INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE BERCK-SUR-MER

FACULTÉ INGÉNIERIE ET MANAGEMENT DE LA SANTÉ (ILIS)

Solène GIBOIRE

Effet d'un livret d'éducation dans la prévention primaire de la maladie d'Osgood-Schlatter chez les enfants et jeunes adolescents sportifs

Sous la direction de M. Julien THERY

Mémoire :

- Études en Masso-Kinésithérapie (UE 28)
- Master 2 « Ingénierie de la santé », Parcours « Ingénierie des métiers de la rééducation fonctionnelle », Option « Ergonomie ».

Mémoire soutenu le 26/05/2021

Jury de soutenance

Président du jury : WOCH Stanislas
2ème jury : (MKDE) M. THERY Julien
3ème jury : (MKDE) M. MAUBRUN Julien

IFMK
Avenue du phare
62600 BERCK-SUR-MER

ILIS
42, rue Ambroise Paré
59120 LOOS

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je souhaite adresser mes remerciements à mon directeur de mémoire, M. Julien THERY d'avoir accepté de me suivre dans l'élaboration de ce travail. Il a su me guider par ses conseils avisés.

Un grand merci à mes parents, ma famille et mes amis pour leur soutien constant durant ces quatre années d'enseignements.

Je remercie également Louis pour ses nombreuses relectures, sa participation aux photos ainsi que pour sa patience pendant la rédaction de ce mémoire.

Enfin, je tiens aussi à témoigner toute ma reconnaissance à toute l'équipe pédagogique de l'IFMK de Berck-Sur-Mer ainsi que les intervenants pour l'ensemble des enseignements fournis.

RÉSUMÉ

Introduction : La maladie d'Osgood-Schlatter (OSD) touche un enfant sur dix au cours de la croissance, en particulier les jeunes adolescents actifs dans un sport. Cette affection résulte de microtraumatismes exercés sur la tubérosité tibiale entrainant une avulsion osseuse à long terme. Les répercussions physiques et psychologiques de cette pathologie sont nombreuses sur un individu. L'objectif de cette étude est de répertorier les facteurs de risque liés à l'OSD afin d'identifier ceux sur lesquels il est possible d'agir par le biais d'un protocole de prévention primaire.

Matériel et méthode : Une revue systématique a été effectuée sur les bases de données Pubmed, The Cochrane Library et PEDro sur une période allant de 2010 à 2020. Les études inclues sont des essais contrôlés randomisés analysant un ou plusieurs facteurs de risque de l'OSD.

Résultats : Huit études ont été sélectionnées dans cette revue. L'ensemble des résultats obtenus par ces différentes études ont mis en évidence un certain nombre de facteurs impliqués dans l'OSD. Les principaux facteurs de risque modifiables par l'intermédiaire d'une prévention primaire, retrouvés dans la littérature scientifique, sont la pratique sportive, l'extensibilité et la force musculaire ainsi que les troubles de la biomécanique du membre inférieur.

Discussion : L'ensemble des résultats des études sélectionnées évoque une diversité de facteurs de risque responsables de l'OSD. La réalisation de cette revue a permis de proposer un livret d'éducation prenant en compte les résultats précédents. Ce livret, destiné aux jeunes sportifs, inclut des explications de la pathologie, deux circuits d'étirements et de renforcement musculaire ainsi que des rappels sur l'hygiène de vie. L'efficacité de ce livret est évaluée par l'intermédiaire d'un protocole expérimental réalisé auprès d'une population d'adolescents masculins pratiquant le football ou le basketball au sein d'une structure.

Conclusion : Un enfant n'est pas un adulte en miniature, sa prise en charge implique des particularités qu'il est impératif de prendre en compte. Le but de ce livret d'éducation est de proposer un programme de prévention primaire afin de réduire l'incidence de l'OSD chez les enfants.

Mots clés : maladie d'Osgood-Schlatter, genou, croissance, adolescence, facteurs de risque, prévention, kinésithérapie

ABSTRACT

Introduction : Osgood-Schlatter Disease (OSD) affects one in ten children during growth, especially young adolescents who are active in sports. This condition results from microtrauma to the tibial tuberosity leading to long-term bone avulsion. The physical and psychological repercussions of this pathology are numerous on an individual. The objective of this study is to list the risk factors related to OSD in order to identify those that can be addressed through a primary prevention protocol.

Material and method : A systematic review was conducted on the Pubmed, The Cochrane Library and PEDro databases over the period 2010 to 2020. The studies included are randomized controlled trials analyzing one or more risk factors for OSD.

Results : Eight studies were selected in this review. The overall results obtained by these different studies highlighted a number of factors involved in OSD. The main risk factors that can be modified through primary prevention, found in the scientific literature, are the practice of sport, muscular extensibility and strength as well as lower limb biomechanical disorders.

Discussion : All the results of the selected studies point to a variety of risk factors responsible for OSD. The completion of this review made it possible to propose an education booklet taking into account the previous results. This booklet, aimed at young sportsmen and women, includes explanations of the pathology, two stretching and muscle strengthening circuits and reminders on healthy living. The effectiveness of this booklet is evaluated through an experimental protocol carried out with a population of adolescent males playing football or basketball in a facility.

Conclusion : A child is not a miniature adult, its care implies particularities that must be taken into account. The aim of this education booklet is to propose a primary prevention programme in order to reduce the incidence of OSD in children.

Key words : Osgood-Schlatter disease, knee, growth, adolescence, risk factors, prevention, physiotherapy

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 1
2. CADRE DE RÉFÉRENCE 3
2.1. Développement de l'enfant 3
2.1.1. Physiologique osseuse 3
2.1.2. Développement et stades de maturation de la tubérosité tibiale 5
2.1.3. Définition du terme ostéochondrose 6
2.2. Généralités sur la maladie d'Osgood-Schlatter 7
2.2.1. Rappels anatomiques et biomécaniques de l'appareil extenseur du genou 7
2.2.2. Définition 9
2.2.3. Épidémiologie 11
2.2.4. Diagnostic 12
2.2.5. Évolution 14
2.2.6. Traitement 15
2.2.7. Facteurs de risque 16
2.3. Question de recherche et hypothèses du chercheur 17
3. REVUE DE LA LITTÉRATURE 18
3.1. Matériels et méthodes 18
3.1.1. Mots clés, équations de recherche et bases de données explorées 18
3.1.2. Critères d'éligibilité des documents 19
3.1.3. Données explorées 20
3.1.4. Diagramme de flux (PRISMA) 20
3.2. Résultats (par données) 21
4. DISCUSSION 28
4.1. Interprétation et analyse des résultats 28
4.1.1. Facteurs de risque non modifiables 28
4.1.2. Facteurs de risque modifiables 30
4.2. Proposition d'un protocole expérimental 41
4.2.1. Population 41
4.2.2. Variables et indicateurs 44
4.2.3. Matériels 45
4.2.4. Méthode 45
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 53
BIBLIOGRAPHIE 55
ANNEXES .....

1. INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années, les activités physiques et sportives se multiplient et occupent une place importante dans le quotidien des jeunes (Hawkins and Metheny, 2001). Pendant la croissance, la période pubertaire est synonyme de changements aussi bien physiques que psychologiques pour un adolescent. La pratique sportive associée à un organisme en pleine croissance les expose à un risque plus important d'engendrer une blessure. Un certain nombre d'enfants se retrouve dans une situation de suractivité physique pouvant engendrer des lésions d'hyper-sollicitation chronique de l'appareil locomoteur. Les maladies d'Osgood-Schlatter et de Sever sont les affections de surutilisation les plus rencontrées au niveau du membre inférieur (Herbaut et al., 2017). Elles correspondent à des ostéochondroses apophysaires de croissance.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons plus particulièrement à la maladie d'Osgood-Schlatter (OSD). Elle constitue la première cause de douleur au niveau de la face antérieure du genou chez les enfants actifs au cours de leur croissance. En 2001, cela représentait 15% des motifs de consultation pour gonalgie dans la catégorie des moins de 15 ans (Briand and Quesnot, 2001). Cette pathologie, dont l'évolution est bénigne, est responsable d'une modification ou d'un arrêt de la pratique sportive à une période cruciale pour les performances du jeune athlète. Dans un monde où la promotion de l'activité sportive est omniprésente, il est important de prévenir le risque de blessure. Le domaine de la prévention représente aujourd'hui une part importante de notre système de santé et fait partie intégrante des compétences du masseur-kinésithérapeute.

L'objectif de cette étude est de répertorier les facteurs de risque responsables de l'OSD à travers une revue systématique. Le but étant d'identifier les facteurs sur lesquels il est possible d'agir dans le cadre d'une proposition de prévention primaire. Ensuite, nous sélectionnerons les facteurs de risque, mis en évidence par la revue systématique, pouvant être modifiés afin de créer un livret d'éducation, destiné aux enfants et jeunes adolescents, basé sur la prévention primaire de l'OSD. Pour cela, nous réaliserons dans un premier temps un état des lieux des connaissances sur le développement physiologique de l'enfant ainsi que sur les particularités de cette affection. Dans un second temps, nous aborderons les méthodes de recherche utilisées pour l'élaboration de notre revue.

Nous détaillerons ensuite les différentes études sélectionnées abordant plusieurs facteurs de risque de l'OSD ainsi que leurs résultats. Nous discuterons de ces résultats dans une quatrième partie où nous sélectionnerons les éléments pertinents pour la création du livret d'éducation sur la prévention. Enfin, nous proposerons un protocole expérimental afin d'évaluer l'efficacité de notre livret sur une population de jeunes adolescents masculins actifs dans une activité sportive prédéterminée.

2. CADRE DE RÉFÉRENCE

2.1. Développement de l'enfant

2.1.1. Physiologique osseuse

Le développement de l'enfant, de la naissance jusqu'à l'âge adulte, est marqué par de nombreux changements physiques, physiologiques, psychomoteurs et affectifs. Ces changements ne s'effectuent pas au même rythme pour chaque individu mais apparaissent toujours dans le même ordre. Le développement physique dépend de la croissance et de la maturation. La croissance correspond à l'augmentation des dimensions corporelles. C'est un phénomène caractéristique de l'enfance lié à l'interaction de facteurs génétiques, neuroendocrinien et environnementaux. La maturation, quant à elle, est un processus physiologique génétiquement déterminé plus ou moins lent. Elle permet le développement spécifique d'un organe à un stade dit adulte. Pendant la croissance, deux phases sont retrouvées chez l'enfant : une première phase rapide, de la naissance jusqu'à 5 ans, et une deuxième phase plus lente qui se termine lorsque la maturité osseuse est atteinte (Grabowski, 2009).

La constitution du squelette repose sur le cartilage de croissance. Son activité permet à l'os de s'allonger au cours de la croissance et de se remodeler en fonction des forces de compression qui s'exercent sur lui (Jouve et al., 2009). La mise en place de ce cartilage de croissance s'effectue in utero. Pendant la période fœtale ainsi qu'après la naissance, l'os croît aussi bien en largeur qu'en longueur. Ceci se fait en parallèle des phénomènes d'ossification et de minéralisation. L'ossification débute à la quatrième semaine du développement fœtal. Les os sont formés soit par ossification endochondrale, soit par une ossification intra-membraneuse. L'ossification endochondrale correspond à la formation des os longs qui débute à partir d'une ébauche cartilagineuse. Le tibia est un os long dont la structure morphologique comprend trois parties : la diaphyse, l'épiphyse et la métaphyse (Figure 1). La métaphyse est située sous la plaque de croissance, elle constitue le siège de l'ossification des os longs (Pastoureau, 1990).

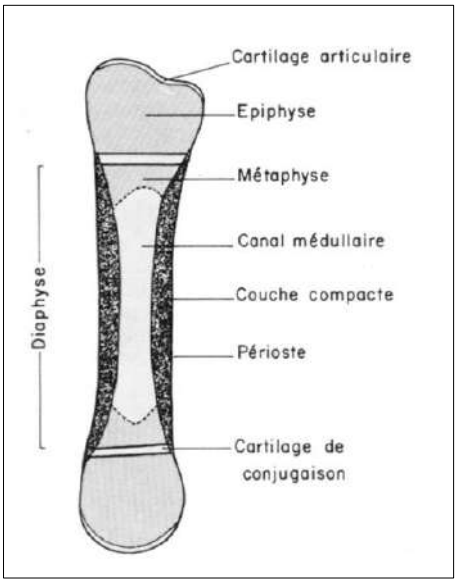


Figure 1 : Structure d'un os long (Poirier, 1975)

L'ossification d'un os long se déroule en plusieurs étapes (Figure 2). Elle s'effectue lors de la mise en place de la diaphyse et de l'épiphyse, ainsi que pendant la phase de croissance au niveau du cartilage de conjugaison. Dans un premier temps, l'ossification primaire est réalisée à partir d'un modèle cartilagineux. Au stade embryonnaire, un bourgeon osseux à l'origine du périoste est retrouvé au milieu de la pièce cartilagineuse. Progressivement, un noyau d'ossification primaire va apparaitre au centre de la future diaphyse. Les chondroclastes vont détruire le cartilage afin de permettre la formation de l'os. Progressivement, ce noyau va s'épaissir et se transformer en os autour du noyau cartilagineux de base. Ce processus est responsable de la croissance en largeur de l'os.

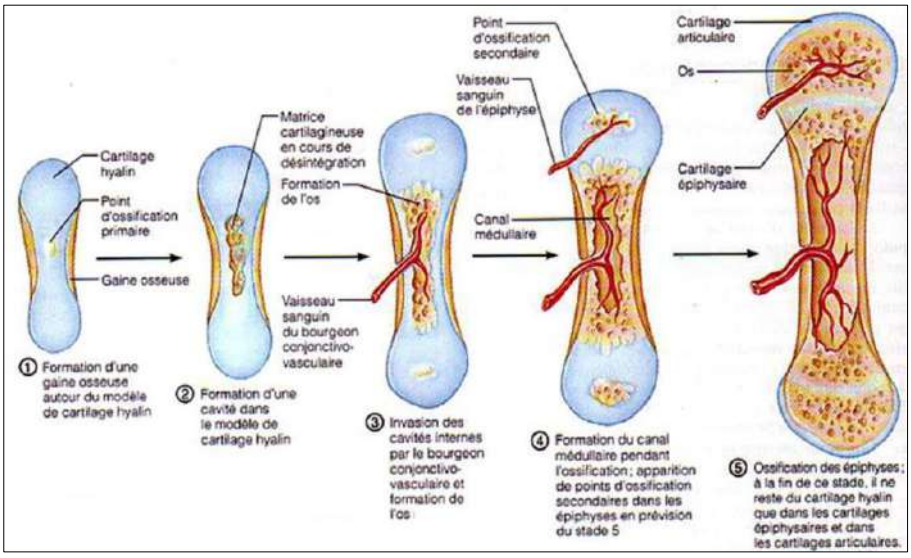


Figure 2 : Processus d'ossification d'un os long (Marieb and Hoehn, 2019)

Puis, la réalisation de l'ossification secondaire se met en place au niveau des épiphyses (Figure 2). Le tissu osseux lamellaire va progressivement remplacer le tissu osseux fibreux à partir des points d'ossification ou noyaux d'ossification secondaires apparaissant après la naissance (Pastoureau, 1990). Cette ossification aboutit à la formation d'os spongieux qui sera ensuite recouvert par de l'os cortical. Le cartilage de croissance et les noyaux d'ossification sont fragiles. Ils sont considérés comme des sites où vont s'exercer tous les facteurs (génétiques, ethniques, nutritionnels, hormonaux et enzymatiques) qui influencent la croissance.

2.1.2. Développement et stades de maturation de la tubérosité tibiale

Le développement du genou s'effectue au cours des dix premières semaines de gestation. C'est à partir de la 6ème semaine de gestation que la formation de cartilage commence dans le fémur, le tibia et la fibula. Le développement de l'articulation du genou débute par une interzone articulaire à la 7ème semaine. La condensation cellulaire de la patella et le tendon du quadriceps deviennent également visibles avec une partie des fibres s'étendant à travers la patella pour former le tendon patellaire se fixant sur la tubérosité tibiale en développement (Slotkin et al., 2018). La tubérosité tibiale se développe comme une excroissance de cartilage hyalin. Cette excroissance sera progressivement déplacée distalement pour se situer au niveau de la partie antérieure de la métaphyse tibiale au cours de la période fœtale (Ogden et al., 1975).

La plaque de croissance de la tubérosité tibiale ne se développe que plusieurs mois après la naissance comme une structure distincte de la plaque de croissance tibiale proximale. Elle est structurellement différente de la plupart des plaques de croissance. Environ 4 à 6 mois après la naissance, une plaque de croissance se forme sous la tubérosité tibiale. Celle-ci présente des adaptations structurelles permettant de supporter de fortes contraintes de traction. D'un point de vue histologique, la plaque de croissance de la tubérosité tibiale présente trois régions distinctes : une zone de formation osseuse endochondrale, une zone intermédiaire de formation osseuse intra-membraneuse par fibrocartilage et une zone superficielle de formation osseuse intra-membraneuse à travers le tissu fibreux (Ogden et al., 1975). Les changements les plus importants intervenant durant la croissance se trouvent dans la zone distale de la tubérosité tibiale antérieure (Kaya et al., 2013).

La tubérosité tibiale apparait entre la 12ème et la 15ème semaine de la période fœtale à partir du segment antérieur de l'épiphyse tibiale proximale. Elle reste longtemps cartilagineuse pendant l'enfance. Un ou plusieurs points d'ossification apparaissent dans ce noyau cartilagineux entre 8 et 12 ans chez la fille, et entre 9 et 14 ans pour le garçon (Léonard et al., 1995). L'apophyse du tubercule tibial sera alors visible sur les radiographies vers l'âge de 9 ans chez les filles et de 11 ans chez les garçons (Launay, 2015). Durant la croissance de l'enfant, la tubérosité tibiale antérieure se développe selon quatre stades radiographiques successifs en fonction de la maturation osseuse avant de s'ossifier complètement (Briand and Quesnot, 2001) (Tableau I). Cette ossification s'effectue de la périphérie vers le cartilage de croissance.

