



**HAL**  
open science

# L'intérêt de l'entraînement neuromusculaire dans l'amélioration de la fonctionnalité chez les patients opérés du ligament croisé antérieur

Anaïs Jacquemot

► **To cite this version:**

Anaïs Jacquemot. L'intérêt de l'entraînement neuromusculaire dans l'amélioration de la fonctionnalité chez les patients opérés du ligament croisé antérieur. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03974822

**HAL Id: dumas-03974822**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03974822v1>**

Submitted on 6 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ  
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION  
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**L'INTÉRÊT DE L'ENTRAÎNEMENT  
NEUROMUSCULAIRE DANS L'AMÉLIORATION  
DE LA FONCTIONNALITÉ CHEZ LES  
PATIENTS OPÉRÉS DU LIGAMENT CROISÉ  
ANTÉRIEUR**

**JACQUEMOT Anaïs**

**Directeur de mémoire : M. ORTS David**

## Remerciements

A Monsieur ORTS David, mon directeur de mémoire, pour sa disponibilité, son suivi et ses conseils durant cette année, qui m'ont permis d'avancer et d'améliorer mon travail.

A l'IFMK de Marseille et ses professeurs, pour la formation reçue.

A Claire, pour ses relectures attentives et ses conseils avisés.

A Marine, ma binôme de TP et ma binôme dans la vie aussi, pour m'avoir toujours soutenue et encouragée, du 1<sup>er</sup> jour jusqu'au dernier pendant ces 4 années.

A mes deux Valentine et à Huayna, pour être des amies en or.

Aux Kinoubliables, pour être un bande de copains incroyables.

A ma maman, pour son soutien sans faille et son amour inconditionnel.

Mention spéciale à la machine à café, qui ne nous aura jamais lâché.

## Table des matières

1	Introduction .....	1
1.1	Contexte.....	1
1.2	Le genou.....	1
1.2.1	Anatomie générale .....	1
1.2.2	Biomécanique.....	3
1.2.3	Stabilité .....	3
1.3	Le ligament croisé antérieur .....	4
1.3.1	Anatomie et biomécanique.....	4
1.3.2	Mécanismes lésionnels .....	6
1.3.3	Examen clinique.....	7
1.3.4	Le traitement chirurgical.....	8
1.4	La proprioception et le contrôle neuromusculaire .....	10
1.5	L'entraînement neuromusculaire et la pliométrie .....	11
1.6	Intérêt de la revue .....	12
1.7	Problématique.....	12
2	Méthode .....	13
2.1	Critères d'éligibilité des études pour cette revue .....	13
2.1.1	Schéma d'étude .....	13
2.1.2	Population/pathologie .....	13
2.1.3	Intervention.....	14
2.1.4	Comparateur .....	14
2.1.5	Critères de jugement .....	14
2.2	Méthodologie de recherche des études.....	15
2.2.1	Sources documentaires investiguées.....	15
2.2.2	Equation de recherche utilisée.....	15
2.3	Méthode d'extraction et d'analyse des données.....	16
2.3.1	Méthode de sélection des études .....	16
2.3.2	Evaluation de la qualité méthodologiques des études sélectionnées.....	17
2.3.3	Extraction des données.....	17
2.3.4	Méthode de synthèse des résultats.....	18
2.3.5	Financement et conflits d'intérêts.....	18
3	Résultats .....	19
3.1	Description des études .....	19
3.1.1	Processus de sélection des articles.....	19
3.1.2	Etudes exclues .....	22

3.1.3	Etudes incluses .....	22
3.2	Risques de biais des études incluses .....	24
3.2.1	Grille d'analyse utilisée .....	24
3.2.2	Synthèses des biais retrouvés dans les études incluses.....	24
3.3	Effets de l'intervention sur le(s) critères de jugement(s) de votre revue.....	25
3.3.1	La fonction rapportée par le patient.....	26
3.3.2	Les tests de saut .....	27
3.3.3	La proprioception consciente .....	29
4	Discussion .....	31
4.1	Analyse des principaux résultats .....	31
4.1.1	Analyse de la population des études incluses .....	31
4.1.2	La fonction rapportée par le patient.....	33
4.1.3	Les tests de saut .....	34
4.1.4	La proprioception consciente .....	36
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique .....	36
4.2.1	La taille de l'effet .....	36
4.2.2	La population étudiée .....	37
4.2.3	L'intervention .....	37
4.2.4	Les critères de jugement évalués .....	37
4.2.5	Le rapport bénéfice/risque.....	38
4.2.6	La balance coût/efficacité .....	38
4.2.7	Synthèse sur l'applicabilité des résultats en pratique clinique .....	38
4.3	Qualités de preuves.....	39
4.3.1	Risque de biais.....	39
4.3.2	Hétérogénéité des résultats.....	40
4.3.3	Caractère indirect .....	40
4.3.4	Imprécision des résultats .....	40
4.3.5	Biais de publication.....	40
4.3.6	Conclusion du système GRADE.....	41
4.4	Biais potentiels de la revue.....	41
5	Conclusion.....	43
6	Bibliographie .....	44
7	Annexes .....	

