



Institut Régional de Formation aux Métiers de Rééducation et Réadaptation

Pays de la Loire.

54, Rue de la Baugerie – 44230 SAINT-SEBASTIEN-SUR-LOIRE

Le syndrome fémoro-patellaire : optimisation du retour au sport  
par imagerie motrice de jeunes patients kinésiophobes

Protocole de recherche

Léna GUINEL

Mémoire UE28

Semestre 10

Année scolaire : 2020-2021

RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE





### **AVERTISSEMENT**

Les mémoires des étudiants de l'Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et de la Réadaptation sont réalisés au cours de la dernière année de formation MK.

Ils réclament une lecture critique. Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs. Ces travaux ne peuvent faire l'objet d'une publication, en tout ou partie, sans l'accord des auteurs et de l'IFM3R.



## Remerciements

---

Je tiens à exprimer ma gratitude à quelques personnes sans qui la réalisation de ce mémoire n'aurait pas été la même.

Mes remerciements les plus sincères vont tout d'abord à ma famille (mes parents, mes grands-parents et ma tante) pour leurs encouragements, leurs relectures et corrections. Cet appui constant m'a été bénéfique tout au long de mon cursus scolaire et est responsable en partie de l'atteinte de mes objectifs pédagogiques et professionnels. Une mention particulière s'adresse à ma mère, qui a supporté mes changements d'humeur durant ce travail et pendant mes études, tout en m'accordant sa confiance et son soutien inconditionnels.

Puis il me semble évident de remercier mes amis, pour leur présence réconfortante et leur bonne humeur, me motivant pour la rédaction de cet écrit dans cette situation contextuelle particulière. Ils ont été un réel moteur durant ces quatre dernières années d'études.

Un immense merci également à Mr D., tuteur de stage clinicat, futur collègue, et maintenant ami, pour le partage de son expérience clinique, ses corrections avisées et la mise à disposition de son matériel dans l'illustration de ce protocole. Son soutien et ses conseils auront été d'une grande aide pour l'élaboration de ce mémoire, en adéquation avec la pratique clinique libérale.

Enfin, je remercie Mr. R., directeur de mémoire, pour le partage de son expertise dans la recherche scientifique et le sujet abordé dans cet écrit, ainsi que pour son encadrement.



## Résumé

---

Le syndrome fémoro-patellaire est fréquemment rencontré en clinique, particulièrement chez les jeunes athlètes, dont les symptômes peuvent entraîner une restriction de participation dans certaines activités physiques. Les recommandations actuelles indiquent la thérapie par l'exercice du genou et de la hanche comme la technique de référence. Or, le pronostic n'est pas satisfaisant avec un taux de récurrence important et une tendance à la chronicisation des symptômes. Ceci peut être attribué aux facteurs psycho-sociaux prépondérants dans cette pathologie, tels que la kinésiophobie. Celle-ci correspond à une peur du mouvement liée à la douleur et aurait un rôle majeur dans l'arrêt de la pratique sportive, ainsi que dans la pérennisation de la douleur. La gestion thérapeutique du syndrome fémoro-patellaire devrait intégrer des techniques complémentaires agissant sur l'aspect psychologique. Pour cela, l'imagerie motrice, où le mouvement est mentalement imaginé sans exécution, pourrait être un outil pertinent.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de l'imagerie motrice sur la kinésiophobie de sujets atteints d'un syndrome fémoro-patellaire, dans le but d'optimiser leur retour au sport et d'éviter la chronicisation des symptômes. Pour cela, nous avons rédigé un protocole de recherche décrivant une étude interventionnelle prospective contrôlée et randomisée de 6 mois sur 104 participants. Ces derniers sont répartis en deux groupes pratiquant du renforcement musculaire. L'un effectue également de l'imagerie motrice et l'autre une intervention placebo. L'évaluation concerne la kinésiophobie, la fonction et la douleur auto-déclarées, ainsi que la proportion de sujets reprenant le sport en fonction du temps.

En cas de validation des hypothèses, cela signifierait que l'imagerie motrice peut constituer une option supplémentaire cliniquement pertinente dans la prise en charge du syndrome fémoro-patellaire. Elle pourrait alors être recommandée pour traiter des patients atteints de cette pathologie et optimiser leur retour au sport.

## Mots-clés

---

- Imagerie motrice
- Kinésiophobie
- Retour au sport
- Syndrome fémoro-patellaire



## Abstract

---

Patellofemoral pain syndrome is frequently encountered clinically, particularly with young athletes, whose symptoms may result in restricted participation in some physical activities. Current recommendations states that the gold standard is exercise therapy of the knee and hip joints. However, the prognosis is not satisfying, with a high recurrence rate and a tendency for symptoms to become chronic. This can be attributed to the psycho-social factors such as kinesiophobia, which is preponderant in this pathology. It is a fear of movement lead by the pain itself which could have a major role on the stopping of sports activities as well as in the chronicisation of pain. The therapeutic management of patellofemoral pain should integrate complementary techniques acting on the psychological aspect. To achieve this, motor imagery, where the movement is mentally imagined without execution, could be a relevant tool.

The aim of this study is to evaluate the influence of motor imagery on kinesiophobia with patients having patellofemoral syndrome. This aim to optimize their return to sport and to avoid the chronicisation of symptoms. To this purpose, we wrote a research protocol describing a 6 month randomized controlled prospective interventional study on 104 participants. The patients were divided into two groups practicing muscle strengthening. One group also performed motor imagery and the other had a placebo intervention. Evaluation concerns kinesiophobia, self-reported function and pain, as well as the proportion of subjects returning to sport over time.

If the hypotheses are validated, this would mean that motor imagery may be an additional clinically relevant option in the management of patellofemoral pain. It could then be recommended to treat patients with this condition and optimize their return to sport.

## Keywords

---

- Kinesiophobia
- Motor imagery
- Patellofemoral pain syndrome
- Return to sport



# Sommaire

---

1.	Introduction.....	1
2.	Cadre conceptuel .....	2
2.1	Biomécanique de l'articulation fémoro-patellaire.....	2
2.2	Le syndrome fémoro-patellaire.....	4
2.3	La kinésiophobie.....	12
2.4	L'imagerie motrice.....	15
3.	Justification d'étude .....	23
4.	Méthode.....	24
4.1	Conception du protocole .....	24
4.2	Cadre éthique, administratif et réglementaire.....	26
4.3	Objectifs de l'étude .....	27
4.4	Critères de jugement et indicateur de suivi.....	27
4.5	Population cible.....	29
4.6	Calendrier d'étude.....	30
4.7	Procédure des interventions .....	31
4.8	Effets indésirables .....	40
4.9	Critères d'arrêt de participation .....	41
4.10	Evaluations des effets du protocole.....	41
5.	Résultats.....	42
5.1	Analyse statistique des critères de jugements et indicateur de suivi.....	42
5.2	Recueil et analyse des données.....	43
6.	Discussion.....	44
6.1	Interprétation des résultats et implications cliniques.....	44
6.2	Limites et biais de l'étude .....	46
6.3	Perspectives professionnelles .....	47
7.	Conclusion .....	50
	Références bibliographiques et autres sources .....	
	Annexes 1 à 6 .....	I à XI



## 1. Introduction

Le syndrome fémoro-patellaire est une pathologie fréquemment rencontrée dans la population, touchant un adolescent sur quatorze à tout moment et un adulte sur cinq dans l'année (1). C'est une affection multifactorielle particulièrement commune chez les sportifs (2; 3). Il représente ainsi un enjeu de santé publique et un défi de prise en charge pour les praticiens. Notre intérêt pour cette pathologie provient d'expériences personnelles et professionnelles rencontrées en amont des études de masso-kinésithérapie, puis en stage. La littérature scientifique est dense à ce sujet mais se préoccupe essentiellement de la symptomatologie douloureuse. Or, l'étude de l'influence des facteurs psycho-sociaux dans cette pathologie, pourtant en plein essor, reste insuffisante, notamment quant aux techniques permettant d'agir contre ceux-ci. Par ailleurs, l'arrêt de l'activité sportive couramment observé dans cette situation constituait un questionnement quant à son indication et l'influence que cela a sur le pronostic des patients. Les données produites par la science ont mis en évidence la kinésiophobie, ou la peur du mouvement liée à la douleur, comme étant un élément prépondérant dans le syndrome fémoro-patellaire (4–7). Celle-ci serait impliquée dans les conditions d'arrêt de la pratique sportive et dans la chronicisation de la douleur, fréquente dans cette pathologie. C'est pourquoi nous nous sommes questionnés sur une stratégie thérapeutique à mettre en place pour lutter contre cette kinésiophobie. Celle-ci pourrait permettre d'optimiser le retour au sport des patients atteints d'un syndrome fémoro-patellaire et d'enrayer le cercle vicieux de chronicisation des symptômes.

Notre attention s'est alors portée sur l'imagerie motrice. Cette technique a montré de nombreux bénéfices dans différents secteurs d'activité, avec des effets surprenants sur la performance motrice sans exécution du mouvement (8–10). Cela a attisé notre curiosité et nous a ainsi amenés à nous renseigner auprès de la littérature scientifique correspondante. De plus, l'intérêt développé pour le syndrome fémoro-patellaire et son aspect psychologique a encouragé l'investigation de cet outil. Nous nous sommes alors demandé si l'imagerie motrice pouvait être applicable au traitement de la kinésiophobie dans cette pathologie. Son introduction dans les programmes de rééducation concerne de nombreux paramètres (douleur, amplitudes articulaires, contrôle moteur, ...), mais quel est son effet sur la kinésiophobie ? Quelle pourrait être son implication dans la gestion thérapeutique du syndrome fémoro-patellaire ?

A la suite de ces questionnements, nous avons exploré différentes bases de données scientifiques pour en obtenir des réponses. Celles-ci nous ont permis de constater que certaines études ont investigué le genou à la suite d'une opération (arthroplastie ou ligamentoplastie) mais se concentrent sur la douleur et la performance motrice, pas sur l'état psychologique du patient. De nombreuses études concernant l'effet de l'imagerie motrice sur la kinésiophobie s'adressent à des pathologies rachidiennes et ont obtenues des résultats positifs (11; 12). Nous nous sommes alors

demandés si cet effet bénéfique observé dans le traitement d'autres pathologies pouvait être obtenu dans le cas du syndrome fémoro-patellaire.

Compte tenu de la fréquence et de la nature chronique de cette pathologie, pouvant être liées aux facteurs psycho-sociaux tels que la kinésiophobie, nous nous sommes posés la question de recherche suivante : un programme d'imagerie motrice en complément d'une rééducation physique peut-il avoir un effet bénéfique sur la kinésiophobie de jeunes patients atteints d'un syndrome fémoro-patellaire ayant provoqué l'arrêt de leur activité sportive pour en optimiser la reprise ?

Pour répondre à cette question, la rédaction d'un protocole de recherche semblait être la méthodologie la plus appropriée. Ce mémoire d'initiation à la recherche réalise dans un premier temps une synthèse des données actuelles de la science sur les différents concepts abordés dans ce questionnement. Par la suite, nous développerons la méthode correspondant au protocole mis en place pour répondre à notre question de recherche. Enfin, une discussion permettra d'analyser notre démarche de travail et ses résultats, concernant les limites et biais présents, ainsi que les perspectives envisageables.

## **2. Cadre conceptuel**

### **2.1 Biomécanique de l'articulation fémoro-patellaire**

Pour comprendre le syndrome fémoro-patellaire, la connaissance de l'anatomie et de la biomécanique du genou, particulièrement de l'articulation fémoro-patellaire, est indispensable.

Le genou est une articulation portante (soutient le poids du corps), intermédiaire entre le tronc et le complexe pied/cheville, point central du membre inférieur. Une anomalie sus ou sous-jacente retentit toujours sur celui-ci. Son valgus physiologique répond à l'exigence d'un transfert économique du centre de gravité lors des déplacements (13). Il est composé de deux articulations indissociables anatomiquement et fonctionnellement : la fémoro-patellaire et la fémoro-tibiale. L'articulation fémoro-patellaire comprend la patella (rotule) et la trochlée fémorale (14).

Le cartilage articulaire du genou est le plus épais de l'organisme. Ceci s'explique par des forces de compression considérables s'exerçant à ce niveau lors de la contraction du quadriceps sur un genou fléchi en charge (13). Les forces appliquées sur l'articulation fémoro-patellaire varient selon l'activité, allant de la moitié du poids du corps lors de la marche, à environ 3 fois lors de la montée des escaliers, 7 fois le poids corporel pendant l'accroupissement, 10 fois à la course et même jusqu'à 20 fois lors de certaines activités sportives (14; 15).

La patella, ou rotule, est un os sésamoïde inséré dans le système extenseur du genou (quadriceps) (16). Elle permet de protéger le genou lors des traumatismes directs, guider l'appareil extenseur,

augmenter le bras de levier du quadriceps et faciliter la distribution des forces de compression dans la cinématique fémoro-patellaire (15; 16). Le mouvement physiologique de la patella sur le fémur lors de la flexion est une translation verticale le long de la trochlée jusqu'à la fosse intercondyloire. Normalement, le mouvement s'effectue de haut en bas et non transversalement grâce au plaquage du quadriceps, et ce d'autant plus que la flexion est accentuée (13). Lorsque le genou est en extension, la patella est libre et aucune charge n'est appliquée sur elle. A partir de 30° de flexion du genou, la patella s'engage dans la trochlée fémorale. Entre 30° et 60°, le contact se situe au niveau de sa partie moyenne. Puis au-delà de 90° de flexion, la charge se répartit sur les facettes patellaires interne et externe, majorée en supéro-externe (4; 13).

La stabilité de l'articulation fémoro-patellaire est assurée par des stabilisateurs dynamiques (tendons quadricipital et patellaire, muscle quadriceps, bandelette ilio-tibiale) et statiques (capsule articulaire, trochlée fémorale, rétinaculum patellaires, ligament patello-fémoral) (*Annexe 1*). Ceux-ci contrôlent le mouvement de la patella dans la trochlée fémorale, appelé « suivi rotulien » ou « *tracking* ». Un mauvais cheminement de la patella lors de la flexion du genou affecte la répartition des contraintes et entraîne une compression excessive sur les surfaces articulaires (phénomène retrouvé dans le syndrome fémoro-patellaire) (4; 14).

Le tendon quadricipital et le ligament patellaire forment un angle obtus vers le dehors appelé « angle Q ». La patella a ainsi tendance à être chassée vers le dehors (Figure 1). C'est la joue externe de la trochlée, plus saillante que l'interne, qui empêche la luxation ou subluxation de la patella liée à l'angle Q (13). Le genu valgum diminue cet angle, augmentant le vecteur force vers le dehors et favorisant l'instabilité externe de la patella. De plus, une faiblesse du quadriceps engendre un déficit de « plaquage » de la patella entraînant une réduction du maintien de celle-ci.

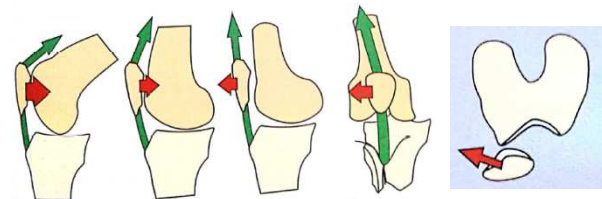


Figure 1: Coaptation du quadriceps sur la patella en fonction du degré de flexion et incidence de l'angle Q dans le cheminement de la patella (13).

Une déviation de position (valgus du genou ou antéversion de hanche) et une incongruence entre la surface rotulienne et la trochlée fémorale (dysplasie rotulienne, patella alta) entraînent un désalignement de l'articulation fémoro-patellaire qui prédisposerait à une instabilité latérale de la patella (17).

Toutes ces anomalies doivent être comprises pour apprécier les causes possibles du syndrome fémoro-patellaire et déterminer les objectifs du traitement.

## **2.2 Le syndrome fémoro-patellaire**

### **2.2.1 Définition**

Le syndrome fémoro-patellaire, également appelé syndrome rotulien, douleur fémoro-patellaire ou douleur antérieure du genou comporte un syndrome douloureux auquel peut s'ajouter ou non un syndrome d'instabilité (18). Cette affection musculo-squelettique constitue un des diagnostics les plus fréquents en présence d'une douleur antérieure dans la population générale, en particulier chez les jeunes athlètes adultes et adolescents qui participent à des sports de saut, de course et de pivotement (3; 15). La douleur rétro ou péri-patellaire est typiquement provoquée et/ou aggravée lors de la mise en charge d'un genou fléchi (descente des escaliers, course à pieds, saut/réception, escalade, ski, vélo, accroupissement) et lors de la position assise prolongée en flexion de genoux (2; 3; 14; 16–20). Les mouvements de flexion sont systématiquement siège de douleur (18). Unilatérale ou bilatérale, le plus souvent un côté prédomine, avec une apparition des symptômes insidieuse, progressive et atraumatique (3; 15; 18). Par conséquent, le diagnostic est fréquemment retardé et il est difficile de prévoir l'évolution clinique du patient (16).

La littérature indique qu'il existe différents syndromes fémoro-patellaires selon les facteurs responsables de l'apparition des symptômes. Celui qui intéresse cet écrit est le syndrome fémoro-patellaire primitif (sans notion de traumatisme). Il concerne surtout les adolescents et les jeunes adultes avec une prédominance féminine, dont le pic de fréquence se situe à l'âge de 18 ans, avec une notion de surcharge sportive précoce (18).

Il est important de ne pas banaliser les plaintes du patient, car cette pathologie peut fortement influencer leur moral et diminuer significativement leur qualité de vie. En effet, les facteurs psychosociaux jouent un rôle important et ont une incidence élevée dans le syndrome fémoro-patellaire. Ces derniers doivent donc toujours être investigués (15; 18).

Le retentissement sur la performance est important allant jusqu'à la restriction de la participation sportive, voire de certaines activités de vie quotidienne. Cette pathologie constitue alors un défi de santé publique où l'incidence et la prévalence sont élevées (1).

### **2.2.2 Epidémiologie**

Le syndrome fémoro-patellaire est la cause de consultation la plus commune chez les sportifs présentant des douleurs de genou (2). Il est rapporté que près de 25 à 40% de toutes les blessures vues en médecine sportive sont attribuées à cette pathologie (3; 15). Même si les personnes sédentaires peuvent également être touchées, il s'agit du diagnostic le plus fréquemment posé chez les coureurs à pied, soit 16 à 25% de toutes les blessures dans cette population (14; 15) et près de 36% des cyclistes professionnels (20).

La douleur fémoro-patellaire touche une grande partie de la population, des adolescents aux personnes âgées (16; 20). Cependant, elle s'observe surtout chez l'adolescent entre 11 et 20 ans (18; 19), particulièrement les 12-19 ans (16). Une étude épidémiologique déclare que le syndrome fémoro-patellaire touche 1/10 recrue militaire, 1/14 adolescent en souffre à tout moment et 1/5 adulte de la population générale a ressenti des douleurs au cours de l'année écoulée (1).

Le diagnostic et l'incidence de la douleur antérieure de genou sont 2 à 10 fois plus élevés chez les femmes que chez leurs homologues masculins (3; 19). Cette pathologie se retrouve notamment chez les sportives pratiquant le football, le volley-ball, la course à pied, l'escrime et l'escalade (19). La prévalence plus élevée chez les femmes s'explique par différents facteurs anatomiques et comportementaux : bassin large, genu valgum, chaussures à talons, position assise jambes croisées (18).

De plus, il semblerait que la participation à un unique sport soit associée à une plus grande incidence d'apparition du syndrome-fémoro-patellaire par rapport à la participation à plusieurs activités sportives (16).

Il est alors nécessaire de comprendre l'origine des troubles pour adapter la prise en charge et permettre un retour à ces activités.

### **2.2.3 Pathogenèse et facteurs de risque**

La douleur fémoro-patellaire est une affection musculo-squelettique fortement liée à l'anatomie et aux activités réalisées (15; 20). Elle se retrouve généralement dans un contexte de surcharge de l'articulation qui augmente les forces de compression au niveau fémoro-patellaire et majore la douleur, sans notion de traumatisme ou lésion connue du genou (15; 19). Il existe ainsi plusieurs facteurs de risque pouvant jouer un rôle dans le développement du syndrome fémoro-patellaire. On y retrouve des facteurs intrinsèques (les plus fréquents et les mieux identifiés) et des facteurs extrinsèques (3; 15).

Les facteurs de risque intrinsèques sont attribués aux caractéristiques individuelles du patient (3; 15). Des déclarations consensuelles d'experts suggèrent des facteurs de risque sus et sous-jacents et des facteurs locaux (dans et autour de l'articulation), pouvant être anatomiques (anomalies morphologiques) ou biomécaniques (déséquilibre musculaire, laxité, anomalies de la marche, etc.) (3). Une dysbalance neuromusculaire (force et retard de contraction) entre le vaste médial et le vaste latéral entraîne une traction externe anormale de la patella. Un défaut de contrôle dynamique des membres inférieurs (faiblesse des abducteurs et rotateurs externes de hanche), une mauvaise endurance musculaire, un manque de souplesse des ischio-jambiers ou quadriceps, une hypermobilité patellaire et une anomalie morphologique (patellaire ou fémorale, *maltracking*, pronation du pied excessive) sont également des facteurs pouvant jouer un rôle selon les cas (3; 14;

15; 18; 21). De plus, il semblerait que les surfaces articulaires patellaires de ces patients soient plus étroites, induisant une majoration des contraintes fémoro-patellaires sur une superficie réduite lors de certaines activités fonctionnelles en charge, qui conduirait à une douleur (21). Des antécédents de traumatisme ou de chirurgie du genou peuvent également influencer la survenue de cette pathologie en endommageant directement le cartilage articulaire ou en modifiant les forces à travers l'articulation fémoro-patellaire (3; 15).

Les facteurs de risque extrinsèques sont liés à des facteurs extérieurs au corps, tels que le type d'activité sportive, les conditions environnementales (surface du terrain) et l'équipement utilisé (chaussage) (3; 15). Le stress fémoro-patellaire augmente lors de la marche avec des chaussures à talons hauts et diminue lors de la course pieds nus (15), ou avec des chaussures de type minimaliste (22). Les modifications récentes des conditions sportives (fréquence, durée, intensité et volume d'entraînement, temps de récupération, chaussures usées, résistances lourdes, côtes, ...) doivent alors être étudiées (3). Syndrome prédominant en course à pied, les paramètres de course doivent également être étudiés (cadence, attaque du pied, ...) (22).

On parle aussi de syndrome d'*overuse* (surcharge) en relation avec la répétition des gestes dans certains sports (athlétisme, volley-ball, cyclisme, etc) augmentant les contraintes subies par le cartilage articulaire (18). Chez l'adolescent, la pratique intense et fréquente d'un sport avec une récupération insuffisante est considérée comme une cause principale du développement du syndrome fémoro-patellaire, en lien avec la charge répétitive au niveau du genou (23). Il peut aussi concerner des jeunes sportifs non préparés à des activités comportant des mouvements de flexion itérative ou des positions de flexion prolongée comme le ski (18).

Il est donc actuellement difficile d'identifier la genèse exacte du syndrome fémoro-patellaire ou les structures provoquant la douleur (17). Il semblerait cependant qu'une force de compression excessive au niveau fémoro-patellaire puisse engendrer une augmentation du stress de l'os sous-chondral et ainsi y former un œdème. L'intensité et la durée d'exposition à cette contrainte nécessaire pour entraîner la pathologie ou l'exacerber sont encore inconnues et varieraient d'un individu à un autre. Il est donc essentiel que les cliniciens quantifient la contrainte générée par les activités en charge de la vie quotidienne (21).

D'après le guide de pratique clinique, les syndromes fémoro-patellaires peuvent être répartis en différentes classes étiologiques ou sous-catégories : surcharge, déficit de performance musculaire, déficit de contrôle moteur, déficit de mobilité (16).

L'identification de ces facteurs de risques va influencer la prise en charge, nécessitant donc un diagnostic adapté.