Tableau I : Les différents stades de développement de la tubérosité tibiale (Briand and Quesnot, 2001)

Stade C (cartilagineux)	**Stade A (apophysaire)**	**Stade E (épiphysaire)**	**Stade B (osseux)**
8-10 ans	10-12 ans	12-14 ans	14-17 ans
La tubérosité tibiale est uniquement cartilagineuse en avant et au-dessous de l'épiphyse tibiale.	Un ou deux noyaux d'ossification apparaissent dans la partie inférieure du cartilage apophysaire. L'épiphyse est ossifiée avec un cartilage de croissance horizontal la séparant de la diaphyse.	Elle correspond à la réunion du noyau apophysaire avec l'épiphyse. L'épiphyse tibiale antérieure se développe en bas et en avant en formant un bec osseux antérieur.	La tubérosité tibiale est nette. La maturation osseuse de la TT se fait plus rapidement chez les filles que chez les garçons. Elle va se souder à la diaphyse à l'âge de 15 ans chez la fille et à l'âge de 17 ans chez le garçon.

C'est essentiellement pendant la phase apophysaire, correspondant à la phase de poussée de croissance d'un adolescent, ainsi que pendant la phase épiphysaire que le cartilage de croissance peut être le siège de lésions traumatiques (Sailly et al., 2013).

2.1.3. Définition du terme ostéochondrose

Le terme ostéochondrose est utilisé pour décrire un ensemble de troubles affectant le squelette d'un enfant en croissance. Ces troubles résultent d'une croissance anormale, d'une blessure ou d'une utilisation excessive de la plaque de croissance et des centres d'ossification environnants. Plusieurs étiologies peuvent expliquer ces troubles : une cause génétique, un stress répétitif, des anomalies vasculaires, des facteurs mécaniques ou encore des déséquilibres hormonaux peuvent jouer un rôle (Atanda, 2011).

L'ostéochondrose touche les apophyses qui sont les points de fixations d'une insertion tendineuse ou ligamentaire (Herman, 1996). Hardivilliers introduit le terme d'ostéochondrose qu'il faut préférer aux termes tels qu'ostéochondrite, apophysite, épiphysite, ostéonécrose ou apophysiolyse qui se réfèrent à une inflammation (Bahhou, 2015). En 1981, R. S. Siffert réalise une classification des ostéochondroses (Tableau II).

Tableau II : Classification des ostéochondroses par R. S. Siffert (Siffert, 1981)

Ostéochondroses articulaires	- Épiphysaires (ex : maladie de Freiberg, maladie de Legg-Perthes-Calvé) - Disséquantes (condyles fémoraux, capitulum) limitées à l'os sous-chondral et au cartilage articulaire
Ostéochondroses extra-articulaires ou apophysoses	- Apophysoses (ex : Osgood-Schlatter, Sever) - Avulsions et arrachements apophysaires
Ostéochondroses par atteinte du cartilage de croissance (ex : maladie de Scheuermann)	
Ostéochondroses ossiculaires (ex : maladie de Renander)	

2.2. Généralités sur la maladie d'Osgood-Schlatter

2.2.1. Rappels anatomiques et biomécaniques de l'appareil extenseur du genou

Situé entre la hanche et la cheville, le genou est l'articulation intermédiaire du membre inférieur ce qui lui confère un rôle important. Il s'étend du quart inférieur de la cuisse jusqu'à la tubérosité tibiale. Trois éléments composent ce complexe articulaire : le fémur en haut, la patella en avant et le tibia en bas. Le genou est donc composé de deux articulations : l'articulation fémoro-patellaire qui est une ginglyme ainsi que l'articulation fémoro-tibiale accompagnée des ménisques qui est une bi-condylaire. Indissociables aussi bien sur le plan anatomique que sur le plan fonctionnel, ces deux articulations sont intégrées au sein d'une même poche articulaire. Le genou est une articulation sous-cutanée de toute part, sauf en arrière où est présent un renfort fibreux très important car l'hyper-extension exige une résistance mécanique. La situation très exposée de cette articulation la rend plus vulnérable aux traumatismes directs et réduit les bras de levier musculaires (Dufour et al., 2017).

Le quadriceps, qui appartient à l'appareil extenseur de genou, est composé de quatre chefs : le droit fémoral, le vaste intermédiaire, le vaste latéral et le vaste médial. Situé dans la loge antérieure de la cuisse, c'est un long muscle volumineux qui travaille en synergie avec ses antagonistes : les ischio-jambiers, dans la loge postérieure de la cuisse. Parmi les 4 chefs du quadriceps, le droit fémoral est le seul muscle bi-articulaire. La réunion des fibres terminales de ces 4 chefs (Figure 3) forme le tendon quadricipital (Figure 4) qui est formé de 3 couches : une couche profonde avec le vaste intermédiaire, une couche moyenne avec la réunion des vastes latéral et médial ainsi qu'une couche superficielle avec le droit fémoral. Ce tendon est situé au-dessus de la patella et est oblique en bas et en dedans. La réunion des fibres tendineuses du droit fémoral et du ligament patellaire donne le tendon patellaire (Figure 4). Tendu de l'apex patellaire à la tubérosité tibiale antérieure, il est infra-patellaire et oblique en bas et en dehors (Dufour, 2015).

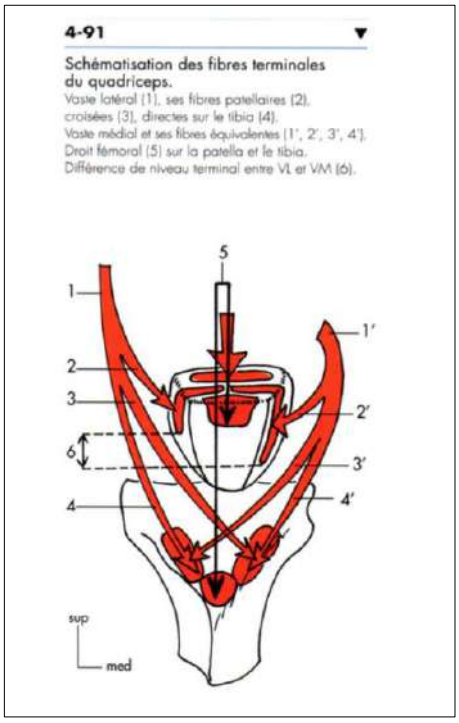


Figure 3 : Schématisation des fibres terminales du quadriceps (Dufour, 2015)

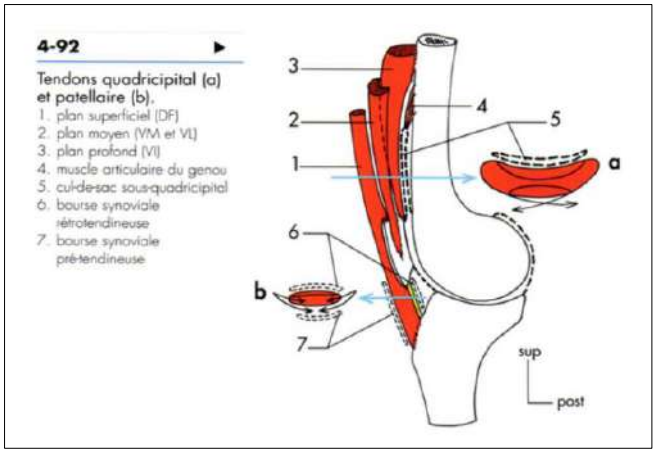


Figure 4 : Schématisation du tendon quadricipital (a) et du tendon patellaire (b) (Dufour, 2015)

L'articulation du genou possède deux degrés de mobilité : d'une part la flexion-extension, et d'une autre part les rotations médiale et latérale. La mobilité articulaire se répartit indissociablement sur les deux compartiments fémoro-patellaire et fémoro-tibial (Dufour et al., 2017).

D'un point de vue mécanique, le genou doit répondre à deux impératifs contradictoires :

- Posséder une très grande stabilité en extension complète de genou, position dans laquelle le genou subit d'importants efforts dus au poids et à la longueur du bras de levier ;
- Acquérir une grande mobilité à partir d'un certain angle de flexion, mobilité nécessaire à la course, l'orientation du pied par rapport aux inégalités de terrain (Kapandji, 2008).

Grâce à des dispositifs mécaniques ingénieux, le genou peut satisfaire ces impératifs. Cependant, d'un point de vue osseux, la non-congruence et la non-concordance des surfaces articulaires semblent paradoxale pour une articulation aussi sollicitée en charge. Afin de pallier ce déficit de stabilité osseuse, il existe des systèmes capsulo-ligamentaires et musculaires très développés. Le plan capsulo-ligamentaire assure le premier niveau de maintien passif de l'articulation. Il se caractérise par sa large étendue antérieure qui lui donne un aspect de genouillère (Dufour et al., 2017). Le plan musculaire forme le second niveau de maintien. Il constitue la stabilité active de l'articulation. Lors de la flexion de genou, le genou est dominé par la lutte contre la pesanteur. C'est le muscle quadriceps qui contrôle concentriquement l'extension mais également le degré de flexion en excentrique. Cela constitue un rôle contraignant pour la patella.

2.2.2. Définition

La maladie d'Osgood-Schlatter a été décrite séparément en 1903 par R. Osgood, puis par C. Schlatter quelques mois plus tard. Cette affection courante est caractérisée par une douleur au niveau du tubercule tibial. Elle touche le cartilage apophysaire de la face antérieure de la tubérosité tibiale. Cette pathologie fait partie de la famille des ostéochondroses de croissance. En général, elle survient préférentiellement chez les enfants de 8 à 15 ans. Dans 21% des cas, l'OSD est plus particulièrement observée chez les adolescents actifs dans un sport. Elle est tout de même retrouvée chez 4,5% des enfants inactifs (Gholve et al., 2007).

Une activité sportive présentant une charge élevée et impliquant des accélérations, des sauts ou encore des changements brutaux de direction présente un risque accru de développer l'OSD. Par conséquent, les sports tels que le basket-ball, le football ou encore le volley-ball sont particulièrement problématiques (De Lucena et al., 2011). L'OSD nécessite une diminution ou une modulation de l'activité sportive, voire un arrêt temporaire. Cela provoque un réel impact négatif chez ces adolescents sportifs aussi bien sur les plans physique et psychologique. Cette pathologie entraine une diminution de la force et de la puissance des membres inférieurs ainsi qu'une mauvaise qualité de vie liée à la douleur (Holden and Rathleff, 2020).

L'OSD résulte d'une lésion par traction du cartilage et de l'attachement osseux du tendon patellaire chez l'enfant et l'adolescent. Elle est la conséquence d'une contrainte fréquente exercée par l'appareil extenseur du genou sur le cartilage de la tubérosité tibiale. Des forces de traction répétées sont appliquées au niveau de l'apophyse tibiale qui correspond au point de fixation du tendon patellaire sur l'os. L'apophyse est constituée de cartilage de croissance et d'un noyau d'ossification où s'insère le tendon patellaire (Figure 5).

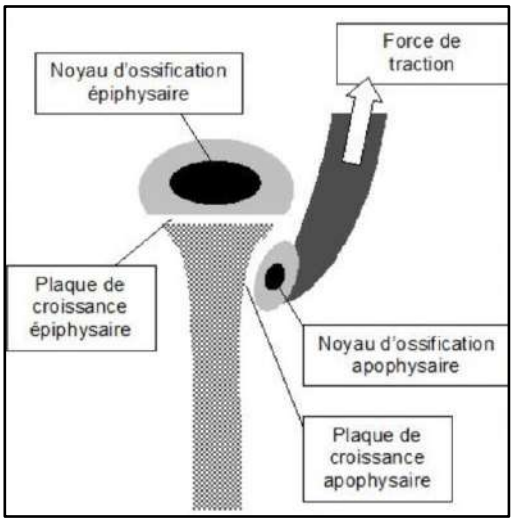


Figure 5 : Schéma des forces exercées sur le cartilage de croissance sur une coupe sagittale (d'après le Docteur Louis Pallure)

Les caractéristiques structurelles de l'apophyse tibiale sont adaptées pour répondre aux forces de traction exercées sur cette région (Ogden et al., 1975). Cependant, cette zone constitue un point de faiblesse de par son modelage et son remodelage constants au cours de la croissance. Elle est deux à cinq fois plus faible que les structures environnantes, y compris le système musculo-tendineux, les ligaments et les os (Achar et al., 2019). Les forces de

traction exercées sur l'apophyse tibiale provoquent une lésion du centre d'ossification secondaire. Cela conduit ainsi à une avulsion des composants apophysaires et, en réponse, à la formation de tissu osseux supplémentaires entre les fragments (De Lucena et al., 2011).

Le début de l'OSD coïncide avec l'arrivée d'une poussée de croissance ayant lieu au début de l'adolescence. Cela explique que l'apparition de l'affection arrive à des moments différents entre les deux sexes. L'OSD apparait plus précocement chez les jeunes filles qui possèdent une maturation osseuse s'effectuant plus rapidement que celle des garçons (Hanada et al., 2012). Pendant la croissance, les structures osseuses grandissent davantage par rapport au système musculo-ligamentaire. Les structures internes des enfants et des préadolescents diffèrent de celles des adultes et sont en remodelage permanent. Tandis que la structure osseuse est résistante et que les sites de blessures sont plutôt ligamentaires ou musculaires chez les adultes, les enfants sont plus susceptibles de subir des blessures au niveau des sites d'insertion des tendons et des structures osseuses environnantes (Malanga and Ramirez-Del Toro, 2008).

Dans le cas de l'OSD, la croissance osseuse dépasse la capacité de l'unité muscle-tendon à s'étirer suffisamment pour maintenir une flexibilité satisfaisante conduisant ainsi à une augmentation de la tension au niveau de l'apophyse de la tubérosité tibiale. Par conséquent, le système musculo-tendineux tractent les structures osseuses de façon trop importante pouvant aller jusqu'à la rupture notamment lors d'une hypo-extensibilité musculaire importante associée ou non à une surcharge sportive (Smith and Varacallo, 2020).

2.2.3. Épidémiologie

L'OSD apparait entre 8 et 14 ans chez les filles et entre 10 et 15 ans chez les garçons (Nakase et al., 2014), préférentiellement chez les jeunes adolescents pratiquant un sport comprenant de la course, des mouvements latéraux ainsi que des sauts. Dans de plus rares cas, il a également été montré dans diverses études que ce syndrome peut survenir chez un enfant inactif (Gholve et al., 2007). Cette pathologie est présente bilatéralement dans 20 à 30% des cas (Vaishya et al., 2016). Selon une étude brésilienne publiée en 2011 portant sur la prévalence et les facteurs de risques de l'OSD, il a été constaté que sur un échantillon de 956 adolescents âgés de 12 à 15 ans, 94 d'entre eux, soit 9,8%, étaient atteints de la maladie (De Lucena et al., 2011).

Au sein de la population de jeunes adolescents de l'étude, il a été constaté qu'il y avait 11,4% de garçons atteints de la maladie et 8,3% de filles. Les auteurs ne rapportent pas de différence significative entre les deux sexes contrairement à ce qui était constaté plusieurs années auparavant. En effet, de précédentes études avaient montré que les jeunes garçons étaient trois fois plus touchés par cette pathologie que les filles (R. P. Jakob et al., 1981). Cela s'explique par le fait que les sports les plus concernées par l'OSD (football, basketball) étaient plus populaires chez les garçons. Cette différence est moins marquée de nos jours puisque les jeunes filles ont plus facilement accès à ces sports à fort impact (R. P. Jakob et al., 1981) (Hall et al., 2015).

2.2.4. Diagnostic

Le diagnostic de la maladie est essentiellement clinique. Le jeune patient décrit une douleur en regard de la tubérosité tibiale qui est déclenchée par des activités telles que la course, le saut, la montée et la descente d'escaliers ou encore l'accroupissement. Une tuméfaction est observée en regard du tubercule tibial. Pour la majorité des cas, la douleur survient sans traumatisme préalable. De type mécanique, elle peut irradier vers la patella. Au fur et à mesure, cette douleur peut devenir de plus en plus permanente et ainsi être présente quel que soit le niveau d'activité (Slotkin et al., 2018). À l'examen clinique, la douleur peut être reproduite à la palpation de la tubérosité tibiale, à l'étirement du droit fémoral ainsi qu'à l'extension de genou réalisée contre résistance.

Des examens d'imagerie peuvent être réalisés afin de compléter et de confirmer le diagnostic clinique, de suivre l'évolution de la tubérosité tibiale mais également d'éviter un potentiel diagnostic différentiel. Cela permet d'exclure une infection, une tumeur, un syndrome fémoro-patellaire, une tendinopathie rotulienne, une fracture d'arrachement de la tubérosité tibiale ou encore la maladie de Sinding-Larsen-Lohansson (Vaishya et al., 2016). Cette dernière peut être confondue avec l'OSD mais la différence réside dans la localisation des douleurs qui sont retrouvées au niveau de la patella pour celle-ci.

Sur une radiographie standard (Figure 6), réalisée en bilatéral, les signes classiques de l'OSD retrouvés sont une proéminence de la tubérosité tibiale, un gonflement des tissus mous, une irrégularité osseuse avec une fragmentation du noyau d'ossification et un épaississement du tendon patellaire (Yanagisawa et al., 2014) (Lam et al., 2019). L'absence de ces signes radiologiques n'exclut pas le diagnostic de la pathologie car ils peuvent s'avérer absents lors des premiers stades. La radiographie latérale est la plus utile car elle permet de visualiser et d'évaluer le mécanisme extenseur du genou (Circi et al., 2017).



Figure 6 : radiographie d'un patient atteint de l'OSD (document personnel)



Figure 7 : IRM d'un patient atteint de l'OSD (Lam et al., 2019)

La réalisation d'une échographie permet un diagnostic précoce de l'OSD. Il a été montré qu'un diagnostic précoce et un traitement conservateur peuvent permettre un retour plus rapide aux activités sportives (Nakase et al., 2014). Les caractéristiques échographiques comprennent un gonflement des tissus mous pré-tibiaux, un gonflement du cartilage, une fragmentation du centre d'ossification de la tubérosité tibiale, un épaississement à l'insertion du ligament patellaire et une inflammation de la bourse infra-patellaire profonde. Plus rarement, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) (Figure 7) et la tomographie informatisée peuvent également être utilisées (Circi et al., 2017).

2.2.5. Évolution

Ehrenborg et ses collaborateurs ont évalué radiologiquement la tubérosité tibiale au cours de l'OSD et ont classé son développement en quatre stades en fonction de la sévérité de la pathologie. La classification d'Ehrenborg et Largergren (1961) est la plus retrouvée dans la littérature (Tableau III). Une radiographie réalisée en fin de croissance permet ainsi de connaitre le stade final d'un patient selon cette classification (Ehrenborg and Engfeldt, 1961).