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

La rupture du ligament croisé antérieur (LCA) est l'une des blessures les plus courantes. Notamment dans le monde du sport (avec 65% des ruptures du LCA [1]) et en particulier dans les sports pivots tels que le football (35%) ou le ski (26%) [2]. Une rupture du LCA entraîne une invalidité à court terme et des séquelles à long terme. La France comptait en 2019 une incidence annuelle de 42 250 ruptures du LCA opérées, selon l'Institut du Sport et de l'Arthrose Marseille-Méditerranée<sup>1</sup>.

Une telle blessure représente un coût très important tant sur l'opération en elle-même que sur la rééducation pré et post-opératoire. Une étude de *Hewett et al.* [3] révèle que le coût de la ligamentoplastie du croisé antérieur approchait les 700 millions de dollars par an chez les athlètes féminines aux États-Unis.

Outre l'aspect économique, une lésion du LCA entraîne un déficit de la proprioception et de l'équilibre ainsi qu'une diminution de la force musculaire et des performances fonctionnelles [4]. Une telle blessure peut aussi entraîner des complications sur le long terme comme une instabilité chronique du genou, une atteinte méniscale ou cartilagineuse. Le risque de développer de l'arthrose est aussi plus élevé [5].

C'est une pathologie handicapante et la rééducation est longue. L'objectif de la prise en charge kinésithérapique après une ligamentoplastie du LCA est de permettre au patient la reprise de ses activités quotidiennes et/ou sportives dans les meilleures conditions possibles.

Après quelques rappels anatomiques sur l'articulation du genou, ainsi que sur le ligament croisé antérieur, nous définirons les termes de proprioception et de contrôle neuromusculaire afin d'essayer de démontrer l'intérêt de l'entraînement neuromusculaire dans l'amélioration de la fonctionnalité du genou après une opération du LCA.

## 1.2 Le genou

### 1.2.1 Anatomie générale

Le genou est une articulation intermédiaire qui relie le fémur en haut, la patella en avant et le tibia en bas [6]. Il se caractérise par sa portance. En effet, il supporte le poids du corps et joue un rôle majeur dans la transmission des contraintes. C'est aussi une articulation non congruente qui doit sa stabilité à un système capsulo-ligamentaire passif et un système musculaire actif.

---

<sup>1</sup> site consulté le 18/11/21. Rubrique Actualités - Rupture du LCA

Le genou est une articulation complexe, composée en réalité de deux articulations au sein d'une même poche articulaire : on distingue l'articulation fémoro-patellaire et l'articulation fémoro-tibiale. Elles sont « indissociables, anatomiquement et fonctionnellement ». [6]

- L'articulation fémoro-patellaire : la patella, permet d'augmenter le bras de levier en antériorisant l'appareil extenseur et permet ainsi d'accroître l'efficacité du quadriceps lors de l'extension. C'est aussi une zone d'insertion musculaire importante (notamment pour le droit fémoral). Elle permet en outre, de limiter le frottement des structures et assure une protection osseuse à la trochlée et aux condyles fémoraux [7].
- L'articulation fémoro-tibiale : elle permet quant à elle la transmission du poids du fémur au tibia et la mobilité du genou. On considère d'ailleurs que le compartiment médial assure plutôt la stabilité et que le compartiment latéral, assure plutôt un rôle de mobilité [6].

Les ménisques sont des structures molles, déformables, interposés entre les plateaux tibiaux et les condyles fémoraux. Ces fibrocartilages permettent de répartir les charges de manière uniforme entre le compartiment médial et latéral. Ils servent d'amortisseur et assurent la congruence des surfaces articulaires [7].

