ne pas faire de repos complet mais un repos relatif, c'est-à-dire de diminuer les contraintes mécaniques et les réaugmenter progressivement, adapter les techniques de traitement aux symptômes douloureux. Par exemple, il est possible de commencer les exercices statiques puis, seulement l'excentrique ou l'isotonique lorsque l'étirement du tendon n'est plus douloureux. Il faut retenir que la réponse d'adaptation du tendon aux exercices est lente. Toutes les études investiguées ne sont pas en accord dans leur méthodologie sur l'arrêt ou non du sport pratiqué pendant le traitement, ni sur la durée de l'arrêt. Dans l'élaboration du choix des exercices dans la tendinopathie patellaire cette question peut parfois se poser en pratique : faut-il retirer de la compétition et des entraînements le joueur souffrant de Jumper's knee si cela est possible étant donné les impératifs sportifs de certains ? Dans une étude de Biernat et al [65] les auteurs ont décrit schématiquement le pathomécanisme et la thérapie appliquée à la tendinopathie patellaire chez les athlètes. Ils ont mis en évidence que la surcharge d'entraînement excessive, cyclique et à long terme, ainsi que l'exclusion complète du joueur du processus d'entraînement, ont un effet négatif similaire sur le tendon patellaire. Une surcharge permanente de ce tendon entraîne un ralentissement de la récupération et, par conséquent, une diminution de son activité et entraîne un risque de rupture. De plus, le manque de stimulation et de stimulation optimale lors de l'entraînement augmente les changements dégénératifs, ce qui diminue la force et la résistance du tendon patellaire. D'après certains auteurs, exclure les joueurs des entraînements et les inclure ensuite dans l'équipe conduit le plus souvent à la récurrence des symptômes et, par conséquent, ils sont confrontés à un "cercle vicieux" de changements dégénératifs croissants [65]. Le fait de mener correctement un entraînement de renforcement donne à l'athlète une chance de revenir au programme d'entraînement. D'après certains auteurs il faudrait axer sur l'exercice excentrique [65] mais cela est valable pour toutes les autres modalités de contractions car celles-ci ont montré une certaine efficacité dans ce mémoire.

Il faut également penser que lors de la mise en place des programmes de renforcement l'éducation thérapeutique a une place importante, on pourra expliquer au patient qu'il faut trouver un équilibre entre continuer le sport et se mettre au repos complet en prenant en compte la sévérité et l'irritabilité de la douleur au moment de l'activité sportive et dans les 24h à 48h suivant celle-ci [39]. Le tendon est une structure tissulaire capable de s'adapter à la charge mais de façon lente, c'est pourquoi il a besoin de repos entre deux sollicitations en charge et il faudra davantage de temps après une sollicitation en surcharge, sans oublier que pour certaines personnes plusieurs jours de repos seront nécessaires et pour d'autres un seul peut suffire [39]. Le repos relatif consiste donc à moduler la charge en fonction des symptômes douloureux en gardant en tête que l'inactivité physique peut entraîner des remaniements au niveau du tendon identiques à un vieillissement de celui-ci [9]. D'après Cook et Purdam, la gestion de la charge est une pierre angulaire dans le traitement de la tendinopathie par surutilisation et aura un rôle dans l'optimisation de la prise en charge de la tendinopathie patellaire [32]. Ils expliquent que la surcharge mécanique du tendon, causée par un volume d'entraînement élevé, est susceptible d'interférer avec l'effet bénéfique potentiel d'un traitement [9]. De plus, comme la surcharge est un facteur causal du développement de la tendinopathie, **il semble approprié d'ajuster la charge, en particulier au stade aigu de la tendinopathie** [51]. En pratique clinique, cela implique que les kinésithérapeutes devraient prescrire un traitement actif de renforcement, peu importe lequel soit-il, mais également de conseiller au patient **d'ajuster son volume d'entraînement de façon temporaire**.

Un lien peut être fait avec la quantification du stress mécanique (QSM) expliqué dans le livre de Blaise Dubois et Frédéric Berg (Fig.7) [83]. Comme il est déjà dit précédemment, les tendons (comme les autres tissus du corps humain) s'adaptent aux contraintes auxquelles ils sont exposés. C'est le principe de la mécanotransduction. Le stress mécanique appliqué au tendon ne doit pas être supérieur à sa capacité d'adaptation. On a tous une capacité maximale à subir de la contrainte qui est variable entre chaque individu. Une personne sédentaire aura une capacité basse en comparaison à un sportif de haut niveau. L'adaptation tissulaire aura lieu à partir du moment où un stress minimum est appliqué sur le tendon [83]. L'adaptation tissulaire peut être illustrée par le schéma suivant :

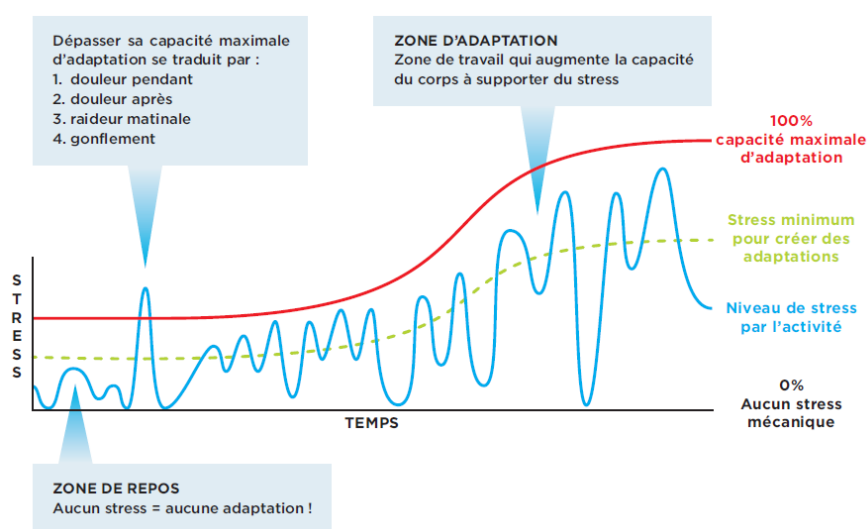


Fig. 7 : Schéma tiré du livre « La clinique du coureur, la santé par la course à pied » illustrant la quantification du stress mécanique [83].

Le sportif en compétition atteint de Jumper's knee a son tendon en souffrance car, le plus souvent, la charge subite par celui-ci a dépassé sa capacité maximale d'adaptation. On peut alors dire que l'enjeu de la rééducation par les différentes modalités de contraction sera d'être suffisamment progressif pour être entre la ligne verte (représentant la ligne minimum pour créer des adaptations au niveau du tendon) et la ligne rouge (qui est la ligne représentant la capacité maximum à supporter de la contrainte par le tendon) pour permettre une augmentation de la tolérance du tendon aux contraintes imposées par le sport pratiqué afin que les symptômes cliniques n'entraînent plus la pathologie lorsque l'intensité des entraînements et matchs sera plus élevée.

La difficulté réside dans le fait de trouver cette capacité d'adaptation chez chaque patient afin de pouvoir quantifier le stress mécanique à appliquer en rééducation en prenant en compte la charge d'entraînement, de match pour individualiser et adapter le traitement et trouver les modalités de contraction à appliquer en bonne quantité et au bon moment. En pratique, afin de se situer dans la zone d'adaptation du tendon, la douleur est un critère sur lequel le praticien et le patient peuvent facilement se fier pour réaliser au mieux les exercices. La douleur est une caractéristique acceptable de la rééducation du Jumper's knee. Par exemple, les auteurs s'accordent la plupart du temps à dire qu'une douleur allant jusqu'à 3 à 5 sur 10 à l'EVA pendant la réalisation des exercices est tolérée. L'objectif est d'augmenter la charge jusqu'à ce qu'elle soit douloureuse ou de faire progresser la charge de manière à ce que la douleur soit tolérée tant qu'elle disparaît assez rapidement. Le masseur-kinésithérapeute a un rôle important à jouer dans l'éducation des patients sur les symptômes acceptables liés à la charge.

En conclusion de ce travail et pour répondre à la problématique concernant les différentes modalités de travail musculaire et les différents exercices à mettre en place dans la prise en charge du Jumper's knee, la préconisation serait de **non pas chercher à choisir quel exercice ou quelle modalité est le ou la meilleur(e) à utiliser mais plutôt de savoir ajuster l'exercice en fonction de la tolérance, de l'irritabilité décrite par le patient, de ses objectifs recherchés en termes de contrainte**. Le but sera de l'entraîner en fonction de ce qu'il peut accepter mais en challengeant ses capacités c'est-à-dire de le pousser à lutter contre sa douleur dans la limite acceptable et le pousser à faire un peu plus de ce dont il est capable. Ce qui implique concrètement d'individualiser le traitement au lieu de le standardiser. Parmi plusieurs paramètres d'exercices, un seul pourra être modifié à la fois afin de moduler les symptômes douloureux : amplitude, intensité de charge, dose, vitesse, fréquence.

La clé pour une prise en charge optimale et une bonne adaptation du tendon est donc le bon dosage et le corps enverra un message si on dépasse la ligne rouge. La rééducation consiste alors à exposer graduellement le tendon à la charge pour lui permettre de supporter de plus en plus de contraintes et d'avoir un impact positif sur la douleur et les capacités fonctionnelles du sportif. Certains auteurs se sont récemment penchés sur l'élaboration de protocole de remise en charge progressive [42,77] faisant intervenir différentes modalités de contraction. Ils ont décrit une progression de la rééducation en 4 étapes, en mettant l'accent sur le développement de la tolérance à la charge des muscles de la chaîne cinétique et des tendons patellaires. La première phase consiste en la réalisation d'exercices de charge isométrique, la deuxième en exercices isotoniques, la troisième étape est la phase d'exercices de stockage d'énergie, et la quatrième est l'étape de retour progressif au sport [42,77]. Et notamment, une récente étude parue en novembre 2020 [79] a montré qu'un

programme axé sur une remise en charge progressive serait préférable à un programme d'exercices excentriques chez des patients présentant une tendinopathie patellaire. Le protocole de remise en charge proposé par Mascaró, Cook, Purdam et al. [42] s'adapte aux stades de la tendinopathie (Fig4) : « reactive tendinopathy », « tendon dysrepair », « degenerative tendinopathy », « reactive on degenerative ») [9,10,42]. Le travail musculaire va être, selon eux, adaptable à chacune des phases ainsi qu'aux capacités et objectifs du patient [42].