Tableau III : Classification de la maladie d'Osgood-Schlatter au cours de la croissance

Stade 1 (cartilagineux)	Aspect radiologique normal (mis à part une infiltration œdémateuse des tissus mous de part et d'autre du tendon patellaire)
Stade 2 (apophysaire)	Déformation mineure de la TT (aspect irrégulier et fragmenté du noyau apophysaire)
Stade 3 (épiphysaire)	TT proéminente
Stade 4 (stade osseux)	TT avec ossicule séparé

Dans de nombreuses études, le pronostic de récupération d'un patient atteint de l'OSD a été décrit comme bon (Gholve et al., 2007). En 2013, Kaya et ses collaborateurs ont rapporté qu'environ 50% des patients sont complètement guéris deux ans après le diagnostic initial de la pathologie (Kaya et al., 2013). Même après des traitements conservateurs et chirurgicaux, certains patients présentent des douleurs résiduelles ou des complications qui persistent à l'adolescence ou à l'âge adulte (Pihlajamäki et al., 2009) (Smith and Varacallo, 2020). D'après une récente étude rétrospective, il a été montré que 60% de ses patients souffraient de douleurs liées à l'OSD quatre années après le diagnostic de la pathologie (Holden and Rathleff, 2020).

À long terme, un patient peut présenter certaines séquelles telles que :

- La persistance d'un fragment osseux au sein du tendon patellaire, créateur d'une source de douleur chronique et pouvant aboutir à une tubérosité tibiale élargie ;
- Une fracture d'arrachement de la tubérosité tibiale au cours d'une contraction violente du muscle quadriceps (souvent retrouvée entre la phase épiphysaire et la phase osseuse) ;

- Une hypertrophie de la tubérosité tibiale antérieure à l'âge adulte qui peut être douloureuse lors d'une activité réalisée à genou par exemple.

Dans 10% des cas, les symptômes peuvent persister jusqu'à un ou deux ans après la maturité squelettique (Gholve et al., 2007). Chez ces patients, une excision osseuse peut alors être réalisée. Enfin, des complications peuvent survenir suite à l'OSD, telles que la pseudo-arthrose, le genu recurvatum, la rotule alta ou encore la fragmentation de l'ossicule. Celles-ci peuvent conduire à une arthrose précoce (Circi et al., 2017).

2.2.6. Traitement

Le traitement de l'OSD est guidé par la gravité des symptômes. Les soins symptomatiques et conservateurs sont actuellement le pilier du traitement. Dans la majorité des cas, la prise d'AINS, la cryothérapie, la physiothérapie ainsi que la modulation de l'activité sportive afin de contrôler la douleur sont recommandées. Des exercices de renforcement et d'étirement musculaire sont réalisés pour réduire le déséquilibre musculaire au niveau du quadriceps, des ischio-jambiers, du triceps sural ainsi que de la bandelette ilio-tibiale (Weiler et al., 2011). Afin de ne pas augmenter le stress au niveau de la tubérosité tibiale, les exercices de renforcement du muscle quadriceps se feront à basse intensité de manière isométrique dans un premier temps. Puis, progressivement, des exercices à haute intensité couplés à des étirements des ischio-jambiers seront incorporés dans le programme de reconditionnement.

L'arrêt complet de sport, tout comme l'immobilisation totale, sont aujourd'hui controversés. Ils constituent une source d'amyotrophie musculaire qui est déconseillée à l'exception des formes hyperalgiques (Gholve et al., 2007). L'activité sportive ne doit pas s'arrêter complètement, une modification et une réduction de la pratique sont suffisantes. Il est recommandé de réduire graduellement la durée, la fréquence et l'intensité de l'exercice pendant une période acceptable pour résoudre ou tolérer les symptômes douloureux. Lorsque la douleur devient tolérable, une augmentation progressive des niveaux d'exercices sera mise en place (Weiler et al., 2011). Des activités sans impact, telles que la natation ou le cyclisme, peuvent être préconisées afin de maintenir une forme cardio-vasculaire correcte (Circi et al., 2017).

Généralement, la fermeture des plaques de croissance et l'ossification de la tubérosité tibiale font disparaitre les symptômes (Holden and Rathleff, 2020). La guérison de l'OSD est donc marquée par l'arrêt des douleurs (Thépaut, 2013). Comme évoqué précédemment, à l'âge adulte, jusqu'à 10% des patients se plaignent de symptômes persistants malgré la prise en charge conservatrice tels qu'une douleur locale, des difficultés à se mettre sur les genoux ou encore une activité restreinte. Dans ce cas, une intervention chirurgicale peut être envisagée en fonction de la symptomatologie et de la qualité de vie affectée. Les options chirurgicales comprennent généralement l'ablation de l'ossicule ou la résection du tubercule tibial par voie ouverte ou par arthroscopie (Slotkin et al., 2018).

2.2.7. Facteurs de risque

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), un facteur de risque se définit comme « *tout attribut, caractéristique ou exposition d'un sujet qui augmente la probabilité de développer une maladie ou de souffrir d'un traumatisme* » (OMS, 2021). La connaissance de ces facteurs permet de définir les personnes à risque pour une maladie donnée, de les dépister plus précocement, d'effectuer des manœuvres préventives mais également d'orienter le traitement à réaliser. Dans le cadre de la maladie d'Osgood-Schlatter, l'identification des facteurs pré-disposants à cette affection est importante pour sa prévention et son rétablissement précoce. Dans la littérature, les facteurs influençant potentiellement l'apparition de l'OSD sont nombreux, variés et parfois peu connus.

Parmi les facteurs liés à cette affection, nous distinguons deux types de facteurs : les facteurs intrinsèques et les facteurs extrinsèques. Les facteurs de risque intrinsèques sont propres à chaque individu. Selon différents auteurs, les éléments liés à un individu concernant notre pathologie sont l'âge, les différents stades de maturation de la tubérosité tibiale, les variations et prédispositions anatomiques ainsi que les facteurs musculaires et biomécaniques. Les facteurs de risque extrinsèques, quant à eux, ne sont pas directement liés à l'individu mais plutôt à son environnement. La pratique sportive et la spécialisation précoce dans un sport sont des facteurs de risque extrinsèques retrouvés dans la littérature pour l'OSD.

2.3. Question de recherche et hypothèses du chercheur

L'ensemble des recherches effectuées et la lecture de références scientifiques nous a permis d'entamer une démarche de questionnement portant sur les possibilités de prévention de l'OSD. L'OMS distingue trois types de prévention qui correspondent à des états successifs de la maladie : primaire, secondaire et tertiaire (OMS, 2021). Ainsi, cela concerne les moyens à mettre en œuvre pour empêcher l'apparition d'une affection mais également leur traitement ou encore la réinsertion sociale des malades. Dans notre étude, nous nous intéresserons à la prévention primaire. Elle correspond à l'ensemble des actes mis en place visant à diminuer l'incidence de la maladie d'Osgood-Schlatter chez les enfants et les adolescents, et donc de réduire l'apparition de nouveaux cas.

Un adolescent sportif sur dix est touché par l'OSD. Pour une majeure partie d'entre eux, leur activité sportive est temporairement diminuée voire arrêtée. Cette affection est responsable d'un nombre important de jours perdus à l'entrainement et à la compétition. Cette perte de temps significative peut nuire au niveau de performance ultime de l'athlète. L'activité physique offre de nombreux avantages pour les enfants et les adultes, y compris une diminution du risque de maladie cardiaque, d'hypertension, de diabète, d'obésité et de cancer du côlon, et aide également à atténuer les symptômes de dépression et d'anxiété.

En plus de ces avantages, la participation à des sports offre également aux enfants et aux adolescents des occasions d'interaction sociale, de consolidation d'équipe, de fixation d'objectifs, de développement de la motricité et de plaisir sain (OMS, 2021). De plus, certaines études récentes montrent que plusieurs adolescents ont une qualité de vie et une fonction altérées pendant plusieurs années après le diagnostic de la pathologie. Le caractère spontanément résolutif de l'OSD est remis en question par ces auteurs. (Holden and Rathleff, 2020). Ces informations nous encouragent à penser que la mise en place de prévention de cette maladie serait très intéressante (Kaya et al., 2013).

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la prévention existante. Nous nous sommes aperçus qu'il n'y avait pas de littérature sur ce sujet. Plusieurs questions se sont alors présentés à nous : Quels sont les facteurs de risques de l'OSD ? Sur lesquels peut-on agir afin de prévenir son apparition ? La mise en place d'une prévention primaire permettrait-elle de réduire son incidence dans les populations à risque ? C'est à partir de ce raisonnement que nous nous sommes alors intéressés aux facteurs de risque de l'OSD afin de connaitre ceux qui pourraient être prévenus. Cela nous a amené à la problématique suivante :

Sur quel(s) facteur(s) de risque responsable(s) de la maladie d'Osgood-Schlatter, chez un jeune patient en croissance, peut-on agir afin de prévenir l'apparition de cette pathologie et d'en diminuer son incidence ?

Cette étude permettrait d'établir les facteurs de risque menant à ce syndrome de surutilisation et ainsi d'élaborer des stratégies de prévention pour limiter la prévalence de cette blessure et ses conséquences sur l'enfant et le jeune adolescent.

3. REVUE DE LA LITTÉRATURE

3.1. Matériels et méthodes

Afin de répondre à la question de recherche énoncée ci-dessus « Sur quel(s) facteur(s) de risque responsable(s) de la maladie d'Osgood-Schlatter, chez un jeune patient en croissance, peut-on agir afin de prévenir l'apparition de cette pathologie et d'en diminuer son incidence ? », une revue systématique a été réalisée.

3.1.1. Mots clés, équations de recherche et bases de données explorées

Une étude de la littérature a été préalablement effectuée afin de déterminer les mots clés les plus pertinents pour notre recherche. Nous avons établi une liste de mots clés en français qui ont ensuite été traduits en anglais sur le site internet du Medical Subject Heading (MeSH). Les principaux mots ayant été utilisés lors de notre étude sont :

- En français : maladie d'Osgood-Schlatter, genou, croissance, adolescents, facteurs de risque, prévention, surutilisation, sport
- En anglais : Osgood-Schlatter disease, knee, growth, adolescents, risk factors, prevention, overuse, sport

Au fil des recherches, des mots clés supplémentaires découlant des mots clés principaux ont été ajoutés. Ces mots clés ont été associés à des opérateurs booléens, tels que AND, NOT ou OR en anglais ; ET, SAUF et OU en français. À partir de ces mots clés, nous avons construit l'équation de recherche suivante :

- En français : (« maladie d'Osgood-Schlatter » OU « ostéochondrose » OU « apophysite tibiale ») ET (« croissance » OU « adolescent » OU « développement ») ET (« genou » OU « tubérosité tibiale »)
- En anglais : (« Osgood-Schlatter disease » OR « osteochondrosis » OR « tibial apophysitis ») AND (« growth » OR « adolescent » OR « development ») AND (« knee » OR « tibial tuberosity »)

Cette équation nous a permis d'effectuer une recherche la plus complète possible au sein de différentes bases de données dans l'objectif de répondre à notre question de recherche. Nous avons exploré les bases de données suivantes : The Cochrane Library, PEDro ainsi que PubMed. The Cochrane Library regroupe des revues de la littérature et des méta-analyses dans le domaine de la santé. PEDro centralise les données probantes concernant le domaine de la masso-kinésithérapie. Enfin, l'interface PubMed, issue de la base de données bibliographiques MEDLINE, présente la littérature scientifique biologique et biomédicale.

3.1.2. Critères d'éligibilité des documents

Afin d'obtenir une recherche la plus précise possible, plusieurs critères d'inclusion et d'exclusion ont été définis pour sélectionner les articles les plus pertinents pour notre revue systématique.

Les critères d'inclusion sont les suivants :

- La publication est traduite en français ou en anglais.
- Le document traite de la maladie d'Osgood-Schlatter.
- Le document concerne une population d'enfants ou de jeunes adolescents.
- Le document a été publié entre 2010 et 2020.
- L'étude est réalisée sous le format IMRad.

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- La publication est traduite dans une langue autre que le français et l'anglais.
- L'étude a été publiée avant 2010.
- L'étude est réalisée chez l'animal ou le cadavre.
- Le document traite d'une pathologie concernant le tronc ou les membres supérieurs (ex : maladie de Scheuermann).
- Le document traite d'une pathologie de la hanche ou de la cheville (ex : maladie de Sever).
- Le document porte sur une pathologie du genou autre que la maladie d'Osgood-Schlatter (ex : tendinopathie patellaire, syndrome fémoro-patellaire).

3.1.3. Données explorées

Les données explorées dans cette revue systématique sont le développement de l'enfant avec la physiologie osseuse et le processus de maturation de la tubérosité tibiale, ainsi que l'anatomie et la physiopathologie de l'OSD chez un individu en croissance. Nous nous intéresserons également aux différents facteurs de risque responsables de l'apparition de l'OSD et à la prévention primaire existante ou non pour cette affection. Ces informations nous permettront de cibler une population ayant un risque plus important de développer ce syndrome de surutilisation mais également de concentrer notre action sur les facteurs de risque modifiables dans le but de proposer un livret d'éducation aux jeunes sportifs.

3.1.4. Diagramme de flux (PRISMA)

Les recherches bibliographiques ont été effectuées sur une période s'étalant sur les dix dernières années, c'est-à-dire de 2010 à 2020, afin de n'avoir que les articles les plus récents sur le sujet. Cette recherche a eu lieu entre le 12 mars 2020 et le 28 octobre 2020. La sélection des articles a été effectuée en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion évoqués ci-dessus. Suite à ces recherches, nous avons obtenu 153 articles. Les références obtenues ont ensuite été sélectionnées sur la base du titre et/ ou du résumé. Les doublons retrouvés ont été exclus. Après avoir écarté les références hors sujet, les revues de la littérature, les études de cas ainsi que les doublons, le nombre d'articles s'élève à 8.

L'ensemble du processus de sélection des articles est illustré par un diagramme de flux réalisé selon le modèle PRISMA (Figure 8).

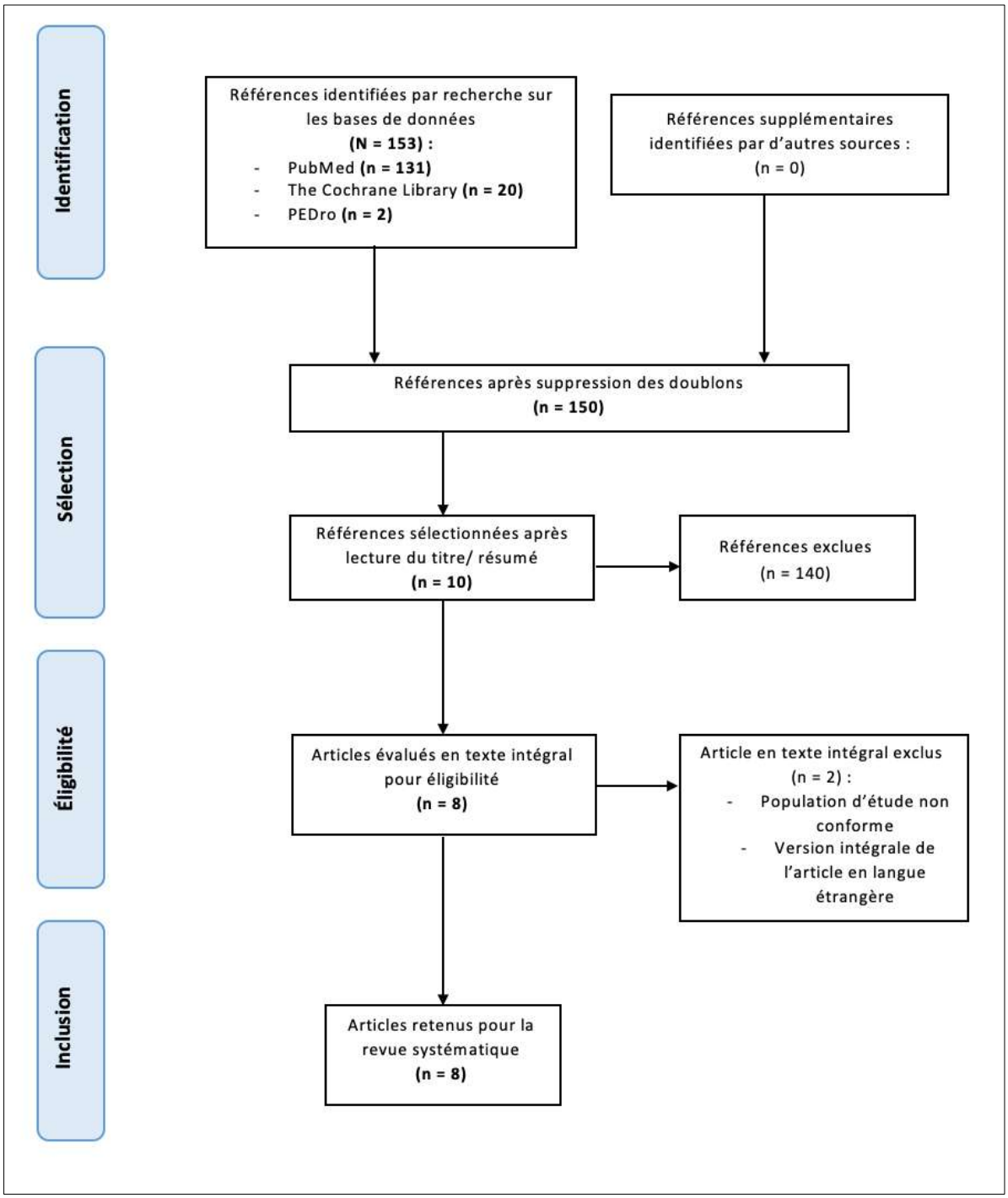


Figure 8 : Diagramme de flux selon le modèle PRISMA illustrant la sélection des articles

3.2. Résultats (par données)

Le tableau ci-après (Tableau IV) présente l'ensemble des résultats des huit études sélectionnées pour la revue systématique. Il expose les caractéristiques de la population étudiée, la méthodologie utilisée ainsi que les résultats obtenus pour chaque étude.