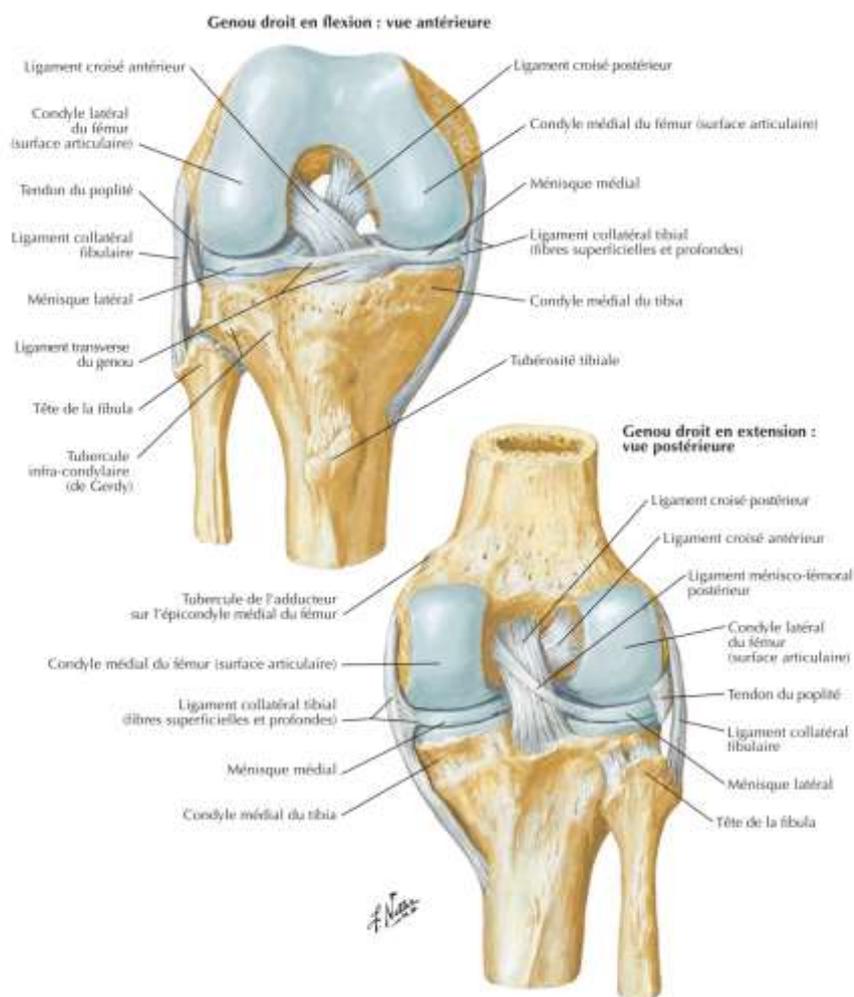


Figure 1 : Genou : ligaments croisé et collatéraux, Planche 497, Netter [8]

### 1.2.2 Biomécanique

D'un point de vue fonctionnel, on considère le genou comme une articulation à deux degrés de liberté. On retrouve d'abord la flexion/extension, principale fonction du genou, permettant d'ajuster la longueur du membre inférieur dans l'espace. Des mouvements plus complexes de roulement et de glissement des glènes sur les plateaux tibiaux y sont associés.

D'autre part, on retrouve les rotations latérale et médiale, possible uniquement en flexion de genou. De très faibles mouvements d'abduction et d'adduction peuvent être identifiés, principalement de manière passive.

La biomécanique est un élément important pour comprendre les mécanismes lésionnels du LCA, que nous détaillerons par la suite.

### 1.2.3 Stabilité

Le besoin de stabilité est un maître mot pour cette articulation sollicitée à longueur de journée. Celle-ci est assurée par des structures passives et des structures actives.

La stabilité fémoro-tibiale est absolument indispensable, notamment en appui monopodal ; le centre de gravité se déplace sur la partie latérale du polygone de sustentation et donc le poids du corps n'est plus réparti uniformément sur les surfaces articulaires. En extension, cette stabilité est principalement passive, donc économique. En revanche, elle est essentiellement active lors de la flexion. Fonctionnellement, ces deux modes de stabilité sont associés. Selon Michel Dufour, les ligaments n'ont pas seulement un rôle mécanique, ce sont des « initiateurs de l'adaptation musculaire », stabilisant le genou dans toutes les conditions. [6]

#### ➤ Les systèmes de stabilisation passive

Le plan fibro-capsulo-ligamentaire représente le 1<sup>er</sup> niveau de maintien du genou, de manière passive [9].

On retrouve tout d'abord la **capsule**, unique, pour les deux articulations en présence. C'est un manchon fibreux s'insérant à la périphérie des surfaces articulaires. Elle est tendue dans le plan frontal et lâche dans le plan sagittal, cela correspond au plan de mobilité du genou [6]. La capsule est tapissée par la synoviale, sécrétant le liquide synovial qui nourrit et lubrifie les cartilages.

Les **ménisques** jouent aussi un rôle dans la stabilisation, ils assurent un rôle de cale.

Les **ligaments** sont des éléments majeurs ; on retrouve le système de **pivot central** composé du ligament croisé antérieur (LCA) et du ligament croisé postérieur (LCP) se croisant dans le plan sagittal.