Suite à l'analyse de la littérature incluse dans ce mémoire et en se basant sur certains programmes fournis par des auteurs phares [42,77] ainsi que sur la récente étude citée précédemment [79], les recommandations suivantes peuvent être émises :

Dans la **première phase de la rééducation l'objectif sera de faire diminuer la douleur**. **Le travail musculaire isométrique** peut être utilisé afin de diminuer la douleur ressentie grâce à l'inhibition corticale. La modalité de travail isométrique a donné des résultats prometteurs dans la littérature (amélioration immédiate de la douleur maintenue pendant plusieurs dizaines de minutes). La satisfaction des participants dans les études et en pratique semble meilleure qu'avec les autres modalités de contraction abordées qui sont souvent perçues comme trop chronophages et trop contraignantes en termes de matériel. L'entraînement isométrique, d'un point de vue pratique, ne peut nécessiter que peu d'équipements et peut être réalisé en autonomie. Cette modalité permet de ne pas appliquer de contrainte trop importante au niveau du tendon et va surtout permettre de remettre le complexe muscle-tendon en charge sans augmenter la douleur mais plutôt en ayant un effet antalgique. Plusieurs choix d'exercices sont possibles en pratique en fonction du matériel mis à disposition :

- Si l'équipement le permet il est possible de réaliser un programme d'exercices sur un **appareil d'extension de jambes ou une presse**. La durée de maintien de la contraction statique consiste en **24x10 (ou 6x40) secondes (à moduler en fonction du contexte) à 30° de flexion de genou à 85% de la contraction isométrique volontaire maximum**, avec respectivement **20 (ou 80) secondes de repos** entre chaque série. Ce programme est à réaliser environ 5 fois par semaine.
- Une alternative est la réalisation d'exercices de **squat unipodal à l'aide d'une ceinture rigide en descendant le plus bas possible en flexion de genou** (ou faire la **chaise en bipodal ou unipodal contre un mur** s'il n'y a pas de ceinture à disposition) pour une durée de **5x30secondes à adapter** en fonction des symptômes, la **douleur ne devant pas dépasser 3 à 5 sur 10 à l'EVA pendant l'exercice**. Une **à deux minutes de pause** doivent être réalisées entre chaque série. Les séances sont à effectuer à une fréquence de **3 fois par jour**. En progression, afin d'augmenter la contrainte en charge sur le tendon patellaire, une planche inclinée à 25° peut être rajoutée sous le ou les pied(s).

La posologie prescrite est à adapter en fonction des contraintes sportives (entraînements ou matchs) et en fonction des symptômes présents pendant la séance et les jours qui suivent : si le patient ne ressent pas de douleur les jours suivants il peut maintenir les paramètres d'entraînement voire changer un des paramètres à la fois afin de ressentir un niveau de douleur allant jusqu'à **4 sur 10 pendant 2 ou 3 jours**. Par exemple, il est possible d'augmenter progressivement le temps de maintien de la contraction isométrique, d'augmenter la charge en rajoutant des poids, augmenter l'angle de flexion du genou, ajouter une planche inclinée à 25° sous le pied. Il est important de garder à l'idée que les jours suivant une séance la douleur ne doit pas augmenter.

L'exercice simple de squat avec une ceinture à emporter n'importe où va faciliter l'adhésion du patient à la réalisation des exercices. Pour Mascaró et al [42] ce type de travail musculaire est adapté aux stades « reactive on degenerative tendon » la première semaine ainsi que pour les atteintes réactives lors des 6 à 8 premières semaines [42]. Cette première phase peut donc durer plusieurs semaines et lorsque la douleur sera faible et plutôt stable la phase suivante pourra débuter.

Dans une **deuxième phase de rééducation l'objectif sera de récupérer de la fonction et notamment de l'endurance et de la force**. C'est pourquoi, en progression de la phase précédente, on proposera plutôt des exercices à **modalité de travail excentrique ou concentrique-excentrique (=isotonique)**. Pour cette phase nous proposons d'abord d'alterner un jour sur deux les exercices excentriques ou isotoniques avec les exercices isométriques réalisés lors de la première phase afin d'être progressif dans les contraintes appliquées au tendon. Ce type de travail musculaire sera plutôt adapté aux stades plus évolués du continuum tendineux (phase de délabrement, tendon dégénératif).

- Nous proposons un programme d'exercices sur un **appareil d'extension de jambes ou une presse** (si celles-ci sont disponibles). L'exercice consiste en **4x8 répétitions** entre **10° et 60° de flexion de genou à 80%-100% de la contraction isométrique volontaire maximum (CIVM)**, avec **1 à 2 minutes de repos** entre chaque série. La **phase excentrique** sera réalisée pour une durée de **4 secondes** et la **phase concentrique pour 3 secondes**. Ce programme est à réaliser **2 fois par semaine, 1 fois par jour** pour l'isotonique et 3 fois par semaine pour l'isométrique. Le nombre de répétitions, la course angulaire et la charge sont à moduler en fonction de l'évolution de la douleur, il sera possible par la suite de faire 4x6 ou 4x8 répétitions par exemple, à un angle allant de 0° à 90° de flexion du genou et de réaliser l'exercice à 80-100% de la CIVM.
- Une alternative au programme précédent est l'exercice de **squat unipodal sur un sol plat (ou une planche de 10cm de hauteur)** à réaliser pour **3x15 répétitions** jusqu'à 60° de flexion de genou, à **adapter** en fonction des symptômes, la **douleur ne devant pas dépasser 3 à 5 sur 10 à l'EVA pendant l'exercice**. Nous conseillons de faire **1 à 2 minutes de pause** entre chaque série. L'exercice est à réaliser à une fréquence de **2 fois par jour**. Il est possible d'apporter une progression de la charge en réalisant l'exercice sur une **planche inclinée à 25°**. Afin d'augmenter l'amplitude jusqu'à de 90° de flexion de genou, il est possible de réaliser un exercice de **fentes en avant** (à la place des squats) et de rajouter des poids dans les mains.
- En fonction des symptômes lors de l'exercice précédent sur planche inclinée, il est possible de réaliser seulement la phase excentrique. Nous recommandons d'effectuer les séances **1 à 2 fois par jour** et de pratiquer **3x15 répétitions de 0° à 60°-90° de flexion de genou**. Si l'exercice est trop douloureux, il est possible de le réaliser avec le pied à plat en premier lieu. Comme pour les exercices de la première phase, la posologie sera adaptée en fonction des contraintes sportives (entraînements ou matchs) et des symptômes présents pendant les exercices ainsi que les jours suivants : si le patient ne ressent pas de douleur les jours suivants, il peut maintenir les paramètres d'entraînement voire changer un des paramètres à la fois afin de ressentir un niveau de douleur allant jusqu'à **4 sur 10 pendant 2 ou 3 jours**. Par exemple, il est possible d'augmenter progressivement le nombre de répétitions, la charge en rajoutant des poids, augmenter l'angle de flexion du genou, ajouter une planche inclinée à 25° sous les pieds. Les jours suivant la

séance la douleur ne doit pas augmenter sinon les paramètres cités précédemment doivent être modulés.

Pour un patient étant moins irritable il est possible de proposer le programme HSR qui est intéressant pour charger le tendon progressivement et ainsi favoriser son métabolisme. C'est un protocole ayant montré des bénéfices pour le traitement de la tendinopathie patellaire dans la littérature. Cependant, il ne semble pas convenir à tout sportif car contraignant en termes de temps et de matériel.

- Ce type de **programme « Heavy Slow Resistance »** consiste à réaliser, avec une charge lourde, des répétitions lentes pour une durée de **6 secondes** (3 secondes d'excentrique et 3 secondes de concentrique). Trois types d'exercices sont à réaliser dans une séance : le **leg press, le hack squat et le squat classique chargé**. Chaque semaine le nombre de répétitions diminue et la charge augmente : **semaine 1 = 3x15 RM, semaine 2 et 3 = 3x12 RM, semaine 4 et 5 = 4x10 RM, semaine 6 à 8 = 4x8 RM et semaine 9 à 12 = 4x6 RM. Après chaque série de 3 exercices, 2 à 3 minutes de repos** sont nécessaires. On recommande de réaliser les exercices 3 fois par semaine [42,59,66] et de continuer ceux de la phase 1 lors des jours de repos afin de gérer la douleur en tenant compte de la fatigue musculaire et des éventuelles courbatures.

Dans les phases de rééducation qui suivront, les objectifs seront de travailler la capacité du tendon à stocker et libérer de l'énergie ainsi qu'une remise en contrainte spécifique au sport du patient. Ces deux autres phases et leurs exercices ne sont pas abordés dans ce mémoire mais nécessitent un travail complémentaire. La modalité de travail musculaire pourra être notamment la pliométrie afin d'introduire des exercices plus spécifiques aux contraintes propres au sport du patient, ainsi que des exercices plus fonctionnels. Pour les sports comme le basketball, le praticien introduira des exercices avec changements de direction, des réceptions de sauts, des accélérations et décélérations et en ajoutant, par exemple, des jeux de passes avec un ballon.