Tableau IV : Résultats des études sélectionnées pour la revue systématique

Auteurs	Caractéristiques de la population	Méthodologie et détail des interventions	Résultats obtenus
De Lucena et al. (2011)	**N = 956** - Dont 474 garçons et 482 filles - 12 à 15 ans - 50,6% pratiquant une activité sportive régulière Exclusions : anomalies neurologiques, tranche d'âge prédéterminée non respectée	**Étude transversale** (niveau de preuve = 3) Durée de l'étude : 1 an - Mesure de l'extensibilité des muscles : DF, ilio-psoas, IJ - Mesure de la force musculaire : Q, IJ - Évaluation de la douleur (EVA) - Évaluation de la capacité à effectuer des sauts unipodaux et bipodaux - Mesures anthropométriques (poids, taille)	Prévalence d'OSD dans l'échantillon = 9,8% ⇨ **Pas de différence significative entre les 2 sexes** Lien entre l'OSD et : ⇨ **Raccourcissement du DF** ⇨ **Pratique sportive régulière pendant la phase pubertaire**
Nakase et al. (2014)	**N = 114** - Footballeurs masculins (2 heures d'activité sportive par jour) - 10 à 15 ans Exclusions : diagnostic d'OSD, croissance terminée	**Étude transversale** (niveau de preuve = 3) - Examen de la maturation squelettique de l'attache distale du tendon patellaire (par échographie) - Mesures anthropométriques (taille) - Mesure de l'extensibilité du Q et des IJ - Mesure de la force du Q et des IJ	Pendant la maturation squelettique ; ⇨ **Diminution de l'extensibilité du Q** (mais pas des IJ) ⇨ **Augmentation de la force musculaire de l'extension genou**
Yanagisawa et al. (2014)	**N = 238** - Joueurs masculins de baseball - 7 à 14 ans (âge moyen = 11,6 ans)	**Étude transversale** (niveau de preuve = 3) - Examen de la maturation squelettique de l'attache distale du tendon patellaire (par échographie) et du développement de la TT - Mesures anthropométriques (poids, taille) - Mesure de l'extensibilité du Q (HBD) et des IJ (SLR)	Pendant la maturation squelettique : ⇨ **Distance talon-fesse augmentée** (surtout pendant le stade épiphysaire) ⇨ **Prévalence de l'OSD au stade épiphysaire**

Nakase et al. (2015)	**N = 150** - Footballeurs masculins - 9 à 15 ans (âge moyen = 12,6) - 1 an après : 70 genoux au stade I (présence de cartilage apophysaire) asymptomatique dont : 10 genoux avec OSD (groupe OSD) et 60 genoux sans OSD (groupe témoin) Exclusions : autres stades que I	**Étude de cohorte prospective** Durée de l'étude : 1 an - Mesures anthropométriques (poids, taille, IMC) - Mesure de l'extensibilité du Q (HBD) et des IJ (SLR) - Mesure de la force musculaire : Q, IJ	⇨ Prévalence de l'OSD au stade I ⇨ Poids plus élevé dans le groupe OSD ⇨ **Diminution de l'extensibilité du Q et des IJ** ⇨ **Augmentation de la force musculaire du Q**
Kaneuchi et al. (2018)	**N = 731** - Basketteurs japonais - 6 à 14 ans (âge moyen = 11,2) - 350 garçons, 381 filles	**Étude transversale** (niveau de preuve = 3) Durée de l'étude : 2 ans - Questionnaire auto-déclaré (âge, sexe, temps total de pratique sportive par semaine et douleur actuelle du genou) - Examen physique du genou (sensibilité de la TT) - Examen échographique de la TT	⇨ **Maturation osseuse plus rapide chez les filles que les garçons** ⇨ **Prévalence de l'OSD augmente avec la maturité osseuse** avec un risque plus important pendant la transition du stade cartilagineux au stade épiphysaire (y compris le stade apophysaire)
Wanatabe et al. (2018)	**N = 37** - Footballeurs masculins japonais - Age moyen = 10,2 ans Exclusions : blessures sportives préexistantes au genou (ex : OSD, syndrome de Sinding-Larsen-Johansson, tendinopathie patellaire)	**Étude de cohorte** (niveau de preuve = 2) Durée de l'étude : 1 an - Questionnaire - Examen physique (évaluation de la morphométrie, de la flexibilité des articulations, de la tension musculaire et de l'alignement des jambes) - Dépistage de la maladie de Sever (échographie) - Analyse biomécanique des coups de pied - Test de diagnostic d'OSD tous les 6 mois	⇨ **OSD survient au stade apophysaire** Facteurs pathogènes associés à l'OSD au niveau de la jambe de soutien : ⇨ IMC ⇨ **Diminution de l'extensibilité du Q, des gastrocnémiens et du soléaire** ⇨ Arche du pied ⇨ Diagnostic de la maladie de Sever ⇨ Emplacement du CDG se déplaçant vers l'arrière lors du coup de pied

Omodaka et al. (2019)	**N = 402** - Joueurs japonais masculins de baseball - Âge moyen = 10,9 ans - 3 groupes : pas d'OSD, OSD asymptomatiques, OSD symptomatiques	**Étude transversale** (niveau de preuve = 3) - Mesures anthropométriques (âge, poids, taille, IMC) - Examen de la maturation squelettique de l'attache distale du tendon patellaire (par échographie) - Evaluation de la durée hebdomadaire de la pratique sportive - Mesure des amplitudes articulaires de la hanche et de la cheville - Mesure de l'extensibilité du Q (HBD) et des IJ (SLR)	⇨ **Distance talon-fesse plus importante dans le groupe OSD symptomatique** ⇨ Gamme de mouvements articulaires de la hanche et de la cheville plus limités dans le groupe OSD symptomatique (rotation médiale de hanche, flexion dorsale de cheville) ⇨ Durée plus longue de la pratique sportive dans le groupe OSD symptomatique
Seyfettinoğlu et al. (2020)	**N = 80** - 1er groupe : patients avec OSD - 2nd groupe : patients avec une lésion traumatique du genou autre qu'OSD Exclusions : antécédents de fracture ou d'anomalie du membre inférieur, de chirurgie du genou ou de maladie congénitale ; radiographies de mauvaise qualité/ non standards.	**Étude observationnelle prospective** Durée de l'étude : 2 ans - Informations démographiques (âge, sexe, taille, poids, côté dominant) - Mesure des amplitudes articulaires de genou et de la cheville - Mesure des angles quadriceps - Niveau d'implication dans des activités sportives - Réalisation de radiographies de la patella	⇨ Le groupe OSD + actif dans le sport par rapport à l'autre groupe ⇨ **Pas d'association entre alignement fémoro-patellaire et OSD**

Légende : droit fémoral : DF, ischio-jambiers : IJ, quadriceps : Q, échelle visuelle analogique : EVA, indice de masse corporelle : IMC, heel buttock distance : HBD, straight leg raise : SLR, tubérosité tibiale : TT, centre de gravité : CDG

L'ensemble des résultats obtenus par les différentes études sélectionnées ont mis en évidence un certain nombre de facteurs de risque impliqués dans l'OSD. Les populations étudiées à travers les études concernent des enfants et des jeunes adolescents appartenant à une tranche d'âge de 6 à 15 ans. Les participants sont de sexe masculin pour six études, et des deux sexes pour les études restantes. De Lucena et ses collaborateurs (2011) ont rapporté qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux sexes atteints de l'OSD dans leur échantillon où la prévalence de la maladie était de 9,8%. Des mesures anthropométriques comprenant la taille, le poids et l'indice de masse corporelle (IMC) des participants ont été réalisées dans chaque étude. Il semblerait que le poids des participants ait une influence sur la prévalence de la maladie (Nakase et al., 2015) (Watanabe et al., 2018).

Plusieurs références ont étudié le lien entre la période de maturation squelettique et la présence de l'OSD. Pour la majorité des études, les auteurs ont utilisé la classification de la maturation osseuse de la tubérosité tibiale évoquée précédemment qui comprend successivement les stades cartilagineux, apophysaire, épiphysaire et osseux. Il semblerait que certains stades de maturation de la tubérosité tibiale peuvent rendre le sujet plus vulnérable au développement de l'OSD. Yanagisawa et ses collaborateurs (2014) ont remarqué qu'il existe un risque plus élevé de développer la pathologie lors du stade épiphysaire de la maturation osseuse.

Watanabe et ses collaborateurs (2018) rapportent que l'OSD survient au stade apophysaire (Watanabe et al., 2018). Plus globalement, Kaneuchi et ses collaborateurs (2018) expliquent que la prévalence de l'OSD augmente avec la maturité osseuse, c'est-à-dire qu'un risque plus important est présent lors de la transition de la phase cartilagineuse à la phase épiphysaire (comprenant ainsi le stade apophysaire). De plus, ils évoquent que la maturité osseuse s'effectue plus rapidement chez les patients de sexe féminin par rapport au sexe masculin (Kaneuchi et al., 2018).

Le facteur de risque retrouvé dans la majorité de nos références est le raccourcissement musculaire du quadriceps, en particulier du droit fémoral. Dans la plupart des études, l'extensibilité de ce muscle est évaluée par la distance talon-fesse. Durant ce test, le patient est placé en décubitus ventral et l'examinateur effectue passivement une flexion de genou.

La distance est mesurée en centimètres et comparée au côté opposé, la norme est de 0 centimètre. Yanagisawa et ses collaborateurs (2014) ont rapporté que la distance talon-fesse était augmentée pendant la maturation squelettique. Cette information a été confirmée par Nakase et ses collaborateurs (2015) dont la population étudiée sur une année présentait une diminution de l'extensibilité musculaire du quadriceps. Pendant la maturation squelettique, en plus de l'augmentation de l'extensibilité musculaire, il semblerait que le quadriceps, réalisant l'extension de genou, subisse une augmentation de sa force musculaire (Nakase et al., 2014). Ce même constat a été rapporté dans les études de De Lucena et al., Nakase et al., Wanatabe et al. ainsi que Omodaka et al.

L'influence de l'extensibilité des ischio-jambiers est plus controversée selon les études. La mesure de ce facteur est évaluée par le test Straight Leg Raise (SLR), c'est-à-dire le levé de jambe droite ou tendue. Ce test s'effectue de la manière suivante : un examinateur soulève la jambe du patient, qui est placé en décubitus dorsal, jusqu'à l'apparition d'une résistance ou la perception d'une douleur par le patient. Un deuxième examinateur mesure l'angle de flexion de hanche jambe tendue à l'aide d'un goniomètre. La mesure est réalisée de chaque côté afin d'effectuer une comparaison bilatérale. Un angle formé entre le torse et le membre inférieur du patient compris entre 70 et 90° est considéré comme normal, alors qu'un angle inférieur à 70° suggère un raccourcissement des ischio-jambiers (De Lucena et al., 2011). Nakase et ses collaborateurs (2014) évoquent une diminution de la raideur de ce groupe musculaire pendant la maturation squelettique. Une seconde étude de Nakase et ses collaborateurs (2015), publiée un an après la première, a rapporté que la population qu'ils ont étudié pendant une année présentait une diminution de l'extensibilité des ischio-jambiers au cours de la croissance osseuse.

L'extensibilité du triceps sural, plus précisément des gastrocnémiens en superficie et du soléaire en profondeur, a également été étudiée par Omodaka et ses collaborateurs (2019). D'après cette étude, ill semblerait que la diminution de l'extensibilité de ce groupe musculaire ait un impact sur la présence de l'OSD.

Pour la plupart des études sélectionnées, les participants pratiquaient une activité sportive régulière. Les sports les plus retrouvés étaient le football, le baseball et le basketball. Selon certaines références, il semble que la pratique régulière d'un sport pendant la phase pubertaire est un facteur de risque potentiel responsable de l'OSD. Dans l'étude de Seyfettinoğlu et ses collaborateurs (2020), le groupe de patients atteints de l'OSD était plus actif dans le sport que le groupe de patients avec des lésions traumatiques de genou (autre que l'OSD). Ce constat a également été retrouvé dans l'article de De Lucena et ses collaborateurs (2011), où la prévalence de l'OSD était plus élevée chez les patients pratiquant une activité physique régulière.

Certaines études ont mis en avant de nouvelles réflexions, jusque-là peu connues et abordées dans la littérature, qui prennent en compte le membre inférieur dans ses trois dimensions. L'article d'Omodaka et ses collaborateurs (2019) évoque un lien entre la présence de l'OSD dans le groupe de patients symptomatiques et une série de mouvements articulaires limités de la hanche et de la cheville, en particulier la rotation médiale de hanche ainsi que la flexion dorsale de cheville. Seyfettinoğlu et ses collaborateurs (2020) ont analysé le lien entre l'alignement fémoro-patellaire et l'OSD. Il semblerait qu'il n'y ait pas d'association potentielle entre ces deux facteurs.

Enfin, Watanabe et ses collaborateurs (2018) ont évalué les facteurs pathogènes potentiellement associés à l'OSD au niveau de la jambe de soutien utilisée pendant l'activité sportive. La population de cette étude est composée de joueurs japonais de sexe masculin pratiquant le football régulièrement. L'examen physique, le dépistage de la maladie de Sever ainsi que l'analyse biomécanique des coups de pied réalisés dans leur activité physique a permis d'établir une liste de facteurs de risque liés à l'OSD. Parmi ces facteurs, nous retrouvons l'IMC, la diminution de l'extensibilité du quadriceps, des gastrocnémiens ainsi que du soléaire, l'arche du pied, le diagnostic positif de la maladie de Sever et l'emplacement du centre de gravité se déplaçant vers l'arrière lors du coup de pied (Watanabe et al., 2018).

4. DISCUSSION

4.1. Interprétation et analyse des résultats

La maladie d'Osgood-Schlatter est l'un des principaux troubles affectant l'articulation du genou chez les athlètes adolescents. Ce syndrome affecte le périoste et la zone épiphysaire du tissu osseux dans l'apophyse tibiale. L'analyse des résultats présentés précédemment nous permet d'identifier les facteurs de risque liés à l'apparition de l'OSD sur lesquels il est possible d'agir afin de diminuer la prévalence de la pathologie et ainsi ses répercussions sur la vie personnelle, sportive et sociale d'un jeune adolescent. De plus, l'OSD survient au début de l'adolescence, cette période est une étape importante pour l'amélioration des performances d'un individu au sein d'une pratique sportive.

4.1.1. Facteurs de risque non modifiables

Les facteurs de risque présentés dans cette partie ne sont pas modifiables. Cependant la connaissance de ceux-ci peut nous apporter de nombreuses informations sur l'anatomie et la biomécanique du corps humain ou encore sur la population touchée par cette maladie. Ces informations ne sont donc pas négligeables pour la mise en place d'un livret d'éducation sur la prévention primaire de cette affection.

Le processus de maturation de la tubérosité tibiale est un facteur important pris en compte dans les études que nous avons sélectionnées. Celles-ci mettent en évidence le rôle de la maturation osseuse dans la prévalence de l'OSD chez les enfants et les jeunes adolescents en phase de croissance. Le développement de l'enfant est marqué par des changements qui ne s'effectuent pas tous au même rythme pour chaque individu. De nombreuses modifications s'opèrent pendant la maturation squelettique. Parmi ceux-ci, nous retrouvons la diminution de l'extensibilité du droit fémoral et des ischio-jambiers ou encore l'augmentation de la force musculaire lors de l'extension de genou. Le processus d'ossification commence plus tôt chez les jeunes filles. Il en est de même pour l'OSD qui se produit en général un à deux ans plus tôt chez les femmes que chez les hommes, en particulier chez les adolescents actifs au cours de leur croissance.

D’après les recherches de Hirano et ses collaborateurs, le processus de l’OSD commence à partir du stade apophysaire (Hirano et al., 2002). Un certain nombre de lésions se produit au niveau du centre d'ossification secondaire de la tubérosité tibiale chez les patients atteints de cette pathologie. Gholve et ses collaborateurs rapportent que l’OSD est causé par une surutilisation entre les stades apophysaire (stade A) et épiphysaire (stade E) (Gholve et al., 2007). De plus, la tubérosité tibiale change considérablement au cours de cette courte période.

L’étude de Yanagisawa et ses collaborateurs sur des jeunes adolescents masculins a montré que la fragmentation de l’os et l’irrégularité du centre d’ossification ont été plus souvent observées au stade A, même si l’OSD était plus significativement présente au stade E (Yanagisawa et al., 2014). Enfin, Kaneuchi et ses collaborateurs ont montré que la maturation osseuse commence à un âge plus jeune et se développe plus rapidement lors des phases cartilagineuse à épiphysaire chez les jeunes filles par rapport aux garçons. Au fur et à mesure de la maturation osseuse, le risque de développer l’OSD a été multiplié par 9,5 fois lors du passage du stade C au stade A ; et 2,2 fois du stade A au stade E. Ce résultat suggère que la transition du stade C au stade E est la période où le risque est le plus élevé pour développer ce syndrome (Kaneuchi et al., 2018). Ainsi, ce changement du stade cartilagineux au stade épiphysaire concerne les enfants et adolescents âgés de 8 à 14 ans.

Il est important de tenir compte de ces informations lors de la mise en place d’un protocole de prévention primaire afin d’agir sur une population cible, considérée comme la plus à risque de développer la maladie étudiée. Néanmoins, la maturité osseuse est un processus très individuel. Il est difficile d’identifier celle-ci comme un facteur de risque exact uniquement en prenant en compte l’âge chronologique.

Parmi les facteurs de risque non modifiables, il existe également certaines variations anatomiques du genou favorisant l’apparition de l’OSD. L’étude de Demirag et ses collaborateurs, réalisée en 2004, a été menée sur 20 adolescents atteints de l’OSD (groupe d’étude) à partir de résultats d’imagerie par résonance magnétique en comparaison avec 15 enfants sains (groupe témoin).

Les auteurs ont conclu que si le tendon patellaire se fixe plus proximalement et sur une zone plus large au niveau du tibia, cela pourrait potentiellement conduire au développement de l'OSD. En effet, ces conditions pourraient augmenter les forces de traction exercées sur la tubérosité tibiale et ainsi favoriser son avulsion (Demirag et al., 2004).

4.1.2. Facteurs de risque modifiables

- **Pratique sportive**

L'analyse des résultats cités précédemment met en évidence que la pratique sportive, de par son intensité et sa durée d'exécution, peut être un élément déclencheur de l'OSD (De Lucena et al., 2011). Les fortes contraintes mécaniques exercées sur la tubérosité tibiale par le tendon patellaire lors de la pratique sportive, alors que les os sont en période de croissance, peuvent entraîner une avulsion osseuse à long terme. La douleur est donc plus importante à l'exercice, ainsi qu'à la palpation et à l'étirement musculaire. Dans l'étude de Seyfettinoğlu et al. (2020), le groupe de patients avec OSD était plus actif dans un sport que le groupe témoin. Ce même constat a été réalisé dans l'étude d'Omodaka et ses collaborateurs, où la durée de la pratique sportive était plus importante dans le groupe OSD symptomatique que dans les deux autres groupes.