Ce sont des ligaments puissants qui assurent un guidage passif dans les déplacements antéro-postérieurs de l'articulation fémoro-tibiale, ils sont responsables de la limitation des mouvements excessifs. Les ligaments croisés limitent aussi les actions dynamiques des muscles au pourtour du genou lors de la flexion et de l'extension. Lors de l'extension, le **LCA** limite la translation antérieure du

tibia par rapport au fémur, résultant de l'action du quadriceps, tirant sur son site d'insertion distal au niveau du tibia. La fonction principale du **LCP** est de résister à la translation postérieure du tibia sur le fémur dans toutes les positions de flexion du genou. [10]

Les ligaments croisés assurent aussi un rôle dans la stabilité rotatoire du genou. Le **LCA** agit comme un stabilisateur secondaire contre la rotation **interne** du tibia et contre le valgus. Tandis que le **LCP** est un stabilisateur secondaire contre la rotation **externe** du tibia, il limite aussi les angles en varus/valgus. [10]

Puis on retrouve le **système collatéral** composé du ligament collatéral latéral (fibulaire) et le collatéral médial (tibial). Le LCM permet de lutter contre le valgus physiologique. Il est beaucoup plus puissant que son homologue latéral luttant contre le varus.

Les **réтинaculums patellaires** ont aussi un rôle dans cette stabilité passive.

#### ➤ **Les systèmes de stabilisation active**

La stabilisation active est assurée par les muscles du genou, puissants.

La stabilité dans le plan frontal est assurée :

- En dedans, par les muscles luttant contre le valgus : on retrouve les muscles de la patte d'oie ; le sartorius, le semi tendineux et le gracile ; et le semi-membraneux.
- En dehors, par les muscles luttant contre le varus : avec le tractus ilio-tibial (joue un rôle économique), le biceps fémoral et le poplité (dans un rôle moindre).

Dans le plan sagittal, le besoin de stabilité active concerne principalement la flexion. En effet, en extension les structures passives du genou sont en tension et permettent de maintenir l'articulation de façon économique [6]. Ce sont les muscles du quadriceps et les ischios-jambier qui stabilisent alors le genou.

## 1.3 Le ligament croisé antérieur

### 1.3.1 Anatomie et biomécanique

En plus de leur action sur la stabilité de l'articulation, les ligaments croisés assurent aussi un rôle proprioceptif importante de par la présence de mécanorécepteurs et de terminaisons nerveuses libres en leur sein.

Le LCA prend naissance dans l'aire intercondyloire antérieure, contre le frein du ménisque médial. Il suit un trajet oblique en haut, en arrière et en dehors pour se terminer dans la partie postéro-supérieure de la face médiale du condyle latéral du fémur. Il est situé au centre de l'articulation tout en restant extrasynoviale. [9]

Le ligament croisé antérieur permet d'empêcher la translation antérieure du tibia sous le fémur lorsque le genou est en flexion ; il assure jusqu'à 85% de cette stabilité [7]. Il guide aussi les rotations du tibia pendant l'extension.

Il est composé de deux faisceaux torsadés : un antéro-médial (AM) et un postéro-latéral (PL) [11]. Ils sont nommés par rapport à leur insertion tibiale. Chaque faisceau a un degré de tension différents en fonction de l'angle de flexion.

Dans le mouvement d'extension (le retour de flexion), le LCA se verticalise et les deux faisceaux sont presque parallèles. Le faisceau antéro-médial est alors relativement détendu tandis que le faisceau postéro-latéral est tendu. En flexion, l'inverse se produit, le faisceau antéro-médial est donc tendu (sa force maximum se situe environ à 60° de flexion puis diminue à 90°) tandis que le faisceau postéro-médial est détendu [12]. Le PL résiste le plus au tiroir antérieur lors de l'extension, en flexion c'est l'AM qui devient le frein principal. Les deux faisceaux s'enroulent l'un sur l'autre afin de garder toujours une tension dans les fibres, quel que soit la position articulaire du genou. L'efficacité maximale du LCA se trouve à environ 20 degrés de flexion [11].

Ce ligament extrasynovial est aussi peu vascularisé, cela peut rendre la guérison de celui-ci plus difficile.

D'un point de vue histologique, le LCA est composé :

- Majoritairement d'eau (60 à 80% du poids net) [13], elle permettrait de contribuer à la fonction cellulaire et à la viscoélasticité [14] ;
- et de collagènes (70 à 80% du poids sec) [13].

Le collagène de type I est le plus présent (environ 80%)[15], il prodigue au ligament sa résistance. Viennent ensuite les fibres de type III, qui confèrent quant à elle l'élasticité.