#### 2.2.4 Diagnostic

L'évaluation clinique doit être rigoureuse et peut être normale (18). Il existe peu de tests spécifiques au syndrome fémoro-patellaire. Le diagnostic clinique se fait toujours par exclusion ou élimination (17). L'anamnèse permet d'orienter le diagnostic et un examen clinique de l'ensemble du membre inférieur permet de l'affirmer (14; 15). Cet examen doit viser à identifier les caractéristiques susceptibles d'altérer la mécanique fémoro-patellaire, notamment en recherchant des troubles morphologiques et surtout une douleur provoquée par la mise en contrainte de l'articulation fémoro-patellaire (14; 18). Cela peut parfois nécessiter la réalisation d'une imagerie si les symptômes persistent malgré la rééducation (15).

Les plaintes concernant la douleur sont variées sur l'intensité, la fréquence et la chronicité, pouvant être très fluctuantes, avec une inadéquation entre l'intensité du facteur déclenchant et celle de la douleur ressentie. Elle est dépendante de la charge et entraîne une restriction fonctionnelle (17; 18). Elle est spontanément provoquée par la palpation des facettes patellaires, les tâches chargeant un genou fléchi et une position assise prolongée avec un genou fléchi (« signe du cinéma ») ou assis après l'effort (3; 14–17). Un défaut de force au niveau du quadriceps, du moyen et du grand fessiers est régulièrement observé et peut s'accompagner d'une amyotrophie du quadriceps. A ce jour, il est encore difficile d'identifier la nature de ces faiblesses en tant que cause ou conséquence du syndrome fémoro-patellaire car de nombreux écrits se contredisent à ce sujet (16).

Généralement, le diagnostic est établi lorsque les cliniciens observent les critères suivants : la présence d'une douleur rétro ou péri-patellaire, sa reproduction lors de la mise en charge du genou fléchi ou en position assise prolongée, l'exclusion de toutes les autres affections susceptibles de provoquer une douleur antérieure du genou y compris les pathologies tibio-fémorales (16). La douleur provoquée lors de l'accroupissement serait le meilleur test disponible, étant évidente chez 80% des personnes positives (16; 20).

La pathogenèse étant intimement liée à la gestion thérapeutique de cette pathologie, un diagnostic adéquat permet d'orienter le praticien sur les techniques à mettre en place.

#### 2.2.5 Traitement du syndrome fémoro-patellaire

Les praticiens disposent d'une multitude de techniques rééducatives, mais elles ne sont généralement basées que sur l'expérience et l'appréciation du clinicien, plutôt que sur les preuves scientifiques. Seulement 24% des professionnels de santé se baseraient sur l'« *evidence-based medicine* » en première intention (2; 18).

L'étiopathologie du syndrome fémoro-patellaire étant multifactorielle, il est nécessaire de concevoir qu'il n'existe pas de standardisation thérapeutique, l'approche clinique doit donc être individualisée (3; 18). L'évaluation des facteurs de risque individuels peut déterminer la bonne combinaison

d'exercices (3). Dans tous les cas, une approche active avec un programme de thérapie par l'exercice intensif supervisé s'est révélée plus efficace qu'une prise en charge attentiste (17).

Aucune recommandation scientifique n'approuve donc un protocole précis (2). En revanche, d'après la déclaration de consensus de la 5<sup>ème</sup> retraite internationale de recherche sur la douleur fémoro-patellaire, les éléments recommandés par le groupe d'experts sont : (20)

- La thérapie par l'exercice pour réduire la douleur à court, moyen et long terme et pour améliorer la fonction à moyen et long terme.
- La combinaison d'exercices au niveau de la hanche et du genou pour réduire la douleur et améliorer la fonction à court, moyen et long terme. Cette combinaison doit être utilisée de préférence aux exercices de genou seuls.
- Des interventions combinées pour réduire la douleur chez les adultes souffrant de douleur fémoro-patellaire à court et moyen terme, comprenant la thérapie par l'exercice ainsi que l'un des éléments suivants : orthèses plantaires, taping rotulien ou thérapie manuelle.
- Les orthèses plantaires pour réduire la douleur à court terme.

En revanche, les techniques suivantes ne sont pas recommandées : les mobilisations articulaires isolément et les agents électrophysiques (16; 20). Ces recommandations ont pour but de fournir des lignes directrices factuelles, en prenant en compte le patient de manière individuelle (20). En plus du traitement rééducatif, la réalisation d'exercices à domicile, si possible quotidiens, est systématiquement recommandée (15).

L'exercice représente l'essentiel du traitement conservateur et concerne le renforcement musculaire de la hanche et du genou (2; 3; 18; 20). Toute la difficulté réside dans le fait de trouver des zones de travail optimales, ne chargeant pas à l'excès l'articulation et respectant le caractère indolore de l'exercice, mais ayant tout de même un effet tangible (2; 3; 18; 24).

Bien qu'il existe un accord général sur le fait de prioriser une stratégie non-médicamenteuse (modification de l'activité et rééducation), une intervention chirurgicale peut être envisagée dans certains cas spécifiques (3; 17; 18). Une consultation peut être considérée en cas d'échec de la rééducation et d'une persistance de la douleur de 6 à 12 mois. Cela est relativement rare et représente du cas par cas (14; 15).

Néanmoins, ces recommandations obtiennent-elles des résultats satisfaisants ?

### **2.2.6 Evolution du syndrome fémoro-patellaire**

La rééducation est susceptible d'atténuer les douleurs mais généralement à court et moyen terme. En effet, cette pathologie est liée à un taux élevé de récurrence et de chronicité (durée au-delà du temps normal de guérison des tissus, généralement prise à 12 semaines), même après un traitement non-chirurgical (16). Avec un recul d'environ 1 an, environ 40% des patients se

considèrent comme non améliorés (18). Des études montrent que même après plusieurs années (3 à 5 ans), la douleur fémoro-patellaire a tendance à persister chez 30 à 50% des patients, dans certains cas jusqu'à 20 ans (17; 20). Le guide de pratique clinique indique que 94% des femmes concernées ressentent encore une douleur 4 ans après le diagnostic et moins de la moitié (46%) présentent une diminution de l'intensité de la douleur (16). Environ 4/10 adolescents continuent d'avoir des douleurs au début de l'âge adulte suffisamment importantes pour affecter la qualité de vie, la fonction, les activités de vie quotidienne et le sport (23). Au long terme, seuls 22% n'auraient aucune douleur, mais dans 71% des cas la douleur est diminuée (16). La plupart des études ne parlent d'ailleurs que d'amélioration de la douleur mais pas d'abolition de celle-ci (2). Au niveau des sportifs, 27% des athlètes ont un soulagement complet de la douleur, 38% ressentent une diminution partielle de la douleur et 35% une douleur inchangée ou pire (16). Une étude montre que 3 mois après une reprise progressive 68% des adolescents reprennent le sport, 79% à 6 mois et 81% à 1 an, signifiant qu'1/5 adolescent ne reprend malgré tout pas son activité sportive (23).

L'évolution des symptômes est déterminée par différents facteurs prédictifs de mauvais pronostic parmi lesquels on retrouve : une plus grande longévité des symptômes avant l'intervention ainsi qu'une intensité de la douleur plus élevée, une aggravation de celle-ci, une rotule hypermobile, un âge plus avancé, une fonction globalement diminuée, des symptômes bilatéraux et des facteurs psychologiques élevés (3; 14; 16). Récemment, des investigations sur les influences non-physiques des symptômes ont révélé que des facteurs tels que la sensibilisation à la douleur et l'état psychologique peuvent jouer un rôle dans cette pathologie et son pronostic (16).

Le syndrome fémoro-patellaire peut persister pendant de nombreuses années et est susceptible de précéder le développement d'une arthrose fémoro-patellaire à long terme (20), en particulier s'il est présent chez l'adolescent (3). La corrélation entre le syndrome fémoro-patellaire et la survenue d'une arthrose fémoro-patellaire est encore débattue, mais il semblerait que ces pathologies puissent être liées (15; 16).

Il en ressort donc qu'une évolution naturelle de disparition des symptômes n'est pas envisageable dans le cadre du syndrome fémoro-patellaire. Ces symptômes peuvent évoluer de manière chronique et impacter les activités sportives et quotidiennes au long terme.

### **2.2.7 Arrêt de l'activité sportive, conséquences et retour au sport**

Les signes cliniques associés au syndrome fémoro-patellaire limitent la participation dans certaines tâches quotidiennes et professionnelles, réduisant les niveaux d'activité physique (3; 20). Il a été signalé que 74% des personnes ayant cette pathologie limiteront ou arrêteront la pratique de leur sport en raison de leurs symptômes douloureux (3; 19; 23). Les athlètes ayant une peur importante de se blesser à nouveau peuvent réduire les activités considérées comme à risque, conduisant à une

perception de fonction insuffisante (24). Dans les cas les plus chroniques, la sensibilisation centrale peut amener les activités quotidiennes à dépasser le seuil de douleur et à être évitées (3; 16).

L'arrêt de participation sportive dans le traitement du syndrome fémoro-patellaire est une problématique importante dont il n'existe aucun consensus. De nombreux articles se contredisent quant à l'indication à donner au patient vis-à-vis de ses symptômes. Ce qui est sûr, d'après la littérature, c'est qu'il existe deux principales causes d'arrêt de la pratique sportive, de réduction ou de changement de sport : par le médecin et par le patient lui-même (2; 3; 15; 17; 19; 23). Plusieurs auteurs déclarent que la diminution des contraintes fémoro-patellaires est la première étape pour atténuer la douleur en imposant un repos partiel ou complet, ou du moins rester sous le seuil douloureux notamment en proposant des activités alternatives de décharge telles que le vélo ou la natation (2; 15; 17). D'autres auteurs relatent que la symptomatologie douloureuse peut faire modifier temporairement certaines activités, mais ne doit en aucun cas amener à une inactivité complète du patient (25). Une étude conseille aux cliniciens d'orienter rapidement les patients vers un kinésithérapeute pour maintenir leur niveau d'activité physique (1). Il semblerait que dans le cas de l'aggravation des symptômes, la décision puisse porter sur la réduction de la charge ou, si cela est nécessaire pour protéger la santé de l'athlète, l'arrêt complet de participation. La modification de la charge est à privilégier avant de cesser totalement la pratique sportive (26).

L'arrêt de l'activité sportive entraîne une certaine sédentarité. Le retentissement de celle-ci au long terme est important et se retrouve dans tous les domaines, que ce soit cardio-vasculaire, neurologique, respiratoire, métabolique, musculo-squelettique ou fonctionnel, mais également au niveau psychologique et social (27). Ceci peut alors entraîner une perte de force et une amyotrophie, fréquemment rapportées dans le syndrome fémoro-patellaire (5). L'exercice est un facteur impactant fortement la qualité de vie. Il peut diminuer l'intensité de la douleur et améliorer la fonction physique et psychologique (27). L'arrêt du sport à l'initiative du patient s'apparente à un évitement de la douleur en lien avec le mouvement (kinésiophobie) aboutissant à une inactivité physique néfaste à tous les niveaux (27; 28). Cela provoque un « syndrome de désuétude » qui peut aggraver la douleur et favoriser un cercle vicieux (28). Or, la pratique sportive ne provoque aucun préjudice grave, démontrant que l'activité physique est généralement acceptable et peu susceptible de causer du tort (27). L'approche attentiste consistant à éviter les activités douloureuses n'est pas efficace pour réduire la douleur et la fonction à court, moyen et long terme (16). Ainsi, il semble que le manque de mouvement accentue la kinésiophobie et entretient les symptômes (cercle vicieux), tandis que l'exercice physique les atténuerait.

Lorsque les symptômes le permettent, l'exercice physique doit donc être maintenu le plus possible en respectant un équilibre entre la charge appliquée à l'articulation fémoro-patellaire et l'aptitude de celle-ci à la supporter. Le modèle biologique de Dye (Figure 2) suppose que le tissu autour de l'articulation fémoro-patellaire peut être chargé physiologiquement dans une zone sans douleur

appelée « enveloppe de fonction ». C'est l'aire dans laquelle le patient supporte les charges qui lui sont imposées. Si cette zone est dépassée, une surcharge des structures est susceptible de se produire, pouvant léser les tissus et créer une douleur. Cela peut conduire à une réduction permanente de la capacité et donc à une « enveloppe de fonction » réduite. La charge n'est pas le seul facteur étudié, la fréquence rentre aussi en jeu (17).

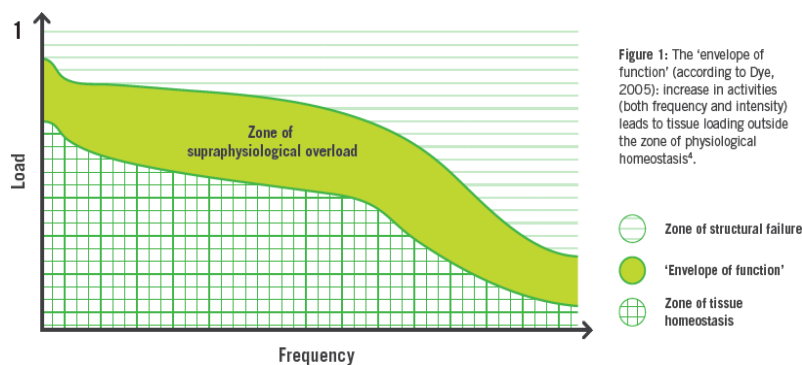


Figure 2 : Illustration du modèle de Dye (17).

La clinique du coureur a également développé un concept similaire sur la quantification du stress mécanique (*Annexe 2*) (29). Celui-ci met en évidence les courbes d'évolution de la capacité du patient en fonction des contraintes appliquées sur son articulation. Dans le même principe que le modèle de Dye, une lésion des tissus se produit si la contrainte est supérieure à la capacité maximale du patient. Il est également indiqué une échelle de niveau de stress en fonction de l'activité effectuée, justifiant l'indication de changement de sport pour certains patients vers une activité de décharge. Il faut donc que le patient trouve un équilibre entre la contrainte qu'il impose à son articulation et la capacité permise. Lorsque la contrainte est suffisamment importante sans être excessive, le corps s'adapte et augmente la capacité. La conférence de consensus sur le retour au sport indique également cette stratégie de remise en charge progressive pour ne pas aggraver les tissus et favoriser la guérison (26). Ainsi, la quantification du stress et la remise en charge progressive permettraient de maintenir ou reprendre l'activité sportive pendant la rééducation sans générer de symptômes.

Comme démontré précédemment avec la relation contrainte-capacité, la reprise doit être progressive (2; 5; 17; 23). Le retour au sport est un continuum formé de trois phases basées sur l'objectif défini préalablement entre l'athlète et les acteurs l'entourant : le retour à la participation, le retour au sport, le retour à la performance. Cependant, les praticiens doivent suivre des critères objectifs et propres à la pathologie pour autoriser les athlètes à participer de nouveau à leur sport (26). Il n'existe pas vraiment de consensus en ce qui concerne le syndrome fémoro-patellaire, mais une étude indique que le sportif peut reprendre lorsque les critères suivants sont remplis : pas de gonflement, aucune douleur à l'accroupissement et dans les escaliers, bonne force du quadriceps et des abducteurs de hanche, bonne flexibilité des ischio-jambiers, biomécanique de la marche normale, bonne stabilité du tronc, bonne performance lors des tests fonctionnels (saut vertical,

fente avant, squat unipodal et tests d'équilibre), le patient a confiance dans le genou blessé (facteurs psychologiques) (3).

Des modèles théoriques peuvent également aider le clinicien à prendre une décision. L'approche bio-psycho-sociale démontre ainsi l'importance de prendre en compte les facteurs biologiques, psychologiques et sociaux pouvant influencer le traitement et contribuer de manière optimale à la reprise du sport (Figure 3) (26).

Un programme de rééducation permet généralement aux patients de reprendre leurs activités de loisirs et compétitives (14). Cependant, la présence de facteurs psychologiques peut constituer un frein au retour sportif.

Le traitement peut alors nécessiter l'ajout de techniques complémentaires appliquées à ceux-ci.

## 2.3 La kinésiophobie

Les facteurs psychologiques jouent un rôle important dans la rééducation et la reprise de la pratique sportive (24; 26). Une blessure chez un athlète a des conséquences tant physiques que psychologiques (24). Ces éléments, considérés comme drapeaux jaunes, peuvent affecter la rééducation et le pronostic (16).

### 2.3.1 Le modèle d'évitement de la peur

Le modèle d'évitement de la peur est un modèle théorique cognitif. Il a été développé dans le but de décrire comment l'invalidité liée à la douleur se développe à la suite de comportements d'évitement persistants motivés par la peur (28; 30; 31). Il indique qu'en présence d'une douleur il existe deux réponses comportementales opposées : la confrontation et l'évitement. Il présente alors comment le patient blessé évolue selon deux voies qu'il lui est possible de prendre dans son évolution (28).

La Figure 4 reflète ce modèle en décrivant la cascade d'événements suivant une douleur perçue comme menaçante (30). Lorsqu'une blessure survient, une part des patients prend la voie dénuée de pensées négatives liées à la douleur, amenant à l'accepter et à affronter les activités de vie quotidienne avec un rétablissement rapide. À l'inverse, une autre partie s'engage dans un cycle où la douleur est interprétée de manière menaçante et catastrophique. Ces croyances erronées conduisent à des comportements de protection associés tels que l'évitement. Cet évitement va être

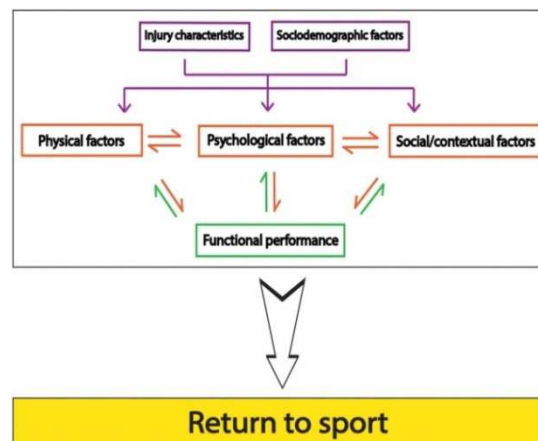


Figure 3 : Modèle biopsychosocial du retour au sport après une blessure (26).



Figure 4 : Représentation graphique du modèle peur-évitement, reproduit de Vlaeyen et Linton (28).

suivi d'une incapacité, d'un abandon et d'une dépression (Figure 4). Ceci est responsable de l'entrée dans un cercle vicieux croissant de persistance de la douleur, notamment accompagné d'un abaissement du seuil douloureux (32). Le fait qu'une situation menaçante évitée n'engendre pas les symptômes attendus renforce les comportements d'évitement et les entretient (30). Cette voie est responsable d'une transition de la douleur aiguë à chronique (31; 32). Contrairement à son acquisition rapide, la disparition de la peur liée à la douleur est difficile. Elle dépend du contexte et ne se généralise pas facilement à de nouvelles situations (30).

Le modèle d'évitement implique différents facteurs psychologiques, parmi lesquels on retrouve le catastrophisme et la kinésiophobie, prépondérants chez les patients souffrant d'un syndrome fémoro-patellaire (6; 7; 16; 18). Maclachlan et al. indiquent en effet dans leur étude que le groupe contenant les sujets atteints d'un syndrome fémoro-patellaire avaient 55% de risque de développer une kinésiophobie (6). Le catastrophisme représente la croyance que la douleur va s'aggraver et que l'on est impuissant à y faire face (4). La kinésiophobie correspond à une croyance, une peur ou une appréhension du mouvement qui pourrait provoquer, recréer (se blesser à nouveau) ou augmenter la douleur ou une lésion (4; 7). Cette dernière provoque deux réactions caractéristiques : l'évitement des activités considérées comme à risque et l'anticipation des symptômes (4; 28; 32). Elle va alors avoir un effet considérable sur la vie des patients. Par la suite, l'évitement va conduire à un ajustement à plusieurs niveaux.

### **2.3.2 Conséquences de la kinésiophobie**

La kinésiophobie peut entraîner des adaptations où le patient va modifier ses stratégies de recrutement musculaire, augmentant le risque de blessure réelle (24). En effet, la peur du mouvement dans le cas du syndrome fémoro-patellaire peut entraîner une diminution de flexion du genou et de la cadence dans le but de se protéger (5; 16). Plus un patient a un niveau élevé de kinésiophobie, plus la charge de l'articulation et l'activation du quadriceps sont évitées pour réduire les contraintes appliquées sur le genou. Cette stratégie de protection peut conduire le patient à réduire ses activités physiques ou modifier la cinématique de mouvement (schéma de marche). Cela peut provoquer des effets délétères, tels que l'amyotrophie et la perte de force. Malgré la difficulté à différencier la cause de la conséquence entre force et kinésiophobie, le lien entre la peur du mouvement et cinématique protectrice est quant à elle prouvée. Ainsi, il semble que la kinésiophobie soit susceptible d'avoir une influence plus importante sur les troubles du mouvement que la perte de force (5). De plus, la peur d'une nouvelle blessure est corrélée à une diminution de la stabilité dynamique du genou et à une amplitude de mouvement limitée (24), qui comme énoncé précédemment, sont des éléments primordiaux dans le syndrome fémoro-patellaire.

Par ailleurs, lors d'une lésion douloureuse, il existe des changements neurophysiologiques et psycho-sociaux qui joueraient un rôle dans la chronicité des troubles. Ces variations seraient à

l'origine d'une amplification de la douleur, de modifications du contrôle moteur et de l'image corporelle, ainsi que des aspects psychologiques (catastrophisme, somatisation) et comportementaux (kinésiophobie) (33). Ces derniers sont impliqués dans la chronicisation des symptômes, particulièrement retrouvée dans cette pathologie (18; 24). Des auteurs montrent également que des niveaux élevés de kinésiophobie affectent le système nerveux en ayant un effet négatif sur la modulation endogène de la douleur, et donc sur son intensité (11). Si l'atteinte psychologique n'est pas résolue, elle peut ralentir les progrès et retarder le retour au sport (24; 26). La kinésiophobie peut être considérée comme un facteur de mauvais résultats dans le traitement des patients souffrant d'un syndrome fémoro-patellaire (4). Les interventions thérapeutiques se focalisant uniquement sur les troubles périphériques peuvent alors ne pas être suffisantes (33).

L'impact de la kinésiophobie est fort, démontrant la nécessité d'identifier les patients concernés pour agir en amont d'adaptations trop importantes.

### **2.3.3 L'échelle d'évaluation de la kinésiophobie TAMPA**

L'anamnèse et la restriction des activités orientent le praticien sur les croyances du patient. Il est ensuite important d'évaluer le niveau de crainte pour estimer son impact sur le pronostic, le niveau de réticence dans des exercices physiques prescrits, mais également pour obtenir un indicateur de suivi. L'identification précoce d'une kinésiophobie peut donc être bénéfique pour la gestion thérapeutique des patients (34). Il existe différents questionnaires d'évaluation de la kinésiophobie, mais la plupart sont orientés spécifiquement sur les pathologies du rachis. Ainsi, l'échelle TAMPA semble la plus pertinente dans cet écrit.

L'échelle de kinésiophobie TAMPA ou TSK (*Tampa Scale of Kinesiophobia*) est un questionnaire d'auto-évaluation concernant la peur liée au mouvement. Il reflète les croyances de patients souffrant de douleurs musculo-squelettiques. Ce questionnaire contient 17 items se basant sur le modèle d'évitement de la peur, la conviction que le mouvement est néfaste, l'évitement des activités, et la peur de se blesser à nouveau. Un résultat supérieur ou égal à 37 indique la présence d'une kinésiophobie. Plus le score est élevé, plus la personne a une peur du mouvement importante (32; 34–36). Ce questionnaire est avantageux par sa brièveté, l'absence de coût supplémentaire et son utilisation ne requiert aucune formation spécifique (34). Les scores de changement de la TSK sont positivement corrélés à la réduction de l'incapacité et de l'intensité de la douleur. Ceci suggère que la réduction de la kinésiophobie est essentielle et apporte un soutien supplémentaire aux techniques s'y intéressant (36).