Selon l'OMS, les enfants âgés de 5 à 17 ans devraient accumuler au moins 60 minutes par jour d'activité physique d'intensité modérée à soutenue. En effet, cela apporte un bénéfice supplémentaire pour la santé. L'activité physique englobe le jeu, les sports, les déplacements, les tâches quotidiennes, les activités récréatives, l'éducation physique ou l'exercice planifié au sein du contexte familial, scolaire et communautaire. De plus, la pratique physique quotidienne doit être essentiellement une activité d'endurance. Toujours selon l'OMS, les activités d'intensité soutenue, notamment celles qui renforcent le système musculaire et l'état osseux, devraient être incorporées au moins trois fois par semaine.

De nombreuses études ont étudié les bienfaits de l'activité physique sur le corps humain d'un enfant. Elles ont démontré les avantages de la pratique sportive guidée et supervisée pour la croissance, le développement, la prévention de l'obésité ou encore la capacité à travailler en équipe. Les bienfaits de l'activité physique modérée sont connus pour être bénéfiques sur les adolescents.

Néanmoins, les conséquences négatives d'un entraînement intensif sont multiples : retard de croissance, fracture de fatigue ou encore blessure de surutilisation. De plus, il est important de souligner qu'une activité physique mal pratiquée peut également présenter un risque sérieux de lésions telles qu'un traumatisme, une ostéochondrose, une fracture ou encore des troubles menstruels (OMS, 2021).

L'OSD est associée aux sports qui impliquent de sauter, de s'accroupir, de donner des coups de pieds, de s'arrêter et de changer brusquement de direction ainsi que de courir. Les activités sportives les plus problématiques sont le basketball, le volley-ball ainsi que le football. Une étude parue en 2018 a évalué le risque d'apparition de l'OSD à l'aide d'une analyse cinétique de divers mouvements sportifs. Le but de ce travail était de quantifier la charge produite sur le tubercule tibial dans les mouvements couramment rencontrés dans les sports tels que le football et le basketball. Ces auteurs ont identifié les mouvements exerçant une charge importante sur la tubérosité tibiale : les changements brusques de direction, l'atterrissage sur une jambe suite à un saut ou encore un mouvement d'arrêt brusque suivi d'une course en marche arrière (Itoh et al., 2018). Ces mouvements sont considérés comme ceux ayant le plus d'importance au niveau des contraintes subies par la tubérosité tibiale. Ils présentent un risque plus élevé d'apparition et d'aggravation de l'OSD.

L'identification de ces mouvements, susceptibles de provoquer l'OSD, peut contribuer à protéger de nombreux jeunes adolescents et ainsi à prévenir une diminution de leur participation à ces sports. De plus, les charges tendineuses dépassent cinq fois le poids corporel durant le saut et son atterrissage. L'entraînement dans une discipline sportive permet une adaptation tendineuse. Néanmoins la répétition de ces mouvements favorisants l'apparition de l'OSD, associée à d'autres mécanismes prédisposants, peut engendrer d'importantes répercussions fonctionnelles. Pour prévenir l'apparition et l'aggravation de l'OSD, il serait intéressant que les entraîneurs développent un programme d'entraînement contrôlant la charge sur le tubercule tibial, par l'exécution de mouvements adaptés pour l'articulation du genou.

Enfin, la spécialisation dans un sport est un point important à prendre en compte dans la pathogenèse de l'OSD. En effet, la spécialisation dans un seul sport associée à des entraînements intenses tout au long de l'année montre une tendance à l'augmentation depuis plusieurs années dans les jeunes populations (Hall et al., 2015). Il existe plusieurs raisons pour lesquelles un jeune adolescent peut se spécialiser tôt dans un unique sport : la reconnaissance de son entraîneur, la possibilité de recevoir une bourse ou un contrat professionnel, ou encore l'engouement de ses parents. Néanmoins, il existe un manque important d'informations sur le sujet, notamment en termes d'âge approprié ou encore des risques et avantages de ce type de participation sportive.

Il a été rapporté que la spécialisation sportive précoce chez les adolescents est associée à un risque accru de développer une douleur antérieure au niveau du genou par rapport aux enfants pratiquant plusieurs sports. Cela comprend le syndrome fémoro-patellaire, la maladie d'Osgood-Schlatter ou encore la maladie de Sinding-Larsen-Johansson (Hall et al., 2015). En effet, les lésions apophysaires telles que l'OSD, sont quatre fois plus importantes chez les athlètes spécialisés dans un sport par rapport aux athlètes multisports. Cette information est également à prendre en compte par les entraîneurs puisque c'est un élément important dans la prévention primaire du syndrome de surutilisation.

- **Extensibilité musculaire**

Le manque d'extensibilité du droit fémoral, mesuré par la distance talon-fesse, constitue néanmoins le principal facteur identifié dans notre étude. Plus la distance talon-fesse est élevée, plus il y a un risque de développer la pathologie. La raideur de ce muscle est accentuée pendant la puberté, en particulier lors des poussées de croissance. Ceci explique que les enfants inactifs peuvent également être atteints par l'OSD. L'augmentation de la tension musculaire du droit fémoral au cours de la croissance peut s'expliquer par une croissance soudaine de la longueur fémorale. En effet, la croissance du tissu osseux s'effectue de manière accélérée lors des pics de croissance. Lorsque ce phénomène se produit dans des situations où le tissu musculaire n'accompagne pas cette croissance, il peut déclencher une surcharge au niveau de la jonction téno-périostée. Le raccourcissement de ce muscle engendre une augmentation des forces de traction sur son insertion musculaire distale : la tubérosité tibiale. Ce phénomène, couplé aux mouvements d'extension de genou, provoque une traction quasi permanente sur l'apophyse tibiale.

L'importance du muscle droit fémoral est reconnue dans l'action biomécanique du genou, dans les activités telles que la marche, la course, le ralentissement de la flexion et le saut. Pendant la phase d'appui de la course jusqu'au début de la propulsion, le muscle quadriceps se contracte de manière excentrique lorsque le genou atteint son plus haut niveau de flexion. Le raccourcissement de ce muscle peut considérablement affecter la fonction biomécanique du genou, en ce qui concerne le bras de levier, le couple maximal et la décharge de forces de compression aux angles de 30 et de 60°, largement utilisés dans plusieurs activités sportives (Nakase et al., 2015).

Dans l'étude de Nakase et ses collaborateurs (2015), les enfants présentant un syndrome d'Osgood-Schlatter obtenaient une distance talon-fesse de 72 mm contre 14 mm pour les enfants sains. L'hypo-extensibilité du droit fémoral est retrouvée dans 93% des cas au sein du groupe atteint de l'OSD dans l'étude brésilienne de De Lucena et ses collaborateurs. Les résultats des études sélectionnées montrent que la raideur du muscle quadriceps joue un rôle prédominant dans l'apparition de l'OSD. La raideur d'un muscle correspond à la force de résistance générée par un tissu ou un ensemble de tissu en opposition à leur allongement. Nakase et ses collaborateurs (2015) suggèrent que l'étirement musculaire du droit fémoral peut constituer un élément protecteur contre l'apparition de l'OSD. Il serait donc intéressant de mettre en place une prévention de ce type chez les jeunes athlètes pendant leur période de croissance, en se concentrant sur un étirement musculaire approprié en dehors de leurs activités sportives (Figure 9).

Un étirement musculaire consiste à éloigner les deux extrémités d'un muscle ou d'un groupe musculaire situé autour d'une ou plusieurs articulations. Cette mise en tension entraîne l'allongement de la peau, des fascias, des muscles et de ses composants. Il existe plusieurs façons de les pratiquer : passivement (sans perturbations de contractions musculaires), en association à une contraction musculaire (étirement actif) ou suite à une contraction musculaire du muscle concerné (étirement activo-passif). Dans le cadre de l'OSD, les étirements musculaires vont permettre de lutter contre les déséquilibres et donc assouplir les zones de raideur engendrées par la croissance. Ils peuvent être utilisés soit en amont d'une séance de sport, on parlera d'activation musculaire ; soit en sortie de séance pour la récupération musculaire ; soit en dehors des séances pour un gain ou un entretien des amplitudes articulaires (Geoffroy, 2018).

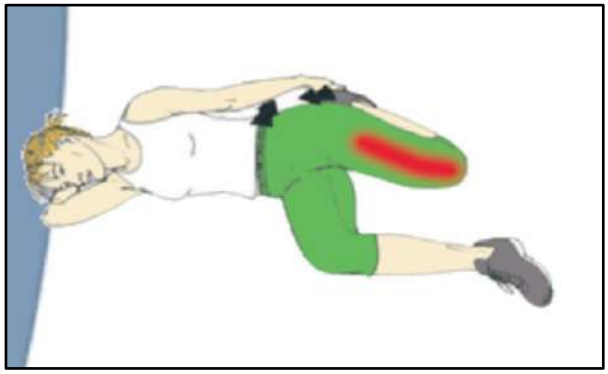


Figure 9 : Étirement du muscle quadriceps fémoral (Geoffroy, 2018)



Figure 10 : Étirements du groupe musculaire des ischio-jambiers (Geoffroy, 2018)

Il n'existe pas d'étude permettant de confirmer l'influence du manque d'extensibilité du groupe musculaire des ischio-jambiers dans l'OSD. Nakase et ses collaborateurs ont affirmé dans une première étude (2014) que la raideur musculaire des ischio-jambiers diminuait au cours de la maturation squelettique, puis dans une seconde étude (2015), qu'elle augmentait. Ils rapportent que la détorsion du col fémoral survenant vers l'âge de 5 ans peut influencer l'insertion musculaire, le volume ainsi que la fatigue.

En 2017, Chetelat et Guelat ont émis l'hypothèse qu'une insuffisance passive des ischio-jambiers demande un effort plus important à son muscle antagoniste, c'est-à-dire le quadriceps, lors du mouvement d'extension. Ce phénomène provoque ainsi une augmentation de la force de traction au niveau de la tubérosité tibiale. Par conséquent, le risque de développer la maladie serait donc plus élevé (Chetelat and Guelat, 2017). Cependant, il ne s'agit pas de résultat statistiquement significatif, cela reste au stade de l'hypothèse. La réalisation d'étirements musculaires en dehors des activités sportives pourrait néanmoins constituer un point important dans la prévention primaire de blessures de surutilisation telles que l'OSD (Figure 10).

- **Force musculaire des muscles quadriceps et ischio-jambiers**

De Lucena et ses collaborateurs (2011) évoquent un lien entre la force musculaire générée par le muscle quadriceps ainsi que l'apparition de l'OSD. Cette force générée par le tendon patellaire engendre une tension importante à son point d'insertion lors de la mise en extension du genou. Ce constat a été confirmé dans l'étude de Nakase et ses collaborateurs (2015). Ces auteurs ont rapporté que l'OSD se développe lorsque la force musculaire impliquée dans la réalisation d'une extension de genou augmente en présence d'un raccourcissement du muscle quadriceps (Nakase et al., 2015).

Katoh a mené une étude pour déterminer la force générée par le muscle quadriceps, à travers le tendon patellaire, sur la tubérosité tibiale. Les résultats indiquent que la force induite par le quadriceps constitue un facteur prédisposant à l'OSD. En effet, dans le groupe composé d'individus atteints de l'OSD, la force excentrique du quadriceps était significativement plus élevée. Des résultats similaires ont été rapportés par Nordström et ses collaborateurs. Chetelat et ses collaborateurs rapportent qu'il n'y a pas de différence significative entre la force des fléchisseurs et des extenseurs de genou. Les résultats font tout de même ressortir que les patients atteints de l'OSD développent plus de force dans ces deux groupes musculaires, c'est-à-dire le quadriceps et les ischio-jambiers, que les patients sains.

- **Troubles de la biomécanique du membre inférieur**

Certains troubles biomécaniques dynamiques augmentent les forces de traction et par conséquent les microtraumatismes au niveau de la tubérosité tibiale. Parmi ces troubles, une modification de l'axe jambier ou encore une compensation lors du geste sportif sont identifiés. Ces phénomènes entraînent des mécanismes compensatoires qui ont pour effet d'augmenter le risque d'apparition de l'OSD.

<u>Mouvements articulaires limités :</u>

Omodaka et ses collaborateurs, à travers leur étude, ont mis en évidence un lien entre l'OSD et une série de mouvements articulaires plus restreints dans le groupe OSD symptomatique par rapport au groupe sans OSD. Les mouvements limités sont la rotation médiale de hanche et la flexion dorsale de cheville. En effet, la flexion dorsale de cheville était de 15,1 ± 6,1 degrés dans le groupe avec OSD symptomatique et de 21,4 ± 7,1 degrés dans le groupe sans OSD, ce qui est significativement plus élevé.

D'un point de vue biomécanique, la flexion de cheville permet l'avancement du segment jambier lors de l'accroupissement. Une hypo-extensibilité du triceps sural entraîne une limitation de la flexion dorsale de cheville lorsque le pied est en chaine cinétique ouverte. Lorsqu'il est en chaîne fermée, la compensation se produit au niveau du genou en associant une augmentation de la flexion et ainsi des contraintes sur la tubérosité tibiale. La flexion dorsale de cheville est donc susceptible d'influencer la position du genou. De plus, lors de la phase d'appui de la course jusqu'au début de la propulsion, le genou se contracte de manière excentrique quand il atteint sa flexion maximale. Si la dorsiflexion de cheville est limitée, celle-ci va associer une augmentation compensatrice de la flexion de genou, une rotation médiale du tibia ainsi qu'une pronation du pied pendant la phase d'appui de la course.

En 2008, Sarcevic a évalué la relation entre une flexion dorsale de cheville limitée et la survenue de l'OSD chez les enfants sportifs. Parmi les 45 enfants atteints de la pathologie, 93% d'entre eux présentaient une dorsiflexion limitée de moins de 10° et 7% de plus de 10° (Šarčević, 2008). Lorsque le triceps sural est hypertonique, l'inclinaison vers l'avant de la jambe est réduite, ce qui déplace le centre de gravité vers l'arrière. De plus, le couple du muscle quadriceps est renforcé et la traction sur la tubérosité tibiale est majorée, conduisant potentiellement à l'OSD.
Les mécanismes compensatoires mis en place pourraient donc entraîner une augmentation du stress mécanique sur le tendon patellaire par une majoration des forces de traction sur la tubérosité tibiale. Il serait donc intéressant d'ajouter le triceps sural aux étirements musculaires proposés précédemment afin de réduire l'hypo-extensibilité de ce groupe musculaire et donc de réduire l'incidence de l'OSD.

Concernant la rotation médiale de hanche limitée, il n'y a pas eu d'étude analysant le rapport entre des mouvements articulaires limités au niveau de la hanche et l'OSD. D'après Omodaka et ses collaborateurs (2019), une rotation médiale restreinte pourrait nuire à la rotation du bassin et du tronc vers l'avant pendant un mouvement de projection. La postériorisation du centre de gravité pourrait alors augmenter le risque d'apparition de l'OSD.

Effondrement du membre inférieur :

En 2020, Seyfettinoğlu et ses collaborateurs ont analysé le lien entre l'alignement fémoro-patellaire et l'apparition de l'OSD. Les résultats de leur étude montrent qu'il n'y a pas d'association entre ces deux facteurs. Rambaud et ses collaborateurs (2013) ont réalisé une étude sur la prise en charge rééducative globale de patients présentant un syndrome fémoro-patellaire (SFP), en particulier la lutte contre l'effondrement du membre inférieur par le renforcement du moyen fessier. Ils ont donc pris en compte les facteurs proximaux (hanche) et distaux (cheville) pouvant générer une mauvaise biomécanique du membre inférieur, et par conséquent un affaissement de celui-ci. De plus, ils rapportent que, lors de la réalisation d'un squat unipodal, les patients atteints de SFP présentent une majoration de l'adduction et de la rotation médiale. Cela engendre un effondrement global du membre inférieur et donc un valgus de genou plus important. Ce schéma est retrouvé pendant la course ou encore à la montée et à la descente des escaliers.

Dans le cadre de l'OSD, le syndrome d'effondrement au niveau du membre inférieur va entraîner un valgus de genou, et par conséquent un déplacement latéral de la patella. Ce déplacement de la patella modifie l'angle des forces de traction exercées sur la tubérosité tibiale. Ainsi, Beaubois et ses collaborateurs (2016) ont rapporté qu'une insuffisance musculaire du moyen fessier engendre un affaissement du membre inférieur par manque de contrôle de l'adduction de hanche (Figure 11). La modification de l'angle des forces de tractions exercées sur la tubérosité tibiale s'accompagne de contrainte de cisaillement au niveau du complexe tendon-tubérosité tibiale, pouvant influencer la croissance osseuse au niveau des cartilages de croissance en créant des surpressions et des sous-pressions mécaniques (Beaubois et al., 2016).

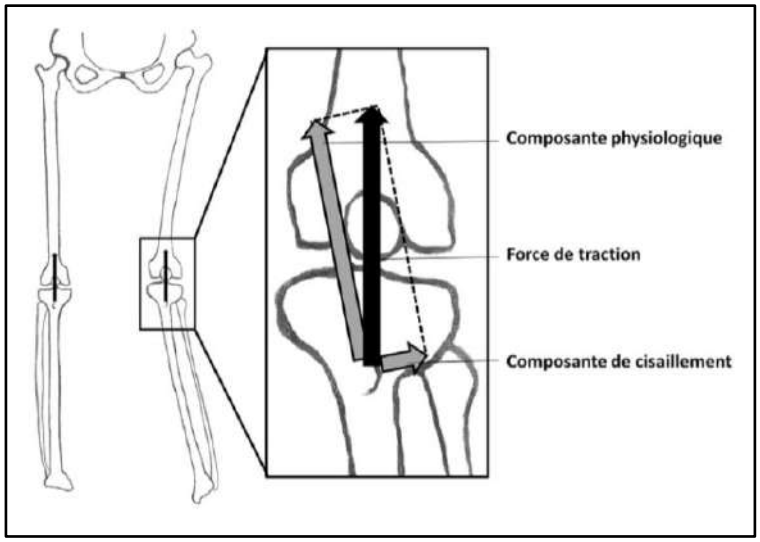


Figure 11 : Influence de l'alignement hanche-genou-cheville sur les forces de traction exercées par la tubérosité tibiale (d'après Beaubois et ses collaborateurs, 2016)

Sur cette figure, le genou droit (situé à gauche) est en alignement physiologique et le genou gauche est en valgus. Dans l'encadré, la force de traction représentée en noire se décompose en une composante physiologique (dans la continuité de l'axe du tibia) et en une composante de cisaillement (perpendiculaire à l'axe du tibia).