On note aussi la présence d'élastine qui permet d'emmagasiner l'énergie et des fibroblastes, cellules permettant la synthèse du collagène, ainsi que des protéoglycanes (notamment les GAGs), permettant le renouvellement de la matrice extra cellulaire. [13]

Il contient aussi des mécanorécepteurs, principalement responsables de la proprioception [16]. On distingue 3 types de structures nerveuses [17,18] :

- les corpuscules de Pacini (les plus nombreux)
- les corpuscules et terminaisons de Ruffini
- les organes tendineux de Golgi

Ainsi que des terminaisons nerveuses libres (afférentes et efférentes). Les insertions tibiales et fémorales ont la plus grande densité de mécanorécepteurs par rapport à la portion moyenne du LCA.

De ce fait, une lésion du LCA entraîne donc non seulement une instabilité mécanique mais aussi une perturbation du contrôle neuromusculaire du genou lésé à cause de la détérioration des mécanorécepteurs [4,18]. Les programmes centraux et donc la réponse motrice se trouvent affectés. Les mécanorécepteurs étant une source d'information afférente (au SNC) quant à la position du corps dans l'espace, une rupture du LCA entraînerait alors une modification des voies afférentes ascendantes pouvant entraîner une réorganisation du SNC [19].

### 1.3.2 Mécanismes lésionnels

Les entorses du genou font parties des lésions les plus fréquentes dans le monde du sport. Il en existe de plusieurs types, on peut les classer en différents stades [20]:

- « Stade 1 : entorse bénigne correspondant à une simple élongation, à une distension, voire à des microdéchirures des éléments périphériques dont l'évolution est en principe favorable ;
- Stade 2 : entorse de moyenne gravité liée à une rupture totale ou partielle de formations périphériques imposant un traitement orthopédique par immobilisation totale ou relative ;
- Stade 3 : entorse grave définie par une rupture d'un ou de deux éléments du pivot central, isolée ou associée à une lésion des éléments périphériques et dont l'indication opératoire est, dans la majorité des cas, formelle chez un jeune sportif. »

Une rupture se produit lorsque de trop fortes tensions sont appliquées sur le LCA [21]. Les études de *Markolf et al.* [22] et *Fleming et al.* [23], entre autres, ont montrées que la force de cisaillement antérieure contribue fortement à la tension exercée sur le LCA. Celle-ci est d'autant plus augmentée lorsque des forces en valgus/varus et en rotation interne de genou interviennent. Cette charge est aussi majorée par un petit angle de flexion ou une forte contraction du quadriceps [21]. En effet, le quadriceps, à travers le tendon rotulien, à un rôle évocateur dans le déplacement antérieur du tibia. Le quadriceps ne solliciterait plus le LCA à partir de 60° de flexion [21].

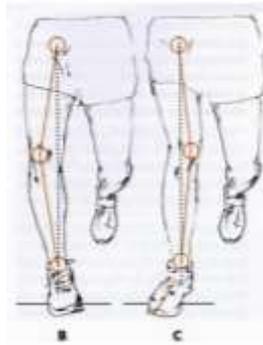
Les mécanismes de lésions du LCA sont multiples, ils dépendent bien souvent du type de sport pratiqué, de la violence du traumatisme, de la morphologie du sujet. Ils peuvent arriver avec ou sans contact. Les ruptures sans contact sont plus fréquentes (dans 70 à 80% des cas [24]), il s'agit d'une lésion sans intervention extérieure d'une personne ou d'un objet (dû à un choc par exemple). Les blessures sans contact surviennent généralement lors de la phase d'atterrissage d'un saut, d'une soudaine décélération ou d'un changement brusque de direction [25].

On observe plusieurs grand mécanisme lésionnel [26] :

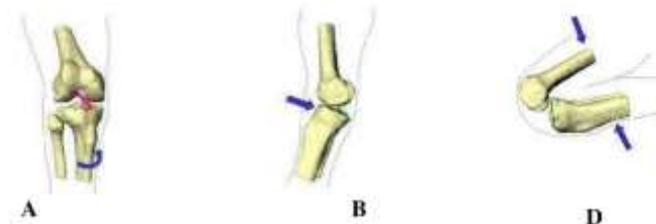
- Le mouvement en **rotation interne forcée pure (pied fixé au sol)** : dans ce cas, le LCA s'enroule brutalement autour du LCP. On observe une torsion du tronc et de la cuisse avec le pied bloqué au sol, le poids du corps se retrouve déporté sur le compartiment externe de genou. Le tibia se retrouve en rotation interne alors que le fémur tourne dans le sens inverse. Le LCA se retrouve coincé contre la face latérale du condyle médial, ses insertions se retrouvent éloignées. Cette situation arrive souvent lors d'une mauvaise réception pendant un saut ou un changement brutal de direction.
- Le mouvement en **hyperextension brutale** (par exemple lors d'un shoot dans le vide au football) : la rencontre brutale avec l'échancre inter condylienne viendrait « scier » le LCA.