### **2.3.4 Implication de la kinésiophobie dans le traitement des pathologies musculo-squelettiques**

Les protocoles actuels de rééducation des troubles musculo-squelettiques se concentrent principalement sur les lésions structurelles (déficiences physiques) et leur impact périphérique, mais ne traitent pas directement les facteurs psychologiques (24; 33). La kinésiophobie est positivement corrélée à l'intensité de la douleur et à une fonction auto-déclarée plus faible chez ces patients (4; 7; 16). Des rapports récents ont démontré que la réduction de la kinésiophobie serait associée à une diminution de la douleur et une amélioration de la fonction après une intervention sur celle-ci (5). Cette progression est bilatérale : une réduction des symptômes est observée après une intervention visant à surmonter la peur liée au mouvement, mais une résolution des déficiences psychologiques avec l'atténuation de la douleur et du handicap serait également constatée (4; 7). Le changement des croyances relatives au mouvement serait le meilleur prédicteur du résultat fonctionnel et de la douleur chez les patients souffrant d'un syndrome fémoro-patellaire (4). La kinésiophobie chez les athlètes blessés au genou est fréquemment évoquée pour justifier la non reprise du sport ou la réduction de leur niveau d'activité physique (16). La conférence de consensus sur le retour au sport indique d'ailleurs que des interventions ciblant les facteurs psychologiques peuvent modifier les résultats de reprise sportive (26).

Les praticiens doivent donc identifier le niveau de déficience physique, mais aussi la présence d'éléments psychologiques néfastes pouvant avoir un impact sur la rééducation, pour mettre en place des stratégies spécifiques ou réorienter vers un autre professionnel de santé (16). Ainsi, des interventions visant à réduire la kinésiophobie peuvent améliorer les résultats au long terme et potentiellement éviter la chronicisation de la pathologie. Ils devraient donc être pris en considération dans le traitement du syndrome fémoro-patellaire (4; 18).

Parmi les techniques luttant contre cette peur du mouvement, on retrouve notamment l'exposition progressive à des situations considérées comme à risque ou l'imagerie motrice. De par notre intérêt initial pour cette dernière, c'est elle qui sera développée dans cet écrit.

## **2.4 L'imagerie motrice**

### **2.4.1 Définition et caractéristiques neurophysiologiques**

L'imagerie motrice est une forme d'imagerie mentale. Elle se définit comme la représentation mentale et la répétition cognitive d'un mouvement ou d'une séquence motrice, sans qu'elle ne soit accompagnée ou suivie de son exécution physique (37–40). L'intérêt de l'imagerie motrice réside donc dans le fait de pouvoir simuler un mouvement lorsque la personne est incapable de le produire physiquement (38).

D'après la théorie de la simulation, un mouvement est composé de deux phases : une phase invisible d'anticipation ou de planification, puis une phase visible d'exécution (38; 39). L'anticipation comporte tous les mécanismes d'une action mais non exécutée (38). Aucune contraction musculaire ne l'accompagne (39). C'est une représentation préalable à l'action où l'individu se contente de l'imaginer (37). L'imagerie motrice peut diverger selon les perceptions virtuelles sensorielles (visuelles, auditives), somato-sensorielles (kinesthésiques) et vestibulaires (39). Elle recrute notamment des souvenirs liés à des expériences antérieures de pratique réelle (40). Ainsi, l'imagerie motrice s'appuie fréquemment sur l'imagination et l'utilisation de son propre corps comme référence (41). C'est pourquoi l'individu doit imaginer toutes les sensations accompagnant l'exécution physique pour améliorer ses capacités motrices via cette technique (42). La pratique de l'imagerie motrice dépend des critères individuels du participant, de sa capacité à former des images motrices, des contraintes biomécaniques auxquelles il s'identifie et des facteurs environnementaux (8; 41).

Ce procédé appartient aux techniques agissant sur la plasticité cérébrale ou neuroplasticité (38; 39). Celle-ci correspond aux changements structuraux, fonctionnels et d'organisation du système nerveux se produisant tout au long de la vie en fonction de l'exposition à des facteurs internes (processus cognitifs) et externes (apprentissage moteur, stimulation sensorielle périphérique) (11). L'imagerie motrice est un outil scientifiquement validé dans le cadre de la rééducation, dont l'avantage est son accessibilité en termes de coût et de matériel et le peu de risques qu'elle représente (38).

Imagerie motrice et exécution physique sont intimement liées. Ceci s'explique notamment par le principe de similarité.

#### **2.4.1.1 Principe de similarité**

Il existerait un principe de similarité entre la simulation et la réalisation du mouvement à différents niveaux (structurel et fonctionnel) de la conception d'une action. Ce principe serait à l'origine de l'amélioration de la performance exécutée à la suite d'une pratique mentale (38).

L'imagerie motrice aurait une activation des structures neuronales corticales et sous-corticales au niveau des aires spécifiques du mouvement semblable à la réalisation et permettrait de créer des associations cognitives impliquées dans la motricité (38; 39). Les mouvements imaginés sont sensiblement équivalents à ceux exécutés en termes d'intention, de planification motrice et d'engagement du programme moteur. La simulation agit alors comme un prédicteur physiologique, fournissant des informations nécessaires à la planification et à la bonne exécution de l'action. Les similitudes ne s'arrêteraient pas à l'activation cérébrale. En effet, pour chaque action prévue, une commande motrice est envoyée aux structures musculaires et une copie est utilisée pour prédire l'état futur du corps en mouvement (42). Il semblerait alors que les activités électrodermales,

thermo-vasculaires et cardio-respiratoires soient corrélées aux conséquences d'un mouvement réel. Cela suggère que le système nerveux autonome serait activé par la simulation pour préparer l'organisme aux besoins énergétiques auxquels il aurait à subvenir. Cette équivalence fonctionnelle se retrouve également en chronométrie mentale avec une adéquation entre le temps du mouvement imaginé et celui physiquement exécuté, appelée « isochronie » ou « congruence temporelle » (38; 40).

L'imagerie motrice a donc des caractéristiques neurophysiologiques et spatio-temporelles semblables à l'exécution physique (38; 40). Elle va dépendre ensuite des modalités de pratique mises en place.

#### **2.4.1.2 Types d'imagerie, modalités et perspectives**

Différentes stratégies d'imagerie motrice peuvent être utilisées selon le type, la modalité et la perspective employés dont le choix s'opère grâce à la préférence du sujet.

##### ***Le type : Implicite versus explicite***

Une première distinction peut être faite entre l'imagerie motrice inconsciente (implicite) et consciente (explicite). La pratique mentale implicite se retrouve notamment lors du test de latéralité des mains, où le participant compare ce qu'il voit à son corps en imaginant mettre sa main dans la position observée (43). Les interventions en rééducation concernent l'imagerie explicite, où le patient est conscient et volontaire.

##### ***Les modalités : Visuelle versus kinesthésique***

La modalité d'imagerie correspond à la façon dont le participant vit sa pratique mentale (44). Elles peuvent s'utiliser de manière isolée ou combinée lors de l'imagerie explicite (43). La modalité visuelle correspond à la visualisation de soi-même ou d'un tiers exécuter le mouvement. La modalité kinesthésique correspond quant à elle à ressentir le mouvement en recrutant les informations sensorielles liées à l'exécution, notamment en percevant mentalement les contractions musculaires ou la position des membres dans l'espace (40; 44).

##### ***Les perspectives : Interne versus externe***

L'imagerie motrice peut aussi être divisée en une perspective interne à la première personne (s'imaginant effectuer l'action) et une perspective externe à la troisième personne (imaginer un tiers effectuant la même action), selon le point de vue (39; 43). Cette distinction a été démontrée dans l'imagerie motrice visuelle, mais le concept peut théoriquement être étendu à d'autres modalités (39).

L'effet de la modalité d'imagerie motrice (visuelle ou kinesthésique) et de la perspective (interne ou externe) est complexe (40). La modalité kinesthésique couplée à une perspective interne

contribuerait plus efficacement à l'amélioration de la performance physique par des niveaux d'activation corticale plus élevés et constituerait donc un choix privilégié dans la rééducation (38; 45). L'imagerie kinesthésique fournirait une meilleure représentation que l'imagerie visuelle pour apprendre la synchronisation des mouvements. En revanche, les données montrent que les deux modalités aboutissent à des schémas chronométriques similaires et proches du temps réel (40).

#### **2.4.1.3 Timing et modification de la vitesse d'imagerie**

L'imagerie motrice respecte le principe d'isochronie ou de congruence temporelle, avec des temps réels et imaginés sensiblement équivalents. En réalité, la vitesse d'action imaginée peut être modifiée volontairement ou involontairement (40).

D'après Guillot et al., la difficulté de préserver les caractéristiques temporelles du mouvement pendant l'imagerie motrice a souvent été considérée comme une altération de l'imagerie. En pratique, deux scénarios peuvent être envisagés : une congruence temporelle (rythme et tempo similaires) ou une fausse estimation. Un manque d'équivalence suggère que le processus repose sur des jugements inexacts corrélés à l'expérience, ou peut être dû à des facteurs externes tels que la stratégie d'imagerie motrice employée, les instructions données, la manière dont l'attention est focalisée et la complexité de la tâche. La littérature indique que les mouvements d'une durée inférieure à quelques secondes sont surestimés, tandis que ceux de plus de 30 secondes sont sous-estimés et la précision temporelle diminue sur les séquences de longues durées. Il semble que les caractéristiques de la tâche soient plus importantes que celles du niveau d'expertise pour modifier l'équivalence temporelle (40).

L'imagerie motrice en temps réel n'est pas le seul moyen d'atteindre des performances optimales (40). En effet, un des avantages d'une pratique mentale est la possibilité de modifier volontairement le timing de la tâche imaginée pour insister sur certains passages ou pour obtenir des résultats spécifiques (38; 40). Une imagerie ralentie est réalisée pendant l'apprentissage d'une compétence ou stratégie, alors qu'une imagerie accélérée est utilisée une fois le mouvement maîtrisé. Le contexte impacte également la chronométrie. Lorsque le sujet n'est pas influencé par une contrainte temporelle, il peut volontairement prendre plus de temps pour se concentrer sur certains aspects du mouvement, alors qu'en compétition il aura tendance à accélérer la démarche. Cependant, la modification volontaire de vitesse peut provoquer des changements inattendus des temps réels pouvant nuire aux performances motrices (40). Cela demande donc d'être vigilant. L'évaluation de la qualité d'imagerie permettra notamment de veiller à cette congruence temporelle.

## 2.4.2 Modes d'évaluation

L'évaluation en imagerie motrice concerne différents aspects : la capacité à générer une image motrice, les préférences individuelles concernant les modalités et perspectives, ainsi que la qualité du mouvement imaginé. Il est possible que la capacité d'imagerie change au cours d'un programme, nécessitant parfois une réévaluation et un suivi (9).

### 2.4.2.1 La chronométrie mentale

Il est essentiel d'évaluer la capacité des participants à produire un mouvement imaginé pour déterminer leur éligibilité à participer à un programme d'imagerie motrice. Pour cela, des mesures de chronométrie mentale telles que le *Timed Dependent Motor Imagery* (TDMI) ou le test de latéralité (manuelle ou podale) peuvent être effectués en amont du programme permettant de définir la possibilité du sujet à participer à une intervention d'imagerie motrice (38). Néanmoins, ils n'assurent pas la qualité des images produites et ne mettent pas en évidence les choix individuels quant aux modalités et perspectives d'imagerie.

### 2.4.2.2 Les questionnaires

Les préférences résident dans la facilité à générer une image précise et vivante selon les paramètres proposés. Cette précision est un facteur important du niveau d'amélioration de la performance (46). Elle comprend à la fois la vivacité (clarté et contrôlabilité), la fidélité à la réalité et l'organisation temporelle (isochronie) (40). Cela peut être évalué de différentes manières, notamment au moyen de questionnaires d'auto-évaluation (8). Parmi eux, le *Movement Imagery Questionnaire* (MIQ), largement utilisé il ne différencie pas les stratégies d'imagerie possibles. Le *Movement Imagery Questionnaire-third* (MIQ-3) a alors été développé pour explorer la qualité dans chacune des conditions possibles et distinguer la préférence du sujet. Il évalue la capacité à ressentir ou visualiser mentalement des mouvements simples exécutés physiquement au préalable en se basant sur des instructions spécifiques. Lorsqu'une sous-échelle obtient un score plus élevé que les autres, cela exprime la préférence du participant. Il n'y aurait pas de différence significative entre les femmes et les hommes dans les résultats du MIQ-3. Par contre, l'expérience aurait un impact avec des scores significativement plus élevés chez des athlètes avertis que des sportifs débutants. Il est en revanche d'un commun accord de dire que la vue externe serait plus facile à imaginer qu'une vue interne, quel que soit le niveau d'expertise, contrairement à l'imagerie kinesthésique dont la facilité augmente avec le degré de compétence (46).

Il serait donc préférable d'effectuer les tests objectifs en amont de l'étude, puis l'évaluation de la qualité de l'image en critère de suivi d'un programme d'imagerie motrice.

### **2.4.3 Applications cliniques**

#### **2.4.3.1 Effets de l'imagerie motrice**

L'imagerie motrice va influencer le système nerveux central et provoquer des modifications neuroplastiques (11). A partir de ce principe, elle s'utilise généralement de manière répétée. Ceci aboutit à l'apprentissage de nouvelles compétences motrices et à l'amélioration des performances physiques, que cela concerne le membre dominant ou non, chez des personnes en bonne santé comme des patients souffrant de troubles sensorimoteurs (8–10; 33). Une unique séance de pratique mentale n'est pas suffisante pour percevoir des bénéfices réels au niveau de la force musculaire par exemple. Néanmoins certaines actions, notamment celles de motricité fine (préhension, dessin), peuvent rapidement être perfectionnées en une seule intervention (10).

L'imagerie motrice seule n'est pas aussi bénéfique que la pratique physique, mais elle permet d'obtenir de meilleurs résultats que l'absence d'exercice. L'effet positif de cette technique est d'autant plus important s'il est couplé à la pratique réelle par rapport à l'activité physique seule (9; 10). Cette combinaison permettrait d'améliorer la qualité de l'imagerie (précision), ainsi que la performance réelle (10). Cela optimise les résultats pour la réduction de la douleur, du handicap et de la kinésiophobie, ainsi que pour l'amélioration de l'amplitude articulaire chez les personnes souffrant de troubles musculo-squelettiques chroniques (11; 45). Ceci s'explique par le fait que la pratique physique donne des informations sensorielles que recrute la mémoire de travail pour être au plus proche de l'action lors du mouvement imaginé (10; 43).

Les techniques progressives telles que l'imagerie motrice permettent d'atténuer la transition de la douleur aiguë vers la douleur chronique et sont donc intéressantes à employer dans les premières phases de réadaptation (45).

#### **2.4.3.2 Indications**

L'imagerie motrice est indiquée pour toute articulation étant dans l'impossibilité d'effectuer un mouvement en qualité ou quantité, que ce soit lié à une douleur, une immobilisation ou à une kinésiophobie (38).

Celle-ci est utilisée en rééducation car elle permet de stimuler les aires cérébrales dévolues au mouvement en restant immobile et progressif. La neuroplasticité induite par la pratique mentale et physique est nécessaire à la récupération fonctionnelle de nombreuses pathologies (42). Que l'atteinte soit centrale ou périphérique, les bénéfices apportés par l'imagerie motrice démontrent que son intégration dans les programmes de rééducation est pertinente et prometteuse (37). D'autres secteurs tels que le sport, la musique, l'éducation et la psychologie peuvent également avoir recours à cette technique (9; 38; 39).

La pratique mentale d'abord utilisée dans le domaine sportif, puis en réadaptation, a connu une vive augmentation de son utilisation dans le cadre des troubles musculo-squelettiques, notamment dans le soulagement de la douleur et l'amélioration des amplitudes articulaires (45). Concernant le genou, l'imagerie motrice serait bénéfique dans la récupération motrice et fonctionnelle, qu'elle soit pratiquée en aigu ou en chronique. Elle améliore la force musculaire, la vitesse de montée et descente des escaliers, les amplitudes de mouvement du membre inférieur (44). Au-delà de cela, elle est intéressante à utiliser dans le cas des pathologies chroniques qui impliquent des changements neurophysiologiques entraînant notamment la diminution du seuil de la douleur (sensibilisation centrale) et le renforcement des aspects psycho-sociaux du patient. Ainsi, la rééducation nécessite des techniques progressives effectuées de manière répétitive et avec une intensité suffisante, telles que l'imagerie motrice de mouvements douloureux ou menaçants. La pratique mentale va alors modifier l'organisation corticale, diminuant la douleur et améliorant la fonction (33).

De nombreux articles s'intéressent aux affections douloureuses, notamment chroniques (33; 44; 45). Plus spécifiquement, on retrouve des protocoles d'imagerie motrice agissant sur la douleur, l'amélioration du contrôle moteur ou des amplitudes articulaires (38; 39; 45). Elle est également utilisée dans le cas de patients dont les aspects psycho-sociaux sont altérés car elle n'implique pas de mouvement physique et n'est donc pas censée provoquer une réaction d'anxiété (33).

#### **2.4.3.3 Contre-indications et précautions d'utilisation**

Il ne semble pas y avoir de contre-indication absolue, mais quelques relatives existent. L'imagerie motrice peut provoquer une hyper-confiance en soi, amenant à prendre des risques dans la pratique physique. Il est donc conseillé d'inclure l'exécution physique à l'intervention pour que le sujet se rende compte de sa réelle habileté motrice (38).

#### ***Mouvement douloureux imaginé***

Le fait de débiter un programme d'imagerie motrice par des mouvements douloureux ou non est sujet à débat. C'est le comportement et les croyances du participant vis-à-vis de sa lésion qui déterminera la façon d'agir. Plus le patient est craintif et anxieux, plus l'exercice doit être progressif et peu menaçant, car l'exercice dans la douleur peut la renforcer et la rendre persistante (38; 47). De même, il a été démontré que la simulation d'un échec pouvait détériorer les performances réelles (10), nécessitant une cohérence avec l'habileté réelle du sujet.

#### ***Fatigue mentale***

Il faut également être vigilant à la fatigue mentale créée par l'imagerie car les effets peuvent alors s'inverser. Associée à un manque de rétroaction sensorielle par la pratique physique, elle provoquerait une perturbation de la performance motrice au cours des essais. Un intervalle court et régulier entre pratique réelle et mentale permet l'utilisation des informations sensorielles pour

recalibrer et stabiliser l'isochronie, inhibant les effets négatifs de la fatigue mentale. Cependant, l'exécution physique n'est pas toujours possible, en particulier pour les patients immobilisés. Les séances d'imagerie motrice doivent alors être arrêtées lorsque le patient se sent mentalement fatigué et des périodes de repos fréquentes doivent être intercalées pour éviter l'apparition de cette fatigue. La nature de la tâche semble également influencer la fatigue mentale en fonction de l'effort qu'elle demande (10).

#### 2.4.3.4 Approche PETTLEP

La démarche PETTLEP constitue un modèle spécifique d'amélioration de la capacité individuelle à générer les tâches motrices, augmentant également la confiance en soi et la motivation (47–49). « PETTLEP » correspond à l'abréviation anglo-saxonne de sept facteurs à prendre en compte dans la conception d'un programme d'imagerie : le physique, l'environnement, la tâche, le timing, l'apprentissage, l'émotion et la perspective (Figure 5) (9; 47–49). Ce modèle permet ainsi de fournir des lignes directrices aux praticiens postulant le fait qu'une imagerie la plus proche de la pratique réelle serait susceptible d'être plus efficace (49). Plus la capacité à générer une image motrice similaire à la réalité est importante et meilleurs sont les résultats (48). Une adaptation personnalisée d'un maximum de ses éléments permettrait ainsi d'optimiser le résultat de l'intervention. De même, la pertinence personnelle (donner du sens à la tâche) est un élément primordial et peut être source de mauvais résultats lorsqu'elle n'est pas prise en compte (47). Ainsi, cette approche repose sur le principe de similarité fonctionnelle en recrutant la mémoire liée à la pratique physique (47; 48). Les éléments physiques et environnementaux seraient les plus importants pour générer des tâches imaginées avec une plus grande qualité et facilité (48).

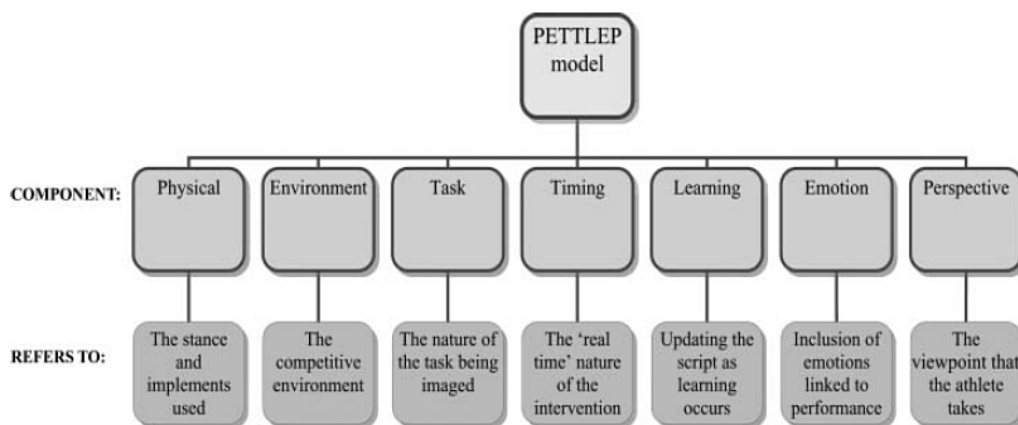


Figure 5 : Les sept éléments du modèle PETTLEP (49).

#### 2.4.3.5 Imagerie motrice et kinésiophobie

Comme expliquée précédemment, l'imagerie motrice constitue une technique thérapeutique progressive pouvant être pertinente dans le cas d'une douleur liée à la présence de facteurs psychosociaux. Parmi eux se trouve la kinésiophobie, prépondérante dans le syndrome fémoro-patellaire.

L'intérêt d'une intervention la réduisant (2.3.4 Implication de la kinésiophobie dans le traitement des pathologies musculo-squelettiques) suggère la pertinence d'utiliser l'imagerie dans ce cas. Or, peu d'études abordent la pratique mentale comme moyen de traitement de la kinésiophobie dans les pathologies liées au genou. En réduisant les facteurs psycho-sociaux et la douleur, ainsi qu'en améliorant le contrôle moteur et les amplitudes articulaires, l'imagerie motrice permettrait une diminution du handicap. Elle majore surtout l'optimisation de la participation du patient atteint de douleurs musculo-squelettiques à la rééducation et à ses activités de vie quotidienne (11; 45). Ainsi, les techniques de neuroplasticité telles que l'imagerie motrice devraient intégrer les protocoles de rééducation des sujets souffrant d'affections musculo-squelettiques chroniques liés aux facteurs psycho-sociaux (11; 33). De même, elle pourrait également permettre d'enrayer le cercle vicieux de chronicisation de la douleur.

### **3. Justification d'étude**

Le syndrome fémoro-patellaire, pathologie fréquente dans la population générale, se caractérise par une douleur antérieure rétro ou péri-patellaire majoritairement retrouvée chez les 12-19 ans. La gestion thérapeutique principalement constituée de la thérapie par l'exercice du genou et de la hanche permet une évolution favorable à court et moyen terme, voire à long terme si le patient fait perdurer les effets par auto-rééducation. Cependant, le pronostic de cette pathologie est insatisfaisant avec un taux de récurrence et de chronicisation important (16).

L'ensemble des signes physiques et psychologiques entraînent un arrêt de l'activité sportive imposé par le médecin traitant ou par le patient lui-même. La kinésiophobie va ainsi avoir un rôle important dans l'interruption de la pratique sportive et dans la pérennisation des symptômes. Pour autant, il existe peu d'études concernant les interventions agissant sur la kinésiophobie dans le cas de cette pathologie. De Oliveira Silva et al. indiquent même qu'il n'existe aucun essai intervenant spécifiquement sur la kinésiophobie chez les personnes atteintes d'un syndrome fémoro-patellaire (5).

L'imagerie motrice permet de stimuler les aires corticales correspondant au mouvement réel sans provoquer de contraintes biomécaniques sur l'articulation, et donc sans reproduire les symptômes appréhendés (33). Ainsi, de par sa méthode progressive et répétitive, elle permettrait d'agir sur la kinésiophobie, de réintégrer des mouvements et activités dans la vie quotidienne, puis de reprendre le sport.

Le protocole qui suit compare le traitement du syndrome fémoro-patellaire dans un groupe contrôle sans imagerie motrice et un groupe expérimental avec imagerie motrice. Le but de cette étude est de déterminer si cette technique peut optimiser le retour au sport de patients atteints de cette pathologie et d'éviter la chronicisation des symptômes. Une diminution du score à l'échelle

d'évaluation de la kinésiophobie TAMPA supérieure dans le groupe contenant l'intervention d'imagerie motrice par rapport au groupe contrôle est attendue.