Le renforcement des muscles abducteurs de hanche, en particulier du moyen fessier, semble être un moyen efficace pour lutter contre l'effondrement postural unipodal du membre inférieur, responsable de nombreuses pathologies touchant l'appareil locomoteur. Ce renforcement musculaire permet une prise en charge globale du patient ainsi qu'une correction posturale de l'ensemble du membre inférieur. En termes de prévention primaire, il serait intéressant d'associer ce renforcement du muscle moyen fessier dans le cas du syndrome d'Osgood-Schlatter. Cela permettrait de prévenir ce trouble de sur-contrainte et donc d'éviter un effondrement du membre inférieur responsable d'une modification de l'angle des forces de traction exercées sur la tubérosité tibiale. Il nous semble pertinent de proposer des exercices de prévention que l'enfant devra réaliser seul et quotidiennement, dans le même principe que la fiche d'auto-rééducation proposée par Rambaud et ses collaborateurs pour le syndrome fémoro-patellaire (Figure 12).

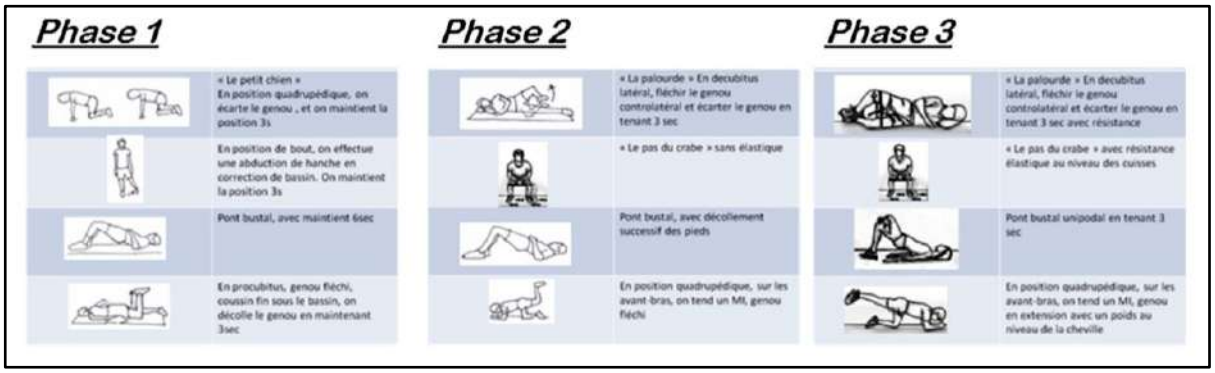


Figure 12 : Fiche d'auto-rééducation destinée aux patients présentant un syndrome fémoro-patellaire (d'après Rambaud et ses collaborateurs, 2013)

- **Lien entre les maladies d'Osgood-Schlatter et de Sever**

La maladie de Sever, également connue sous le nom d'apophysite calcanéenne, est une inflammation de l'apophyse du talon. Elle est considérée comme la principale cause de douleur au niveau du talon chez les enfants. Elle touche les enfants sportifs, âgés entre 8 et 12 ans selon les auteurs, de préférence de sexe masculin. Le taux d'incidence de cette maladie est plus élevé chez les adolescents participant à des sports à fort impact ou à des niveaux d'activités élevés. En 2018, Wanatabe et ses collaborateurs ont rapporté un lien entre les maladies de Sever et d'Osgood-Schlatter. En effet, des tests de dépistage de la maladie de Sever ont été réalisés sur une population d'adolescents japonais. Il semblerait que le diagnostic positif de l'apophysite calcanéenne constitue un risque dans l'apparition de l'OSD. Il existe très peu d'études sur le lien entre ces deux maladies apparaissant pendant la croissance.

L'étude de Wanatabe et ses collaborateurs nous permet de savoir qu'un enfant atteint de la maladie de Sever présente cinq fois plus de risque d'avoir la maladie d'Osgood-Schlatter par la suite (Watanabe et al., 2018). Cependant, nous nous demandons si le même risque existe concernant l'apophysite calcanéenne lorsqu'un jeune adolescent présente un OSD. Dans la cadre de la mise en place d'une prévention primaire, nous pensons qu'il est également intéressant de prévenir le risque de développer la maladie de Sever. Pour cela, nous proposons un exercice de renforcement du muscle tibial antérieur. De plus, un muscle tibial antérieur plus fort permettrait une meilleure flexion dorsale de cheville et, par conséquent, une diminution des contraintes de traction au niveau de la tubérosité tibiale.

- **Hygiène de vie**

Il nous semble important d'aborder l'hygiène de vie de l'enfant qui constitue un élément crucial durant la croissance de celui-ci. Les impératifs physiologiques rencontrés pendant l'enfance et l'adolescence sont liés à la croissance. Cela justifie des apports alimentaires spécifiques afin de permettre à l'organisme de se développer et d'assurer la maturation des fonctions physiologiques. En effet, l'alimentation doit couvrir les besoins spécifiques à l'activité sportive tout en adaptant les apports énergétiques et en proposant une répartition équilibrée des aliments. L'enfant doit donc répondre à certaines exigences telles qu'éviter la désorganisation des repas, diversifier les glucides et les protéines, éviter les grignotages, les boissons sucrées ou encore les produits gras (HAS, 2021).

L'hydratation fait souvent défaut chez le jeune sportif. Elle est souvent due à un manque de connaissances sur les effets délétères d'un apport hydrique insuffisant pour la santé, les performances ainsi que le risque de blessures. Selon l'Institut de Recherche du Bien-être de la Médecine et du Sport santé (IRBMS), il est recommandé de boire au minimum un litre d'eau par jour, et presque autant à l'entraînement (IRBMS, 2021). Ceci est à adapter en fonction du type d'activité pratiquée et des conditions climatiques rencontrées.

Enfin, le sommeil est essentiel pour le bon développement d'un enfant. Certaines hormones se produisent pendant le sommeil, en particulier l'hormone de croissance. Si l'activité sportive apporte une fatigue supplémentaire mais raisonnable, l'enfant aura un sommeil profond et de qualité. En moyenne, un enfant âgé de 5 à 6 ans doit dormir 10 à 12 heures par nuit, et 8 à 10 heures pour un enfant de 8 à 9 ans. Certaines règles sont à respecter pour que l'enfant adopte un bon sommeil : maintenir la régularité des horaires de sommeil, éviter de se coucher tard ou encore éviter les exercices stimulants avant d'aller au lit, notamment les entraînements nocturnes ou à une heure tardive (HAS, 2021).

L'ensemble de ces informations nous ont permis de mettre en place un livret d'éducation qui porte sur la prévention primaire de la maladie d'Osgood-Schlatter (Annexe I). Ce livret comporte une page d'explication sur la pathologie répondant aux questions que peut se poser un enfant sur celle-ci. Un circuit de renforcement musculaire et un circuit d'étirements sont également présents. Le renforcement musculaire concerne les muscles quadriceps, ischio-jambiers, tibial antérieur et moyen fessier. Les étirements musculaires sont réservés pour les

muscles quadriceps, ischio-jambiers, triceps sural et la chaine postérieure du membre inférieur. Un QR code est disponible et permet de donner accès à des photos montrant les gestes et les postures afin de réaliser les mouvements correctement. Enfin, ce livret comporte aussi une partie sur l'hygiène de vie concernant l'alimentation, l'hydratation et le sommeil.

4.2. Proposition d'un protocole expérimental

À partir des éléments retrouvés dans la littérature concernant les facteurs de risque de l'OSD, nous avons réalisé un livret d'éducation basé sur la prévention primaire de cette pathologie pour les enfants et jeunes adolescents (Annexe I). Dans cette partie, nous détaillerons notre proposition de protocole expérimental. Son but est d'évaluer l'efficacité du livret d'éducation pour prévenir l'OSD auprès d'une jeune population participant activement à des sports collectifs couramment pratiqués que sont le basketball et le football.

4.2.1. Population

Un échantillon correct doit être représentatif de la population. Chaque variable considérée doit avoir la même distribution dans l'échantillon que dans la population d'où il est extrait. Dans cette étude, nous ne possédons pas toutes les données utiles afin de calculer le nombre de patients nécessaires pour l'échantillon de ce travail. Il nous manque, par exemple, l'estimation du bénéfice attendu pour les participants. Sans ces données, nous nous baserons sur un échantillon hypothétique de 100 jeunes sportifs, défini de manière arbitraire. Cela nous permet de respecter la loi des grands nombres où le nombre de participants doit être supérieur à 30.

Pour notre étude, la population sera donc composée de 100 individus divisés équitablement en deux groupes. Les participants seront des enfants ou jeunes adolescents âgés de 8 à 14 ans, exclusivement de sexe masculin. Pour cela, nous réaliserons une démarche de recherche dans les clubs de sport accueillant des basketteurs et des footballeurs dans la région des Hauts de France. Ces deux sports collectifs présentent un risque élevé de développer l'OSD (De Lucena et al., 2011). De plus, ce sont des activités sportives fréquemment pratiquées en France. Dans cet objectif, nous effectuerons une démarche de recrutement pendant une période de six mois allant de janvier à juin 2021. Le consentement écrit des parents ou des responsables légaux des participants à l'étude est obligatoirement demandé avant le début de celle-ci (Annexe II).

L'accord préalable d'un comité d'éthique est attendu avant de commencer l'étude. Les candidats seront ensuite recrutés dans les clubs de sports présents dans la région. Ces enfants sont sélectionnés en fonction des critères d'inclusion et de non inclusion à notre étude (Tableau V). Ces critères sont mis en place lors de l'inscription au programme.

Tableau V : Critères d'éligibilité pour participer à l'étude

Critères d'inclusion	- Être de sexe masculin, - Être âgé de 8 à 14 ans, - Pratiquer une activité sportive (basketball ou football) dans un club de sport de la région.
Critères de non inclusion	- Être de sexe féminin, - Ne pas appartenir à la tranche d'âge définie (entre 8 et 14 ans) - Pratiquer un sport autre que le football et le basketball, - Avoir des antécédents de douleur au niveau de l'articulation du genou, - Avoir une pathologie au niveau du genou de type syndrome fémoro-patellaire, tendinopathie patellaire, etc. - Avoir une pathologie sous-jacente sur l'ensemble du corps (exemples : maladie de Sever, maladie de Scheuermann), - Avoir une pathologie nécessitant une prise en charge rééducative en cours de traitement (exemple : port de semelle orthopédique, scoliose, problème de vue, etc.)
Critères d'exclusion	- Mauvaise réalisation du protocole, non-respect des consignes, - Abandon du programme, - Apparition d'une blessure ou d'une pathologie pendant le déroulement du protocole.

À l'issue du recrutement des candidats, les participants sélectionnés pour l'étude sont répartis le plus équitablement possible et de manière aléatoire en deux groupes. Environ 50% des participants intègrent le groupe d'intervention, les 50% restants constituent le groupe témoin. Il est important que ces deux groupes aient des populations similaires, homogènes et comparables. L'organigramme présenté ci-dessous modélise la répartition de la population (Figure 13).

À l'inscription des candidats sélectionnés, une fiche de renseignements leur sera distribuée afin qu'elle soit remplie avant le début du protocole. Durant la période pendant laquelle se déroule le protocole, il est possible que les critères d'exclusion soient mis en place avant la fin de l'étude (Tableau V). Ce nombre de participants exclus de l'intervention est soustrait de la population totale ayant démarré le programme. C'est à partir de ce nouveau nombre de participants que les résultats seront étudiés.

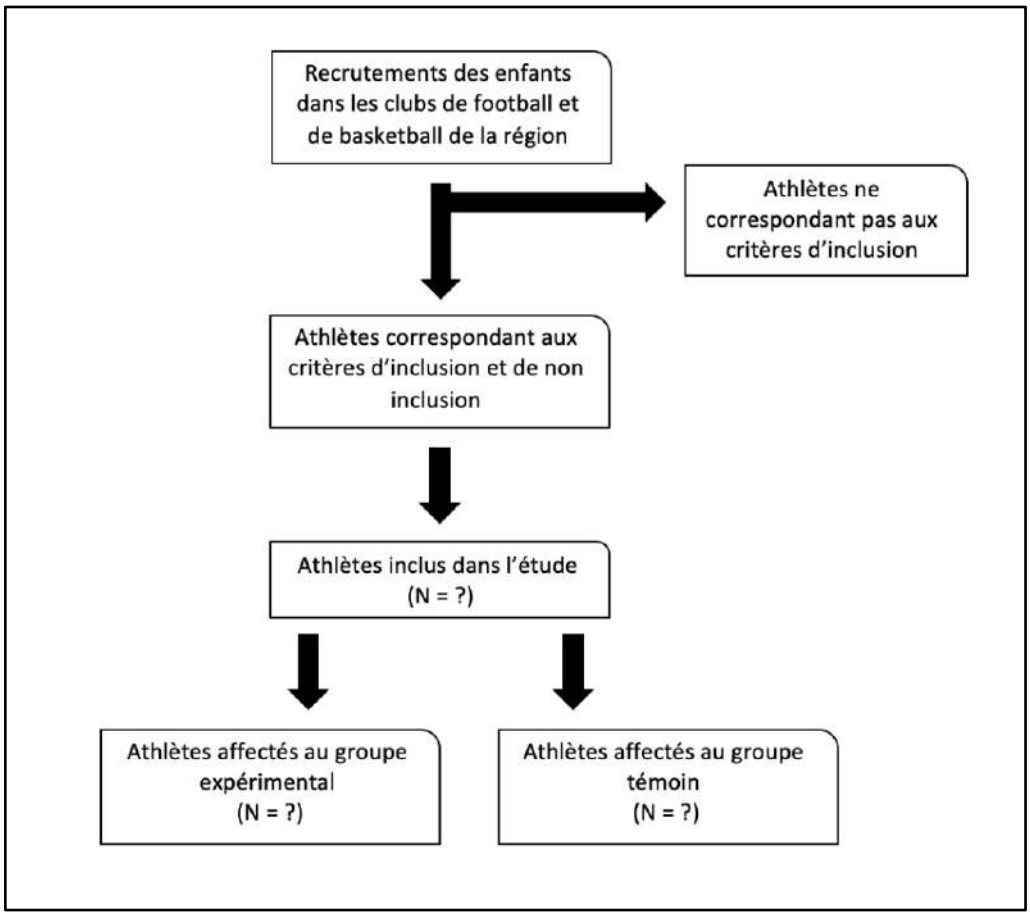


Figure 13 : Représentation schématique de la méthode de recrutement des candidats à l'étude

4.2.2. Variables et indicateurs

La variable se définit comme un phénomène qui peut être mesuré. Dans cette étude, les variables sont :

- La mesure des amplitudes articulaires au niveau du membre inférieur (genou, cheville) réalisée à l'aide d'un goniomètre,
- La mesure de l'extensibilité des muscles quadriceps, ischio-jambiers et triceps sural,
- La mesure de la force musculaire des muscles quadriceps, ischio-jambiers, moyen fessier et tibial antérieur,
- La réalisation du test Single Leg Squat (SLS) où le patient effectue une série de trois répétitions du mouvement de squat unipodal.

Les indicateurs représentent l'évolution de nos variables. Ainsi, les indicateurs positifs présentent une variation positive d'une variable en fonction de notre hypothèse ; et inversement pour les indicateurs négatifs.

Dans la présente étude, les indicateurs positifs sont représentés par :

- Une augmentation des amplitudes articulaires du membre inférieur au niveau du genou et de la cheville,
- Une augmentation de l'extensibilité des groupes musculaires étudiés,
- Une augmentation de la force musculaire des muscles ciblés dans le protocole,
- Une bonne exécution du test SLS qui n'entraîne pas de compensation au niveau des articulations du membre inférieur.

Les indicateurs négatifs sont :

- Une diminution des amplitudes articulaires du genou et de la cheville, en particulier la flexion de genou et la flexion dorsale de cheville,
- Une diminution de l'extensibilité des groupes musculaires étudiés,
- Une diminution de la force musculaire des muscles ciblés dans le protocole,
- Une mauvaise exécution du test SLS qui entraine des compensations au niveau du membre inférieur telles qu'une adduction de la hanche et un valgus de genou.

4.2.3. Matériels

Le matériel nécessaire pour le kinésithérapeute évaluateur lors de chaque évaluation est :

- Un mètre ruban afin de mesurer l'extensibilité musculaire du quadriceps et du triceps sural,
- Un goniomètre pour mesurer les amplitudes articulaires du genou et de la cheville ainsi que l'extensibilité musculaire des ischio-jambiers,
- Un dynamomètre afin d'évaluer la force musculaire des différents muscles cités précédemment,
- Une fiche de suivi individuelle pour chaque participant à remplir lors de chaque évaluation (Annexe III).

Le matériel nécessaire pour chaque patient réalisant le protocole de prévention primaire proposé dans le livret d'éducation est :

- Une bande élastique circulaire fournie par l'étude d'une même résistance pour tous les participants,
- Un tapis de gymnastique,
- Le livret d'éducation sous format papier.

4.2.4. Méthode

- **Protocole d'évaluation**

L'étude se déroule sur une période de 12 semaines. Au cours de celle-ci, le protocole d'évaluation, réalisé par le même masseur-kinésithérapeute évaluateur, sera effectué à trois reprises. (E0) correspond à la première évaluation faite en début de protocole, (E6) est l'évaluation intermédiaire et (E12) est l'évaluation finale. Ces trois évaluations permettent de suivre l'évolution des variables énoncées précédemment.

<u>Mesure des amplitudes articulaires :</u>

À l'aide d'un goniomètre, le kinésithérapeute évaluateur mesure les amplitudes articulaires du genou en flexion et en extension, ainsi que celle de la cheville en flexion dorsale et en flexion plantaire. Ces mesures seront réalisées à trois reprises, soit à E0, E6 et E12. Elles seront retranscrites sur une fiche individuelle pour chaque patient afin de suivre leur évolution au fil des évaluations.