Ces deux mécanismes entraînent généralement une rupture isolée du LCA.

- Le mouvement en **valgus-flexion-rotation externe (VFE)** : ce mécanisme associe généralement une atteinte successive du point d'angle postéro-interne (PAPI), du ligament collatéral médial, du ménisque interne puis du LCA.
- Le mouvement en **varus-flexion-rotation interne** : il provoque successivement une atteinte du LCA, du plan capsulo-ligamentaire externe (point d'angle postéro externe et ligament collatéral latéral) et du ménisque externe.
- Lors du passage d'une position hyper-fléchie (chute en position accroupie) en contraction isolée du quadriceps, on peut observer également une lésion du croisé antérieur. Ce mécanisme reste cependant assez rare.



*B : varus-flexion-rotation interne  
C : valgus-flexion-rotation externe*



A : rotation interne ; B : hyperextension ; D : hyperflexion

*Figure 2 : Mécanismes de rupture du LCA [13,27]*

### 1.3.3 Examen clinique

Afin de mettre en évidence une atteinte du ligament croisé antérieur, plusieurs tests cliniques peuvent être effectués.

Le test du **tiroir antérieur** s'effectue patient allongé sur le dos, genou fléchi à 90°, le thérapeute bloque le pied du patient. L'examineur place alors ses mains en dessous du creux poplité, pouce sur le tubérosité tibiale. Il exerce ensuite un mouvement de traction vers l'avant. Un glissement antérieur du tibia sous le fémur anormal par rapport au côté sain signe une rupture du LCA.

Ce test à une faible valeur diagnostique (*voir Tableau 1*), cela serait dû à la position du genou, fléchi à 90°. Des éléments tels qu'un épanchement synovial,



*Figure 3 : Test du tiroir antérieur [20]*

une contraction des ischio-jambiers ou encore une compression du ménisque interne peuvent limiter le tiroir antérieur<sup>2</sup>.

Le **test de Lachman** est un test précis pour détecter la rupture du LCA. Le test est effectué en décubitus dorsal, l'examineur plie le genou à environ 20°, le talon est posé sur la table. L'examineur stabilise le fémur avec sa main crâniale, puis empaume le tibia avec sa main caudale, qu'il place sur la tubérosité tibiale antérieure afin d'effectuer une traction antérieure. En réponse normale, il doit y avoir une contrainte constante au mouvement antérieur. Un arrêt « mou » ressenti par le thérapeute en fin de mouvement est associé à un test de Lachman positif. L'arrêt est « dur » en cas d'intégrité du LCA. Le degré de laxité est aussi défini par la quantité de mouvement tibial antérieur. [28]



Figure 4 : Test de Lachman [20]

Le **test du ressaut rotatoire**, ou « **Pivot shift** » permet aussi de décrire une atteinte du LCA. Le patient est allongé en décubitus dorsal, genoux tendus. L'examineur attrape le membre à tester par la cuisse et la cheville et imprime un mouvement de rotation médiale du tibia avec sa main caudale. Sa main crâniale imprime elle un mouvement de valgus de genou. Une sensation de ressaut dans le compartiment latéral du genou est à rechercher. La technique sera répétée plusieurs fois en allant de la flexion vers l'extension. Une classification du ressaut pour être faite (absent, amorce, ressaut réel ou aggravé).



Figure 5 : Test du ressaut rotatoire [20]

Les valeurs diagnostiques de ces tests sont reprises dans le tableau ci-dessous :

	Sensibilité	Spécificité
Test du tiroir antérieur	38%	81%
Test de Lachman	81%	81%
Test du ressaut rotatoire	28%	81%

Tableau 1 : Valeurs diagnostiques des tests selon l'étude de Van Eck et al. [29]

### 1.3.4 Le traitement chirurgical

A la suite d'une rupture du LCA, il existe un traitement conservateur ou chirurgical. La reconstruction ligamentaire s'adresse plutôt à des patients jeunes ou actifs, ou à ceux nécessitant une bonne stabilité dans leur activités de la vie quotidienne ou leur pratique sportive. Le traitement chirurgical est aussi indiqué lorsqu'il y a des lésions associées ou encore une instabilité persistante.

La ligamentoplastie permet de remplacer le LCA rompu par un autre tendon, prélevé soit directement sur le patient, soit provenant d'une banque d'organe. Le greffon est ensuite implanté à la place du LCA rompu à l'aide de l'arthroscopie [30]. La technique opératoire est au libre choix du chirurgien.