## 4. Méthode

### 4.1 Conception du protocole

Ce protocole de recherche constitue une étude interventionnelle prospective contrôlée et randomisée. Les participants sont répartis dans deux groupes (contrôle et expérimental) suivis en parallèle. La randomisation des sujets inclus va permettre de les attribuer aléatoirement dans chacun des groupes. Celle-ci est effectuée par le Data Manager de l'équipe d'étude en respectant l'anonymat des participants (assignation secrète). Les deux groupes participeront à une thérapie physique. Le groupe expérimental aura également une intervention d'imagerie motrice, tandis que le groupe contrôle effectuera un programme de neurostimulation électrique transcutanée (TENS) (Figure 6). Il n'est pas communiqué aux sujets l'existence de groupes ayant des procédures différentes. Les investigateurs, eux, ne pourront pas être en aveugle. Il est demandé à tous les participants de ne pas modifier leur mode de vie habituel durant le programme. Les deux groupes sont similaires au départ en ce qui concerne l'âge, le sexe, le mécanisme de la blessure et les scores à la *TAMPA Scale of Kinesiophobia*, au *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS) et à la *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS).

Le critère d'évaluation principal étudié est la kinésiophobie dont le critère de jugement est l'échelle de kinésiophobie TAMPA. La fonction et la douleur auto-déclarées sont également évaluées de manière secondaire, respectivement grâce au questionnaire LEFS et l'échelle NPRS. La proportion de participants reprenant le sport est aussi investiguée. Ce protocole est construit dans un mode test-retest. Les critères de jugement étudiés sont ainsi évalués avant et après le programme (entre 0 et 6 mois) en vue d'être comparés pour conclure sur les effets des interventions fournies. Nous veillerons à la qualité de l'image motrice générée par les participants du groupe expérimental tout au long du programme. L'analyse des résultats se concentre sur la différence intragroupe et intergroupe des effets.

La semaine précédant le début des interventions, un premier entretien a lieu pour rencontrer les participants recrutés. Ceux-ci ont déjà donné leur consentement et ont préalablement été randomisés. Cette entrevue permet de leur redonner toutes les informations nécessaires et répondre à leurs questions. Pour le groupe expérimental, une courte séance d'imagerie motrice recrutant le membre supérieur va servir de test pour les interventions à venir. Celle-ci ne s'applique pas sur le membre inférieur pour limiter son incidence et éviter d'éventuels biais. Le test effectué est le *Movement Imagery Questionnaire-third* (MIQ-3). Cette séance a pour but d'identifier les préférences individuelles de chacun grâce au test et permettre une première approche chez des

participants novices dans cette technique, pour que les interventions suivantes se déroulent au mieux.

L'étude a lieu en France, dans la ville de Nantes, au sein d'un laboratoire d'étude choisi pour son espace et pour sa localisation géographique. Les sujets s'y rendront par leur propre moyen. Les participants sélectionnés devront être situés dans un rayon de 10 kilomètres du lieu d'étude. La proximité est un aspect important du protocole car ils devront se déplacer 2 fois par jour 3 fois dans la semaine, ce qui peut être temporellement conséquent et peut nuire à l'adhésion au protocole. Le matériel nécessaire est apporté sur le lieu par l'équipe d'étude.

Un tableau récapitulatif est disponible en annexe pour clarifier la conception générale de l'étude (*Annexe 3*).

Cette étude suit les directives PEDRO (*Physiotherapy Evidence Database Scale*) et SPIRIT (*Standard Protocol Items : Recommendations for Interventional Trials*).

L'équipe d'étude déclare ne pas avoir de conflit d'intérêt. Le matériel utilisé dont les modèles sont précisés sert d'indication, aucune relation de financement ou publicitaire n'a été mise en place avec les marques correspondantes.

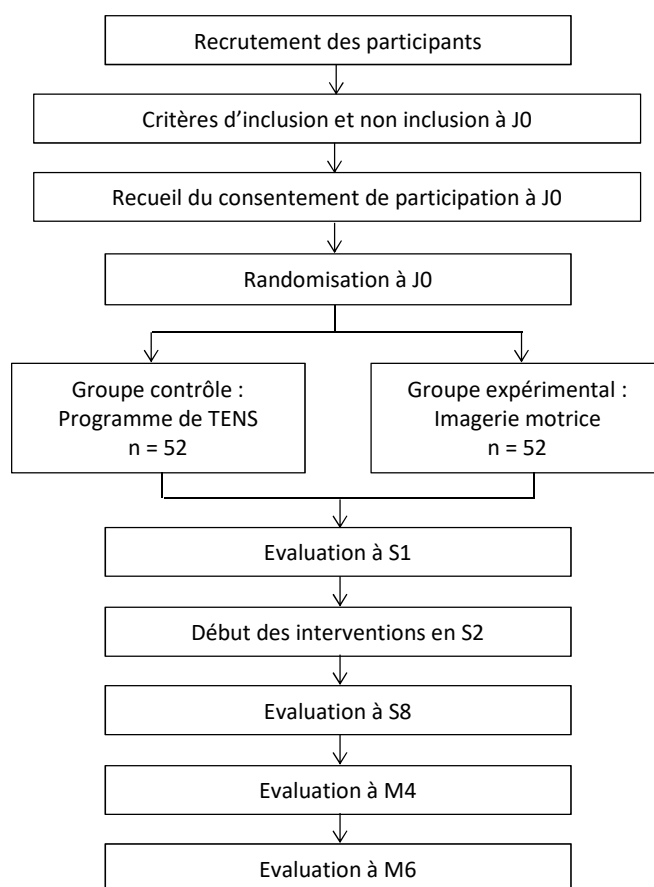


Figure 6 : Diagramme de flux de la conception d'étude.

## 4.2 Cadre éthique, administratif et réglementaire

La recherche clinique impliquant des êtres humains en France est encadrée par la Loi Jardé ou loi n°2012-300 du 5 mars 2012 relative aux recherches impliquant la personne humaine. Ainsi, d'après l'article L1121-1 du code de la santé publique, cette étude interventionnelle appartient à la catégorie 2, comportant des risques et des contraintes minimales pour les participants. Ce type de recherche doit être porté par un promoteur, consistant en une personne physique ou morale responsable de celle-ci, qui en assure la gestion, le respect des bonnes pratiques et le financement prévu. La ou les personnes dirigeant et surveillant la réalisation de l'étude sont appelées investigateurs. De même, certains prérequis sont nécessaires à la mise en place de l'étude : (50)

- Avoir obtenu l'avis favorable d'un Comité de Protection des Personnes (CPP) avant d'inclure le premier patient.
- Recevoir une autorisation de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) relative au traitement de données à caractère personnel des participants.
- L'obligation d'information individuelle des participants à propos des détails de la procédure et le droit de refuser de participer et de retirer son consentement à tout moment (en amont, pendant et après l'étude).
- Un formulaire de consentement (accord de participation) écrit éclairé est signé par chacun des sujets en amont de sa participation et recueilli par l'investigateur.
- Avoir une assurance.

Concernant la transmission de l'information, elle est orale et écrite via une brochure. Les investigateurs sont à disposition des sujets tout au long de l'étude afin de répondre à leurs éventuelles questions. Le recueil du consentement est écrit. En cas de refus de continuer sa participation, le patient doit en informer l'investigateur. Ce dernier s'engage à le traiter selon les recommandations actuelles, sans nuire à la qualité des soins éventuels ultérieurs qu'il recevra. Si des données personnelles ont déjà été recueillies, elles peuvent être traitées sauf si le sujet s'y oppose.

Une spécificité de ce protocole concerne la participation de personnes mineures. La présente étude a pris en compte le degré de maturité des jeunes participants à tout moment de celle-ci et s'est adaptée à leur capacité de compréhension. L'information a été fournie au mineur ainsi qu'aux titulaires de l'autorité parentale. De la même manière, pour un mineur non émancipé le consentement est donné par les représentants légaux, mais nous nous sommes assurés à chaque fois de recueillir également le consentement de l'adolescent. Pour tout sujet devenu majeur au cours de l'étude, il doit confirmer son accord pour poursuivre sa participation au protocole (50).

Concernant la confidentialité, la base de données recueillies est anonyme et conservée de manière informatique en respectant les recommandations du CNIL et les règles de protection des données

pendant 30 ans (51). Toutes les données exploitées sont anonymisées. En effet, les patients se verront attribuer un numéro d'identification basé sur leurs initiales et sur l'ordre d'inclusion à l'étude. Le promoteur de l'étude utilise un formulaire de rapport de cas (*Case Report Form* ou CRF) afin de collecter l'ensemble des données auprès de chaque participant. La génération du numéro d'identification est ainsi effectuée par un logiciel de gestion électronique des rapports de cas (eCRF). Un dossier est créé pour chaque participant afin de regrouper toutes les informations personnelles le concernant, mais aussi les données recueillies lors du protocole (mesures nécessaires à la reproductibilité des exercices, résultats des évaluations, vidéos des participants, remarques). Ces données ne sont transmises qu'aux investigateurs qui en ont besoin et devront être maintenues confidentielles, en respectant le cadre du secret professionnel. En cas d'inspection, l'investigateur principal se doit de fournir l'accès aux données aux autorités en vigueur.

### 4.3 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude vise à évaluer le bénéfice de l'imagerie motrice sur la kinésiophobie chez des patients souffrant de douleur antérieure du genou par rapport à une intervention placebo.

Les objectifs secondaires sont au nombre de trois. Cette étude cherche à mesurer l'impact de la diminution de la kinésiophobie liée à l'imagerie motrice sur la fonction et la douleur auto-déclarées, ainsi que sur la proportion de sujets reprenant le sport. Elle tente également d'évaluer l'impact de la diminution de la kinésiophobie liée à l'imagerie motrice sur la chronicisation de la douleur. Enfin, elle s'intéresse à comparer le taux de reprise du sport en suivant ce programme à d'autres études concernant le même contexte.

### 4.4 Critères de jugement et indicateur de suivi

#### 4.4.1 Critère de jugement principal

- La Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK)

C'est un questionnaire d'auto-évaluation de la peur liée au mouvement (*Annexe 4*) s'organisant en 17 items. Pour chaque proposition, le patient doit répondre à une échelle de Likert en 4 points allant de 1 "fortement en désaccord" à 4 "fortement d'accord". Ainsi, le score va de 17 à 68 points, où 17 désigne l'absence de kinésiophobie et 68 une peur du mouvement maximale. Un résultat supérieur ou égal à 37 signifie la présence d'une kinésiophobie (32; 34–36). L'âge et le sexe ne semblent pas faire varier les résultats (34).

#### 4.4.2 Critères de jugement secondaires

- Le Lower Extremity Functional Scale (LEFS)

C'est un questionnaire d'auto-évaluation de la capacité fonctionnelle des membres inférieurs (*Annexe 5*). L'échelle est constituée de 20 items évaluant le niveau de difficulté des tâches fonctionnelles énoncées de 0 (difficulté extrême) à 4 (aucune difficulté), donnant un score maximum de 80 points. Plus le score est élevé et meilleure est la fonction (52–54).

- La Numeric Pain Rating Scale (NPRS)

L'intensité de la douleur ressentie se mesure principalement selon 2 outils : l'échelle visuelle analogique (EVA) et l'échelle numérique d'évaluation de la douleur. La *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS) correspond à une version numérique segmentée de l'EVA. Elle est choisie ici en raison de sa compréhensibilité et de sa facilité d'utilisation vis-à-vis de l'EVA, notamment avec la possibilité d'opérer verbalement. Cette échelle contient 11 points auxquels le participant attribue un chiffre reflétant l'intensité de la douleur ressentie, où 0 correspond à l'absence de douleur et 10 à la pire douleur imaginable. Il est généralement demandé au sujet d'identifier l'intensité présente lors des 24 dernières heures ou de faire une moyenne. Dans ce protocole la douleur est questionnée pour les 24 dernières heures, de manière orale. Son avantage réside dans sa brièveté, sa facilité d'utilisation et l'absence de matériel nécessaire (55).

- La proportion de sujets reprenant le sport

Il s'agit de déterminer le pourcentage de participants reprenant leur activité sportive pratiquée auparavant, sans notion de performance (phase de retour au sport) (26). Il y a trois mesures réévaluées en fonction du temps : une globale sur l'ensemble de la population et une dans chacun des groupes.

#### 4.4.3 Indicateur de suivi

Le *Movement Imagery Questionnaire-third* (MIQ-3) est un questionnaire d'auto-évaluation de la capacité d'imagerie motrice composé de 3 sous-échelles évaluant respectivement l'imagerie visuelle interne, visuelle externe et kinesthésique. Il ne constitue pas un critère de jugement comme les autres car il n'est pas lié spécifiquement à un objectif dans ce programme et il ne concerne que le groupe expérimental. Le MIQ-3 va permettre de suivre tout au long de l'étude la capacité des participants à générer des images motrices de qualité, pour s'assurer qu'une dégradation de celle-ci n'affecte pas les résultats (46). Il permettra également de réévaluer les préférences du sujet pouvant évoluer dans le temps (9). Quatre mouvements simples du membre supérieur sont exécutés physiquement, puis imaginés trois fois pour chaque modalité, donnant un total de 12 items. Le sujet évalue la difficulté à générer des images à l'aide d'une échelle allant de 1 (très difficile à voir/sentir) à 7 (très facile à voir/sentir) (46).

## 4.5 Population cible

### 4.5.1 Evaluation de la taille d'échantillon

Dans le cadre d'une étude interventionnelle, il est impératif de calculer le nombre de sujets représentant un échantillon suffisamment important pour garantir la puissance statistique des résultats et déterminer l'intérêt significatif du protocole (43). Cette estimation a été calculée à partir du logiciel BiostaTGV pour comparer deux moyennes. Celle-ci s'appuie sur différents paramètres issus de la littérature étudiant la kinésiophobie et le syndrome fémoro-patellaire.

Ainsi, quatre études ont mentionné les résultats obtenus à la *TAMPA Scale of Kinesiophobia* chez des patients ayant un syndrome fémoro-patellaire. Domenech et al. ont obtenu un résultat de 45,2 avec un écart type de 6,1 pour une population de 47 participants, Priore et al. un score de 45,6 avec un écart-type de 6,9 chez 97 participants, De Oliveira Silva et al. une moyenne de 36,38 avec un écart-type de 6,53 dans un échantillon de 40 personnes et Maclachlan et al. 38 avec un écart-type de 8 chez 150 sujets (4–7). Nous avons donc établi une moyenne pondérée par la population de ces quatre études pour obtenir un score moyen de 41,03/68 au questionnaire TAMPA et un écart-type moyen de 7,24. Ce chiffre de 41,03 représente la moyenne théorique du groupe témoin sur lequel va se baser la suite du calcul. La différence attendue pour que l'intervention soit significative correspond à la différence minimale cliniquement importante (MCID) du questionnaire TAMPA, c'est-à-dire une réduction de 4 points (37,03/68).

Le test mené en bilatéral avec un risque alpha à 0,05 et une puissance 1-bêta à 0,8 par le logiciel a déterminé que l'échantillon doit comprendre 104 sujets, avec une répartition de 52 participants par groupe.

### 4.5.2 Participants

#### 4.5.2.1 Critères d'inclusion

L'étude rassemble 104 sujets volontaires répartis en 2 groupes. Ces participants ont entre 12 et 19 ans inclus, âge à partir duquel l'imagerie motrice est possible et où le syndrome fémoro-patellaire est prépondérant (16; 40; 42). La littérature ne montre pas de différences quant à la nature des symptômes et à la capacité d'imagerie motrice selon le sexe (9; 41), aucune distinction n'est donc faite à ce niveau. Ce sont des hommes et des femmes ayant un syndrome fémoro-patellaire diagnostiqué et ayant de ce fait arrêté leur sport. Le seuil temporel pour qu'une douleur devienne chronique étant de trois mois, les symptômes doivent être présents depuis un mois maximum (phase aiguë). D'autant plus que les réponses psychologiques sont généralement les plus fortes immédiatement après une blessure sportive et diminuent pendant le processus de rééducation (24). En outre, la kinésiophobie ayant un rôle dans la chronicisation de la douleur, il est pertinent d'agir en amont pour éviter cette transition fréquente dans le syndrome fémoro-patellaire. Ces

individus initialement actifs pratiquaient 2 heures ou plus de sport (hors enseignement scolaire) par semaine. Le lieu de résidence, de travail ou de scolarisation des participants se trouve dans un rayon de 10 kilomètres du lieu d'étude. Leur résultat à l'échelle TAMPA doit être supérieur ou égal à 37 points. De même les tests objectifs de chronométrie mentale auront été validés au préalable, permettant l'accès des sujets au programme d'imagerie motrice.

#### **4.5.2.2 Critères de non inclusion**

En revanche, toute personne ayant au moins l'un des critères suivants n'a pas été incluse dans cette étude : refus de participation, présence de troubles cognitifs, participation à un essai interventionnel ou à un programme concernant cette pathologie en parallèle de ce protocole, antécédents de pathologie ou chirurgie du genou ou autres comorbidités.

#### **4.5.2.3 Recrutement**

Le recrutement des sujets est effectué sur le terrain, dans l'agglomération nantaise. Après avoir sélectionné le laboratoire dans lequel seront effectuées les interventions, l'équipe d'étude contactera tous les cabinets libéraux de médecins et kinésithérapeutes dans un rayon de 10 kilomètres. Ces cabinets seront chargés de transmettre l'information à leurs patients potentiellement éligibles et de leur proposer de participer. Une brochure leur sera fournie pour compléter les informations orales. Les volontaires rempliront un dossier contenant des informations personnelles relatives aux critères d'éligibilité fourni au promoteur par courrier électronique sécurisé. Le promoteur vérifiera les critères d'inclusion et non inclusion pour sélectionner les participants. Par la suite, il leur envoie un formulaire de consentement à remplir, à signer et à lui retourner, signifiant leur inclusion dans l'étude.

### **4.6 Calendrier d'étude**

Les protocoles concernant le syndrome fémoro-patellaire durent généralement 4 à 8 semaines (53; 54). Les interventions présentées dans ce protocole s'étendent ainsi sur 6 semaines. La durée totale de l'étude est en revanche de 6 mois. En effet, une première semaine concerne toutes les évaluations préalables aux interventions pour obtenir une base de données initiale et préparer le participant à l'étude. Par la suite, les interventions se profilent sur 6 semaines et des évaluations post-intervention s'effectuent la semaine qui suit, 4 et 6 mois après le début du protocole. L'analyse des données et la formulation des résultats nécessiteront ensuite un temps qui n'est pas compris dans cette durée totale.

Des protocoles existants indiquent une fréquence de 3 séances de pratique physique par semaine (53; 54). Ce même rythme est donc mis en place dans cette étude, en espaçant les sessions de 24 à 48 heures. Cette cadence permet une récupération suffisante entre les séances. La seconde intervention, propre à chaque groupe, suit ce même principe et se déroule les mêmes jours que les

séquences d'exercices de rééducation. Wakefield et al. recommandent en effet un minimum de 3 séances par semaine en imagerie motrice PETTLEP pour optimiser les effets (49). Ainsi, les sujets participent à 3 sessions physiques et 3 interventions spécifiques réparties sur 3 jours par semaine. Ils effectuent alors un total de 18 séances physiques et 18 spécifiques, soit 36 créneaux horaires dédiés au protocole dans les 6 semaines. Les sessions physiques et spécifiques durent globalement 30 minutes. Ceci implique une durée de 3 heures d'intervention par semaine, 18 heures durant tout le programme. Au-delà de cela, trois temps sont consacrés à l'évaluation et sont établis dès le début de l'étude. Les évaluations post-intervention durent 15 minutes chacune.

#### **4.7 Procédure des interventions**

Les deux groupes effectuent une thérapie physique constituée d'exercices de rééducation basés sur les recommandations actuelles et une intervention spécifique à leur groupe. Les différentes activités sont toujours exécutées dans le même ordre.

La consommation d'eau est autorisée pendant l'intervention mais seulement entre les exercices et les séries. La température ambiante est maintenue entre 18 et 21°C. Un fond sonore musical est permis lors de la pratique physique mais pas lors des interventions spécifiques. Ceci permet une standardisation des conditions environnementales de pratique.

##### **4.7.1 La thérapie physique**

Il semblerait que la pratique physique induise des bénéfices similaires qu'elle soit effectuée le matin ou le soir. Des adaptations de la performance plus importantes se produisent lorsque l'exercice est effectué à la même heure que l'entraînement habituel (56). C'est pourquoi, les séances de pratique physique sont réalisées toujours au même créneau horaire. Celui-ci s'effectue le matin afin de permettre l'intervention spécifique de chaque groupe à distance dans la même journée, l'après-midi.

Les participants sont libres dans le choix de la tenue mais ne doivent pas porter de vêtements amples, afin que le praticien puisse observer la position des différents segments durant toute la durée des mouvements. Cela lui permet d'observer si une correction ou un rappel des consignes est nécessaire.

##### **4.7.1.1 Phase préparatoire**

Cette phase ne doit pas comprendre de mouvements importants du fait de la kinésiophobie des participants. Elle sert à mettre en condition le corps en sollicitant les muscles qui travailleront par la suite. Cela induit des changements métaboliques permettant de préparer le participant à un exercice physique ultérieur et d'améliorer la performance de celui-ci (57). Pour autant, il ne doit pas être trop intense pour ne pas fatiguer le sujet. De même, il permet de préparer mentalement le

patient à la séance (57). Ceci est important à prendre en compte pour des patients dont le mouvement et l'activité physique constituent un frein à la rééducation. Cela permet de mettre en confiance le participant. Ainsi, cette préparation consiste à effectuer 5 minutes de marche sur tapis à une vitesse de 5km/h. La marche est une activité où la flexion de genou n'est pas importante et les contraintes fémoro-patellaires correspondent à la moitié du poids du corps (14; 15). Une marche relativement rapide constitue une activité assez soutenue pour préparer l'effort en prenant en compte la kinésiophobie des participants. Cela nous semble donc le moyen le plus pertinent pour cette phase. Cette première période d'activité reste inchangée durant tout le protocole.

#### **4.7.1.2 Les exercices de rééducation**

Les exercices de rééducation correspondent à du renforcement musculaire. D'après les recommandations actuelles, il concerne le membre inférieur et doit se concentrer sur le genou et la hanche avec une sollicitation majorée du quadriceps, du moyen et du grand fessiers. Les exercices de mise en charge sont efficaces à court, moyen et long terme pour réduire la douleur et améliorer la fonction (21). De plus, cette pathologie généralement le résultat d'une surcharge nécessite un retour à l'activité progressif (2; 5; 17; 23), en respectant la relation contrainte-capacité décrite précédemment (2.2.7 Arrêt de l'activité sportive, conséquences et retour au sport). Ainsi, le protocole s'organise en trois phases :

1. Un renforcement des muscles cibles en décharge.
2. Un renforcement des muscles cibles par remise en charge.
3. Un renforcement des muscles cibles par mise en charge plus importante.

Chaque phase dure deux semaines et contient deux exercices avec un nombre de répétitions précis et standardisé, devant être effectués sur les deux membres inférieurs. Pour éviter la lassitude et garder le principe de mise en charge progressive, la seconde semaine de chaque phase introduit une évolution dans la charge ou la résistance de chaque exercice.

Le programme limite le nombre d'exercices par phase à deux pour différentes raisons. Tout d'abord, la phase préparatoire suivie du renforcement musculaire ont une durée globale d'environ 30 minutes, soit le temps d'une séance de rééducation en cabinet libéral. En cas de résultats positifs, ce protocole pourrait donc être mis en place en pratique clinique libérale. De plus, le mouvement étant appréhendé par la population cible, chaque nouvelle situation impliquant une mobilité active provoque une certaine peur et réticence. Ainsi, la limitation à deux exercices permet d'installer une routine, avec une exposition progressive et répétée à ces nouveaux mouvements (31). Cette restriction permet également d'assurer la bonne exécution du patient avec une mémorisation des instructions et des sensations ressenties lors de l'exécution.

Lors de la première séance de chaque étape, le praticien fait une démonstration du mouvement à effectuer et donne des instructions verbales détaillées. Les participants effectuent un essai de

pratique pour s'assurer de la bonne compréhension des consignes et de la tâche à effectuer. Un rappel des instructions et des encouragements verbaux standardisés sont effectués de manière constante durant les exercices.