Mesure de l'extensibilité musculaire :

Lors de chaque évaluation, le kinésithérapeute évaluateur effectue une mesure de l'extensibilité musculaire des muscles quadriceps, ischio-jambiers et triceps sural. La réalisation de ces mesures permettra de suivre l'évolution de l'extensibilité musculaire des participants appartenant au groupe expérimental au cours du programme de prévention, mais également de les comparer aux mesures des sujets du groupe témoin. L'extensibilité du muscle quadriceps est évaluée par la distance talon-fesse. Durant ce test, le patient est placé en décubitus ventral, l'examinateur effectue une flexion passive de genou. La distance est mesurée en centimètres à l'aide d'un mètre ruban, la norme étant de 0 centimètres.

L'extensibilité musculaire des ischio-jambiers est mesurée par le test Straight Leg Raise (SLR) où le patient est placé en décubitus dorsal. Le kinésithérapeute évaluateur soulève le membre inférieur tendu du patient jusqu'à l'apparition d'une résistance ou d'une douleur perçue par le sujet. La présence d'un deuxième examinateur est nécessaire afin de mesurer l'angle de flexion de hanche genou tendu à l'aide d'un goniomètre. Enfin, l'extensibilité musculaire du triceps sural est mesurée à l'aide d'un mètre ruban. Le patient se place face à un mur : il est demandé aux participants d'éloigner vers l'arrière le membre inférieur mesuré, en gardant le genou tendu et le talon au sol, jusqu'à percevoir une douleur ou une résistance. Le genou et le pied du membre inférieur controlatéral sont collés au mur afin d'avoir le même point de repère pour chaque mesure. L'extensibilité musculaire du triceps sural est évaluée par la distance entre le mur et l'hallux du membre inférieur mesuré mesurée par le mètre ruban.

Mesure de la force musculaire :

La force musculaire au niveau des muscles quadriceps, ischio-jambiers, moyen fessier ainsi que tibial antérieur sera également évaluée à trois reprises. Elle sera mesurée par un dynamomètre. Une étude a montré que cette technique de mesure est fiable et valide pour l'évaluation de la force musculaire (Stark et al., 2011) (Nakase et al., 2015). Aucun échauffement préalable n'est requis pour effectuer les mesures. La contraction musculaire demandée est lente et progressive jusqu'au maximum des capacités du patient. Au total, la contraction dure 6 secondes. La lecture de la mesure est directe sur le dynamomètre. La stimulation verbale n'est pas autorisée dans le but d'éviter les biais de réalisation.

Afin d'évaluer la force musculaire lors de la flexion et de l'extension, c'est-à-dire respectivement les muscles ischio-jambiers et quadriceps, le sujet se place en position assise. Le patient se positionne en décubitus latéral pour le moyen fessier, et en décubitus dorsal pour le tibial antérieur. Toutes les mesures sont enregistrées par le même kinésithérapeute évaluateur. La force musculaire maximale est mesurée sur 10 secondes. Ces mesures ont été réalisées à trois reprises, la valeur moyenne des trois essais a été utilisée pour l'analyse des résultats.

Test du Single Leg Squat :

Le test de squat unipodal s'initie en position debout avec un appui sur un seul membre inférieur. Le pied et le genou doivent être en position neutre. La jambe controlatérale se détache du sol en associant une légère flexion de hanche et une extension de genou. Les bras du patient sont tendus de manière à réaliser un angle droit avec le tronc. À partir de cette position, le sujet s'accroupit en fléchissant le genou autant que possible. La position des bras doit rester la même, le talon ne doit pas se décoller du sol. Puis, le participant revient dans la position initiale (Figure 14).

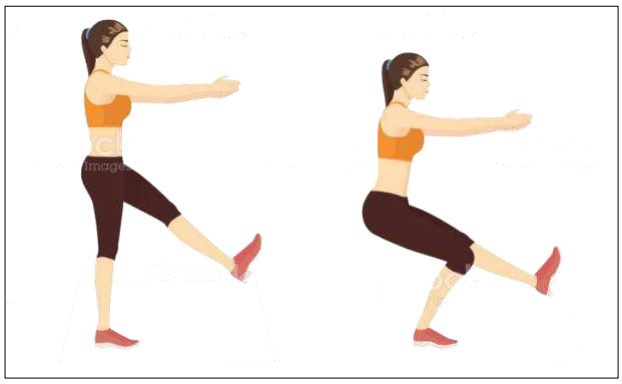


Figure 14 : Réalisation du test Single Leg Squat

Le SLS est utilisé pour connaître la stabilité du contrôle lombo-pelvien, notamment des muscles de l'articulation de la hanche (fessiers) et du genou (quadriceps). La bonne exécution de ce test oriente vers une bonne cohésion entre la force et l'équilibre musculaire. Il a été montré que ce test permet également d'évaluer le valgus dynamique ainsi que le risque potentiel de blessure au niveau des membres inférieurs (Ugalde et al., 2015). Lorsque ce test met en évidence une adduction de la hanche ainsi qu'un valgus de genou pendant l'exécution du squat, cela signe une faiblesse musculaire du quadriceps et des fessiers, en particulier du

moyen fessier (Kibler et al., 2006) (Willson et al., 2006). Il sera donc demandé à tous les participants d'exécuter trois fois ce test au cours des trois évaluations réalisées par le même opérateur pour éviter les biais.

- **Protocole témoin**

Le groupe témoin est représenté par les 50 sujets qui n'effectuent pas le programme présenté dans le livret d'éducation. Ces sujets répondent tous positivement aux critères d'inclusion de la recherche mais ne réalisent pas le protocole de prévention primaire que suit le groupe expérimental. Le groupe témoin a pour consigne de continuer de manière habituelle sa pratique sportive sans changement au niveau de la durée, de l'intensité et de la fréquence d'entraînement. Ainsi, ils partageront avec le groupe expérimental, le protocole d'évaluation composé de trois évaluations (E0), (E6) et (E12). Les données récoltées, grâce au groupe témoin, permettront de comparer l'efficacité du protocole expérimental entre les deux groupes.

- **Protocole expérimental**

Le protocole expérimental est réalisé par les 50 sujets appartement au groupe expérimental, c'est-à-dire qu'ils effectuent le programme de prévention primaire présenté dans le livret d'éducation. Pendant toute la durée de l'intervention, soit 12 semaines, les sujets devront réaliser obligatoirement trois fois par semaine le protocole. Le kinésithérapeute en charge de l'étude sera l'intermédiaire avec les sujets du groupe expérimental pour leur enseigner les consignes qu'ils devront appliquer tout au long de l'étude. Celles-ci seront données une première fois lors d'une rencontre en groupe par le kinésithérapeute responsable de la recherche. Puis, le livret d'éducation, identique pour chacun, sera distribué en format papier avec un détail des consignes à respecter.

Ce protocole expérimental est composé d'une routine d'étirements musculaires, comprenant les muscles quadriceps, ischio-jambiers et triceps sural, ainsi que d'une routine de renforcement musculaire pour les muscles quadriceps, ischio-jambiers, moyen fessier et tibial antérieur. Ce protocole doit être réalisé en complément de l'activité sportive que les sujets pratiquent habituellement. La durée, l'intensité et la fréquence doivent rester identiques aux habitudes des participants ainsi qu'à celles du groupe témoin.

Présentation des exercices :

La routine d'étirements est composée de mises en tension musculaire active que le participant peut réaliser seul. Ces quatre étirements musculaires (quadriceps, ischio-jambiers, triceps sural et chaîne postérieure) doivent être tenus pendant vingt secondes. Des images présentes dans le livret d'éducation pour chaque étirement indiquent la manière de réaliser l'exercice ainsi que la position optimale à adopter pour une bonne exécution du geste.

De même que pour les étirements musculaires, les exercices de renforcement musculaire sont présentés sous forme de routine qui inclut les muscles quadriceps, ischio-jambiers, tibial antérieur et moyen fessier :

- Tibial antérieur : le patient est placé en décubitus dorsal avec une bande circulaire élastique à l'avant des deux pieds. Il est demandé au patient d'effectuer une triple flexion de façon à ramener le membre inférieur au niveau de la poitrine. Cet exercice doit être réalisé cinq fois de chaque côté.

- Moyens fessiers (battements sur le côté) : le sujet est en position debout avec une bande élastique circulaire placée au-dessus des malléoles. Il est demandé au patient de réaliser une abduction puis une extension de hanche tout en restant en appui sur le membre controlatéral. Le membre inférieur effectuant les battements ne doit pas reposer au sol pendant les dix répétitions.

- Quadriceps (chaise) : le patient se positionne le dos plaqué contre un mur avec les jambes fléchies à 90°. Les genoux sont placés dans le même alignement que les chevilles. La position de la chaise est maintenue pendant 30 secondes.

- Ischio-jambiers et lombaire (good morning) : le sujet se tient en position debout, les pieds écartés à la largeur des épaules et le torse droit. Il est demandé aux participants de se pencher lentement vers l'avant afin de réaliser une flexion de hanche tout en maintenant le tronc rigide au cours de la descente et en gardant la lordose lombaire physiologique. La flexion de hanche est réalisée dans l'amplitude maximale du sujet de façon à ce que le mouvement reste infra-douloureux. À partir de cette position finale, le patient revient à la position de départ. Ce mouvement est répété dix fois.

- Quadriceps (fente statique) : le sujet se place en position de fente en réalisant un grand pas vers l'avant, puis en fléchissant le genou jusqu'à ce que la cuisse forme un angle avec la jambe placée en avant. Le genou se trouve dans le même alignement que la cheville. La position est maintenue pendant 10 secondes de chaque côté.

- Moyen fessier (crabe) : le sujet se positionne en décubitus latéral, une bande circulaire élastique placée au-dessus des genoux. Il est demandé au patient d'écarter les genoux tout en maintenant les pieds collés entre eux. Cet exercice est répété 10 fois de chaque côté.

- **Traitement statistique prévu**

Le traitement statistique sera effectué après les 12 semaines prévues pour la réalisation du protocole expérimental. Il sera effectué par un statisticien extérieur à l'étude, aveugle par rapport aux deux groupes. Afin de s'assurer que les variables sont distribuées selon une loi normale, le test de Kolmogorov-Smirnov sera utilisé. Ce test permet de comparer deux fonctions de répartition empirique et alors de tester l'hypothèse que deux échantillons sont issus de la même loi. Une fois que toutes les données réunies, elles seront analysées à l'aide d'un logiciel spécifique. Les moyennes et les écart-types de chaque variable seront calculés avec un intervalle de confiance de 95%. Cela correspond à un risque d'erreur de 5%, soit α=5%. Pour chacun des résultats, le nombre (n) inclus dans chaque analyse sera indiqué.

L'objectif est d'obtenir des données comparables à partir des trois évaluations, c'est à dire E0, E6 et E12. Dans un premier temps, nous utiliserons le test T de Student pour les variables suivant une loi normale afin de comparer les moyennes entre les deux groupes. Les résultats seront présentés sous forme de tableau, en donnant la moyenne ainsi que l'écart-type correspondant. Dans un second temps, nous effectuerons alors une comparaison des résultats avant, pendant l'évaluation intermédiaire et après le protocole pour chaque individu, puis entre les sujets d'un même groupe et enfin, entre les deux groupes selon les données recueillies lors des différentes évaluations.

- **Résultats potentiels**

Cette étude non expérimentée doit s'accompagner d'une analyse des résultats en comparant l'évolution des différentes variables : la mesure des amplitudes articulaires du genou et de la cheville, la mesure de l'extensibilité et de la force musculaire ainsi que la réalisation du test SLS. Les hypothèses sont les suivantes : l'hypothèse nulle où nous considérons qu'il n'y a aucune différence significative entre les deux échantillons, et l'hypothèse alternative où nous considérons qu'il existe une différence significative entre les deux échantillons.

Par ce protocole, nous souhaitons obtenir des résultats significatifs en termes d'effet chez ces participants à l'étude. Ainsi, une augmentation de l'extensibilité et de la force musculaire des différents groupes musculaires ciblés par l'étude, une augmentation des amplitudes articulaires au niveau du genou et de la cheville, et une bonne réalisation du test SLS seront probablement observées. De plus, nous devrions observer une différence significative des résultats entre le groupe expérimental et le groupe témoin qui nous permettrait de valider l'efficacité du livret d'éducation dans cet échantillon de jeunes adolescents.

- **Limites et biais de l'étude expérimentale**

La mise en place de ce protocole expérimental présente certains biais. Tout d'abord, le premier biais concerne la sélection de la population qui est exclusivement masculine. Les sujets de cette étude seront sélectionnés selon certains critères tels que l'âge, la pratique sportive ainsi que leurs antécédents. Cependant, cet échantillonnage n'est pas représentatif de l'ensemble des enfants et des jeunes adolescents étant actifs dans une activité sportive. Par manque de données, nous avons défini de manière arbitraire un échantillon composé de 100 patients. Les évaluations de suivi de chaque individu seront réalisées par le même évaluateur afin de limiter les biais. Enfin, le groupe expérimental étant en autonomie dans la réalisation des exercices, il ne sera pas possible de contrôler la bonne réalisation du programme autant sur le plan qualitatif que sur le plan quantitatif.

La limite principale de cette étude est la non réalisation du protocole. Par conséquent, certains biais et limites pourraient donc apparaitre uniquement lors de la réalisation clinique. La discussion des biais et des limites n'est pas donc pas optimale. Néanmoins, la durée de l'expérimentation basée sur 12 semaines peut paraitre assez courte pour avoir un réel recul sur l'efficacité préventive du programme testé.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La prévention des blessures occupe une place importante dans la prise en charge actuelle d'un patient. Le manque de connaissances sur ce sujet est un problème majeur quand nous connaissons la fréquence élevée de blessures que subissent les jeunes sportifs. Dans un contexte où la promotion de l'activité sportive est omniprésente, il est important de mettre en place des stratégies préventives pour pallier au risque de blessures. Les blessures chroniques dues, en partie, au surmenage et à l'intensité de la pratique sportive pourraient être évitées par une prévention efficace et adaptée. La maladie d'Osgood-Schlatter est responsable d'une diminution de la qualité de vie des patients associée à une répercussion sur leurs capacités fonctionnelles à plus long terme. Un enfant sur dix est touchée par cette affection. Cette étude a été menée dans le but d'introduire une proposition de prévention primaire pour l'OSD, auprès d'une jeune population sportive, afin de réduire son incidence.

Au sein de la littérature actuelle, très peu d'articles voire aucun ne proposent de protocole de prévention pour diminuer la prévalence de l'OSD. La réalisation de la revue systématique nous a permis de mettre en évidence les facteurs de risque responsables de l'OSD sur lesquels il est possible d'agir afin de prévenir cette pathologie. La pratique sportive, le manque d'extensibilité musculaire, une force musculaire inadaptée ainsi que des troubles de la biomécanique du membre inférieur sont les facteurs les plus rencontrées dans la littérature. Ainsi, nous proposons un livret d'éducation comprenant deux circuits d'étirements et de renforcement musculaire, une partie explicative de la pathologie ainsi qu'une autre sur l'hygiène de vie. Le renforcement musculaire concerne le quadriceps, les ischio-jambiers, le moyen fessier ainsi que le tibial antérieur. Les étirements musculaires sont consacrés au quadriceps, aux ischio-jambiers, au triceps sural ainsi qu'à la chaine postérieure. L'efficacité de ce livret est évaluée grâce à un protocole expérimental réalisé auprès de jeunes adolescents masculins actifs &. Des résultats positifs permettraient aux clubs de sport accueillant des jeunes de mettre en place une prévention qui réduirait le nombre de sportifs blessés au sein de leur effectif. Cependant, le manque de résultats réels de ce programme nous limite dans son acceptation malgré le fait qu'il ait été établi grâce à la littérature scientifique.

Enfin, nous avions évoqué précédemment que les maladies d'Osgood-Schlatter et de Sever étaient les pathologies de surutilisation les plus communes au niveau du membre inférieur d'un enfant. La maladie de Sever est la plus grande source de douleur au niveau du talon observée chez les enfants âgés de 7 à 15 ans, en particulier les jeunes garçons. L'incidence de cette pathologie représente 11,3% à 16,5% des blessures chez les enfants parmi toutes ostéochondroses de croissance (Herbaut et al., 2017). Il serait donc intéressant d'adapter notre proposition de prévention primaire de l'OSD à la maladie de Sever en recherchant les facteurs de risque modifiables de cette affection dans la littérature scientifique. Un livret d'éducation du même format que celui présenté en annexe (Annexe I) pourrait être réalisé pour la maladie de Sever afin de réduire sa prévalence chez les jeunes sportifs.

BIBLIOGRAPHIE

Achar S, Children's R, Yamanaka J. Apophysitis and Osteochondrosis: Common Causes of Pain in Growing Bones 2019;99:9.

Atanda A. Osteochondrosis: Common Causes of Pain in Growing Bones 2011;83:7.

Bahhou H. Ostéochondrose de croissance extra-articulaire : évaluation des pratiques professionnelles des médecins généralistes 2015.

Beaubois Y, Dessus F, Boudenot A. Maladie d'Osgood-Schlatter : de l'arrêt sportif vers la gestion des troubles biomécaniques. Kinésithérapie Rev 2016;16:2–6.

Briand C, Quesnot A. Rééducation de la maladie d'Osgood-Schlatter. Kiné Scientifique ; 2001:2.

Circi E, Atalay Y, Beyzadeoglu T. Treatment of Osgood–Schlatter disease: review of the literature 2017:6.

De Lucena GL, dos Santos Gomes C, Guerra RO. Prevalence and Associated Factors of Osgood-Schlatter Syndrome in a Population-Based Sample of Brazilian Adolescents. Am J Sports Med 2011;39:415–20.

Demirag B, Ozturk C, Yazici Z, Sarisozen B. The pathophysiology of Osgood–Schlatter disease: a magnetic resonance investigation: J Pediatr Orthop B 2004;13:379–82.

Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur. Tome 1 Memb. Infér., vol. 1. Elsevier Masson, 2015, p. 543.

Dufour M, Pillu M, Langlois K, Del Valle Acedo S. Biomécanique fonctionnelle. 2ème édition. 2017.

Ehrenborg G, Engfeldt B. Histologic changes in the Osgood-Schlatter lesion 1961.

Geoffroy C. Les étirements : méthodes et exercices pour tous. Geoffroy Édition. 2018.

Gholve PA, Scher DM, Khakharia S, Widmann RF, Green DW. Osgood Schlatter syndrome 2007:7.

Grabowski P. Physiology of bone 2009.