Ceci est un exemple de programme avec des exercices adaptables au contexte du sportif. Si le patient peut être retiré de son activité sportive pendant 4 à 6 semaines, alors il sera possible d'entreprendre directement dès les premières semaines un entraînement excentrique et/ou HSR si les symptômes le permettent puis de reprendre progressivement un entraînement spécifique à son sport. Si le patient est trop irritable, il est d'abord possible d'entreprendre préférentiellement un renforcement excentrique-concentrique. Si la contrainte est encore trop importante, le travail isométrique reste un bon moyen de commencer les exercices actifs car il a montré ses effets prometteurs pour la rééducation des athlètes. De plus, on pourrait raisonner en sous-groupes pour la mise en place de programmes : par exemple, les patients présentant une faiblesse concentrique peuvent bénéficier d'une charge concentrique-excentrique plutôt que d'une charge excentrique seule, au moins au début. Ensuite, certains patients ayant un grand potentiel d'adaptation des tendons (par exemple, plus jeunes, en meilleure santé [46]) répondront davantage à une charge lourde comme dans le HSR. En fonction des déficits spécifiques, les programmes de rééducation de mise en charge peuvent être adaptés afin d'améliorer l'efficacité clinique.

8 Bibliographie

- [1] Reinking, M. Tendinopathy in athletes. *Physical Therapy in Sport*. 2012;13(1):3–10.
- [2] Zwerver J, Bredeweg SW, van den Akker-Scheek I. Prevalence of Jumper's knee among nonelite athletes from different sports: a cross-sectional survey. *Am J Sports Med*. 2011;39(9):1984-1988.
- [3] 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*. 2005;33:561–567.
- [4] Harris, M., Schultz, A., Drew, M. K., Rio, E., Charlton, P., & Edwards, S. Jump-landing mechanics in patellar tendinopathy in elite youth basketballers. *Scand J Med Sci Sports*. 2020;30:540–548.
- [5] Visnes H, Hoksrud A, Cook J, Bahr R. No effect of eccentric training on jumper's knee in volleyball players during the competitive season: a randomized clinical trial. *Clin J Sport Med*. 2005 Jul;15(4):227-34.
- [6] The OHIO State University Wexner Medical Center. [en ligne]. Colombus : Ohio State University ; 2017. Tendinopathy clinical practice guideline ; [20 octobre 2019]. Disponible : <https://wexnermedical.osu.edu/-/media/files/wexnermedical/patient-care/healthcare-services/sports-medicine/education/medical-professionals/other/tendinopathy.pdf?la=en&hash=7625C8F53C4F5784DB7C2A621AF913918C3E299C>
- [7] Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy (JOSPT). [en ligne]. Clare L. Ardern, PT, PhD ; 2018. Achilles Pain, Stiffness, and Muscle Power Deficits: Midportion Achilles Tendinopathy Revision 2018 ; [20 octobre 2019]. Disponible : <https://www.jospt.org/doi/full/10.2519/jospt.2018.0302>.
- [8] EBM Guidelines. [en ligne]. EBM Guidelines ; 2019. Achilles tendinopathy and tendon rupture ; [20 octobre 2019]. Disponible : https://www.ebm-guidelines.com/ebmg/ltk.free?p_artikkeli=ebm00430
- [9] Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2009 Jun;43(6):409–16.
- [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*. 2016 Oct;50(19):1187–91.
- [11] Rudavsky, A. and J. Cook. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). *J Physiother*. 2014;60(3):122-9.

- [12] Lagniaux F. Les classifications. *Kinésithér. Scient.* 2013;0549:45-46.
- [13] Kaux J-F, Crielaard J-M. Mise au point : Tendon et tendinopathie. *J Traumatol Sport.* déc 2014;31(4):235-40.
- [14] Kaux JF, Forthomme B, Goff CL, Crielaard JM, Croisier JL. Current opinions on tendinopathy. *J. Sports. Sci. Med.* 2011;10(2):238-253.
- [15] Besch S, Rodineau J, Furgolle E. Mise au point sur les tendinopathies calcanéennes et patellaires. Issy-Les-Moulineaux : Elsevier-Masson ; 2013. 218p.
- [16] Scott A, Squier K, Alfredson H, et al. ICON 2019: International Scientific Tendinopathy Symposium Consensus: Clinical Terminology. *British Journal of Sports Medicine* 2020;54:260-262.
- [17] Cook, J. L., Khan, K. M., & Purdam, C. R. Conservative treatment of patellar tendinopathy. *Physical Therapy in Sport.* 2001;2(2):54-65.
- [18] Rio E, Kidgell D, Purdam C, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2015;49(19):1277-1283.
- [19] Ebonie Rio. Isometric exercise in tendinopathy [en ligne]. Bern : Sportfisiowiss ; 2017. Vidéo : 27 : 24 min. Disponible : <https://www.youtube.com/watch?v=SQoCkqdeVyl&t=22s>
- [20] Lim HY, Wong SH. Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review. *Physiother Res Int.* 2018;23(4):e1721.
- [21] Basso O, Johnson DP, Amis AA. The anatomy of the patellar tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9(1):2-5.
- [22] Drake R, Vogl W, Mitchell A, Gray H. Gray's anatomie pour les étudiants. Paris : Elsevier-Masson ; 2010, p.510-647.
- [23] Grelsamer RP, Dubey A, Weinstein CH. Men and women have similar Q angles: a clinical and trigonometric evaluation. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(11):1498-501.
- [24] Wavreille G, Fontaine C. Tendon normal : anatomie, physiologie. EMC - Appar Locomoteur. 2008;3(3):1-11.
- [25] Wang JH-C. Mechanobiology of tendon. *J Biomech.* 2006;39(9):1563-82.
- [26] Rees JD, Wilson AM, Wolman RL. Current concepts in the management of tendon disorders. *Rheumatol Oxf Engl.* 2006;45(5):508-21.

- [27] Khan KM, Scott A. Mechanotherapy: how physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *British Journal of Sports Medicine* 2009;43:247-252.
- [28] Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson GJ. Jumper's knee. *Orthop Clin North Am.* 1973;4(3):665-78.
- [29] Ferretti A. Epidemiology of jumper's knee. *Sports Med Auckland NZ.* 1986;3(4):289-95.
- [30] 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.* 2005;33(4):561-7.
- [31] Morgan, S., Janse van Vuuren, E. C., & Coetzee, F. F. Causative factors and rehabilitation of patellar tendinopathy: A systematic review. *South African Journal of Physiotherapy.* 2016;72(1):338.
- [32] Cook JL, Purdam C. Is compressive load a factor in the development of tendinopathy? *Br. J. Sports Med.* 2012;46(3):163-168.
- [33] Fournier P E, Rappoport G. Tendinopathies : physiopathologie et options thérapeutiques conservatrices. *Rev Med Suisse.* 2005;1(28):1840-2,1845-6.
- [34] Abate M, Silbernagel KG, Siljeholm C, Di Iorio A, De Amicis D, Salini V, Werner S, Paganelli R. Pathogenesis of tendinopathies: inflammation or degeneration? *Arthritis. Res. Ther.* 2009;11(3):235.
- [35] Docking SI, Cook J. How do tendons adapt? Going beyond tissue responses to understand positive adaptation and pathology development: A narrative review. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2019;19(3):300-310.
- [36] Fédération Nationale des Etudiants en Kinésithérapie. Guide de survie du stagiaire kiné. Montrouge : FNEK ; 2017, p. 76-81.
- [37] Kaux, J.-F., Delvaux, F., Oppong-Kyei, J., Beaudart, C., Buckinx, F., Bartsch, V., & Bruyère, O. Adaptation transculturelle et validation des questionnaires VISA-P et VISA-A en français. *Science & Sports.* 2016;31(2):65–72.
- [38] Gard S. Tendinopathies : quels sont les traitements efficaces en physiothérapie ? *Rev Med Suisse.* 2007;3(120):1788-91.
- [39] OMT-France. [en ligne]. Paris : OMT-France ; 2012. Tendinopathies : l'importance de définir le stade d'atteinte et le rôle de compression ; 2018 [cité le 18 octobre 2020]. Disponible : https://www.omt-france.fr/Tendinopathies-l-importance-de-definir-le-stade-d-atteinte-et-le-role-de-la-compression_a137.html

- [40] Dos Santos Franco YR, Miyamoto GC, Franco KFM, de Oliveira RR, Cabral CMN. Exercise therapy in the treatment of tendinopathies of the lower limbs: a protocol of a systematic review. *Syst Rev*. 2019;8(1):142.
- [41] Everhart JS, Cole D, Sojka JH, Higgins JD, Magnussen RA, Schmitt LC, et al. Treatment options for patellar tendinopathy: a systematic review. *Arthroscopy*. 2017;33(4):861–72.
- [42] Mascaró A, Cos MA, Morral A, Roig A, Purdam C, Cook J. Load management in tendinopathy: Clinical progression for Achilles and patellar tendinopathy. *Apunts Med Esport*. 2018;53(197):19-27.
- [43] Holden S., Lyng K., Graven-Nielsen T., et al. Isometric exercise and pain in patellar tendinopathy: A randomized crossover trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2020;23(3):208-214
- [44] Rio E, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med* 2015;49:1277–1283.
- [45] Bahr R, Fossan B, Løken S, Engebretsen L. Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2006 Aug;88(8):1689-98.
- [46] Malliaras P, Barton CJ, Reeves ND, Langberg H. Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. *Sports Med*. 2013;43(4):267-86.
- [47] Magnusson SP, Langberg H, Kjaer M. The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. *Nat Rev Rheumatol*. 2010;6(5):262-8.
- [48] Monique R. Elsevier [en ligne]. Elsevier ; 2019. Evidence-based practice en rééducation, démarche pour une pratique raisonnée. 2019 [consulté le 21 octobre 2020]. Disponible : <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/kine-osteo/evidence-based-practice-en-reeducation?aaref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- [49] HeTOP. [en ligne]. Rouen : CHU de Rouen ; 2010 [consulté le 21 octobre 2020]. Disponible : <https://www.hetop.eu/hetop/fr/?q=&home>
- [50] Haute Autorité de Santé. [pdf]. HAS ; 2013. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique ; [consulté le 21 octobre 2020]. Disponible : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf
- [51] van Rijn D, van den Akker-Scheek I, Steunebrink M, Diercks RL, Zwerver J, van der Worp H. Comparison of the Effect of 5 Different Treatment Options for Managing Patellar Tendinopathy: A Secondary Analysis. *Clin J Sport Med*. 2019;29(3):181-187.