Tous les exercices sont exécutés pieds nus pour ne pas impliquer le chaussage (modification de la structure, fonction, cinétique et cinématique du pied) (58) et optimiser les informations sensorielles du complexe pied-cheville. De même, les participants exécuteront chaque exercice devant un miroir pour contrôler le mouvement, éviter les compensations telles que le valgus dynamique éventuel et se corriger instantanément (bio-feed-back) (59). L'investigateur surveille et peut donner des indications lorsqu'il observe un mouvement réalisé incorrectement.

Une variation de vitesse de mouvement influe directement sur la tension des éléments du genou (muscles, tendons et ligaments) et les contraintes biomécaniques qui s'y appliquent (60; 61). Un métronome est donc utilisé à un rythme de 60 battements par minute (1 par seconde) afin de normaliser la vitesse des répétitions. Les phases concentriques et excentriques de chaque exercice doivent durer 2 secondes, sauf pour les sauts, où les sujets se stabilisent pendant 3 secondes à la réception (62).

De même, l'amplitude a un impact sur les structures de l'articulation. Les exercices en charge devraient être effectués dans une amplitude comprise entre 0° et 45° de flexion en début de prise en charge. Ceci s'explique par le fait que cette zone de mouvement est moins contraignante pour l'articulation en charge qu'à des niveaux plus élevés de flexion (21). En décharge, c'est l'inverse, les contraintes sont majeures dans cette amplitude. Tous les exercices en charge sont donc effectués entre 0 et 45° de flexion de genou.

Les exercices proposés et le nombre de répétitions s'inspirent de protocoles existants, notamment ceux de Fukuda et al. (53), Baldon et al. (54), et Esculier (22). Or, ceux-ci ont été conçus dans le cadre de la résolution des symptômes physiques relatifs au syndrome fémoro-patellaire, notamment la douleur et la fonction, mais pas la kinésiophobie. Ces tâches étant utilisées également en imagerie motrice, la détermination du choix des exercices s'est orientée vers ceux demandant un mouvement court et simple (9). De par le caractère kinésiophobe des participants, le nombre de répétitions le plus bas de ces programmes a été choisi, c'est-à-dire 3 séries de 10 répétitions pour chacun des exercices. Chaque série est entrecoupée d'une période de repos d'une minute où le patient effectue quelques pas et les exercices sont séparés de 2 minutes de pause. Le changement de membre sollicité s'effectue tous les 10 mouvements, de manière à alterner à chaque série, afin d'éviter la surcharge et l'apparition d'une douleur.

Le participant ne doit pas nécessiter d'aide extérieure pour qu'une répétition soit validée. Par exemple, une répétition accompagnée d'une perte d'équilibre imposant au sujet de poser le pied au

sol ne sera pas comptabilisée. Tout mouvement effectué qui ne respecte pas les instructions données sera corrigé verbalement par l'investigateur mais ne sera pas pris en compte.

Les mouvements ne se basent que sur un nombre de répétitions standardisé pour tous les participants, sans notion d'utilisation d'un pourcentage de résistance maximale (RM). La 1RM correspond à la charge maximale que le sujet peut soulever/pousser dans une seule répétition, dans une amplitude articulaire complète sans compensation (63), et dans ce cas sans douleur. Or, dans cette étude, le calcul de la 1RM peut être erroné par la kinésiophobie qui va la limiter. Nous avons donc fait le choix de ne pas la prendre en compte dans ce protocole. Ainsi, c'est le poids du corps qui est utilisé, correspondant par définition à une charge adaptée à chaque participant.

Un tableau récapitulatif des exercices de rééducation proposés lors de l'intervention de thérapie physique est disponible en annexe pour illustrer ce protocole (*Annexe 6*).

### ***Phase 1 de décharge***

La phase de décharge implique le renforcement des muscles clés dans le traitement du syndrome fémoro-patellaire et permet surtout l'adhésion du patient kinésiophobe. En effet, les mouvements effectués sont de faible amplitude au niveau du genou et imposent peu de contraintes sur celui-ci tout en gardant une très bonne activation musculaire au niveau des fessiers (62). Les exercices de cette phase consistent en l'exécution d'un pont pelvien et d'une abduction de hanche en latéro-cubitus au niveau de chaque membre inférieur.

Pour le pont pelvien (ou *glute bridge*), le participant est en décubitus dorsal (allongé sur le dos), les genoux fléchis à 90°, les pieds écartés de la largeur du bassin (distance entre les deux épines iliaques antéro-supérieures) et les bras posés sur le sol le long du corps. Il s'agit alors de lever le bassin le plus haut possible, de manière à ce que le tronc et les cuisses soient dans le même axe. Le pelvis doit rester au même niveau à chaque répétition et le participant doit se concentrer sur la contraction de ses fessiers. La première semaine s'effectue sans résistance, puis la deuxième semaine intègre l'utilisation d'une bande élastique placée juste au-dessus des condyles fémoraux contre laquelle le sujet doit résister.

L'abduction de hanche (ou *hip abduction*) en latéro-cubitus consiste à positionner le sujet sur le côté. Le participant doit avoir le corps le plus rectiligne possible, avec un alignement du tronc et des membres inférieurs (hanche en position neutre). Le membre inférieur du côté du sol reste immobile en extension de genou durant tout le mouvement en poussant contre le sol pour maintenir l'équilibre. Le sujet doit alors effectuer une abduction du membre controlatéral libre, en le soulevant, genou tendu et en poussant légèrement vers l'arrière, tout en maintenant son bassin. L'appui des membres supérieurs est autorisé du bout des doigts pour maintenir l'équilibre, afin d'optimiser la concentration du patient sur ses fessiers et son genou tendu. L'amplitude de mouvement n'est pas limitée, le sujet s'arrête lorsqu'il ne peut pas aller au-delà sans compensation.

Les répétitions s'effectuent toutes dans la même amplitude. La première semaine s'effectue avec la pesanteur comme seule résistance, puis un poids de 0,5 kilogramme est ajouté la deuxième semaine autour de la cheville.

### ***Phase 2 de remise en charge***

Le travail de renforcement des muscles clés se poursuit en seconde phase en ajoutant de la charge sur l'articulation fémoro-patellaire. Les exercices à effectuer sont le squat bipodal et la fente avant.

Un squat correspond à la flexion coordonnée des deux membres inférieurs, communément appelé un accroupissement. C'est un exercice poly-articulaire sollicitant principalement le quadriceps et les fessiers. D'après une précédente étude, il est recommandé d'effectuer un squat selon certains critères établis. Parmi ceux-ci on retrouve le maintien des pieds à plat sur le sol lors du mouvement et une orientation des orteils vers l'avant ou légèrement vers l'extérieur, de 10° maximum, pour éviter le genu-valgum. Les pieds sont écartés de la largeur du bassin et les genoux doivent suivre les orteils tout au long du mouvement de squat sans déplacement dans le plan frontal (64). Des repères au sol permettent la reproduction dans les mêmes conditions de chaque répétition. Ainsi, quatre traits (longueur des pieds) et deux lignes sont indiqués au sol afin de replacer les appuis avec la même largeur et dans le même angle de 10° vers l'extérieur. Le déplacement du centre de gravité favorise le recrutement de certains groupes musculaires selon sa position. Il est recommandé que le genou ne dépasse pas les orteils, évitant ainsi le déplacement du centre de masse en avant de la base d'appui. Le tibia est alors plus vertical, réduisant les contraintes articulaires au niveau du genou. Cela favorise ainsi l'activation des muscles extenseurs de hanche (65). La position du dos et des membres supérieurs est libre selon les caractéristiques individuelles des participants (morphologie, préférences) pour éviter des contraintes rachidiennes. Le mouvement consiste ensuite à la flexion des genoux en prenant appui sur les talons, en gardant le dos droit et les abdominaux engagés. La consigne à donner au patient est de s'asseoir dans le vide. La hauteur à laquelle le sujet doit s'arrêter, correspondant à 45° de flexion, dépend de la taille de l'individu. Chacun des participants doit donc effectuer un premier mouvement dans lequel est mesurée cette hauteur avant de débiter les séries. Cette mesure est effectuée pieds nus, dans les mêmes conditions que l'exercice. Un repère physique et sensoriel est utilisé pour que le patient s'arrête à cette amplitude. Pour cela, une table de traitement est réglée à la hauteur déterminée. Le patient ne doit pas s'asseoir dessus ni prendre appui pour avoir de l'élan, il remonte à partir du moment où il touche le support. De plus, ce repère favorise la confiance du participant ayant moins peur de la chute en arrière et cela implique le déplacement postérieur du centre de masse comme demandé, mais de manière implicite. Les variations de difficulté pour un squat se situent généralement dans la modification de l'écart ou l'angle de placement des pieds et la charge supplémentaire (64). L'ajout d'une charge lors du squat diminue significativement l'amplitude de mouvement thoracique et lombaire et améliorerait la stabilisation du bas du dos. C'est pourquoi, la progression dans la

résistance en deuxième semaine régnera dans l'augmentation de la charge. Il faut cependant être vigilant à la charge supplémentaire appliquée et être raisonnable dans la progression pour ne pas conduire à un stress indésirable sur d'autres structures musculo-squelettiques (64). Cette augmentation est donc équivalente à 5% du poids du corps du sujet par l'application d'une ceinture de plomb, facile à mettre en place au niveau du bassin, permettant de laisser le dos et les membres supérieurs libres.

La fente avant (ou *forward lunge*) implique une station debout du sujet, avec les pieds l'un devant l'autre sur deux lignes parallèles écartées de la largeur du bassin. La distance entre les membres inférieurs correspond à la longueur maximale de foulée possible chez le participant. Dans la position la plus basse de la fente, le genou en avant ne doit pas dépasser les orteils (21). Une marque au sol est faite devant chaque pied pour garder les mêmes conditions durant la totalité des répétitions. Les membres supérieurs sont libres pour maintenir l'équilibre. Le mouvement consiste alors à déporter le poids du corps sur le membre inférieur qui est en avant en maintenant le genou dans l'axe du pied, toujours dans le but d'éviter le valgus dynamique. Les fentes sont exécutées dans un plan sagittal, sans foulée, ce qui signifie que les pieds sont immobiles durant tout le mouvement. Cependant, le talon postérieur est autorisé à décoller lors du mouvement mais le pied doit être tout le temps au contact du sol. Le dos doit être maintenu à la verticale, à l'aller comme au retour. La charge appliquée sur le membre antérieur est positivement corrélée à l'amplitude de flexion du genou. De la même manière que pour le squat bipodal, un repère permet au patient de savoir à quel moment arrêter la phase excentrique pour ensuite revenir en position initiale. Pour cela, la hauteur entre le sol et le fessier du participant, correspondant à 45° de flexion, est mesurée lors d'un premier essai ne comptant pas comme une répétition. Un tabouret est placé du côté du membre inférieur qui est en avant, sous le fessier homolatéral, à la hauteur préalablement enregistrée. En seconde semaine, la même procédure s'effectue pour une limite à 60° de flexion.

### ***Phase 3 de mise en charge importante***

La troisième et dernière phase correspond à des exercices plus fonctionnels et plus contraignants pour le genou. Le squat unipodal et le saut depuis une marche sont alors introduits.

Un squat unipodal (ou *single leg squat*), correspond à la flexion du membre inférieur sur lequel le patient est en charge. Il faudra être particulièrement vigilant aux compensations observables, majeures dans cet exercice, pour avoir un mouvement de qualité et réduire les contraintes. En effet, il met en évidence l'éventuel valgus dynamique, une bascule du bassin ou des mouvements du tronc (59). La position et le mouvement sont globalement similaires au squat bipodal. Le genou ne doit pas dépasser les orteils ni rentrer en dedans du pied en appui. Le pied libre est situé en arrière du centre de masse. Les membres supérieurs et le dos sont quant à eux libres pour maintenir l'équilibre. Un léger appui du bout des doigts peut être autorisé lorsque l'équilibre ne permet pas

l'exécution d'un mouvement de qualité. Les sollicitations sont plus importantes qu'un squat bipodal car tout le poids du corps se situe sur un seul membre, ce qui peut impressionner un patient kinésiophobe. Le discours employé aura donc d'autant plus d'importance pour rassurer le sujet. Quant à la progression, il s'agit d'ajouter une charge supplémentaire équivalente à 5% du poids du corps via l'utilisation d'une ceinture de plomb installée au-dessus du bassin, comme pour le squat bipodal.

Le saut depuis une marche (ou *hop from step*) correspond à une position initiale debout avec un appui bipodal sur un step de 15 centimètres de hauteur. Le participant s'engage ensuite dans un saut en avant avec une réception sur un seul membre inférieur de manière amortie, genou légèrement fléchi. Il est donc demandé au participant d'« atterrir le plus doucement possible » avec le genou fléchi, maintenu au-dessus des orteils et de stabiliser la position pendant 3 secondes. La longueur du saut correspond simplement à la descente de la marche, l'objectif de l'exercice n'étant pas la longueur parcourue mais l'amorti et le contrôle de la réception. Le participant doit maîtriser son geste afin de ne pas subir de valgus dynamique à la réception. Le placement des membres supérieurs est libre pour l'élan et l'équilibration. De même que pour le squat unipodal, l'ajout du saut est une nouvelle étape qui peut effrayer une personne kinésiophobe. Il faudra donc rassurer le patient sur les conséquences du geste. La progression consiste à augmenter la hauteur de la marche depuis laquelle le sujet saute. Ainsi, la première semaine s'effectuera à une hauteur de 15 centimètres et la seconde de 20 centimètres du sol.

#### **4.7.2 Intervention spécifique du groupe expérimental**

Le groupe expérimental effectue une intervention d'imagerie motrice en supplément de la thérapie physique. La pratique mentale correspond aux exercices exécutés physiquement en respectant les phases et les mêmes conditions spatio-temporelles. Les mouvements imaginés changent donc toutes les deux semaines. Lors de la seconde semaine de chaque phase, le participant imagine le même geste qu'à la première mais avec la progression de résistance mise en place. Les mouvements réels étant effectués sur les deux membres inférieurs, la pratique mentale l'est également. Il y a autant de séances de pratique physique que de pratique mentale.

Dans la construction d'un programme d'imagerie motrice, Braun et al. proposent une approche en 5 étapes (38). Les trois premières étapes concernant l'évaluation des capacités du patient à suivre un programme d'imagerie motrice, l'explication de la nature du traitement et l'enseignement de la technique correspondent à l'entretien effectué au préalable des interventions. L'étape 4 correspond à la mise en place de celles-ci en les incorporant à la prise en charge, tandis que l'étape 5 de développement de la compétence de pratique en autonomie pourra être mise en œuvre à la suite du protocole pour éviter la récurrence.

D'après Schuster et al., certains critères de conception prédisposeraient à une optimisation des résultats d'une intervention en imagerie motrice sur lesquels l'équipe d'étude s'est donc appuyée. Parmi eux on retrouve le caractère individuel et standardisé des séances qui doivent être supervisées mais pas dirigées, avec des instructions orales détaillées de la tâche. Les participants ont un emplacement et une position spécifique à la tâche, en gardant les yeux fermés durant toute la session. Ces interventions doivent préférentiellement avoir lieu après la pratique physique avec des tâches axées sur la motricité et liées à la force. Il est important de déterminer le mouvement à exécuter, devant être court et simple, avec un maximum de répétitions en une courte période de concentration. La modalité kinesthésique combinée à une vue interne devrait être privilégiée (9). La pratique mentale doit être la plus écologique possible, c'est-à-dire la plus similaire à la pratique réelle dans tous ses aspects. Cela permet ainsi de recruter et transmettre des informations sensorielles influençant l'imagerie motrice (38). De plus, la fatigue mentale créée par la séance, dépendante du temps et du nombre d'essais, doit être prise en compte car elle influence la simulation de l'action. Ainsi, il semble que la durée optimale d'une session soit d'environ 20 minutes, avec une trentaine d'essais (9; 10). L'aspect novice des participants à la tâche favoriserait également un plus grand apprentissage (9).

L'ordre et la progression des interventions semblent être une composante importante (33; 38). En effet, l'alternance de pratique physique et mentale a un intérêt pour donner des informations sensorielles à l'imagerie et favorise la qualité de cette dernière. Cependant, si les exercices génèrent une douleur, elle peut être nocive en imagerie motrice avec un risque de pérennisation de celle-ci (38). De plus, en intercalant la pratique mentale dans la pratique physique cela crée une différence entre les 2 groupes (limites et biais). C'est pourquoi nous avons conclu qu'il serait plus pertinent de séparer les deux types de pratique de quelques heures afin que la douleur ne soit pas source d'effets indésirables. En revanche, la qualité de l'image sera inférieure à une alternance car le sujet n'aura pas les informations sensorielles dans l'instant précédant la pratique mentale. Ainsi, une 2<sup>ème</sup> séance a lieu l'après-midi pour se consacrer à l'imagerie motrice en respectant un même créneau horaire à chaque fois et dans le même lieu que la thérapie physique. Cela correspond d'ailleurs au moment de la journée où la capacité d'imagerie est la meilleure pour les jeunes adultes (8).

Le praticien commence par des explications sur l'organisation des séances et la façon dont cela va se dérouler. Par la suite, il montre une vidéo enregistrée le matin du patient lui-même en train d'exécuter les exercices abordés pour lui rappeler l'exécution du mouvement et représenter son niveau d'habileté réel (49). Le praticien donne des instructions orales standardisées et précises permettant de guider le participant dans sa pratique mentale.

Lors de la séance, la simulation de la tâche doit être au plus proche de la réalisation pour en améliorer la qualité. Pour cela nous utilisons les paramètres PETTLEP :

- **Physique** : Pour chacun des exercices à imaginer, le patient se place dans la position initiale de ce mouvement. Dans le cas de l'utilisation de matériel (bande élastique, step, ceinture de plomb, poids), le patient doit l'appliquer comme s'il allait réaliser l'exercice physiquement.
- **Environnement** : Le sujet effectue la séance d'imagerie dans la même salle que la pratique physique. Il est alors plus facile de recruter sa mémoire concernant des indices visuels, auditifs, olfactifs pour replacer le contexte environnemental de la pratique physique.
- **Tâche** : Les mouvements imaginés correspondent aux mouvements exécutés le matin même, adaptés à leur niveau d'habileté, rappelés par la vidéo du participant lui-même en train d'opérer.
- **Timing** : Les tâches sont effectuées en suivant le principe d'isochronie, sans modification de la vitesse de mouvement.
- **Apprentissage** : Les participants sont novices en imagerie motrice. Les instructions de l'investigateur doivent donc être détaillées et précises pour guider au mieux le sujet dans sa pratique. Le changement d'exercices imaginés en fonction des phases et selon la progression de la résistance permet de faire varier le contenu. Les instructions sont modifiées entre les deux semaines de chaque phase selon l'évolution des exercices et la progression du sujet.
- **Emotions** : Le participant doit se remémorer les émotions que provoque la pratique physique (motivation, peur, satisfaction, confiance, ...) pour les inclure dans sa pratique mentale.
- **Perspective** : Le choix du type, de modalité et de perspective d'imagerie s'opère selon les préférences du participant en fonction du MIQ-3 réalisé en amont du début de l'intervention et réévalué chaque semaine.

La séance dure environ 30 minutes. Cette durée comprend l'installation du patient, la démonstration du mouvement, le rappel des consignes et la pratique mentale d'environ 20 minutes. Le nombre d'essais correspond au nombre de répétitions physiques, c'est-à-dire 3 séries de 10 mouvements pour chacun des exercices et chaque membre. Chaque série est entrecoupée d'une courte pause d'une minute pour éviter la mise en place d'une fatigue mentale et 2 minutes entre les exercices, où le patient peut s'asseoir, marcher ou encore boire un peu d'eau.

#### 4.7.3 Intervention spécifique du groupe contrôle

Le groupe témoin suit un programme de TENS (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*) en parallèle de la thérapie physique. Afin d'éviter un effet placebo dans le groupe expérimental par ajout d'une intervention, il est nécessaire d'intégrer également un élément supplémentaire dans la prise en charge du groupe contrôle, dont on sait qu'il n'a pas ou peu d'effet. Ce traitement placebo permet d'évaluer l'efficacité propre du traitement administré dans le groupe expérimental (43). Sur

la base de preuves existantes, les agents électrophysiques n'auraient pas de bénéfices suffisants en première intention (20). Les cliniciens ne devraient pas utiliser d'agents biophysiques dont la stimulation électrique pour le traitement des patients atteints de syndrome fémoro-patellaire (16).

Il y aura le même nombre de séances que pour le groupe expérimental et la séance est effectuée au même moment, à distance des exercices de rééducation. Le programme dure 20 minutes et le participant est en position semi-allongée sur une table de traitement. Comme pour le groupe expérimental, la séance durera environ 30 minutes incluant le programme de stimulation électrique, mais aussi l'installation du patient, les réglages de l'intensité et un rappel des instructions.

Les participants se voient installer un appareil de TENS portable connecté à quatre électrodes auto-adhésives carrées de 5cm de côté par des fils conducteurs. Pour améliorer l'adhérence des électrodes, la peau peut être rasée si nécessaire et nettoyée avec une lingette alcoolisée. Celles-ci sont placées autour de la patella avec une distance de 5cm entre elles en utilisant une technique croisée (Figure 7). Un programme *Gate Control* est utilisé.

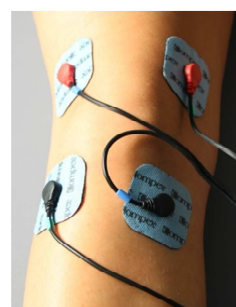


Figure 7 : Installation croisée des électrodes.

D'après la Haute Autorité de Santé, celui-ci doit être réglé sur une onde continue biphasique asymétrique compensée, double canal, d'un courant de 1500 ohms, avec une largeur d'impulsion de 50 à 200 microsecondes et une fréquence d'impulsion de 80 à 100 Hertz à basse intensité. Ce mode permet une analgésie en induisant des paresthésies confortables sur la zone douloureuse mais qui ne persiste pas après la séance. Il serait plus efficace qu'un placebo mais moins qu'une stimulation endorphinique (66). Ceci est en accord avec l'objectif de cette intervention et plus adéquate que l'endorphinique. L'augmentation de l'intensité de la stimulation électrique se fait en rampe montante et s'arrête une fois qu'une contraction musculaire est observable au niveau du vaste médial du quadriceps. Il faut alors la diminuer manuellement jusqu'à la disparition de celle-ci pour être à l'intensité utilisée lors de la séance (67). Le patient ne doit pas avoir de sensation désagréable. Si c'est le cas l'intensité est diminuée jusqu'à une perception d'une stimulation supportable.

#### 4.8 Effets indésirables

Il faut être vigilant aux éventuels effets indésirables attribuables à chacune des interventions proposées pour les identifier précocement et les gérer efficacement.

Un effet indésirable possible de la thérapie physique est la surcharge articulaire. Comme évoquée précédemment, elle est prépondérante dans cette pathologie, justifiant la mise en charge progressive du protocole. Malgré cela, il faudra être attentif à l'éventuelle douleur créée par les exercices. Si la première semaine d'une phase s'avère déjà compliquée pour un sujet, la seconde semaine restera sans résistance et cette modification sera mentionnée dans son dossier pour en

prendre compte dans les résultats. Elle peut également provoquer des courbatures. De plus, si la pratique physique constitue une source de douleur ou d'aggravation de celle-ci, elle risque d'entraîner un renforcement de la kinésiophobie. En effet, si une situation considérée comme pouvant provoquer ou aggraver une douleur se confirme, cela renforce ses croyances de peur liée au mouvement (30). Il faudra donc être vigilant, rassurer et s'adapter au ressenti de chacun.

L'imagerie motrice peut être à l'origine d'une persistance de la douleur lorsqu'elle est générée durant le travail mental (38). La sensation de fatigue mentale pourra également être un effet secondaire auquel il faudra veiller (10), d'où l'importance de respecter les temps de pause.