<sup>2</sup> Site consulté le 01/12/21 Piriforme – Tests cliniques – Genou – Tiroir antérieur

Le greffon peut avoir plusieurs origines :

- Le tendon rotulien, technique de Kenneth Jones (KJ)
- Les tendons de la « patte d'oie » (DIDT ou DT4) : le droit interne (gracile) et le demi-tendineux ou simplement le demi-tendineux replié en 4.
- Le tendon quadricipital, plus fréquemment dans le cadre d'une réintervention suite à un échec ou une re-rupture
- Le fascia lata, avec la technique de Mac Intosh ou la plastie extra-articulaire de Lemaire
- Une allogreffe (non autorisé en France selon le site de la chirurgie du sport de Paris<sup>3</sup>)

Les greffons le plus souvent utilisés sont le tendon rotulien et le tendon des ischio-jambiers à 4 brins (gracile et semi-tendineux) [31]. Toutefois, les chirurgies peuvent parfois associer plusieurs techniques (DIDT + renfort avec le fascia lata par exemple).

Les avantages, inconvénients et propriétés de chaque greffons sont repris dans le tableau ci-dessous :

	Avantages	Inconvénients	Propriétés	Candidats
<b>Tendon rotulien</b>	- Excellente résistance - Intégration os-os	- Douleurs antérieures - Cicatrice	- Résistance 2900N - Rigidité 685N/mm	- Sportifs (IKDC I-II) : football, basket-ball, volley-ball - Travail manuel lourd
<b>Tendon quadricipital</b>	- Excellente résistance - Intégration hybride os-os et os-tendon	- Douleurs antérieures	- Résistance 2900N - Rigidité 685N/mm	- Sportifs (IKDC I-II) : ski alpin - Reconstructions ligamentaires multiples - Travail à genoux
<b>Tendons ischio-jambiers</b>	- Morbidité faible au site du prélèvement	- Intégration os-tendon	- Résistance 4090N - Rigidité 776N/mm	- Sportifs amateurs - Jeunes femmes - Travail à genoux
<b>Allogreffes</b>	- Pas de prélèvement sur le patient	- Risque de transmission de maladie	- Dépendant de la qualité du greffon	- Patients âgés - Indications particulières - Reconstructions ligamentaires multiples

*Tableau 2 : Caractéristiques des différents greffon [30]*

S'il est laissé en place lors de l'opération, le LCA rompu pourrait aider à la réinnervation grâce à ses mécanorécepteurs. De plus, les neurones sensoriels impliqués dans la kinesthésie pourraient aussi être préservés. [16]

Seulement, la chirurgie ne réussit pas à tous les coups. On note parfois un échec de la reconstruction du LCA au cause par exemple d'un conflit entre le greffon et le toit inter-condylien, la tension du greffon, la mise en place d'un tunnel fémoral et tibial non anatomique, une reconstruction incomplète [31].

De plus, la ligamentisation du greffon s'effectue mais ne lui permet pas de devenir à 100% l'équivalent

<sup>3</sup> Site consulté le 29/11/21 – Rubrique : Nos spécialités - Genou - LCA

du ligament initial. On prend un tendon pour en faire un ligament. L'histologie et la fonction primaire n'est pas la même. Le tendon joint os et muscle et permet la transmission des forces musculaires et un positionnement optimal du ventre musculaire par rapport à l'os. Le ligament effectue un lien os-os afin de stabiliser les articulations et de prévenir les mouvements extrêmes. [13] De plus, il existe un rôle proprioceptif majeur du ligament dans la stabilité du genou.

15 à 25% des patients ayant recouru à une reconstruction du LCA subiraient des douleurs et une instabilité [12]. Cette instabilité, en translation et en rotation, pourrait résider dans le fait que parfois la reconstruction est monobrin (c'est bien souvent le faisceau antéro-médial qui est conservé) alors que le faisceau postéro-latéral joue un rôle essentiel notamment en extension. Toutefois, cela reste à nuancer car les résultats cliniques ne sont pas significativement meilleurs quant aux scores fonctionnelles et du retour à l'activité [15].

Nous essaierons à travers ce mémoire, d'apporter des informations supplémentaires concernant la rééducation des patients ayant subi une ligamentoplastie du genou ciblant l'amélioration de la proprioception et du contrôle neuromusculaire qui semble être déficitaire en post-opératoire.

#### 1.4 La proprioception et le contrôle neuromusculaire

La proprioception est un système complexe, *Todd et al.* [32] l'a définie comme étant « l'information afférente, incluant le sens de la position articulaire, la kinesthésie et la sensation de résistance ».