- [52] Pearson SJ, Stadler S, Menz H, Morrissey D, Scott I, Munteanu S, Malliaras P. Immediate and Short-Term Effects of Short- and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy. *Clin J Sport Med*. 2020;30(4):335-340.
- [53] Rio E, Purdam C, Girdwood M, Cook J. Isometric Exercise to Reduce Pain in Patellar Tendinopathy In-Season: Is It Effective "on the Road"? *Clin J Sport Med*. 2019;29(3):188-192.
- [54] van Ark M, Cook JL, Docking SI, Zwerver J, Gaida JE, van den Akker-Scheek I, Rio E. Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *J Sci Med Sport*. 2016;19(9):702-6.
- [55] Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, Cook J. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2015;49(19):1277-83.
- [56] Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, van den Akker-Scheek I, Zwerver J, Cook J. Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial. *Clin J Sport Med*. 2017;27(3):253-259.
- [57] van Ark M, Rio E, Cook J, van den Akker-Scheek I, Gaida JE, Zwerver J, Docking S. Clinical Improvements Are Not Explained by Changes in Tendon Structure on Ultrasound Tissue Characterization After an Exercise Program for Patellar Tendinopathy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2018;97(10):708-714.
- [58] Holden S, Lyng K, Graven-Nielsen T, Riel H, Olesen JL, Larsen LH, Rathleff MS. Isometric exercise and pain in patellar tendinopathy: A randomized crossover trial. *J Sci Med Sport*. 2020;23(3):208-214.
- [59] Kongsgaard M, Qvortrup K, Larsen J, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Kjaer M, Magnusson SP. Fibril morphology and tendon mechanical properties in patellar tendinopathy: effects of heavy slow resistance training. *Am J Sports Med*. 2010;38(4):749-56.
- [60] Jonsson P, Alfredson H. Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *Br J Sports Med*. 2005;39(11):847-50.
- [61] Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook JL, Khan KM. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2004;38(4):395-7.
- [62] Young MA, Cook JL, Purdam CR, Kiss ZS, Alfredson H. Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *Br J Sports Med*. 2005;39(2):102-5.

- [63] Lee WC, Ng GY, Zhang ZJ, Malliaras P, Masci L, Fu SN. Changes on Tendon Stiffness and Clinical Outcomes in Athletes Are Associated With Patellar Tendinopathy After Eccentric Exercise. *Clin J Sport Med*. 2020;30(1):25-32.
- [64] Pietrosimone LS, Blackburn JT, Wikstrom EA, Berkoff DJ, Docking SI, Cook J, Padua DA. Landing biomechanics are not immediately altered by a single-dose patellar tendon isometric exercise protocol in male athletes with patellar tendinopathy: A single-blinded randomized cross-over trial. *Phys Ther Sport*. 2020;46:177-185.
- [65] Biernat R, Trzaskoma Z, Trzaskoma L, Czaprowski D. Rehabilitation protocol for patellar tendinopathy applied among 16- to 19-year old volleyball players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(1):43-52.
- [66] Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH, Kaldau NC, Kjaer M, Magnusson SP. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(6):790-802.
- [67] Frohm A, Saartok T, Halvorsen K, Renström P. Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*. 2007;41(7):e7.
- [68] Romero-Rodriguez D, Gual G, Tesch PA. Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Phys Ther Sport*. 2011;12(1):43-8.
- [69] Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson GJ. Jumper's knee. *Orthop Clin North Am*. 1973;4:665-78
- [70] Visnes H, Bahr R. The evolution of eccentric training as treatment for patellar tendinopathy (jumper's knee): a critical review of exercise programmes. *Br J Sports Med*. 2007;41(4):217-23.
- [71] Lim HY, Wong SH. Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review. *Physiother Res Int*. 2018;23(4):e1721.
- [72] Everhart JS, Cole D, Sojka JH, Higgins JD, Magnussen RA, Schmitt LC, Flanigan DC. Treatment Options for Patellar Tendinopathy: A Systematic Review. *Arthroscopy*. 2017;33(4):861-872.
- [73] Rabello LM, van den Akker-Scheek I, Brink MS, Maas M, Diercks RL, Zwerver J. Association Between Clinical and Imaging Outcomes After Therapeutic Loading Exercise in Patients Diagnosed With Achilles or Patellar Tendinopathy at Short- and Long-Term Follow-up: A Systematic Review. *Clin J Sport Med*. 2020;30(4):390-403.

[74] Larsson ME, Käll I, Nilsson-Helander K. Treatment of patellar tendinopathy--a systematic review of randomized controlled trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(8):1632-46.

[75] Gaida JE, Cook J. Treatment options for patellar tendinopathy: critical review. *Curr Sports Med Rep.* 2011;10(5):255-70.

[76] Alfredson H, Pietila T, Jonsson P, et al. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med.* 1998;26:360-366.

[77] Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E. Patellar Tendinopathy: Clinical Diagnosis, Load Management, and Advice for Challenging Case Presentations. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(11):887-98.

[78] Gravare Silbernagel K, Vicenzino BT, Rathleff MS, et al. Isometric exercise for acute pain relief: is it relevant in tendinopathy management? *Br J Sports Med.* 2019;53:1330-1331.

[79] Breda SJ, Oei EHG, Zwerver J, et al. Effectiveness of progressive tendon-loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomised clinical trial. *Br J Sports Med.* 2020;0:1-9.

[80] Purdam C, Cook JL, Khan KM, et al. Discriminative ability of functional loading tests for adolescent jumper's knee. *Phys Ther Sport.* 2003;4:3-9

[81] Vander Doelen T, Jelley W. Non-surgical treatment of patellar tendinopathy: A systematic review of randomized controlled trials. *J Sci Med Sport.* 2020;23(2):118-124.

[82] Malliaras P, Cook J, Purdam C, et al. Patellar tendinopathy: clinical diagnosis, load management, and advice for challenging case presentations. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45:887-898.

[83] Dubois B, Berg F. La clinique du coureur, la santé par la course à pied. Angoulême : Editions Mons ; 2019, 495p.

Image de la page de couverture : libre de droit, issue de Pixabay.

Braxmeier H, Steinberger S. Images libres de droits & gratuites à télécharger [en ligne]. Berlin : Pixabay [mis à jour le 9 janvier 2019]. Disponible : <https://pixabay.com/fr/illustrations/arthrocalman-l-arthrose-genou-2384253/>

9 Annexes

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire VISA-P en version française validée [37].

Annexe 2 : Modélisation de la méthodologie de recherche bibliographique.

Annexe 3 : Tableau de synthèse des résultats des principales études.

Annexe 1 : Questionnaire VISA-P en version française validée [37].

1. Combien de minutes pouvez-vous rester assis sans douleur ?

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

2. Ressentez-vous des douleurs lorsque vous descendez les escaliers (avec un cycle de marche normal) ?

Douleur extrême										Pas de douleur
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. Ressentez-vous des douleurs au genou lors de son extension active sans appui ?

Douleur extrême										Pas de douleur
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Ressentez-vous des douleurs lorsque vous êtes debout pieds joints et que vous vous laissez aller en avant pour vous réceptionner avec la jambe douloureuse (fente avant genou en charge) ?

Douleur extrême										Pas de douleur
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Présentez-vous des difficultés lors de squats ?

Incapable										Aucun problème
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6. Présentez-vous des douleurs pendant ou immédiatement après avoir réalisé 10 sautilllements unipodaux (sur une jambe) ?

Douleur extrême/incapable										Pas de douleur
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

7. Pratiquez-vous actuellement un sport ou une autre activité physique ?

0	Pas du tout
4	Entraînement/compétition modifié
7	Entraînement/compétition complet mais à un niveau différent (inférieur) de celui qui a vu les symptômes apparaître
10	Entraînement/compétition à un niveau identique ou supérieur de celui qui a vu les symptômes apparaître

8. Complétez uniquement A, B ou C pour cette question :

Si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, veuillez compléter uniquement la Q8A

Si vous ressentez une douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celles-ci, veuillez compléter uniquement la Q8B

Si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, veuillez compléter uniquement la Q8C

Q8A : si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min	0–5 min	6–10 min	11–15 min	> 15 min
0	7	14	21	30

Q8B : si vous ressentez de la douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celle-ci, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