Concernant la neurostimulation électrique transcutanée, ses effets indésirables sont faibles. Il faut cependant être vigilant à ne pas l'appliquer sur une région cutanée lésée et être précautionneux auprès des enfants. Parmi les effets indésirables possibles, nous retrouvons notamment une irritation liée à une mauvaise utilisation ou à une intolérance des électrodes. Dans ce cas, un essai est effectué avec des électrodes hypoallergéniques. Si l'intolérance persiste, le sujet se verra exclu du programme (66).

#### **4.9 Critères d'arrêt de participation**

Parmi les critères d'arrêt de participation à l'étude, nous retrouvons le décès, la présence d'un effet indésirable grave, la perte de contact avec le sujet (« perdu de vue »), le retrait du consentement du patient ou l'opposition à l'utilisation des données recueillies. L'absence d'un sujet à deux séances ou plus (physique ou spécifique) est également un élément justifiant son retrait de participation au protocole. Le déclenchement d'une douleur pendant plusieurs essais en imagerie motrice est aussi une indication d'arrêt de participation. Une irritation, une réaction allergique (gel, électrode, ...) et/ou une aggravation de la douleur pendant ou après le programme de stimulation *Gate Control* provoque l'arrêt du programme pour la personne concernée. De même, une blessure empêchant un individu de participer à deux interventions ou plus mène à son retrait de l'étude. Une vigilance particulière règne dans le groupe expérimental quant à la qualité de l'image. Si celle-ci se dégrade de manière importante le participant est exclu du protocole.

#### **4.10 Evaluations des effets du protocole**

Les évaluations effectuées durant ce protocole concernent les quatre critères de jugements que sont l'échelle d'évaluation de la kinésiophobie TAMPA (TSK), le questionnaire d'auto-évaluation de la capacité fonctionnelle des membres inférieurs (LEFS), l'échelle numérique d'évaluation de la douleur (NPRS) et le pourcentage de participants reprenant le sport. Une première mesure est effectuée la semaine précédant le début du programme d'intervention (semaine 1). Celle-ci permet de recueillir les données qui constitueront la base de référence. Une seconde évaluation est effectuée dès la semaine suivant le programme d'intervention, c'est-à-dire lors de la 8<sup>ème</sup> semaine

pour recueillir les données post-intervention à court terme. De la même manière, une troisième et une quatrième évaluation sont effectuées 4 et 6 mois après le début du programme permettant le recueil de données à plus long terme. La troisième appréciation se situe à 4 mois car la douleur devient chronique après 3 mois. Cela permet ainsi d'observer l'effet des interventions sur la transition de la douleur aiguë à chronique. La mesure à 6 mois permet de confirmer les résultats recueillis au 4<sup>ème</sup> mois et surveiller une éventuelle récurrence. Les évaluations post-intervention sont effectuées à distance car elles ne nécessitent pas d'examen clinique. Celles-ci consistent en l'envoi des questionnaires par courrier électronique et un retour de ceux-ci de la même manière par les participants. Ceci est suivi d'un entretien téléphonique pour faire un bilan plus avancé des sensations du sujet, notamment sur la reprise du sport et les activités encore évitées, qui sont retranscrites dans son dossier.

Chaque fin de semaine, le patient effectue le *Movement Imagery Questionnaire-third* (MIQ-3) afin de veiller à la qualité des images motrices générées par le sujet.

## **5. Résultats**

### **5.1 Analyse statistique des critères de jugements et indicateur de suivi**

#### **5.1.1 Critère de jugement principal**

La *Tampa Scale of Kinesiophobia* montre une cohérence interne acceptable à excellente (alpha de Cronbach entre 0,7 et 0,9). Celle-ci est positivement corrélée aux mesures d'évitement de la peur, de catastrophisme et de handicap liés à la douleur. De plus, la fiabilité test-retest est élevée (> 0,7) et la validité est modérée à bonne (34–36). Elle possède également une bonne réactivité (36). La sensibilité et la spécificité sont estimées respectivement à 66 et 67% (34; 35). Elles ne sont pas particulièrement élevées, indiquant une capacité raisonnable à détecter des réductions importantes de la peur du mouvement. Par ailleurs, il est possible que cette capacité à détecter une réduction importante de la kinésiophobie varie en fonction des niveaux de base de peur liée au mouvement. La différence minimale cliniquement pertinente (MCID) pour identifier correctement les patients ayant un changement significativement important de leur kinésiophobie est de 4 points (36).

#### **5.1.2 Critères de jugement secondaires**

Le *Lower Extremity Functional Scale* obtient une grande fiabilité test-retest, une réactivité modérée et une validité adéquate. De plus, cette échelle est sensible aux changements chez les personnes atteintes d'un syndrome fémoro-patellaire, elle est donc recommandée dans le cas de cette pathologie. Le MCID pour l'évaluation de la fonction dans le cadre du syndrome fémoro-patellaire correspond à une augmentation de 9 points (52–54).

La *Numeric Pain Rating Scale* a une bonne validité et une fiabilité test-retest élevée. Le MCID de cette échelle correspond à une diminution de 2 points (53; 55).

### 5.1.3 Indicateur de suivi

Le *Movement Imagery Questionnaire-third* semble être un outil valide et fiable avec une cohérence interne et une fiabilité test-retest satisfaisantes pour évaluer la capacité d'imagerie dans la population francophone (46).

## 5.2 Recueil et analyse des données

### 5.2.1 Recueil des données

Toutes les données personnelles et celles provenant des évaluations sont anonymes et regroupées dans un dossier patient confidentiel (4.2 Cadre éthique, administratif et réglementaire). Les données recueillies sont reportées dans le Data Manager de l'équipe d'étude qui a également servi à la randomisation. En cas de manque de données, une justification devra être indiquée. Le traitement statistique se fait quant à lui avec un logiciel biostatisticien nommé « R ».

Le test statistique utilisé pour analyser les critères de jugement est une ANOVA opérant une comparaison intra et intergroupe en fonction du temps. C'est une analyse de variance à mesures répétées réalisée au terme de l'étude avec les données recueillies entre J0, S8, M4 et M6, à laquelle s'ajoute une correction des tests multiples (post-hoc).

L'analyse est réalisée en intention de traiter, c'est-à-dire que tous les résultats des sujets inclus seront analysés, y compris ceux ayant arrêté de participer à l'étude (4.9 Critères d'arrêt de participation) (43). Elle met en place une gestion des données manquantes dans le but de fournir artificiellement un résultat sur le critère de jugement principal correspondant, de manière à pouvoir l'inclure dans l'analyse et ainsi d'éviter des résultats « faussés » et des biais de d'attribution (43; 68).

### 5.2.1 Statistique descriptive

L'analyse des données sera présentée selon un modèle mixte constitué d'un texte descriptif, d'un tableau et d'un graphique pour chaque critère de jugement (2 courbes représentant chaque groupe, avec le temps en abscisse et les scores aux échelles ou le pourcentage en ordonnée).

### 5.2.2 Statistique analytique

L'analyse des données consiste à calculer la p-value avec un seuil de significativité de 5% compris dans l'intervalle de confiance. Si une réduction supérieure ou égale à 4 points sur la *Tampa Scale of Kinesophobia* avec un intervalle de confiance de 95% est observée dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle, alors l'intervention sera jugée significative pour conclure (36).

## 6. Discussion

### 6.1 Interprétation des résultats et implications cliniques

La thérapie physique orientée sur les muscles cibles (quadriceps, moyen et grand fessiers) permet une amélioration à court, moyen et long terme de la douleur et de la fonction (20). Il est donc supposé que ces critères de jugement secondaires seront améliorés dans les deux groupes grâce à cette intervention commune. Une reprise du sport liée au caractère progressif de l'intervention devrait concerner la majorité des participants, comme pour l'étude menée par Skovdal et al. (23). Le protocole suivant une logique de remise en charge progressive peut correspondre à une exposition graduelle à des situations considérées comme à risque. Cette stratégie a montré des bénéfices dans la réduction de la kinésiophobie dans de multiples pathologies (30; 31). Cela suppose qu'une amélioration de la kinésiophobie pourra également être attribuée à l'intervention de thérapie physique parmi les deux groupes. D'autant plus qu'une amélioration des symptômes impacte la kinésiophobie (relation bilatérale) (4).

L'intervention en imagerie motrice a obtenu de nombreux résultats positifs lors de son ajout à un programme de kinésithérapie dans le cadre des douleurs musculo-squelettiques chroniques (33; 45). Son utilisation dans le traitement de douleurs aiguës est moins explorée mais a également montré des bénéfices (44). En ce qui concerne son implication dans la lutte contre la kinésiophobie, elle n'a pas été beaucoup investiguée en dehors des pathologies rachidiennes (11; 12). Il est donc difficile de se projeter sur les résultats liés à cette technique. En revanche, selon les principes qui s'y appliquent et selon les bénéfices observés dans le cas de la cervicalgie, il est possible de penser que l'imagerie motrice puisse être efficace pour améliorer les facteurs physiques et psychologiques du patient atteint d'un syndrome fémoro-patellaire. Une étude comparant des exercices de stabilisation de la nuque seuls et une combinaison de ceux-ci avec l'imagerie motrice a montré une diminution de 16 points pour les exercices seuls sur l'échelle de TAMPA contre 26,5 points pour l'intervention combinée (diminution de 51%) (11). Ceci démontre l'impact que peut avoir l'imagerie motrice sur la kinésiophobie dans le cadre de douleurs musculo-squelettiques. Le caractère auto-déclaré des critères de jugement secondaires devraient alors être amélioré en luttant contre les croyances propres aux participants. La littérature soutient cela en indiquant que la réduction de la kinésiophobie serait associée à une diminution de la douleur et une amélioration de la fonction après une intervention sur celle-ci (5). De même, d'après les modèles StARRT et bio-psycho-social, des facteurs psychologiques positifs sont nécessaires au retour au sport (26). Une action sur ceux-ci devrait permettre d'obtenir une proportion de reprise de la pratique sportive supérieure dans le groupe expérimental.

L'application d'agents physiques dans le cadre du syndrome fémoro-patellaire n'est pas recommandée (16; 20). Le programme *Gate Control* aura probablement un effet antalgique lors de

l'intervention mais n'est pas censé perdurer (66). Nous nous attendons donc à ce que le groupe contrôle n'ait pas de bénéfices significativement importants pour être pris en compte concernant chacun des critères de jugement. Une éventuelle amélioration pourrait être observée et attribuée à l'effet placebo.

D'après la littérature, nous nous attendons à observer une amélioration des critères de jugement significativement supérieure dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. En revanche, seule la réalisation de l'étude permettra d'observer une différence intergroupe pour conclure. Cette comparaison intergroupe permettra de conclure sur nos quatre hypothèses : 1) l'imagerie motrice est responsable d'une amélioration majeure significative de la kinésiophobie, 2) la réduction de la kinésiophobie réduit la douleur, augmente la fonction et optimise le retour au sport, 3) l'imagerie motrice permet d'éviter la chronicisation des symptômes via son action sur la kinésiophobie, 4) le traitement de la kinésiophobie par imagerie motrice obtient un taux de retour au sport supérieur aux études ne s'intéressant qu'aux déficiences physiques. Sans cette comparaison, les bénéfices peuvent être attribués à l'intervention physique. De même, l'amélioration de la kinésiophobie est soit dépendante de l'intervention d'imagerie motrice, soit de l'amélioration des symptômes (relation bilatérale réciproque) (4). La réalisation de l'étude va donc permettre de mettre en évidence un lien de causalité pour le moment incertain.

Dans le cas de la validation de ces hypothèses, cela signifiera que l'imagerie motrice peut constituer un moyen efficace et cliniquement pertinent dans la gestion du syndrome fémoro-patellaire. Cela indiquera également que la lutte contre la kinésiophobie est un élément primordial dans le traitement de cette pathologie pour améliorer la douleur, la fonction et optimiser le retour sportif. De même, si nos évaluations effectuées à long terme rapportent de bons résultats, cela pourrait signifier que la kinésiophobie traitée précocement empêcherait une transition de la douleur aiguë à chronique, fréquente dans le syndrome fémoro-patellaire. A l'inverse, si les résultats obtenus ne sont pas à la hauteur des attendus, cela voudrait dire que l'imagerie motrice ne permet pas de lutter efficacement contre la kinésiophobie dans le cas du syndrome fémoro-patellaire, et qu'elle ne devrait pas constituer une technique recommandée dans cette pathologie.

Ainsi, si ce protocole obtient des résultats significativement pertinents pour la pratique clinique, alors l'imagerie motrice pourrait être ajoutée à l'arsenal thérapeutique du kinésithérapeute et potentiellement aux techniques recommandées pour traiter le syndrome fémoro-patellaire. Les recommandations actuelles indiquent déjà de prendre en compte les facteurs psychosociaux pouvant être élevés dans cette pathologie (16). Cette étude peut donc confirmer cet aspect et proposer une perspective en offrant une option complémentaire aux praticiens traitant le syndrome fémoro-patellaire. Le faible coût de l'imagerie motrice et la possibilité de former les patients pour leur permettre de la pratiquer en autonomie pourrait en effet constituer une solution supplémentaire, avec une multitude de stratégies de pratique possibles et peu de risques.

## 6.2 Limites et biais de l'étude

Ce travail constitue à notre connaissance une première approche concernant l'utilisation de l'imagerie motrice dans le cas du syndrome fémoro-patellaire. Ceci permet d'innover dans la gestion de celui-ci et d'ouvrir modestement les possibilités d'investigation pour optimiser les résultats de prise en charge qui ne sont souvent pas à la hauteur des espérances, avec un taux de récurrence élevé. Cette chronicité peut s'expliquer notamment par la présence des facteurs psychosociaux. Les prochaines études concernant la prise en charge du syndrome fémoro-patellaire devraient donc s'orienter sur la résolution de ces facteurs pour diminuer la prévalence de cette pathologie. De plus, un élément important auquel tenait l'équipe d'étude est la possibilité de concilier les caractéristiques de recherche scientifique et l'aspect clinique de la prise en charge. Ce protocole a ainsi tenté de se rapprocher de la pratique habituellement effectuée par les kinésithérapeutes libéraux, tout en standardisant au maximum tous les éléments des interventions. Cependant, le caractère novateur de cette étude et l'intégration de l'approche clinique a engendré des éléments constituant des limites et biais.

Tout d'abord, la conception de cette étude s'effectue en simple aveugle, pas en double aveugle. Les thérapeutes sont informés de la répartition des participants en deux groupes distincts et la nature des deux interventions correspondantes. Ceci peut établir un risque de perte de comparabilité des groupes au cours des évaluations et constituer un biais de classement de suivi ou biais de performance. (43; 68)

Le calendrier d'étude peut ensuite être mentionné comme étant une limite majeure. Celui-ci peut imposer une contrainte importante aux participants nécessitant une présence à 2 séances de 30 minutes par jour sur 3 jours dans la semaine. La population ciblée représente des jeunes adolescents et jeunes adultes (12 à 19 ans) (16). La plupart des sujets sont donc collégiens, lycéens ou étudiants. Une adaptation de leur emploi du temps est nécessaire pour leur participation à l'étude, d'autant plus que nous imposons d'effectuer les séances dans un même créneau horaire à chaque séance. Une évaluation de la balance bénéfices/risques peut être nécessaire afin d'analyser la faisabilité d'imposer un créneau horaire fixe ou une adaptation aux contraintes des participants. Cet ajustement impliquerait en revanche de planifier des interventions à différents horaires, au détriment de la qualité et de la standardisation de l'intervention. De plus, ce calendrier d'étude limite un programme d'interventions sur 6 semaines avec une progression croissante de mise en charge et d'exposition à des situations considérées comme à risque pour les participants. Cette progression est standardisée pour tous les sujets et ne prend pas en compte la clinique avec l'évolution plus ou moins positive et rapide des sujets. Le programme peut être trop court pour certains ou trop long pour d'autres. Un traitement individualisé serait plus pertinent en clinique, d'autant plus que cela est recommandé pour le syndrome fémoro-patellaire (3). Il devrait ainsi

s'adapter sur la durée optimale de chaque patient et introduire une quatrième phase fonctionnelle personnalisée, correspondant au sport pratiqué pour optimiser la reprise de leur sport (26).

Le recrutement des sujets est également le siège de limites et biais à différents niveaux. Concernant l'échantillon de participants éligibles et volontaires à recruter, un rayon de 10 kilomètres peut être insuffisant. Dans ce cas, une extension de cette distance pourra être mise en œuvre afin d'atteindre un nombre suffisant de sujets. De plus, selon la faisabilité et la disposition d'un nombre plus ou moins important de participants éligibles, la gestion des critères d'éligibilité pourrait être modulée. Avec un effectif important de candidats disponibles, il pourrait peut-être être évité d'avoir recours à des mineurs ou du moins augmenter l'âge minimal requis (la qualité d'imagerie augmentant avec l'âge) (40; 42). Enfin, la logistique de recrutement peut également être critiquée. Le fait de passer par des tiers intermédiaires peut constituer des limites et biais dans le recrutement. Les praticiens peuvent ne pas transmettre le message, par oubli ou réticence de certains qui peuvent penser à une certaine concurrence. Un recrutement par les investigateurs en direct serait plus fiable et pertinent. Le moyen de communication pour trouver et contacter les sujets éligibles serait alors à débattre.

Le lieu constitue une difficulté logistique majeure dans le projet d'étude, impliquant alors des limites liées à celle-ci. Effectivement, le local accueillant les différentes interventions nécessite plusieurs salles spacieuses disponibles pour permettre d'administrer les interventions à 104 participants dans la même période horaire. De même, le fait d'utiliser plusieurs espaces au même moment pour différents sujets implique que plusieurs investigateurs soient mobilisés en même temps. Cela impose des instructions des plus standardisées pour éviter l'apparition de biais. Une attribution aléatoire des différents investigateurs pour chacune des interventions concernant chaque sujet pourrait permettre d'en éviter des conséquences. Cependant, le patient kinésiophobe a d'autant plus besoin d'une relation de confiance avec son praticien qui n'est pas stable en cas de changement d'investigateur à chaque séance. Ceci est donc sujet à débat.

A notre sens, la visualisation de la vidéo avant l'imagerie motrice étant d'une durée réduite, le rôle de l'observation d'action aurait une faible influence. Néanmoins c'est un aspect qui pourrait biaiser les résultats en cas de pratique prolongée (69).

### **6.3 Perspectives professionnelles**

#### **6.3.1 Perspectives scientifiques liées à la recherche**

En cas de résultats positifs, cet écrit contribuerait à étoffer la littérature concernant la kinésiophobie dans le syndrome fémoro-patellaire, où l'intérêt de traiter les facteurs psycho-sociaux en parallèle des déficiences physiques est en plein essor. Ce protocole est à notre connaissance le premier sur le sujet en utilisant l'imagerie motrice. D'autres études seront donc nécessaires pour confirmer ces résultats avec plus de précision, en réduisant les limites et biais cités précédemment.

De même, cela ouvre d'autres perspectives de recherche pour agir sur d'autres facteurs de risque de chronicisation de la douleur tels que le catastrophisme. C'est le deuxième facteur psycho-social le plus retrouvé et étudié dans le syndrome fémoro-patellaire avec la kinésiophobie (4; 6; 7). Il est donc possible de penser qu'une action luttant contre ce catastrophisme pourrait également impacter les symptômes et la fonction, permettant peut-être de limiter la chronicisation de la pathologie et d'en améliorer le pronostic.

De plus, étant une première approche sur ce sujet, nous n'avons pas imposé de stratégie précise en imagerie motrice quant au type, à la modalité et à la perspective. En effet, il a été déterminé de laisser le participant choisir en fonction de sa préférence. Une distinction et comparaison entre l'imagerie kinesthésique et l'imagerie visuelle, ainsi qu'une différenciation entre la perspective interne et externe pourraient constituer un axe de recherche pour compléter cette première étude. Des modalités pourraient être plus appropriés et bénéfiques dans le cas de la kinésiophobie. Nous supposons, que l'imagerie kinesthésique à la première personne serait plus adaptée en fournissant la sensation du succès de l'exécution de mouvements perçus comme douloureux ou menaçants, sans apparition des symptômes (40; 45). Des études ultérieures permettraient de l'affirmer ou l'infirmer.

D'après le consensus de retour au sport, celui-ci dépend de l'objectif fixé par l'athlète et l'équipe qui le suit, ainsi que de facteurs contextuels influençant l'attente et la tolérance au risque (facteurs individuels, exigences du sport, niveau de participation, événements à venir, ...). La réussite n'a pas la même signification selon le point de vue (athlète, entraîneur, clinicien). L'équipe doit donc décider en collaboration la manière dont le succès est défini au plus tôt dans le processus. Ici, nous nous intéressons à la phase de retour au sport où le patient est prêt médicalement, physiquement et psychologiquement à reprendre l'activité sans génération de symptômes ni notion de performance (26). Il serait intéressant à l'avenir que des études investiguent la proportion de reprise correspondant à chacune des phases du continuum. Cela permettrait de comparer les études avec plus de précision : Skovdal et al n'indiquent pas ce que signifie « reprendre le sport » et la phase correspondante par exemple. En parallèle, ceci pourrait déterminer si un retour à la performance est possible ou si le syndrome fémoro-patellaire la réduit au long terme. De plus, un suivi à plus long terme que celui proposé dans l'étude devrait être mis en place pour veiller aux récurrences pouvant survenir.

Une réflexion pourrait également être faite sur la population ciblée. Ici, nous avons choisi une population sportive récréative avec un seuil minimal de deux heures de pratique ante-blessure. Il serait intéressant de comparer l'effet des interventions selon le niveau d'activité physique pour définir si cela impacte le risque de développer une kinésiophobie dans cette pathologie, le pronostic (chronicisation, récurrence) ou le succès des interventions. D'autant plus que le niveau d'expertise est positivement corrélé à de meilleurs résultats quant à la capacité d'imagerie motrice (46). De même,

une distinction au niveau de l'âge et du sexe des participants serait intéressante pour mettre en évidence ou non une différence en terme de risque, de pronostic et de réussite, afin d'adapter au mieux la prise en charge en pratique clinique.

Enfin, le présent protocole impose aux patients kinésiophobes des exercices demandant de se mouvoir avec la thérapie physique malgré leur peur. En cas de kinésiophobie élevée celle-ci risque d'être difficile à mettre en place. Il est donc légitime de se demander si un programme d'imagerie motrice seule pourrait permettre de diminuer la kinésiophobie, permettant d'entamer par la suite des exercices physiques. Ainsi, une prochaine étude pourrait s'intéresser à la comparaison d'un groupe de participants effectuant une intervention en imagerie motrice et un groupe administrant un traitement placebo (comme les agents physiques dans cet écrit). Cela permettrait d'offrir une possibilité aux patients fortement affectés psychologiquement et hautement douloureux à sortir du cercle vicieux du modèle d'évitement de la peur.

### **6.3.2 Perspectives personnelles**

La rédaction de ce protocole de recherche a permis d'acquérir de nombreuses compétences.

Les investigations des données produites par la recherche scientifique nécessaires à la constitution de ce travail ont permis d'enrichir nos connaissances concernant le syndrome fémoro-patellaire, la kinésiophobie et l'imagerie motrice. Ces notions pourront s'avérer utiles dans notre future carrière de masseur-kinésithérapeute, d'autant plus que le syndrome fémoro-patellaire est fréquemment rencontré en pratique clinique. Ce travail a également permis le développement de nos capacités à trouver et lire pertinemment un article scientifique. L'analyse et l'extraction des informations pertinentes (lecture critique) se sont renforcées tout au long de la démarche.

La rédaction du protocole à proprement parler a quant à lui permis d'appréhender la rigueur et précision nécessaire pour entreprendre une étude scientifique. Ceci rend compte de la quantité et qualité de travail, ainsi que de la logistique que cela demande. Le protocole devant être le plus complet et précis possible, il n'est pas évident de penser à tous les détails et de les synthétiser. Cela requiert une prise de recul et de l'expérience clinique pour certains aspects tels que la notion de faisabilité (disponibilités et capacités des candidats). La non-réalisation de l'étude entraîne cependant un manque dans certains domaines notamment l'administratif, l'identification du lieu et la création de relation de financement permettant la concrétisation du projet.

Cet écrit a donc permis de nous initier à la démarche scientifique préalable à la réalisation d'une étude en abordant la plupart de ses aspects. Ceci est d'autant plus important pour notre future pratique clinique que l'utilisation des données de la recherche scientifique s'est développée ces dernières années dans le domaine kinésithérapique, et constitue l'avenir de notre profession

(pratique basée sur les preuves ou *evidence-based-practice*). La simulation de ce protocole a montré à quel point la réflexion de cette démarche est enrichissante.