Hall R, Foss KB, Hewett TE, Myer GD. Sport Specialization's Association With an Increased Risk of Developing Anterior Knee Pain in Adolescent Female Athletes. J Sport Rehabil 2015;24:31–5.

Hanada M, Takahashi, Matsuyama. Relationship between the clinical findings and radiographic severity in Osgood-Schlatter disease. Open Access J Sports Med 2012:17.

HAS. Haute Autorité de la Santé (page consultée le 20/01/2021). Articles, [en ligne]. https://www.has-sante.fr/jcms/fc_2873790/fr/professionnels

Hawkins D, Metheny J. Overuse injuries in youth sports : biomechanical considerations 2001.

Herbaut A, Roux M, Guéguen N, Barbier F, Simoneau-Buessinger E, Chavet P, et al. Influence des chaussures minimalistes sur le risque de blessures de sur-sollicitation du membre inférieur chez l'enfant. Sci Sports 2017;32:119–28..

Herman S. Pathologie ostéoarticulaire liée au sport chez l'enfant etl'adolescent 1996.

Hirano A, Fukubayashi T, Ishii T, Ochiai N. Magnetic resonance imaging of Osgood-Schlatter disease: the course of the disease. Skeletal Radiol 2002;31:334–42.

Holden S, Rathleff MS. Separating the myths from facts: time to take another look at Osgood-Schlatter 'disease.' Br J Sports Med 2020;54:824–5.

IRBMS. Institut de Recherche du Bien Être, de la Médecine et du Sport Santé (page consultée le 14/02/2021). Articles, [en ligne]. https://www.irbms.com/

Itoh G, Ishii H, Kato H, Nagano Y, Hayashi H, Funasaki H. Risk assessment of the onset of Osgood–Schlatter disease using kinetic analysis of various motions in sports. P

Jouve JL, Bollini C, Launay F, Glard Y. Cartilage de croissance et croissance en orthopédie 2009.

Kaneuchi Y, Otoshi K, Hakozaki M, Sekiguchi M, Watanabe K, Igari T, et al. Bony Maturity of the Tibial Tuberosity With Regard to Age and Sex and Its Relationship to Pathogenesis of Osgood-Schlatter Disease: An Ultrasonographic Study. Orthop J Sports Med 2018;6.

Kapandji A. Anatomie fonctionnelle : physiologie de l'appareil locomoteur. Maloine. 2008.

Kaya DO, Toprak U, Baltaci G, Yosmaoglu B, Ozer H. Long-term functional and sonographic outcomes in Osgood–Schlatter disease. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2013;21:1131–9.

Kibler WB, Press J, Sciascia A. The Role of Core Stability in Athletic Function: Sports Med 2006;36:189–98.

Lam J, Venkatesh S, Ho C, Wong B. Clinics in diagnostic imaging (202). Singapore Med J 2019;60:610–5.

Launay F. Sports-related overuse injuries in children. Orthop Traumatol Surg Res 2015;101:S139–47.

Léonard J, Albecq J, Heclet L. Complications de la maladie d'Osgood-Schlatter : les pièges d'une maladie réputée banale 1995.

Malanga G, Ramirez-Del Toro J. Common injuries of the foot and ankle in the child and adolescent athlete 2008.

Marieb E, Hoehn K. Anatomie et physiologie humaines. vol. 11. Pearson, 2019.

Nakase J, Aiba T, Goshima K, Takahashi R, Toratani T, Kosaka M, et al. Relationship between the skeletal maturation of the distal attachment of the patellar tendon and physical features in preadolescent male football players. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2014;22:195–9.

Nakase J, Goshima K, Numata H, Oshima T, Takata Y, Tsuchiya H. Precise risk factors for Osgood–Schlatter disease. Arch Orthop Trauma Surg 2015;135:1277–81.

Ogden JA, Hempton RF, Southwick WO. Development of the tibial tuberosity. Anat Rec 1975;182:431–45.

OMS. Organisation Mondiale de la Santé (page consultée le 12/12/2020). Articles, [en ligne]. https://www.who.int/fr

Pastoureau P. Physiologie du développement osseux 1990.

Pihlajamäki HK, Mattila VM, Parviainen M, Kiuru M, Visuri T. Long-term outcome after surgical treatment of unresolved Osgood-Schlatter disease in young men 2009.

Poirier J. Histologie humaine. Maloine, 1975.

R. P. Jakob et al. Does Osgood-Schlatter disease influence the position of the patella ? 1981.

Sailly M, Whiteley R, Johnson A. Doppler ultrasound and tibial tuberosity maturation status predicts pain in adolescent male athletes with Osgood-Schlatter's disease: a case series with comparison group and clinical interpretation. Br J Sports Med 2013;47:93–7.

Siffert R. Classification of the osteochondroses 1981.

Slotkin S, Thome A, Ricketts C, Georgiadis A, Cruz A, Seeley M. Anterior Knee Pain in Children and Adolescents: Overview and Management. J Knee Surg 2018;31:392–8.

Smith JM, Varacallo M. Osgood-Schlatter disease 2020.

Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. PM&R 2011;3:472–9.

Thépaut M. Apophysoses de croissance 2013:4.

Ugalde V, Brockman C, Bailowitz Z, Pollard CD. Single Leg Squat Test and Its Relationship to Dynamic Knee Valgus and Injury Risk Screening. PM&R 2015;7:229–35.

Vaishya R, Azizi AT, Agarwal AK, Vijay V. Apophysitis of the Tibial Tuberosity (Osgood-Schlatter Disease): A Review. Cureus 2016.

Watanabe H, Fujii M, Yoshimoto M, Abe H, Toda N, Higashiyama R, et al. Pathogenic Factors Associated With Osgood-Schlatter Disease in Adolescent Male Soccer Players: A Prospective Cohort Study. Orthop J Sports Med 2018;6:232596711879219.

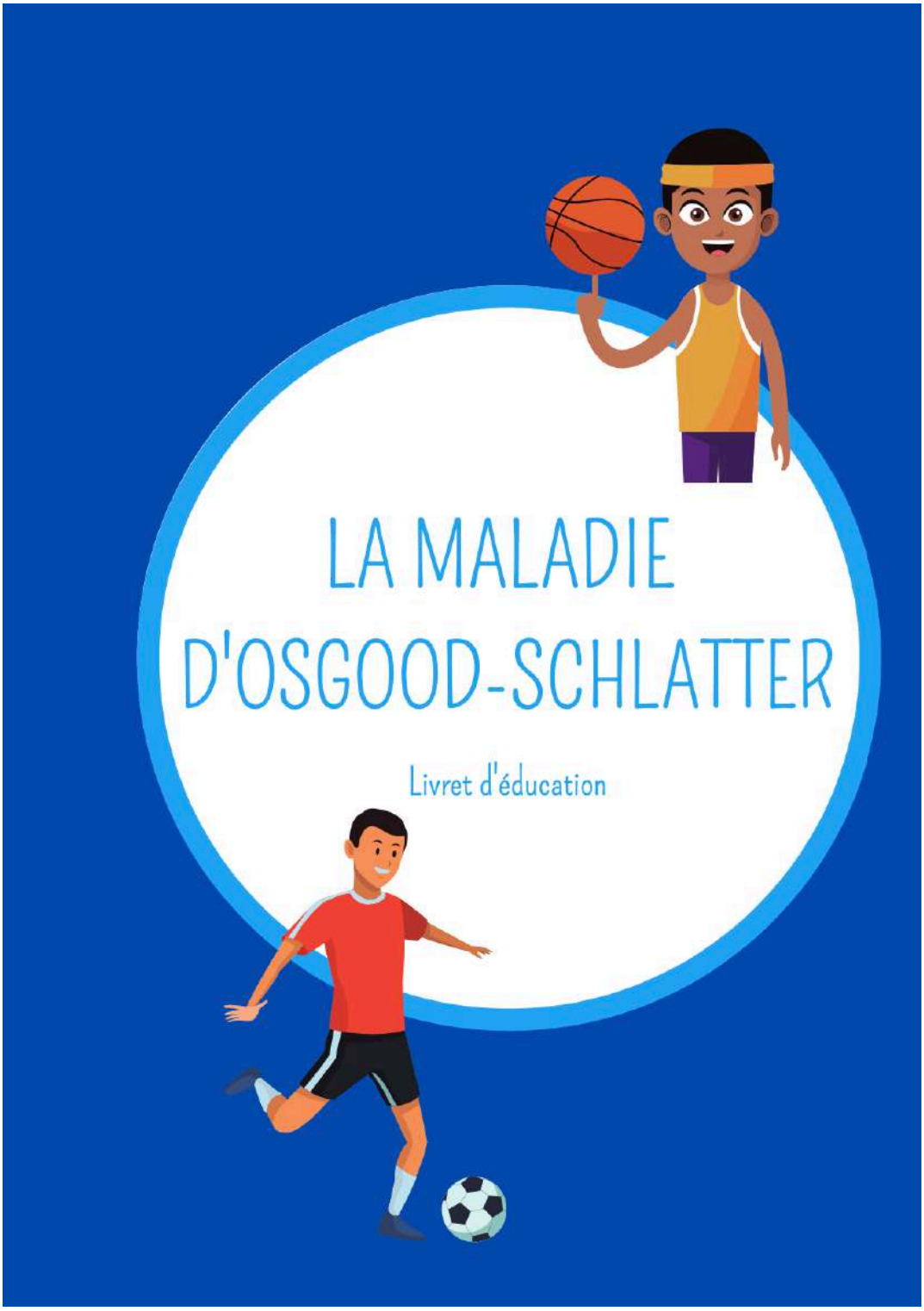
Weiler R, Ingram M, Wolman R. Osgood-Schlatter disease (10-minute consultation) 2011.

Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core Strength and Lower Extremity Alignment during Single Leg Squats: Med Sci Sports Exerc 2006;38:945–52.

Yanagisawa S, Osawa T, Saito K, Kobayashi T, Tajika T, Yamamoto A, et al. Assessment of Osgood-Schlatter Disease and the Skeletal Maturation of the Distal Attachment of the Patellar Tendon in Preadolescent Males 2014:4.

ANNEXES

Annexe I : Livret d'éducation



MALADIE D'OSGOOD-SCHLATTER

C'EST QUOI ?

C'est une **inflammation** du cartilage de croissance qui touche l'articulation du **genou**. Elle est liée à une croissance rapide, une pratique sportive intensive ainsi qu'une raideur musculaire importante.



QUELS SONT LES SYMPTÔMES ?

Les symptômes sont la **douleur** sur la face antérieure du genou ainsi qu'un **gonflement** de cette zone.

PUIS-JE EN GUÉRIR ?

Dans la majorité des cas, c'est une maladie bénigne.
Le traitement est symptomatique avec la mise au repos, des médicaments, des séances de kinésithérapie et l'application de glace.

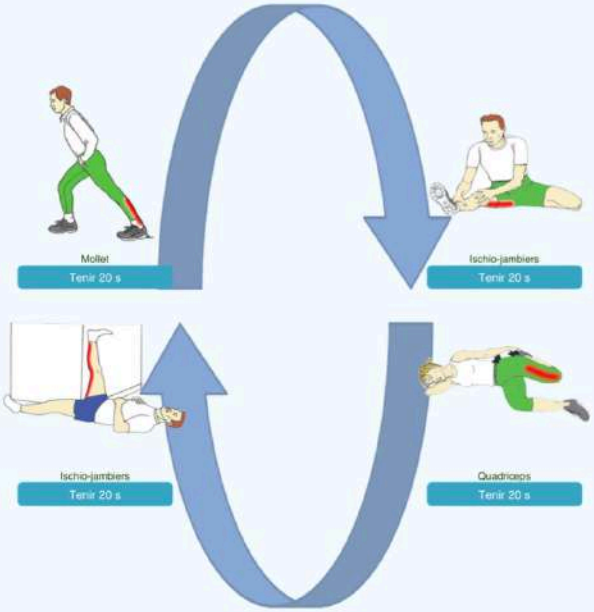
DOIS-JE ARRÊTER LE SPORT ?

L'arrêt du sport n'est pas obligatoire, parfois la modulation de l'activité peut suffire. C'est le médecin qui prend la décision.



CIRCUIT D'ÉTIREMENTS

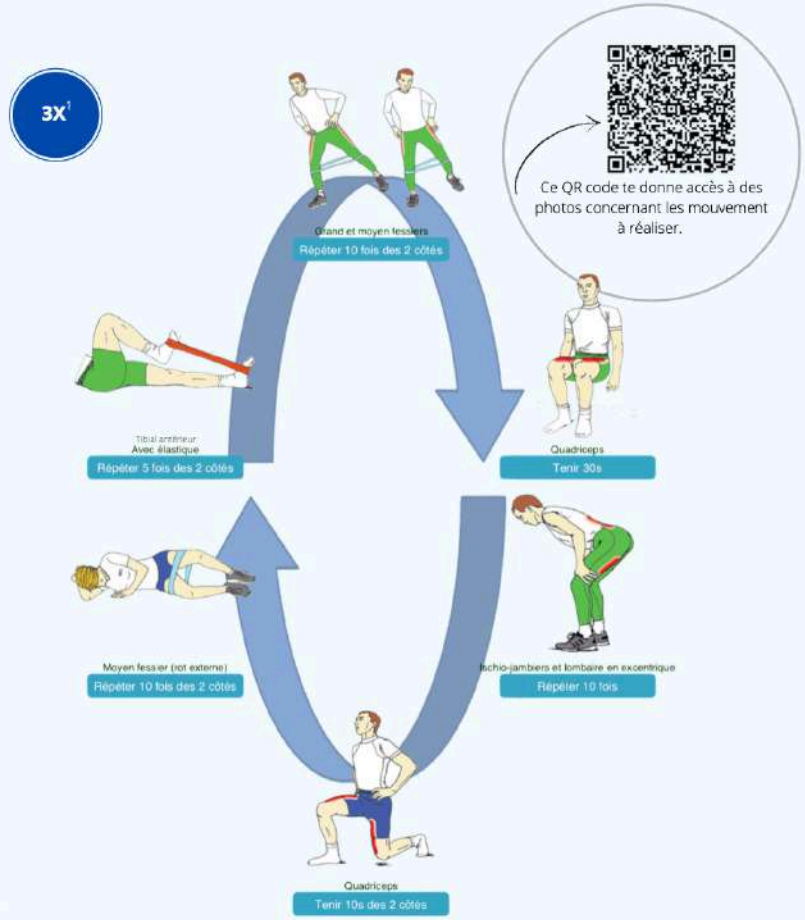
3X[1] **20 SEC**[2]



[1] Ce circuit est à réaliser **3 fois par semaine** (soit toutes les 48 heures) en complément de l'activité sportive habituelle.

[2] Chaque étirement est tenu pendant **20 secondes**.

CIRCUIT DE RENFORCEMENT



[1] Ce circuit est à réaliser **3 fois par semaine** (soit toutes les 48 heures) en complément de l'activité sportive habituelle.

HYGIÈNE DE VIE



Pendant la puberté, les besoins nutritionnels vont varier de façon importante. Une **alimentation équilibrée** et **variée** est primordiale.

L'**eau** est la seule boisson indispensable. Il est important de penser à **s'hydrater** avant, pendant et après le sport.





Le **sommeil** est essentiel pour le bon développement de l'enfant. Il est important de maintenir une **régularité** des horaires de sommeil, éviter de se coucher tard et éviter les exercices stimulants avant de dormir.

Pour plus d'informations, la bibliographie présente à la dernière page de ce livret te donne accès à des sites internet sur ces différents sujets.

BIBLIOGRAPHIE

- Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé (IRBMS) (https://www.irbms.com/)
- Site officiel de l'Organisation Mondiale de la Santé (https://www.who.int/fr)
- Geoffroy C.. Les étirements : méthodes et exercices pour tous. Geoffroy Édition., 2018.
- Beaubois et al., « Maladie d'Osgood-Schlatter : de l'arrêt sportif vers la gestion des troubles biomécaniques ». Kinésithérapie, la Revue 16, no 175 (juillet 2016): 2-6.
- Bien manger pour mieux vivre (http://www.bienmangerpourmieuxvivre.fr/)

Annexe II : Formulaire de consentement

Formulaire d'information et de consentement

Objectif de l'étude : évaluation de l'efficacité d'un livret d'éducation dans la prévention primaire de la maladie d'Osgood-Schlatter auprès des jeunes basketteurs et footballeurs.

Je soussigné ……, en ma qualité de représentant légal ou tuteur de ……, déclare avoir lu et compris le présent formulaire. Par la signature de ce formulaire, j'accepte de façon libre et éclairée que …… participe à cette étude.

Concernant l'évaluateur :
Je m'engage …… (nom/ prénom) à mener cette recherche selon les dispositions éthiques et déontologiques et à assurer la confidentialité des informations recueillies.

Concernant l'évalué :

- Je consens de mon plein gré que mon enfant participe à cette étude.
- J'ai reçu une explication concernant l'objectif de cette étude, sa durée et ce qui est attendu.
- Une copie de ce formulaire signée et datée m'a été remise.
- Mon enfant est libre de participer ou non, d'abandonner sa participation à l'étude sans encourir aucune responsabilité ni conséquence.
- J'ai la possibilité d'obtenir des informations supplémentaires concernant l'étude.
- J'accepte que les résultats de cette étude soient diffusés anonymement à des fins scientifiques et en respectant les règles déontologiques de la communauté scientifique.
- Je peux demander la consultation des données à caractère personnel. Ces données seront conservées pendant le temps nécessaire à l'analyse et ce, jusqu'à un maximum de dix années.

Signature du représentant légal ou tuteur :

Fait à ……, le __/__/__

Pour toute question relative à l'étude, ou pour vous retirer de la recherche, veuillez joindre le responsable du projet au numéro de téléphone XX.XX.XX.XX.XX où à l'adresse mail : xxx@gmail.com.

Annexe III : Fiche de suivi individuelle

Fiche de suivi des évaluations

Nom/ Prénom du participant : .....

Âge : .....

		(E0)	(E6)	(E12)
Amplitudes articulaires (en degré)				
Genou	Flexion			
	Extension			
Cheville	Flexion dorsale			
	Flexion plantaire			
Extensibilité musculaire				
Quadriceps (en cm)				
Ischio-jambiers (en degré)				
Triceps sural (en cm)				
Force musculaire (en Newton)				
Quadriceps				
Ischio-jambiers				
Moyen fessier				
Tibial antérieur				
Test du Single Leg Squat				
☐ Exécution sans compensation ☐ Présence de compensations (valgus de genou, adduction de hanche)				