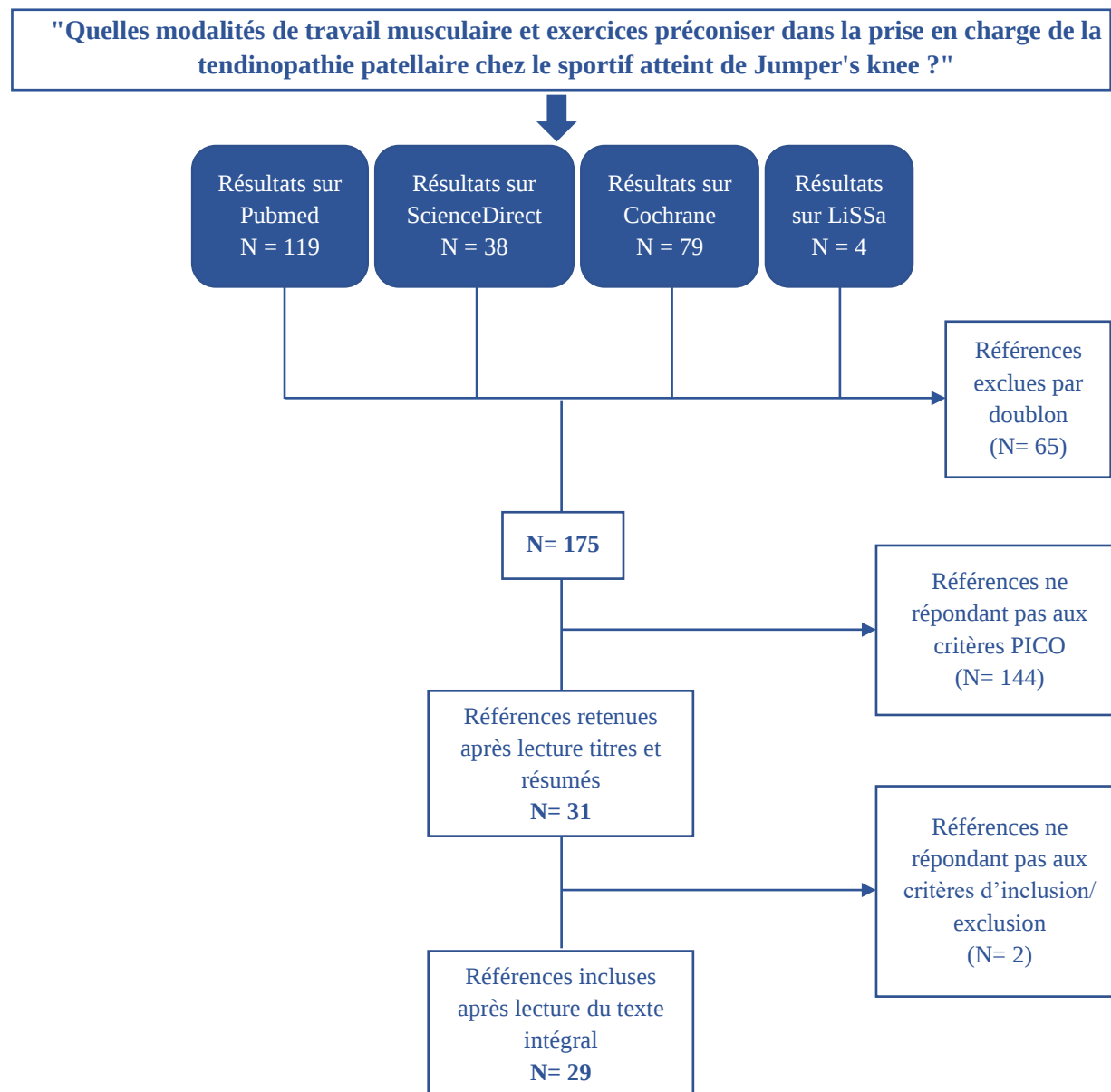
0 min	0–5 min	6–10 min	11–15 min	> 15 min
0	4	10	14	20

Q8C : si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min	0–5 min	6–10 min	11–15 min	> 15 min
0	2	5	7	10

Score total : / 100

Annexe 2 : Modélisation de la méthodologie de recherche bibliographique.



Annexe 3 : Tableau de synthèse des résultats des principales études.

Tab. VII : Résumé des caractéristiques, interventions et résultats des études principales traitant des modalités de travail musculaire isométrique, isotonique, HSR, concentrique et excentrique.

Auteurs	Type d'étude	Population	Intervention	Comparaison	Douleur	Fonction	Autres paramètres
Rio et al (2019) [53]	Série de cas	n = 25 (H + F) Âge : > 18ans Sport : football australien, squash, danse, volley, tennis Retrait de l'activité pour l'étude : non	Groupe isométrique : Durée : 4sem Squat bipodal à l'aide d'une ceinture rigide : 5 x 30sec, squat le plus bas possible	/	Suivi chaque sem pendant 4sem NRS 0-10 (SLDS) <u>Après l'intervention</u> : diminution significative de 49% (P < 0,001, changement médian 3,5)	Suivi chaque sem pendant 4sem VISA-P <u>Après intervention</u> : améliorés (P < 0,001, changement moyen 12,2 ± 8,9, changement moyen en pourcentage 18,8%)	/
Pietrosi-mone et al (2020) [64]	Essai croisé randomisé en simple aveugle	n = 28 (H) Âge : 18-25ans, (âge moyen) gp symptomatique : 19.62 ± 1.61, gp asymptomatique : 21.13 ± 1.88 Sport : Basket, Volley, Ultimate, Frisbee, Football, Lacrosse, Handball, Football Retrait de l'activité pour l'étude : non	Groupe isométrique : Durée : séance unique Chaise HUMAC : 5 x 45 sec à 70% CIVM à 60° flexion genou, 2min repos	Groupe contrôle : Durée : séance unique Chaise HUMAC : Protocole de simulation de TENS fictif	Suivi immédiatement après l'intervention NRS 0-10 (SLDS) : <u>gp symptomatique</u> diminution non significative moyenne après l'intervention isométrique (avant : 2,34 ± 2,10, après : 1,62 ± 1,89, changement moyen : 0,73 ± 0,72) <u>gp asymptomatique</u> augmentation douleur	Suivi immédiatement après l'intervention Biomécanique tridimensionnelle (test atterrissage bipodal et hauteur de saut bipodal) : pas de changement significatif de la biomécanique d'atterrissage dans le gp isométrique	/
Pearson et al (2020) [52]	Etude contrôlée randomisée	n = 16 (H) Âge (moyen) : gp courte durée 26 (±4.4), gp longue durée 30 (±4.1) Sport : basket, volley (niveau national)	Groupe isométrique de courte durée : Durée : 5 fois / sem pdt 4 sem Leg extension machine : 24 x 10sec à 30° flexion	Groupe isométrique de longue durée : Durée : 5 fois / sem pdt 4 sem Leg extension machine : 6 x 40 sec à 30° flexion genou	Suivi immédiatement après l'intervention et après 4 sem VAS 10mm (SLDS) : <u>Immédiatement</u> : diminution significative (différence moyenne = 1,66, 95 % IC, 0,13-3,19, P < 0,01)	Suivi après 4 sem CVM 85 % : augmentation significative (différence moyenne = 9,92 kg, 95 % IC, 6,85-12,99, P < 0,001) dans l'ensemble de la population étudiée.	Suivi à chaque intervention et après 4 sem Adaptation du tendon : <u>Épaisseur du tendon patellaire</u> : réduction significative lors des 3 mesures (P<0,001)

		Retrait de l'activité pour l'étude : oui	genou à 85% CVM, 20sec repos	à 85% CVM, 80sec repos	Pas de diff. significative entre les 2 groupes pour le SLDS (différence moyenne = 20,61 favorisant la courte durée, IC 95%, 21,89-0,59, P = 0,32) <u>Après 4 sem</u> : diminution douleur (différence moyenne = 21,8, 95 % IC, 23,28 à 20,31, P < 0,001) VAS (Hop Test Unipodal) : <u>Immédiatement</u> : diminution significative (différence moyenne = 0,84, 95 % IC, 0,39-1,29, P = 0,02). Pas de diff. significative entre les 2 groupes pour le saut (différence moyenne = 20,25 favorisant la courte durée, IC 95%, 21,16-0,66, P = 0,60)		<u>Déformation transversale</u> (= <i>pourcentage de réduction d'épaisseur antéropostérieure du tendon patellaire</i>) : augmentée au cours de la période d'entraînement, passant d'≈ 14% à 22%, mais non significatif (P = 0,08).
Rio et al (2015) [55]	Essai croisé randomisé en simple aveugle à deux bras d'intervention	n = 6 (H) Âge (moyen) : 26,9 Sport : volley Retrait de l'activité pour l'étude : non	Groupe isométrique : Durée : séance unique Biodex pro : 5 x 45 sec à 60° flexion genou à 70% CIVM, 2min repos	Groupe isotonique : Durée : séance unique Machine extension jambes : 4x8 reps (chaque jambe) 3sec concentrique + 4sec excentrique à 100% 8RM, 2min repos	Suivi immédiatement après l'intervention et après 45min NRS 0-10 (SLDS) <u>Immédiatement</u> : réduction moyenne significative dans gp isométrique de 6,8/10 ou 87% (de 7/10±2,04 à 0,17/10±0,41 ; p=0,004) et dans gp isotonique de 2,6/10 ou 42% (de 6,33/10±2,80 à 3,75/10±4,67 ; p=0,04). <u>Après 45min</u> : réduction significative maintenue dans gp isométrique (p<0,001) mais pas dans le gp isotonique	Suivi immédiatement après l'intervention et après 45min <i>VISA-P testé seulement avant l'intervention mais pas de suivi</i> Force Q (CIVM) CIVM augmentée significativement dans gp isométrique (de 18,7±7,8%) et était significativement plus élevée que dans gp isotonique (p<0,001), et à 45 min aussi (p<0,001).	Suivi immédiatement après l'intervention et après 45min Excitabilité et inhibition corticospinale : Libération de l'inhibition corticale dans gp isométrique (de 27,53%±8,30 à 54,95%±5,47) mais pas d'effet significatif dans gp isotonique (avant 30,26±3,89, après 31,92±4,67 ; p=0,004).
Van ark et al (2016) [54]	Essai contrôlé randomisé	n = 29 (F 2, H 27) Âge (moyen) : 23.0 ± 4.7 (16-32) Sport : volley-ball, basket-ball Retrait de l'activité pour l'étude : non	Groupe isométrique : Durée : 4 x /sem, pdt 4sem Appareil extension jambes : 5 x 45 sec à 60° flexion genou	Groupe isotonique : Durée : 4 x /sem, pdt 4sem Appareil extension jambes : 4x8 reps (chaque jambe) 3sec concentrique + 4sec	Suivi de 4sem NRS 0-10 (SLDS) <u>Au cours de 4sem d'intervention</u> : scores moyens significativement améliorés pour gp isométrique (p=0,012) et gp isotonique (p=0,003) ;	Suivi de 4sem VISA-P <u>Au cours de 4sem d'intervention</u> : scores moyens significativement améliorés pour gp isométrique (p=0,028) et gp isotonique (p=0,003) ; changement moyen de 9	/