## 7. Conclusion

La rédaction de ce protocole de recherche avait pour but d'évaluer l'influence d'une intervention d'imagerie motrice couplée à la thérapie par l'exercice sur la kinésiophobie dans le cadre du syndrome fémoro-patellaire. L'intérêt implicite est alors double : optimiser le retour au sport (précocement et en confiance) et enrayer le cycle de chronicisation de la douleur pour améliorer le pronostic de cette pathologie.

Des résultats positifs sont attendus dans les deux groupes. Or, seule la réalisation de l'étude permettra de se prononcer sur une différence intergroupe et donc sur l'impact de l'imagerie motrice. Si nos hypothèses s'avèrent confirmées, cette étude pourrait proposer une nouvelle solution dans la gestion du syndrome fémoro-patellaire. L'imagerie motrice pourrait alors devenir une technique, non pas systématique, mais recommandée lorsque des facteurs psycho-sociaux sont présents et freinent l'évolution des symptômes.

Ce travail d'initiation à la recherche nous a permis d'appréhender la démarche réflexive réalisée lors de la conception d'une étude scientifique en abordant la plupart de ses aspects. Cela nous a permis de développer un esprit critique et synthétique concernant les données issues de la science. Cet écrit a ainsi favorisé l'acquisition de nombreuses compétences qui pourront être mises en application dans notre future pratique professionnelle.

## Références bibliographiques et autres sources

---

1. **Smith, Benjamin E, Selfe, James, Thacker, Damian, Hendrick, Paul, Bateman, Marcus, Moffat, Fiona, Skovdal Rathleff, Michael, Smith, Toby O et Logan, Pip.** Incidence and prevalence of patellofemoral pain : a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 11 January 2018, Vol. 13, 1, pp. 1-18.
2. **Guyon, Florian.** Revue de littérature concernant les méthodes conservatrices dans les syndromes fémoro-patellaires. *Kinésithérapie Scientifique*. 2014, 560, pp. 39-45.
3. **Halabchi, Abolhasani, Mirshahi et Alizadeh.** Patellofemoral pain in athletes : Clinical perspectives. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 9 Octobre 2017, 8, pp. 189-203.
4. **Domenech, Julio, Sanchis-Alfonso, Vicente et Espejo, Begona.** Changes in catastrophizing and kinesiophobia are predictive of changes in disability and pain after treatment in patients with anterior knee pain. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. Springer, October 2014, Vol. 22, 10, pp. 2295-2300.
5. **de Oliveira Silva, Danilo, Barton, Christian John, Briani, Ronaldo Valdir, Taborda, Bianca, Ferreira, Amanda Schenatto, Pazzinatto, Marcella Ferraz et de Azevedo, Fabio Micolis.** Kinesiophobia, but not strenght is associated with altered movement in women with patellofemoral pain. [éd.] Elsevier. *Gait & Posture*. February 2019, 68, pp. 1-5.
6. **Maclachlan, Liam R, Collins, Nathalie J, Hodges, Paul W et Vicenzino, Bill.** Psychological and pain profiles in persons with patellofemoral pain as the primary symptom. [éd.] Elsevier. *European Journal of Pain*. July 2020, Vol. 24, 6, pp. 1182-1196.
7. **Priore, Liliam B, Azevedo, Fabio M, Pazzinatto, Marcella F, Ferreira , Amanda S, Hart, Harvi F, Barton, Christian et de Oliveira Silva, Danilo.** Influence of kinesiophobia and pain catastrophism on objective function in women with patellofemoral pain. [éd.] Elsevier. *Physical Therapy in Sport*. January 2019, 35, pp. 116-121.
8. **Rulleau, Thomas, Robin, Nicolas, Abou-Dest, Amira, Chesnet, David et Toussaint, Lucette.** Does the Improvement of Position Sense Following Motor Imagery Practice Vary as a Function of Age and Time of Day ? [éd.] Routledge. *Experimental Aging Research*. 2018, Vol. 44, 2, pp. 443-454.
9. **Schuster, Corina, Hilfiker, Roger, Amft, Oliver, Scheidhauer, Anne, Andrews, Brian, Butler, Jenny, Kischka, Udo et Ettl, Thierry.** Best practice for motor imagery : a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. [éd.] Springer. *BMC Medicine*. June 2011, Vol. 9, 75, pp. 1-35.
10. **Rozand, Vianney, Lebon, Florent, Stapley, Paul J., Papaxanthis, Charalambos et Lepers, Romuald.** A prolonged motor imagery session alter imagined and actual movement durations : Potential implications for neurorehabilitation. [éd.] Elsevier. *Behavioural Brain Research*. January 2016, 297, pp. 67-75.
11. **Javdaneh, Norollah, Molayei, Feridon et Kamranifraz, Nazanin.** Effect of adding motor imagery training to neck stabilization exercises on pain, disability and kinesiophobia in

patients with chronic neck pain. [éd.] Elsevier. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. February 2021, Vol. 42, 101263, pp. 1-9.

12. **Sengul, Yesim Salik, Kaya, Nergis, Yalcinkaya, Gamze, Kirmizi, Muge et Kalemci, Orhan.** The Effects of The Addition of Motor Imagery to Home Exercises on Pain, Disability and Psychosocial Parameters in Patients Undergoing Lumbar Spinal Surgery: A Randomized Controlled Trial. [éd.] Elsevier. *EXPLORE*. February 2020, pp. 1-6.

13. **Kapandji, A.I.** *Anatomie fonctionnelle du membre inférieur*. [éd.] Maloine. 6ème édition. 2012. pp. 102-106. Vol. 2.

14. **Dixit, Sameer, Burton, Monique et Mines, Brandon.** Management of Patellofemoral Pain Syndrome. *American Family Physician*. Janvier 2007, Vol. 75, 2, pp. 194-202, 204.

15. **Saubade, M, Martin, R, Becker, A et Gremion, G.** Mieux comprendre le syndrome douloureux fémoro-patellaire pour mieux le traiter. *Revue Médicale Suisse*. Juillet 2014, Vol. 10, 437, pp. 1451-1456.

16. **Willy, Richard W, Hoglund, Lisa T, Barton, Christian J, Bolgia, Lori A, Scalzitti, David A, Logerstedt, David S, Lynch, Andrew D, Snyder-Mackler, Lynn et McDonough, Christine M.** Patellofemoral Pain - Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability and Health From the Academy of Orthopaedic Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*. 2019, Vol. 49, 9, pp. 623-681.

17. **van Linschoten, Robbart.** Patellofemoral pain syndrome in athletes. *ASPETAR Sport Medicine Journal*. Décembre 2012, Vol. 1, 3, pp. 204-207.

18. **Rodineau et Besch.** Les syndromes fémoro-patellaires douloureux chez les adultes jeunes. [éd.] Elsevier. *Journal de traumatologie du sport*. Juin 2017, Vol. 34, 3, pp. 177-184.

19. **Glaviano, NR, Kew, M, Hart, JM et Saliba, S.** Demographic and epidemiological trends in patellofemoral pain. *The International Journal of Sports Physical Therapy (IJSPT)*. Juin 2015, Vol. 10, 3, pp. 281-290.

20. **Collins, NJ, Barton, CJ, van Middelkoop, M, Callaghan, M, Skovdal Rathleff, M, Vicenzino, BT, Davis, IS, Powers, CM, Macri, EM, Hart, H, de Oliveira Silva, D et Crossley, KM.** 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017. *Br J Sports Med*. 2018, Vol. 52, 18, pp. 1170-1178.

21. **Escamilla, Rafael F, Zheng, Naiquan, MacLeod, Toran D, Edwards, W Brent, Hreljac, Alan, Fleisig, Glenn S, Wilk, Kevin E, Moorman III, Claude T et Imamura, Rodney.** Patellofemoral compressive force and stress during the forward and side lunges with and without a stride. [éd.] Elsevier. *Clinical Biomechanics*. October 2008, Vol. 23, 8, pp. 1026-1037.

22. **Esculier, Jean-François.** Le syndrome fémoro-patellaire chez les coureurs : Effets de différentes approches de réadaptation basées sur les mécanismes sous-jacents. *Thèse*. 2017.
23. **Skovdal Rathleff, Michael, Graven-Nielsen, Thomas, Hölmich, Per, Winiarski, Lukasz, Krommes, Kasper, Holden, Sinéad et Thorborg, Kristian.** Activity Modification and Load Management of Adolescents With Patellofemoral Pain. *The American Journal of Sports Medicine*. June 2019, Vol. 47, 7, pp. 1-9.
24. **Hau, Chao-Jung, Meierbachtol, Adam, George, Steven Z et Chmielewski, Terese L.** Fear of Reinjury in Athletes Implications for Rehabilitation. *Sports Health*. March-April 2017, Vol. 9, 2, pp. 162-167.
25. **Jung, M et Ziltener, J-L.** Le syndrome douloureux fémoro-patellaire. *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie»* . 2000, Vol. 48, 1, pp. 37-43.
26. **Arden, Clare L, Glasgow, Philip, Schneiders, Anthony, Witvrouw, Erik, Clarsen, Benjamin, Cools, Ann, Gojanovic, Boris, Griffin, Steffan, Khan, Karim K, Moknes, Havard, Mutch, Stephen A, Philips, Nicola, Reurink, Gustaaf, Sadler, Robin, Grävare Silbernagel, Karin, Thorborg, Kristian, Wangensteen, Arnlaug, Wilk, Kévin E et Bizzini, Mario.** 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. *British Journal of Sports Medicine*. July 2016, Vol. 50, 14, pp. 853-864.
27. **Geneen, LJ, Moore, RA, Clarke, C, Colvin, LA et Smith, BH.** Physical activity and exercise for chronic pain in adults: an overview of Cochrane Reviews. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. January 2017, Vol. 1, 1, pp. 1-77.
28. **Vlaeyen, Johan W. S. et Linton, Steven J.** Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain : a state of the art. *Pain*. April 2000, Vol. 85, 3, pp. 317-332.
29. Quantification du stress mécanique. *La clinique du coureur*. [En ligne] 2001. [Citation : 6 Janvier 2021.] <https://az675379.vo.msecnd.net/media/2330347/06-quantificationdustress-v2.pdf>.
30. **Vlaeyen, Johan W. S., Crombez, Geert et Linton, Steven J.** The fear-avoidance model of pain. *Pain*. August 2016, Vol. 157, 8, pp. 1588-1589.
31. **Vlaeyen, Johan W. S. et Linton, Steven J.** Fear-avoidance model of chronic musculoskeletal pain : 12 years on. *Pain*. June 2012, Vol. 153, 6, pp. 1144-1147.
32. **Vlaeyen, Johan W. S. et Crombez, Geert.** La psychologie de la peur et de la douleur. [éd.] Elsevier. *Revue du rhumatisme*. Juin 2009, Vol. 76, 6, pp. 511-516.
33. **Pelletier, René, Higgins, Johanne et Bourbonnais, Daniel.** Addressing Neuroplastic Changes in Distributed Areas of the Nervous System Associated With Chronic Musculoskeletal Disorders. *American Physical Therapy Association*. November 2015, Vol. 95, 11, pp. 1582-1591.
34. **Weermeijer, Jeroen D et Meulders, Ann.** Clinimetrics: Tampa Scale for Kinesiophobia. *Journal of Physiotherapy*. April 2018, Vol. 64, 2, p. 126.

35. Tampa Scale of Kinesiophobia. *Physiopedia*. [En ligne] 2021. [Citation : 4 Mars 2021.] [https://physiopedia.com/Tampa\\_Scale\\_of\\_Kinesiophobia?utm\\_source=physiopedia&utm\\_medium=search&utm\\_campaign=ongoing\\_internal](https://physiopedia.com/Tampa_Scale_of_Kinesiophobia?utm_source=physiopedia&utm_medium=search&utm_campaign=ongoing_internal).
36. **Woby, Steve R, Roach, Neil K, Urmston, Martin et Watson , Paul J.** Psychometric properties of the TSK-11: a shortened version of the Tampa Scale for Kinesiophobia. *Pain*. September 2005, Vol. 117, 1, pp. 137-144.
37. **Guillot et Collet.** Imagerie motrice : Principes, concepts et méthodes. [éd.] EDP Sciences. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*. 2013, 82, pp. 1-6.
38. **Rulleau, Thomas et Toussaint, Lucette.** L'imagerie motrice en rééducation. [éd.] Elsevier Masson. *Kinésithérapie la revue*. Avril 2014, Vol. 14, 148, pp. 51-54.
39. **Takashi Hanakawa.** Organizing motor imageries. [éd.] Elsevier. *Neuroscience Research*. March 2016, Vol. 104, pp. 56-63.
40. **Guillot, Aymeric, Hoyek, Hady, Louis, Magali et Collet, Christian.** Understanding the timing of motor imagery - Recent findings and future directions. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. Février 2012, Vol. 5, 1, pp. 3-22.
41. **Conson, Massimiliano, De Bellis, Francesco, Baiano, Chiara, Zappullo, Isa, Raimo, Gennaro, Finelli, Carmela, Ruggiero, Ines, Positano, Monica, The UNICAMPSY18 group et Trojano, Luigi.** Sex differences in implicit motor imagery : Evidence from the hand laterality task. *Acta Psychologica*. February 2020, Vol. 203, 103010, pp. 1-7.
42. **Souto, DO, Cruz, TKF, Fontes, PLB, Batista, RC et Haase, VG.** Motor Imagery Development in Children : Changes in Speed and Accuracy With Increasing Age. *Frontiers in Pediatrics*. 2020, Vol. 8, 100, pp. 1-10.
43. **Delafontaine, Arnaud.** *Réussir la démarche de recherche universitaire en kinésithérapie et thérapie manuelle*. [éd.] Elsevier. 2019.
44. **Moukarzel, Marcel, Guillot, Aymeric, Di Rienzo, Franck et Hoyek, Nady.** The therapeutic role of motor imagery during the chronic phase after total knee arthroplasty : a pilot randomized controlled trial. [éd.] Edizioni Minerva Medica. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. December 2019, Vol. 55, 6, pp. 806-815.
45. **Yap, Benjamin Wei Da et Lim, Edwin Choon Wyn.** The Effects of Motor Imagery on Pain and Range of Motion in Musculoskeletal Disorders. *The Clinical Journal of Pain*. January 2019, Vol. 35, 1, pp. 87-99.
46. **Robin, Nicolas, Coudevylle, Guillaume R, Guillot, Aymeric et Toussaint, Lucette.** French Translation and Validation of the Movement Imagery Questionnaire–third Version (MIQ-3f). *Movement ans Sports Sciences - Science et Motricité*. January 2020, 108, pp. 23-31.

47. **Collins, Dave et Carson, Howie J.** The future for PETTLEP : a modern perspective on an effective and established tool. [éd.] Elsevier. *Current Opinion in Psychology*. 2017, 16, pp. 12-16.
48. **Anuar, Nurwina, Williams, Sarah E. et Cumming, Jennifer.** Do the physical and environment PETTLEP elements predict sport imagery ability ? *European Journal of Sport Science*. 2017, Vol. 17, 10, pp. 1319-1327.
49. **Wakefield, Caroline et Smith, Dave.** Perfecting Practice: Applying the PETTLEP Model of Motor Imagery. [éd.] Routledge. *Journal of Sports Psychology in Action*. March 2012, Vol. 3, 1, pp. 1-11.
50. Titre II : Recherches impliquant la personne humaine (Articles L1121-1 à L1126-12). *Légifrance*. [En ligne] [Citation : 16 Mars 2021.] [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section\\_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000006154978/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000006154978/).
51. Article R1112-7 - Code de la santé publique. *legifrance.gouv.fr*. [En ligne] [Citation : 19 Mars 2021.] [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000036658351/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000036658351/).
52. Lower Extremity Functional Scale (LEFS). *Physiopedia*. [En ligne] [Citation : 5 Mars 2021.] [https://physiopedia.com/Lower\\_Extremity\\_Functional\\_Scale\\_\(LEFS\)?utm\\_source=physiopedia&utm\\_medium=search&utm\\_campaign=ongoing\\_internal](https://physiopedia.com/Lower_Extremity_Functional_Scale_(LEFS)?utm_source=physiopedia&utm_medium=search&utm_campaign=ongoing_internal).
53. **Fukuda, Thiago Yukio, Melo, William Pagotti, Zaffalon, Bruno Marcos, Rossetto, Flavio Marcondes, Magalhaes, Eduardo, Bryk, Flavio Fernandes et Martin, Robroy L.** Hip Posterolateral Musculature Strengthening in Sedentary Women With Patellofemoral Pain Syndrome. *JOSPT*. October 2012, Vol. 42, 10, pp. 823-830.
54. **de Marche Baldon, Rodrigo, Serrao, Fabio Viadanna, Silva, Rodrigo Scattone et Piva, Sara Regina.** Effects of Functional Stabilization Training on Pain, Function, and Lower Extremity Biomechanics in Women With Patellofemoral Pain. *JOSPT*. April 2014, Vol. 44, 4, pp. 240-251.
55. Numeric Pain Rating Scale. *Physiopedia*. [En ligne] [Citation : 19 Mars 2021.] [https://physiopedia.com/Numeric\\_Pain\\_Rating\\_Scale?utm\\_source=physiopedia&utm\\_medium=search&utm\\_campaign=ongoing\\_internal](https://physiopedia.com/Numeric_Pain_Rating_Scale?utm_source=physiopedia&utm_medium=search&utm_campaign=ongoing_internal).
56. **M Küüsmaa-Schildt, J Liukkonen, MK Vuong, K Nyman, K Häkkinen et A Häkkinen.** Effects of morning vs. evening combined strength and endurance training on physical performance, sleep and well-being. *Chronobiology International*. June 2019, Vol. 36, 6, pp. 811-825.
57. **Gowan, Courtney JM, Pyne, David B, Thompson, Kevin G et Rattray, Ben.** Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. [éd.] Springer. *Sports Medicine*. November 2015, Vol. 45, 11, pp. 1523-1546.

58. **Franklin, Simon, Grey, Michael J, Heneghan, Nicola, Bowen, Laura et Li, François-Xavier.** Barefoot vs common footwear: A systematic review of the kinematic, kinetic and muscle activity differences during walking. [éd.] Elsevier. *Gait & Posture*. September 2015, Vol. 42, 3, pp. 230-239.
59. **Branchard, Kévin.** Intérêt du squat unipodal dans la prise en charge du syndrome fémoro-patellaire. *Kinésithérapie Scientifique*. Janvier 2016, 572, pp. 45-47.
60. **Wilk, Michal, Krzysztofik, Michal, Petr , Miroslav, Zajac, Adam et Stastny , Petr.** The slow exercise tempo during conventional squat elicits higher glycolytic and muscle damage but not the endocrine response. *Neuro Endocrinology Letters*. Décembre 2020, Vol. 41, 6, pp. 301-307.
61. **Earp, Jacob E., Newton, Robert U., Cormie, Prue et Blazevich, Anthony J..** Faster Movement Speed Results in Greater Tendon Strain during the Loaded Squat Exercise. *Frontiers in physiology*. August 2016, Vol. 7, 366.
62. **Distefano, Lindsay J., Blackburn, J. Troy, Marshall, Stephen W. et Padua, Darin A..** Gluteal Muscle Activation During Common Therapeutic Exercises. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. July 2009, Vol. 39, 7, pp. 532-540.
63. **Grgic, Jozo, Lazinica, Bruno, Schoenfeld, Brad J et Pedisic, Zeljko.** Test-Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. [éd.] Springer. *Sport Medicine Open*. July 2020, Vol. 6, 1.
64. **Lorenzetti, Silvio, Ostermann, Mira, Zeidler, Fabian, Zimmer , Pia, Jentsch, Lina, List, Renate, Taylor, William R et Schellenberg, Florian.** How to squat? Effects of various stance widths, foot placement angles and level of experience on knee, hip and trunk motion and loading. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. July 2018, Vol. 10, 14, pp. 1-11.
65. **Swinton, Paul A, Lloyd, Ray, Keogh, Justin WL, Agouris, Ioannis et Stewart, Arthur D.** A biomechanical comparison of the traditional squat, powerlifting squat and box squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. July 2012, Vol. 26, 7, pp. 1805-1816.
66. **HAS.** ÉVALUATION DES APPAREILS DE NEUROSTIMULATION ELECTRIQUE TRANSCUTANEE. Septembre 2009, pp. 1-38.
67. **Son, S Jun, Kim, Hyunsoo, Seeley, Matthew K et Hopkins, J Ty.** Efficacy of Sensory Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Perceived Pain and Gait Patterns in Individuals with Experimental Knee Pain. January 2017, Vol. 98, 1, pp. 25-35.
68. **Pallot, Adrien.** *Evidence Based Practice en rééducation : Démarche pour une pratique raisonnée.* [éd.] Elsevier. 2019.
69. **Shimada, Kensuke, Onishi, Tomo, Ogawa, Yoshiko, Yamauchi, Junichiro et Kawada, Shigeo.** Effects of motor imagery combined with action observation training on the lateral specificity of muscle strength in healthy subjects. *Biomedical Research*. March 2019, Vol. 40, 3, pp. 107-113.

70. **Netter, Franck H.** *Atlas d'anatomie humaine*. [éd.] Elsevier. pp. Planche 472-473.

71. **Kori, SH, Miller, RP et Todd, DD.** Kinesiophobia : a new view of chronic pain behavior. *Pain Manage.* 1990, pp. 35-43.

72. **Binkey, JM, Stratford, PW, Lott, SA et Riddle, DL.** The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network. *Physical Terhapy.* April 1999, Vol. 79, 4, pp. 371-383.

## Annexes

---

**Annexe 1** : Planches anatomiques du genou.

**Annexe 2** : Illustration de la quantification du stress mécanique selon la clinique du coureur.

**Annexe 3** : Tableau récapitulatif de l'étude.

**Annexe 4** : Echelle d'évaluation de la kinésiophobie TAMPA ou *TAMPA Scale of Kinesiophobia* (TSK).

**Annexe 5** : Echelle d'évaluation de la capacité fonctionnelle des membres inférieurs ou *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS).