			à 80% CIVM, 15sec repos	excentrique à 80% 8RM, 15sec repos	pas de différence significative entre les groupes	points (3-25) ; pas de différence significative entre les groupes	
Rio et al (2017) [56]	Essai clinique randomisé à 2 bras d'intervention	n = 20 (F 2, H 18) Âge (moyen) : 22,5 ± 4,7 ans Sport : elite et subelite basket, volley Retrait de l'activité pour l'étude : non	Groupe isométrique : Durée : 4 x /sem, pdt 4sem Appareil extension jambes : 5 x 45 sec à 60° flexion genou à 80% CIVM, 1min repos	Groupe isotonique : Durée : 4 x /sem, pdt 4sem Appareil extension jambes : 4x8 reps, 3sec concentrique + 4sec excentrique à 80% 8RM, 1min repos	Suivi avant et après chaque intervention pdt 4sem NRS 0-10 (SLDS) Diminution de la douleur dans les 2 gps, mais plus importante pour le gp isométrique (changement moyen de 1,8 ± 0,39) que pour le gp isotonique (changement moyen 0,9 ± 0,25)	Suivi à 4sem VISA-P Amélioration mais non significative dans les 2 gps ; pas de différence significative entre les gps au moment du suivi (P = 0,99) ; score moyen gp isotonique 80/100 (intervalle 60-94), gp isométrique 84/100 (intervalle 41-100)	/
van Ark et al (2018) [57]	Essai clinique contrôlé randomisé	n = 18 (2F, 16H) Âge (moyen) : 22,7 ± 4,7 ans Sport : volley-ball, basket-ball Retrait de l'activité pour l'étude : non	Gp isométrique : Durée : 4x/sem, pdt 4sem Appareil extension jambes : 5 x 45 sec (de chaque jambe) à 60° flexion genou, à 80% CIVM, 15sec repos	Gp isotonique : Durée : 4x/sem, pdt 4sem Appareil extension jambes : 4x8 reps (de chaque jambe) 3sec concentrique + 4sec excentrique à 80% 8RM, 15sec repos	Suivi avant et après chaque intervention pendant 4sem NRS 0-10 (SLDS) : <u>Après 4sem</u> : diminution significative de la moyenne de la douleur (de 6 à 2 ; p<0,001) <i>Se référer aux résultats de l'article [76].</i>	Suivi avant et après chaque intervention pendant 4sem VISA-P : <u>Après 4sem</u> : amélioration significative des scores moyens (de 68 à 82, p=0.002) <i>Se référer aux résultats de l'article [76].</i>	Suivi après 4sem Structure et dimensions (épaisseur et section moyenne) des tendons patellaires (UTC scan) : aucun changement significatif
Holden et al (2020) [58]	Essai croisé randomisé	n = 21 Âge (moyen) : 26.5 (±6.4) Sport : hand, gym, volley, course à pied, autres non spécifié Retrait de l'activité pour l'étude : non	Groupe isométrique : Durée : séance unique Appareil extension jambes : 5 x 45 sec à 60° flexion genou à 70% CIVM, 2min repos	Groupe isotonique : Durée : séance unique Appareil extension jambes : 3 x 8 reps (3sec excentrique + 3sec concentrique) à 100% de 8RM jusqu'à 90° flexion genou, 2min repos	Suivi immédiatement et après 45min NRS 0-10 (SLDS) <u>Immédiatement</u> : réduction moyenne significative 0,9, 95%CI 0,1-1,7) <u>Ap 45min</u> : réduction non maintenue (p>0,05) Pas de différence significative entre les groupes. Seuils de douleur à la pression <u>Tendon patellaire homolatéral</u> : / <u>Tibial antérieur homolatéral</u> : augmentation moyenne de 34 kPa immédiatement après l'exercice mais non maintenue 45 minutes après l'exercice (p > 0,05).	/	Suivi immédiatement après l'intervention et après 45min Epaisseur tendon patellaire : Pas de changement significatif Pas de différence significative entre les 2 gps immédiatement et après 45min sur aucun des résultats

					<u>Court extenseur radial du carpe controlatéral</u> : / Pas de différence significative entre les 2 gps immédiatement et après 45min		
Kongsgaard et al (2010) [59]	Etude de cohorte	n = 17 Âge (moyen) : gp HSR 32.9 ± 3.5 ; gp contrôle 31.5 ± 3.3 Sport : / Retrait de l'activité pour l'étude : non (sauf si douleur > 30/100 VAS)	Gp HSR : Durée : 3x/sem, pdt 12sem ; 3 exercices d'extension bilatérale de genou (de 90° à extension max) : squat, leg press et hack squat ; 4 séries de chaque exercice avec 3sec excentrique et 3sec concentrique + 2 à 3min pause entre chaque ; semaine 1 : 15RM, semaines 2-3 : 12RM, semaines 4-5 : 10RM, semaines 6-8 : 8RM, semaines 9-12 : 6RM Recommandation : exercice réalisé avec certain inconfort ou douleur	Gp contrôle Pas d'intervention, pas de mesure de résultat	Evaluation avant l'intervention et après 12sem VAS 100mm <u>Après 12sem</u> : amélioration douleur tendineuse maximale pendant l'activité de 36% +/- 5% (P = 0.008)	Evaluation avant l'intervention et après 12sem VISA-P <u>Après 12sem</u> : amélioration 27% +/- 7% du score (P =0.02)	Evaluation avant l'intervention et après 12sem Propriétés mécaniques tendons et morphologie des fibrilles (biopsie tendineuse) <u>Gp HSR après 12sem</u> : - augmentation significative section transversale du quadriceps et du moment maximal d'extension du genou (inchangé dans gp contrôle) - rigidité diminuée significativement (inchangée gp contrôle) - densité fibrilles : augmentation significative ($70\% \pm 18\%$, P = 0,02) - surface moyenne fibrilles : diminution significative ($-26\% \pm 21\%$, P = 0,04) <u>Après 12 semaines</u> : aucune différence de densité de fibrilles, fraction volumique ou surface moyenne de fibrilles entre les 2 gps
Romero-Rodriguez et al (2011) [68]	Etude prospective de série de cas	n = 10 (H) Nb tendons = 15 Âge (moyen) : 25 ± 6 Sport : niveau national football	Gp HSR Durée : 2x/sem, pdt 6sem, 2jours de pause entre chaque session	/	Suivi à 0sem, après l'intervention à 6sem et à 12sem VAS 0-10 <u>A 6sem</u> : amélioré significativement de 60% (p <0,01)	Suivi à 0sem, après l'intervention à 6sem et à 12sem VISA-P <u>A 6sem</u> : amélioré significativement de 86% (p <0,01)	/

		(7), basket (2), coureur de longue distance (1) Retrait de l'activité pour l'étude : non	Ergomètre à volant d'inertie pour les jambes : échauffement + 4x10reps bilatéral concentrique- excentrique (effort max pour répétitions 3à10) + 2min de pause entre chaque série		<u>A 12sem</u> : pas de changement	<u>A 12sem</u> : pas de changement CMJ vertical <u>A 6sem</u> : pas de changement de hauteur maximale mais 7 participants sur 10 ont augmenté la hauteur du saut Force maximale des MI : <u>A 6sem</u> : augmentation force excentrique de 90% (p <0,05), force concentrique de 70% ; diminution pour droit fémoral homolatéral en excentrique (66%), en concentrique (73%, p=0,03) L'activité EMG RMS (dans les phases du CMJ) : diminution pendant la phase de descente du droit fémoral (80%, p= 0,01) et érecteurs du rachis (66% p = 0,02) Pas de différence pré-post intervention dans l'activité EMG des autres muscles étudiés (biceps fémoral et gastrocnémien médial)	
Kongsgaard et al (2009) [66]	Essai contrôlé randomisé en simple aveugle	n = 39 (H) Âge (moyen) : 32.4 ± 8.8 ans (gp excentrique : 31.3± 8.3 ans ; gp HSR : 31.7±8.5 ans) Sport : amateurs Retrait de l'activité pour l'étude : non	Gp excentrique : Durée : 2x/j (matin et soir) pdt 12sem Planche inclinée à 25° : 3x15 reps lentes de squats unilatéraux excentriques de 3sec + 2min repos entre chaque série	Gp HSR : Durée : 3x/sem pdt 12sem 3 exercices d'extension bilatérale de genou (de 90° à extension max) : squat, leg press et hack squat ; 4 séries de chaque exercice avec 3sec excentrique et 3sec concentrique + 2 à	Suivi à 12sem (après intervention) et à 6mois VAS 100mm <u>De 0 à 12sem</u> : amélioration pour les gp excentrique et HSR (p<0,05), et inchangé à 6mois	Suivi à 12sem (après intervention) et à 6mois VISA-P <u>De 0 à 12sem</u> : amélioration pour les gp excentrique et HSR (p<0,05), et inchangée à 6mois Force tendineuse maximale : <u>A 12sem</u> : augmentation dans le gp excentrique (P<0,05) et HSR (P<0,05)	Suivi à 12sem Changements structurels : - Gonflement des tendons : <u>A 12sem</u> : diminution pour gp HSR (-12+/-13 %, P<0,05), - Vascularisation des tendons : <u>A 12sem</u> : diminution pour gp HSR (-45+/-23 %, P<0,01)

				3min pause entre chaque ; semaine 1 : 15RM, semaines 2 à 3 : 12RM, semaines 4 à 5 : 10RM, semaines 6 à 8 : 8RM, semaines 9 à 12 : 6RM			- Epaisseur tendon : <u>A 12sem</u> : diminution significative pour gp HSR (12 +/- 14%) (P<0,01) mais pas pour gp excentrique - Propriétés mécaniques des tendons : similaires pour tendons sains et blessés et n'ont pas été affectés par le traitement - Propriétés de réticulation du collagène : <u>A 12sem</u> : renouvellement élevé du réseau de collagène dans gp HSR
Jonsson et al (2005) [60]	Etude randomisée prospective	n = 15 (13H ; 2F) (19 tendons) Âge (moyen) : 24,9 ans (gp concentrique : 24.1±6.4 (17–32), gp excentrique : 25.7±9.9) Sport : course à pied (7), football (5), basketball (3), floorball (3), handball (1) Retrait de l'activité pour l'étude : oui (les 6 premières semaines)	Gp excentrique : Durée : 2x/j, 7j/sem pdt 12sem Planche inclinée 25° : 3x15 reps, descendre jusqu'à 70° de flexion genou Recommandation : l'exercice doit être douloureux	Gp concentrique : Durée : 2x/j, 7j/sem pdt 12sem Planche inclinée 25° : 3x15 reps, de 70° à 0° flexion genou Recommandation : l'exercice doit être douloureux	Suivi à chaque intervention pdt 12sem VAS 100mm <u>A 12sem</u> : - diminution significative dans gp excentrique de 73 à 23 (p<0,005) (de 72,7+/-16,2 à 22,5+/-26,4) - pas de différence significative dans gp concentrique (de 74 à 68, p<0,34) (74.3+/-16.6 v 68+/-18.5) (3 abandons du gp concentrique après 6sem à cause de fortes douleurs pendant et après les exercices) - Score significativement plus bas (22 contre 68, p<0.01) dans gp excentrique par rapport au concentrique	Suivi à 12sem VISA-P <u>A 12sem</u> : - augmentation significative dans gp excentrique de 41 à 83 (p<0,005) (41,1+/-17,9 au départ à 83,3+/-23,4) - pas de différence significative dans gp concentrique (de 41 à 37, p<0,34) (40,7+/-16,3 v 37+/-4,6) (3 abandons du gp concentrique après 6sem à cause de fortes douleurs pendant et après les exercices) - score significativement plus élevé (83 contre 37, p<0.001) dans gp excentrique par rapport au concentrique.	/

Visnes et al (2005) [5]	Essai contrôlé randomisé	n = 29 (10H; 10F) Âge (moyen) : 26.6 ± 3.9 ans (gp excentrique 26.8 ± 4.6; gp contrôle 26.4 ± 3.4) Sport : volleyball Retrait de l'activité pour l'étude : non	Gp excentrique : Durée : 2x/j pdt 12sem Squat sur planche inclinée à 25° : 3x15 reps, 2sec excentrique jusqu'à 90° flexion genou sur jambe atteinte Recommandation : VAS à 5/10 pdt exercice	Gp contrôle : Pas d'intervention, entraînement sport habituel	Douleur autoenregistrée par les sujets du gp excentrique pdt 12sem à chaque séance VAS 0-10 <u>Pdt 12sem d'entraînement</u> : en moyenne 5.1 ± 1.8	Suivi à 12sem immédiatement post-intervention puis à 6sem et 6 mois post-intervention VISA-P <u>Immédiatement post-intervention</u> : pas de changement significatif pour le gp excentrique (avant, 71,1 +/- 11,3 ; après, 70,2 +/- 15,4) ou le gp contrôle (avant, 76,4 +/- 12,1 ; après, 75,4 +/- 16,7), <u>Suivi à 6sem et 6mois</u> : aucun changement significatif Suivi à 12sem immédiatement en post-intervention Performance de saut bipodal puis unipodal jambe atteinte : - CMJ <u>Bipodal</u> : légère amélioration significative de 1,2 +/- 2,9 cm dans le gp excentrique (p=0,046) <u>Unipodal</u> : pas de différence significative entre les 2gps (p = 0,49) - SJ <u>Bipodal</u> : pas de différence significative entre les 2gps (p=0,17) <u>Unipodal</u> : pas de différence significative entre les 2gps (p=0,67)	/
Bahr et al (2006) [45]	Essai contrôlé randomisé	n = 34 (4 F, 31 H) ; 40 tendons Âge (moyen) : gp excentrique 31 ± 8 (19-45), gp chirurgie 30 ± 8 (19-49)	Gp excentrique : Durée : 2x/j pdt 12 sem Squats sur planche inclinée à 25° à domicile : 3x15 reps jusqu'à 90° de	(Gp chirurgie) se référer à l'étude	Mesure avant intervention, puis suivi à 6 et 12mois pour le gp excentrique VAS (0-10) lors des tests fonctionnels de force (test de résistance à la pression des jambes)	Suivi à 3, 6 et 12 mois pour le gp excentrique VISA-P <u>A 12 mois</u> : amélioration mais non significative	/

		Sport : course/fitness (13), football (7), handball (6), arts martiaux (4). Retrait de l'activité pour l'étude : oui pdt les 8 premières semaines	flexion genou, durée excentrique 2sec, Recommandation : VAS à 4-5/10 pdt exercice		<u>A 6mois</u> : Pas d'amélioration significative (p = 0. 057) <u>A 12mois</u> : amélioration significative (p = 0,019) VAS (0-10) lors des tests de sauts (SJ + CMJ) <u>A 6 mois</u> : pas d'amélioration de la douleur (SJ p = 0,23 ; CMJ p = 0,092) <u>A 12mois</u> : amélioration significative (SJ p = 0,002 ; CMJ p = 0,001)	Mesure avant intervention, puis suivi à 6 et 12mois Tests fonctionnels de force (test de résistance à la pression des jambes) <u>À 6 et 12 mois</u> : amélioration significative (par rapport à la valeur de base) Retour au sport <u>Après 12mois</u> : Sur 15 patients qui n'ont pas subi de chirurgie secondaire, 6 s'entraînaient normalement avec aucun symptôme, 5 s'entraînaient normalement avec des symptômes légers à modérés, 2 s'entraînaient à un niveau réduit et 2 ne pouvaient pas s'entraîner du tout	
Biernat et al (2014) [65]	Etude expérimentale contrôlée randomisée	n = 28 (H) Âge (moyen) : gp excentrique 17.7 ± 0.7; gp contrôle 16.5 ± 0.8 Sport : volley Retrait de l'activité pour l'étude : non	Gp excentrique : Durée : 1x/j, pdt 24sem (sauf jour de match ou entraînement intense) Squat excentrique sur planche inclinée 25° : 3x15 reps de chaque jambe jusqu'à 60° de flexion, Ajout surface instable à la 4^{ème} sem Recommandation : VAS ≤ 4/10 pdt exercice	Gp contrôle : Pas d'intervention, entraînement sport habituel	Pas de mesure de la douleur	Mesures pré-intervention puis à 12sem et 24sem VISA-P <u>A 12sem</u> : augmentation non significative du score moyen gp excentrique. Pas de différence significative entre les 2gps <u>A 24sem</u> : augmentation significative du score moyen pour gp excentrique par rapport à la mesure pré-intervention. Différence significative entre les 2gps (p<0,05), score gp excentrique de 90,3 ± 12,2, gp contrôle 94,3 ± 7,2.	Mesures pré-intervention puis à 12sem et 24sem Changements structuraux morphologiques du tendon (imagerie USG Doppler couleur) <u>En pré-intervention</u> : 40 % des joueurs <u>A 12sem</u> : 36 % des joueurs <u>A 24sem</u> : 29 % des joueurs <i>Mais pas de distinction entre les 2gps</i> Néovascularisation <u>En pré-intervention</u> : 21% des joueurs <u>A 12sem</u> : 14% des joueurs <u>A 24sem</u> : 7% des joueurs

						Hauteur et puissance de saut CMJ Pas de changement dans les gps ni de différence significative les 2 gps Force musculaire Pas de changement dans les gps ni de différence significative les 2 gps concernant la mesure des couples musculaires des fléchisseurs et des extenseurs du genou et le rapport "fléchisseurs - extenseurs" en isométrique et isotonique.	<i>Mais pas de distinction entre les 2gps</i>
Lee et al (2020) [63]	Essai contrôlé randomisé	n = 34 (H) Âge (moyen) : gp excentrique 24.1 ± 4.6ans Sport : volley, basket, hand Retrait de l'activité pour l'étude : non	Gp excentrique : Durée : 2x/j pdt 12sem Squat unipodal sur plan incliné à 25° : 3x15 reps, descente en 2sec jusqu'au point de douleur Recommandation : VAS à 4-5/10 pdt exercice	(Gp combiné ESWT + excentrique) se référer à l'étude	Suivi pré et post intervention (gp excentrique) VAS (10cm) : diminution de la douleur auto-perçue sur les 7 derniers jours de 49 % (de 6,6 ± 2,0 à 3,2 ± 2,5)	Suivi pré et post intervention (gp excentrique) VISA-P : amélioration du score de 35 % (de 57,4 ± 8,3 à 77,3 ± 12,6)	Suivi pré et post intervention (gp excentrique) Propriétés mécaniques du tendon : - Raideur : diminution de 3544 ± 1820 N/mm à 3108 ± 2031 N/mm (p=0,02) Corrélations significatives entre changements raideur des tendons et score VISA-P (ρ = -0,58, P = 0,05) ; tendance de corrélation entre variation en pourcentage de raideur des tendons et douleur - Pourcentage de déformation (changement de longueur par rapport à la valeur initiale lors d'une contraction maximale) : augmentation significative de 10,6 ± 4,0 % à 12,8 ± 5,4 % (p=0,01)