**Annexe 6** : Tableau récapitulatif illustrant les exercices de rééducation proposés en thérapie physique.

# Annexe 1 : Planches anatomiques du genou (70).

## Genou : vues latérale et médiale

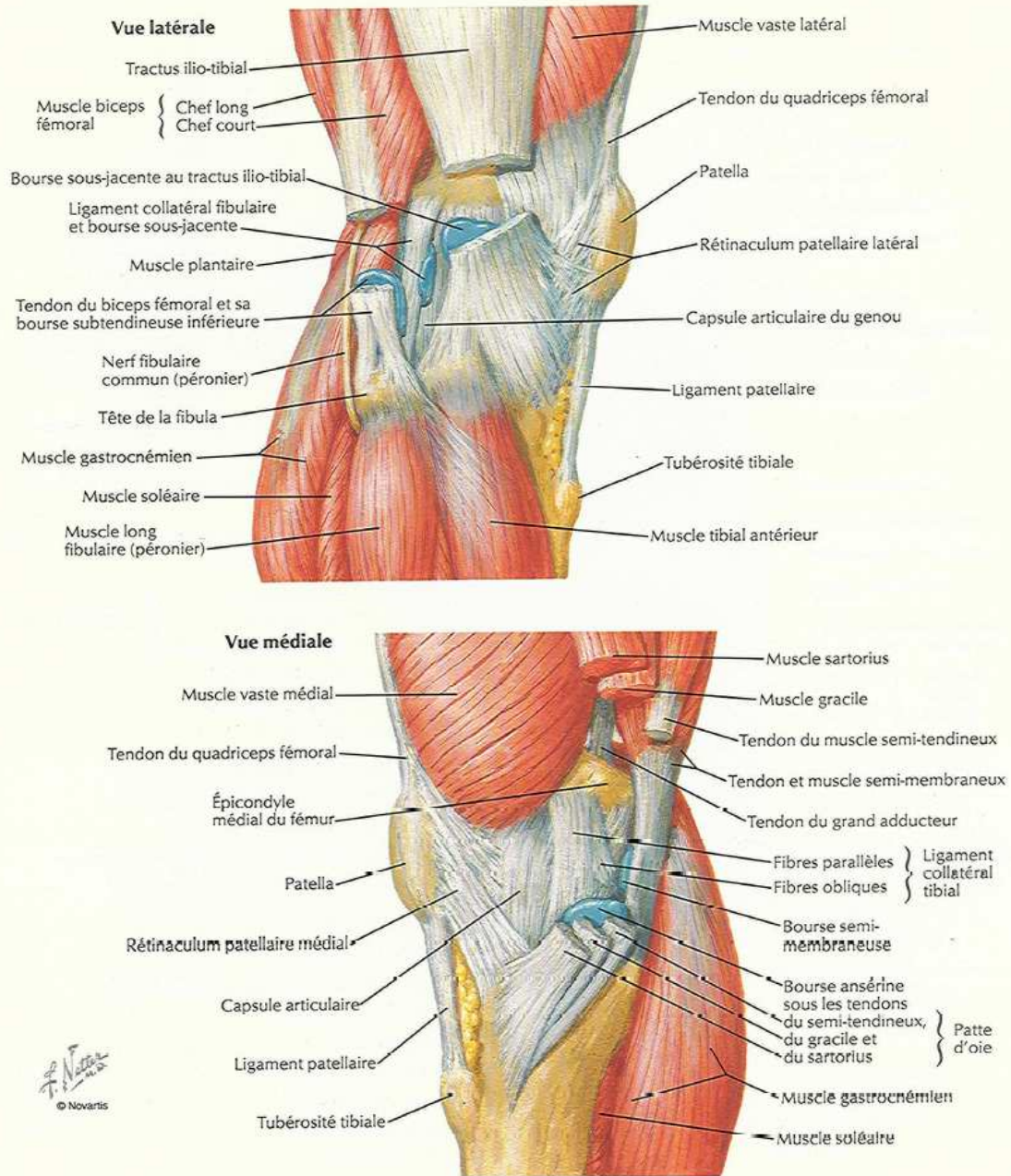
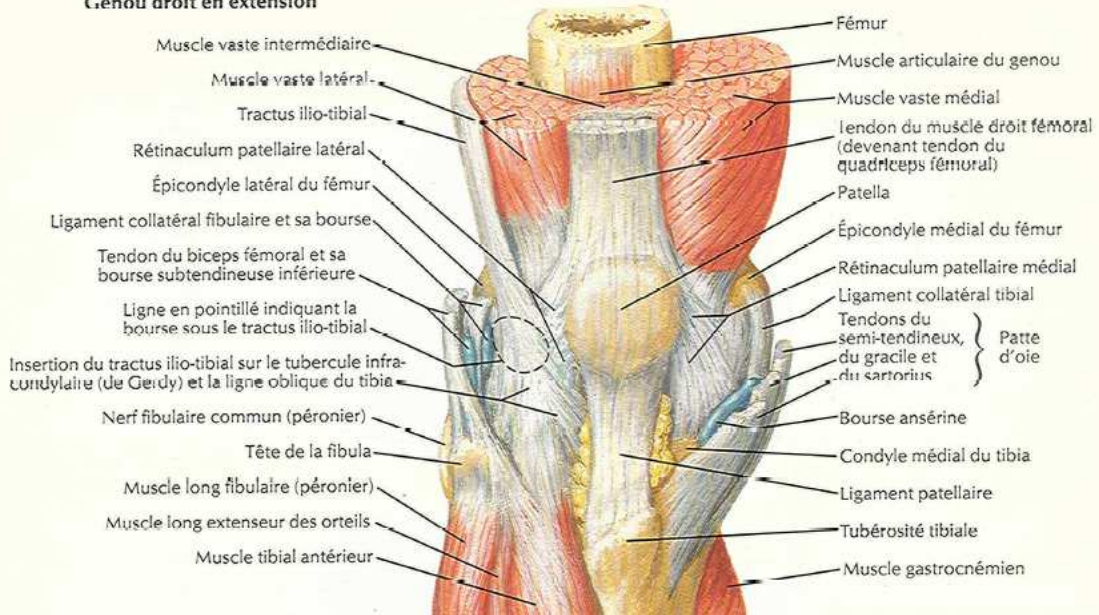


PLANCHE 472

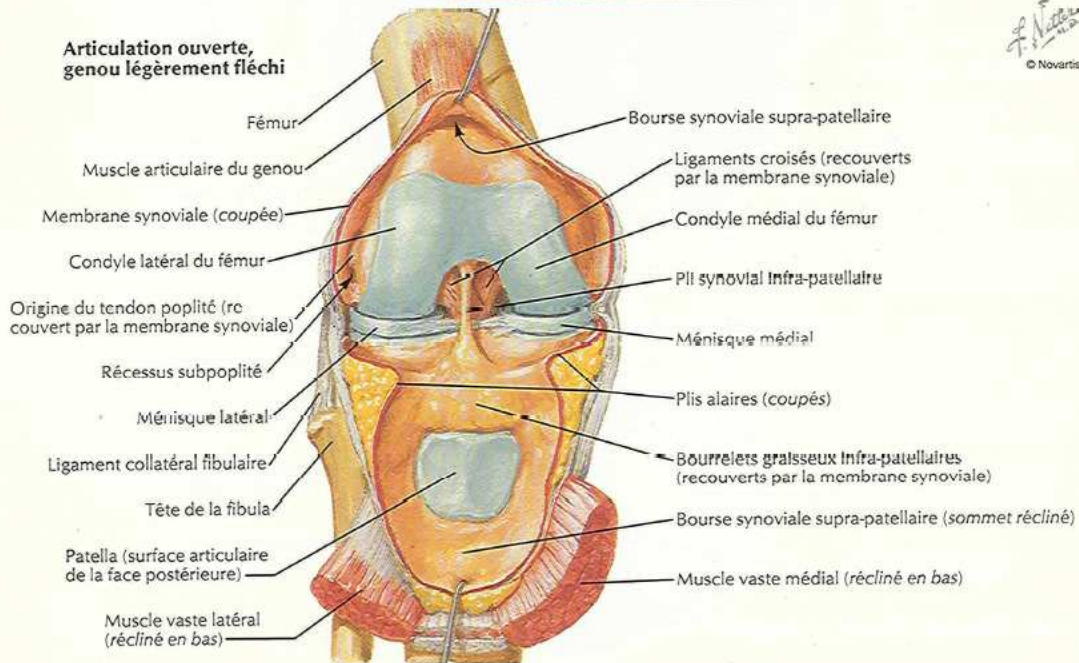
MEMBRE INFÉRIEUR

## Genou : vues antérieures

### Genou droit en extension



### Articulation ouverte, genou légèrement fléchi



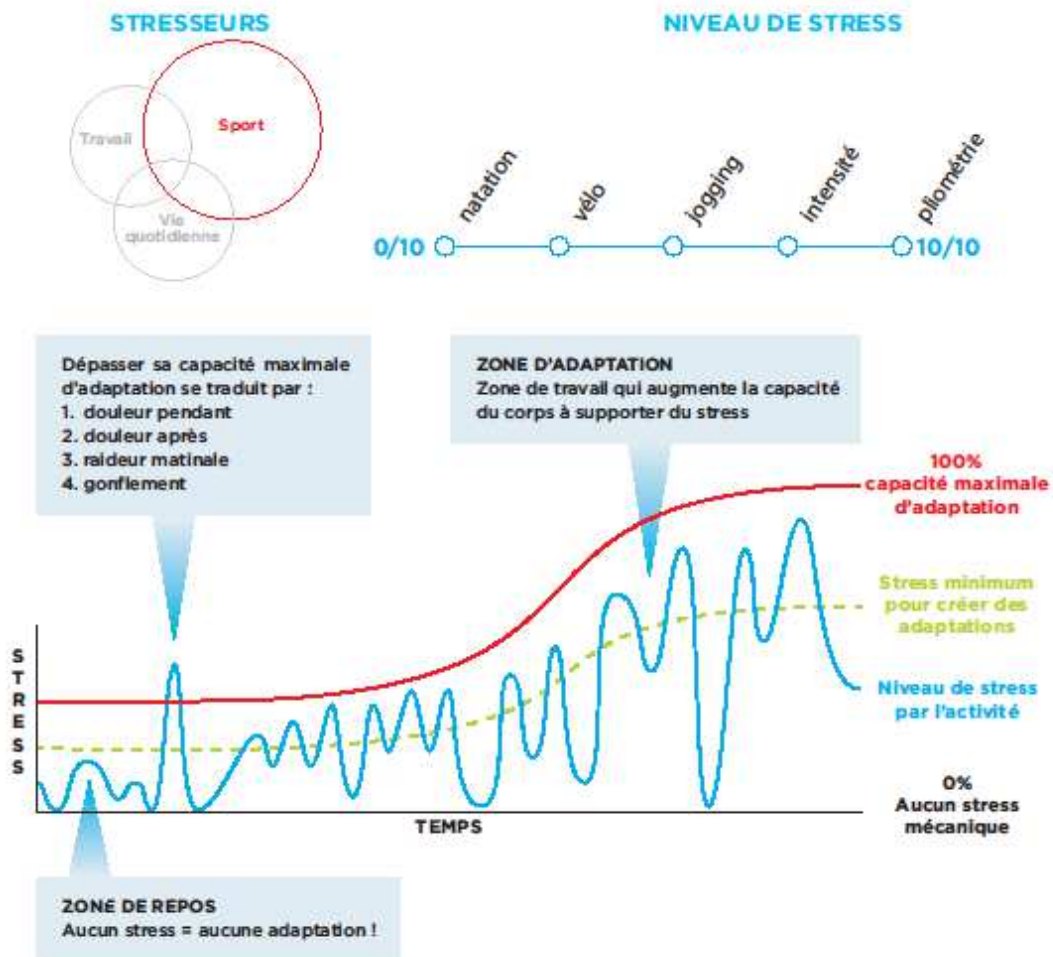
## Annexe 2 : Illustration de la quantification du stress mécanique selon la clinique du coureur (29).



### QUANTIFICATION DU STRESS

#### LE CORPS S'ADAPTE !

Le corps s'adapte dans la mesure où le stress appliqué n'est pas plus grand que sa capacité d'adaptation. Quantifier quotidiennement le stress mécanique appliqué sur le corps est la meilleure manière d'éviter des blessures.



## Annexe 3 : Tableau récapitulatif de l'étude.

<b>Titre de l'étude</b>	Le syndrome fémoro-patellaire : optimisation du retour au sport par imagerie motrice de jeunes patients kinésiophobes
<b>Mots-clés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Imagerie motrice</li> <li>→ Kinésiophobie</li> <li>→ Retour au sport</li> <li>→ Syndrome fémoro-patellaire</li> </ul>
<b>Type de l'étude</b>	Etude interventionnelle à risque et contrainte minimale (catégorie 2), prospective contrôlée et randomisée
<b>Objectifs et hypothèses de l'étude</b>	<p><u>Objectif principal :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Evaluer le bénéfice de l'imagerie motrice sur la kinésiophobie dans le syndrome fémoro-patellaire.</li> </ul> <p><u>Objectifs secondaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Mesurer l'impact de la diminution de la kinésiophobie liée à l'imagerie motrice sur la fonction auto-déclarée et sur la douleur actuelle perçue, ainsi que sur la proportion de sujets reprenant le sport.</li> <li>· Evaluer l'impact de la diminution de la kinésiophobie liée à l'imagerie motrice sur la chronicisation de la douleur.</li> <li>· Comparer le taux de reprise du sport en suivant ce programme à d'autres études traitant uniquement les déficiences physiques du syndrome fémoro-patellaire.</li> </ul> <p><u>Hypothèse principale :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Diminution du score TSK supérieure dans le groupe expérimental au groupe contrôle.</li> </ul> <p><u>Hypothèses secondaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Diminution du score NPRS, augmentation du score LEFS et proportion de sujets reprenant leur sport supérieures dans le groupe expérimental au groupe contrôle.</li> <li>· Réduction du taux de chronicisation de la douleur dans le groupe expérimental supérieure au groupe contrôle.</li> <li>· Taux de reprise de l'activité sportive supérieur à d'autres études ne s'intéressant qu'aux déficiences physiques.</li> </ul>
<b>Critères de jugement et indicateur de suivi</b>	<p><u>Critère de jugement principal :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Echelle d'évaluation de la kinésiophobie TAMPA (TSK)</li> </ul> <p><u>Critères de jugement secondaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Echelle d'évaluation de la capacité fonctionnelle des membres inférieurs (LEFS)</li> <li>· Echelle numérique d'évaluation de la douleur (NPRS)</li> <li>· Proportion de sujets reprenant leur sport</li> </ul> <p><u>Indicateur de suivi :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Questionnaire d'évaluation de la capacité d'imagerie motrice (MIQ-3)</li> </ul>
<b>Calendrier d'étude</b>	<p>Durée totale de l'étude : 6 mois</p> <p>Durée du protocole : 6 semaines</p> <p>Durée des interventions : 30 minutes par séance</p> <p>Fréquence des interventions : 3x/semaine pour chaque type d'intervention</p> <p>Evaluations : J0, S8, M4 et M6</p>

<b>Lieu d'étude</b>	Laboratoire de recherche de l'agglomération nantaise.
<b>Nombre de sujets</b>	104 participants : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Groupe expérimental : 52 sujets</li> <li>• Groupe contrôle : 52 sujets</li> </ul>
<b>Critères d'éligibilité</b>	<p><u>Critères d'inclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Être volontaire</li> <li>• Avoir entre 12 et 19 ans inclus</li> <li>• Avoir un syndrome fémoro-patellaire diagnostiqué</li> <li>• Phase aiguë : Symptômes <math>\leq</math> 1 mois</li> <li>• Avoir arrêté le sport</li> <li>• Pratiquait <math>\geq</math> 2 heures de sport par semaine avant l'arrêt (hors activité scolaire)</li> <li>• Avoir un score <math>\geq</math> 37 au questionnaire TAMPA</li> <li>• Résultats aux tests objectifs de chronométrie mentale suffisants pour intégrer un programme d'imagerie motrice</li> <li>• Vivre, travailler ou être scolarisé dans un rayon de 10km du lieu d'étude</li> </ul> <p><u>Critères de non inclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Refus de participation</li> <li>• Présence de troubles cognitifs</li> <li>• Participation à un essai interventionnel ou à un programme spécialisé pour traiter le syndrome fémoro-patellaire en parallèle de cette étude</li> <li>• Antécédents de pathologie ou chirurgie du genou ou autres comorbidités</li> </ul>
<b>Synthèse des interventions</b>	<p><u>Thérapie physique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Effectuée le matin</li> <li>→ Préparation à l'effort : 5 minutes de marche sur tapis à 5km/h</li> <li>→ Exercices de rééducation : 3 phases, 2 semaines par phase, 2 exercices par phase, 3 séries de 10 répétitions par exercice sur chaque membre inférieur, la 2<sup>ème</sup> semaine de chaque phase impose une progression dans la résistance</li> </ul> <p><u>Intervention spécifique au groupe :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Effectuée l'après-midi</li> <li>→ Expérimental : Imagerie motrice. Simulation des exercices de rééducation correspondant à la phase effectuée selon les mêmes modalités que la pratique physique</li> <li>→ Contrôle : Neurostimulation électrique transcutanée (TENS) - Programme <i>Gate Control</i></li> </ul>
<b>Critères d'arrêt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décès</li> <li>• Effet indésirable grave</li> <li>• Perte de contact avec le sujet ou absentéisme <math>\geq</math> 2 séances</li> <li>• Retrait du consentement ou opposition à l'utilisation des données recueillies</li> <li>• Douleur présente en imagerie motrice</li> <li>• Irritation, allergie ou aggravation de la douleur pendant ou suite au TENS</li> <li>• Blessure empêchant le sujet de participer à <math>\geq</math> 2 interventions</li> <li>• Dégradation importante de la qualité d'imagerie motrice</li> </ul>
<b>Analyse statistique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recueil des données dans le Data Manager de l'équipe d'étude</li> <li>• Traitement statistique par un logiciel biostatisticien « R »</li> <li>• Test statistique utilisé : ANOVA + post-hoc</li> <li>• Une réduction <math>\geq</math> 4 points sur la TSK dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle avec un intervalle de confiance de 95% doit être observée pour juger l'intervention comme significative.</li> </ul>

Annexe 4 : Echelle d'évaluation de la kinésiophobie TAMPA ou TAMPA Scale of Kinesiophobia (TSK) (71).

---

**Tampa Scale for Kinesiophobia**  
(Miller , Kori and Todd 1991)

- 1 = strongly disagree  
 2 = disagree  
 3 = agree  
 4 = strongly agree

1. I'm afraid that I might injury myself if I exercise	1	2	3	4
2. If I were to try to overcome it, my pain would increase	1	2	3	4
3. My body is telling me I have something dangerously wrong	1	2	3	4
4. My pain would probably be relieved if I were to exercise	1	2	3	4
5. People aren't taking my medical condition seriously enough	1	2	3	4
6. My accident has put my body at risk for the rest of my life	1	2	3	4
7. Pain always means I have injured my body	1	2	3	4
8. Just because something aggravates my pain does not mean it is dangerous	1	2	3	4
9. I am afraid that I might injure myself accidentally	1	2	3	4
10. Simply being careful that I do not make any unnecessary movements is the safest thing I can do to prevent my pain from worsening	1	2	3	4
11. I wouldn't have this much pain if there weren't something potentially dangerous going on in my body	1	2	3	4
12. Although my condition is painful, I would be better off if I were physically active	1	2	3	4
13. Pain lets me know when to stop exercising so that I don't injure myself	1	2	3	4
14. It's really not safe for a person with a condition like mine to be physically active	1	2	3	4
15. I can't do all the things normal people do because it's too easy for me to get injured	1	2	3	4
16. Even though something is causing me a lot of pain, I don't think it's actually dangerous	1	2	3	4
17. No one should have to exercise when he/she is in pain	1	2	3	4

Reprinted from:

*Pain*, Fear of movement/(re) injury in chronic low back pain and its relation to behavioral performance, 62, Vlaeyen, J., Kole-Snijders A., Boeren R., van Eek H., 371.  
 Copyright (1995) with permission from International Association for the Study of Pain.

## Annexe 5 : Echelle d'évaluation de la capacité fonctionnelle des membres inférieurs ou *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS) (72).

Lower Extremity Functional Scale (LEFS)

### Instructions





We are interested in knowing whether you are having any difficulty at all with the activities listed below **because of your lower limb problem** for which you are currently seeking attention. Please provide an answer for **each** activity.





**Today, do you or would you have any difficulty at all with:**

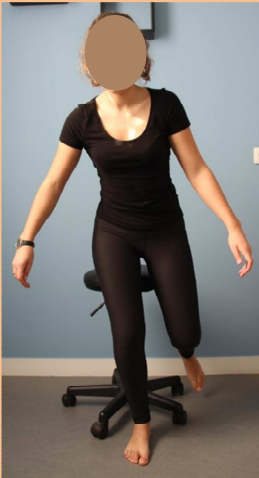
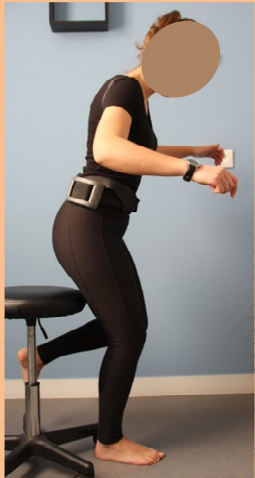


Activities	Extreme difficulty or unable to perform activity	Quite a bit of difficulty	Moderate difficulty	A little bit of difficulty	No difficulty
1. Any of your usual work, housework or school activities.	0	1	2	3	4
2. Your usual hobbies, recreational or sporting activities.	0	1	2	3	4
3. Getting into or out of the bath.	0	1	2	3	4
4. Walking between rooms.	0	1	2	3	4
5. Putting on your shoes or socks.	0	1	2	3	4
6. Squatting.	0	1	2	3	4
7. Lifting an object, like a bag of groceries from the floor.	0	1	2	3	4
8. Performing light activities around your home.	0	1	2	3	4
9. Performing heavy activities around your home.	0	1	2	3	4
10. Getting into or out of a car.	0	1	2	3	4
11. Walking 2 blocks.	0	1	2	3	4
12. Walking a mile.	0	1	2	3	4
13. Going up or down 10 stairs (about 1 flight of stairs).	0	1	2	3	4
14. Standing for 1 hour.	0	1	2	3	4
15. Sitting for 1 hour.	0	1	2	3	4
16. Running on even ground.	0	1	2	3	4
17. Running on uneven ground.	0	1	2	3	4
18. Making sharp turns while running fast.	0	1	2	3	4
19. Hopping.	0	1	2	3	4
20. Rolling over in bed.	0	1	2	3	4
<b>Column Totals:</b>	0	1	2	3	4

Page 2

## Annexe 6 : Tableau récapitulatif illustrant les exercices de rééducation proposés en thérapie physique.

Phases	Exercice	Consignes / Progression / Matériel	Illustration
<p><b>1. Décharge</b></p> <p>Semaine 2 et 3</p>	<p>Pont pelvien</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décubitus dorsal, genoux à 90° de flexion, pieds à plat écartés de la largeur du bassin, bras le long du corps. En fin de mouvement les cuisses et le tronc sont alignés.</li> <li>• Ajout d'une bande élastique résistante en semaine 3.</li> <li>• Le modèle présenté ici est une bande Canwsports de résistance medium.</li> </ul>	 <p><i>Position initiale en semaine 2</i></p>  <p><i>Position finale en semaine 3</i></p>
	<p>Abduction en latéro-cubitus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latéro-cubitus, alignement des membres inférieurs et du tronc. En fin de mouvement le membre inférieur libre est tendu vers le haut et légèrement vers l'arrière.</li> <li>• Ajout d'un poids de 0,5kg autour de la cheville en semaine 3.</li> <li>• Le modèle présenté ici est un poids Sissel de 0,5kg.</li> </ul>	 <p><i>Position initiale en semaine 2</i></p>  <p><i>Position finale en semaine 3</i></p>

<p><b>2. Mise en charge légère</b> Semaine 4 et 5</p>	<p>Squat bipodal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieds écartés de la largeur du bassin, orientés de 10° vers le dehors. En fin de mouvement les genoux sont fléchis à 45° (la hauteur de la table indique le moment d'arrêt de la phase excentrique) et ne dépassent pas les orteils.</li> <li>• Ajout d'une ceinture de plomb avec une charge de 5% du poids du corps du sujet en semaine 5.</li> <li>• Le modèle présenté ici est une ceinture Decathlon Subea.</li> </ul>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>Vue antérieure - Position finale en semaine 4</i></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>Vue latérale - Position finale en semaine 5</i></p> </div> </div>
	<p>Fente avant</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieds écartés de la largeur du bassin et de la longueur de la plus grande foulée possible. En fin de mouvement le genou antérieur est fléchi à 45° (la hauteur du tabouret indique le moment d'arrêt de la phase excentrique) et ne dépasse pas les orteils.</li> <li>• Augmentation de l'amplitude de mouvement jusqu'à 60° de flexion en semaine 5.</li> </ul>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>Vue latérale - Position finale en semaine 4</i></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>Vue latérale - Position finale en semaine 5</i></p> </div> </div>

<p><b>3. Mise en charge importante</b></p> <p>Semaine 6 et 7</p>	<p>Squat unipodal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Appui sur un membre inférieur. En fin de mouvement le genou est fléchi à 45° (la hauteur du tabouret indique le moment d'arrêt de la phase excentrique), ne rentre pas en dedans du pied et ne dépasse pas les orteils.</li> <li>• Ajout d'une ceinture de plomb avec une charge de 5% du poids du corps du sujet en semaine 7.</li> <li>• Le modèle présenté ici est une ceinture Decathlon Subea.</li> </ul>	 <p><i>Vue antérieure - Position finale en semaine 6</i></p>  <p><i>Vue latérale - Position finale en semaine 7</i></p>
	<p>Saut d'une marche</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Appui bipodal sur un step de 15cm de hauteur. Saut en avant avec une réception contrôlée genou plié et qui ne parle pas en dedans du pied.</li> <li>• Augmentation de 5cm de la hauteur du step en semaine 7.</li> <li>• Le modèle présenté ici est un step Canmk.</li> </ul>	 <p><i>Vue antérieure - Position finale en semaine 6</i></p>  <p><i>Vue antérieure - Position finale en semaine 7</i></p>