							Changement de pourcentage de déformation tendineuse associé au score VISA-P et à la douleur perçue Aucun changement significatif de la force tendineuse maximale et de la longueur de repos n'a été détecté (P > 0,05).
Purdam et al (2004) [61]	Etude pilote non randomisée	n = 17 (13 H + 4F) (22 tendons) Âge (moyen) : gp A 22, gp B : 28 Sport : floorball (4), football (3), hockey sur glace (2), course à pied (2), saut en hauteur (2), volley (3), ski (1) Retrait de l'activité pour l'étude : oui les 4 premières sem	Gp excentrique A : Durée : 2x/j, pdt 12sem Squat unipodal sol plat : 3x15 reps jusqu'à 90° de flexion du genou Recommandation : effectuer l'exercice avec un certain niveau de douleur et d'inconfort	Gp excentrique B : Durée : 2x/j, pdt 12sem Squat unipodal sur planche inclinée 25° : 3x15 reps jusqu'à 90° de flexion du genou Recommandation : effectuer l'exercice avec un certain niveau de douleur et d'inconfort	Suivi à 12sem et à 15mois (seulement gp B et sujets n'ayant pas subi de chirurgie) VAS (100mm) <u>A 12sem</u> : gp B, réduction significative, scores moyens de 74,2± 11.6 à 28,5± 29.4 (p = 0,004) gp A, pas de changement significatif, scores de 79,0± 7.0 à 72.3 ± 19.14 (p = 0,144). <u>A 15mois</u> : réalisé sur seulement 6 sujets du gp B : - pour 4 patients (5 tendons) score moyen 26,2 ± 25.4 - pour 1 patient (2 tendons) : score moyen 68 - pour 1 patient (2 tendons) : non spécifié	Suivi à 12sem et à 15mois (seulement gp B et sujets n'ayant pas subi de chirurgie) RTS : <u>A 12sem</u> : pour gp B reprise du sport avec niveau d'AP pré-lésionnel pour 6 patients sur 8 (9 tendons sur 12), traitement chirurgical pour 2 patients (3tendons). gp A, reprise AP pour 1 seul athlète, traitement chirurgical pour 8 patients (9tendons). <u>A 15mois</u> : gp B, 4 des 6 sujets (5 des 9 tendons) étaient actifs au niveau pré lésionnel, 1 sujet (2 tendons) a cessé son activité (développement de SFPB), 1 sujet (2 tendons) a fait une rechute de PT.	/
Young et al (2005) [62]	Etude contrôlée randomisée prospective	n = 17 (4F+13H) Âge (moyen) : 27.3 ± 1.8 Sport : volley (élite) Retrait de l'activité pour l'étude : oui (pré-saison)	Gp « deline » excentrique Durée : 2x/j pdt 12sem Squat sur une jambe sur planche inclinée à 25° : 3x15 reps	Gp « step » excentrique+ concentrique (isotonique) Durée : 2x/j pdt 12sem	Suivi toutes les 4sem (sem 4, 8, 12) pdt 12sem puis à 12mois VAS (100mm) <u>A 12sem</u> : amélioration significative (p<0,05) pour les 2 gp mais pas de différences significatives entre les gp	Suivi toutes les 4sem (sem 4, 8, 12) pdt 12sem puis à 12mois VISA-P <u>A 12sem</u> : amélioration significative (p<0,05) pour les 2 gps	/

			jusqu'à $\approx 60^\circ$ flexion genou Recommandation : effectuer l'exercice avec un niveau de douleur modéré	Squat sur une jambe sur une planche de 10cm de hauteur : 3x15 reps jusqu'à $\approx 60^\circ$ flexion genou Recommandation : effectuer l'exercice sans douleur ou douleur minime	<u>A 12mois</u> : amélioration significative ($p < 0,05$) pour les 2 gps et probabilité d'amélioration plus grande dans le groupe « step » à 12 semaines, sans différence entre les groupes à 12 mois	mais pas de différences significatives entre les gp <u>A 12mois</u> : amélioration significative ($p < 0,05$) pour les 2 gps et probabilité d'amélioration significativement plus élevée dans gp « decline » à 12 mois avec 94% de chance contre 41% de chance dans gp « step » RTS : Supérieur pour gp « step » mais pas significatif (90% contre 67% ; $p > 0,05$)	
Frohm et al (2007) [67]	Etude contrôlée randomisée prospective à court terme	n = 20 (4F+16H) Âge (moyen) : gp Bromsman : 26 ± 8ans, gp unipodal : 28 ± 8ans Sport : athlètes (pas de sport précisé) Retrait de l'activité pour l'étude : oui les 6 premières semaines	Gp « Bromsman » : Durée : 2x/sem (2 × 70 minutes par séance) pdt 12sem Dispositif Bromsman : 4 x 4 reps (série 1 échauffement puis séries 2 à 4 maximale) de 0° à 110° de flexion du genou, vitesse 0,11m/s	Gp « unipodal » : Durée : 1x/j (2 × 70 minutes par séance) pdt 12sem Squat sur planche inclinée 25° : 3x15 reps Recommandation : douleur entre 3 et 5/10 pendant exercice	Suivi à 12sem VAS (0-10) Amélioration pour les 2 gps, médiane gp Bromsman de 4 (Q25-Q75 4-6) à 0 (Q25-Q75 0-1 ; $p = 0,003$), médiane gp unipodal de 5 (Q25-Q75 4-5) à 1 (Q25-Q75 1-2 ; $p = 0,008$)	Suivi à 12sem VISA-P Amélioration pour les 2 gps ($P < 0,001$), mais pas de différence significative entre les gps. Médianes du gp Bromsman passée de 49 (IC 95% 38 à 61) à 86 points (IC 95% 71 à 92 ; $p < 0,001$), et gp unipodal de 36 (IC 95% 23 à 61) à 75 points (IC 95% 46 à 83 ; $p < 0,001$). Tests fonctionnels : - CMJ : Pas de différence significative dans les gps et entre les gps ($p > 0,05$). -Triple hop test unipodal Amélioration significative pour les 2 gps ($p < 0,001$), mais aucune différence entre les gps. Groupe Bromsman : moyenne de 555 (IC 95% [502-607]) à 585 (IC 95% [531-638]) et Groupe unipodal	/

						: moyenne de 496 (IC 95% [438-554]) à 531 (IC 95% [471-590]) Force musculaire isocinétique Augmentation significative de la force des extenseurs après intervention pour les 2 jambes dans les 2 gps. Pas de différence significative entre les 2 gps (groupe Bromsman : 9% dans la jambe non blessée et 11% dans la jambe atteinte ; groupe unipodal : 4% dans la jambe non atteinte et 7% dans la jambe atteinte).	
--	--	--	--	--	--	---	--

H : Hommes ; **F** : Femmes ; **reps** : répétitions ; **RM** : répétitions maximales ; **gp** : groupe ; **sem** : semaines ; **pd** : pendant ; **C(I)VM** : Contraction (Isométrique) Volontaire Maximale ; **Q** : quadriceps ; **TENS** : Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (Stimulation électrique transcutanée du système nerveux) ; **NRS** : Numerical Rating Scale (Echelle Numérique) ; **VAS** : Visual Analogue Scale (Echelle Visuelle Analogique) ; **SLDS** : Single Leg Decline Squat ; **US** : ultrasons ; **ESWT** : Extracorporeal Shock Wave Therapy (thérapie par ondes de choc) ; **HSR** : Heavy Slow Resistance ; **UTC** : Ultrasound Tissue Characterization (caractérisation des tissus par ultrasons) ; **CMJ** : Hauteur du saut vertical en contre-mouvement jump ; **SJ** : Hauteur du saut vertical en squat jump ; **EMG** : électromyographie ; **RMS** : root-mean-square (racine carrée) ; **MI** : membres inférieurs ; **RTS** : retour au sport ; **AP** : activité physique ; **SFPB** : syndrome fémoro-patellaire bilatéral ; **TP** : tendinopathie patellaire

Titre : La place des modalités de contractions musculaires et des exercices dans la rééducation de la tendinopathie patellaire du sportif ou « Jumper's knee »

Contexte : La tendinopathie patellaire (TP), aussi appelée « Jumper's knee », est une affection douloureuse du genou fréquente dans les sports comme le basketball et le volleyball. Les sauts et changements rapides de direction induisent des contraintes mécaniques répétées sur l'appareil extenseur du genou qui seraient responsables du développement de cette affection. Il n'existe pas de consensus concernant le traitement optimal bien que la mise en charge par le travail musculaire excentrique semble privilégié. D'autres modalités de contraction musculaire restent encore à investiguer.

Objectifs : Le but de cette revue de littérature était de comparer les différentes modalités de contraction musculaire dans la gestion de la douleur, l'amélioration de la fonction et les changements structuraux dans la prise en charge du sportif atteint du syndrome de « Jumper's knee ».

Méthode : Pour réaliser cette revue de littérature, quatre bases de données ont été interrogées : PubMed, ScienceDirect, Cochrane Library et LiSSa. Vingt-neuf études ont été incluses.

Résultats : Les études ont montré que toutes les modalités de contraction musculaire semblaient avoir un effet favorable dans le traitement de la TP chez le sportif. Les exercices excentriques et le HSR semblaient être plus efficaces pour l'amélioration à long terme de la douleur, de la fonction et l'adaptation du tendon tandis que les exercices isométriques semblaient plus adaptés pour le soulagement de la douleur à court terme et le maintien des capacités fonctionnelles pendant la saison de compétition.

Conclusion : Ce travail montre l'importance de la charge dans la rééducation de la TP et les exercices excentriques ne sont pas la modalité de contraction efficace exclusive. Des études sur les programmes de mise en charge incluant différentes modalités de contraction ont été proposées dans la littérature et pourraient nous aider à répondre plus largement à notre question.

Mots-clés : Tendinopathie patellaire, Sport, Douleur, Fonction, Contraction musculaire

Title: The place of muscle contraction modalities and exercises in the rehabilitation of patellar tendinopathy or "Jumper's knee" in athletes

Background: Patellar tendinopathy (PT), also known as "Jumper's knee" (JK), is a common painful knee condition in sports such as basketball and volleyball. Jumps and rapid changes in direction induce repeated mechanical stresses on the extensor system of the knee and would be responsible for the development of this condition. There is no consensus regarding the optimal treatment although eccentric muscular loading seems to be preferred. Other modalities of muscle contraction need to be investigated.

Purpose: The aim of this literature review was to compare the different modalities of muscle contraction in the management of pain, improvement in function and structural changes in the treatment of athletes with JK syndrome.

Methods: To conduct this literature review, four databases were investigated: PubMed, ScienceDirect, Cochrane Library and LiSSa. Twenty-nine studies were included.

Results: Studies showed that all muscle contraction modalities seemed to have a favourable effect in the management of PT in athletes. Eccentric exercises and HSR appeared to be more efficient for long-term improvement in pain, function and for tendon adaptation whereas isometric exercises seemed to be more suitable for short-term pain release and to maintain the functional abilities during the competitive season.

Conclusion: This work shows the importance of loading in the rehabilitation of PT and eccentric exercises are not the exclusive effective contraction modality. Studies about loading programs including different contraction modalities have been proposed in the literature and could help us to answer more largely our question.

Key Words: Patellar tendinopathy, Sport, Pain, Functional abilities, Muscular contraction