La proprioception fonctionne grâce à des mécanorécepteurs, qui permettent de traduire une information telle que le toucher, les vibrations, la pression, les étirements ; en signal électrique. On retrouve [33,34] :

- Les fuseaux neuromusculaires (FNM)
- Les organes tendineux de Golgi
- Les corpuscules de Pacini et Ruffini

On trouve les **FNM**, placés de façon parallèle aux fibres musculaires, dans chaque muscle du corps. Ils sont innervés par les motoneurones gamma et sont sensibles à la vitesse d'allongement du muscle ainsi qu'à son niveau d'étirement. Certains FNM sont phasiques, tandis que d'autres sont toniques.

Les **organes tendineux de Golgi**, sont situés dans les tendons (moins de 10%), les jonctions myotendineuses, les zones transitoires d'insertion aponévrotique, les capsules et les ligaments articulaires. Ils mesurent l'effort exercé par les muscles sur les articulations.

Les **corpuscules de Pacini** sont quant à eux retrouvés dans les jonctions myotendineuses, les ligaments spinaux, les couches capsulaires profondes, les tissus musculaires de recouvrement. Les **corpuscules de Ruffini** se situent dans les couches capsulaires extérieures, les ligaments des articulations périphériques, les tissus associés à un étirement régulier et la peau. Ces récepteurs permettent de capter les variations **rapides** de pression et de vibration dans les mouvements maximaux. Ce sont aussi

des capteurs de modifications, cette fois plus **lentes**, de pressions et de rotations, lorsque la position et les amplitudes articulaires sont fixes.

Ces récepteurs, à la fois cutanés, articulaires et musculaires, permettent d'informer le SNC sur la position de notre corps, les mouvements des membres entre eux, l'étirement de ses structures. La proprioception peut être considérée comme notre 6<sup>ème</sup> sens.

Le système proprioceptif est primordial pour un contrôle sensorimoteur efficace. Il permet aussi bien la **posture** (par la restauration ou le maintien de la stabilité globale du corps) que la **locomotion** (en assurant la stabilité des segments et des articulations lors des mouvements).

La proprioception peut être altérée par la douleur, un épanchement articulaire, un traumatisme, la fatigue musculaire, entre autres. [35]

Le contrôle moteur, finalité de la proprioception, peut se définir, au sens large du terme, par l'ensemble des processus (nerveux et musculaires) permettant de réaliser une activité motrice.

Le contrôle neuromusculaire permet d'effectuer un mouvement contrôlé grâce à une activité musculaire adéquate. Le système nerveux et le système musculosquelettique sont en lien étroit. Un mouvement peut s'effectuer de différentes manières et c'est la communication entre le cerveau et les éléments du système nerveux qui permet d'obtenir le mouvement optimal. La finalité du contrôle neuromusculaire est la **stabilité**. Le contrôle postural permet lui le bon positionnement du corps dans l'espace. Cela permet aussi de maintenir une certaine stabilité.

Les éléments permettant d'évaluer la proprioception **consciente** (représentative de seulement 25% du système proprioceptif) sont [35]:

- La position (Joint Sens Position) : qui évalue la précision du repositionnement articulaire
- La kinesthésie avec le seuil de détection du mouvement passif (TTDPM) : évaluant la capacité à percevoir un mouvement articulaire
- Le sens/perception de la force : relative à la capacité de reproduire une force prédéterminée.

## 1.5 L'entraînement neuromusculaire et la pliométrie

Rappelons qu'une rupture du LCA, a un impact sur le système sensorimoteur du fait de la partielle désafférentation qu'engendre la lésion. Les voies de la proprioception se trouvent altérées, et donc cela engendre une certaine instabilité de l'articulation concernée (ici le genou).

L'entraînement neuromusculaire peut se définir comme un ensemble d'exercices incluant des activités à la fois globales et spécifiques [36]. Ces programmes cherchent à améliorer le contrôle sensorimoteur et postural. Ce type d'entraînement permet d'optimiser la capacité du corps à produire une activation musculaire efficace et rapide, les signaux afférents et les mécanismes centraux responsables du contrôle moteur sont stimulés. On retrouve un ensemble d'exercices tels que des exercices de renforcement, d'équilibre, de stabilité dynamique, de pliométrie, de tonification du tronc, de contrôle postural, un réentraînement aux schémas de mouvement etc.

Ces programmes neuromusculaires ont des effets sur les schémas d'activation musculaire mais aussi sur les performances. L'étude de *Huston et al.* [37] a par exemple révélée que l'entraînement neuromusculaire permet une meilleure activation musculaire du quadriceps (notamment des vastes médial et latéral), du biceps fémoral et du semi-tendineux. Ceux-ci permettant entre autres d'améliorer la stabilité fonctionnelle de l'articulation. De plus, le déplacement antérieur du tibia serait réduit, permettant de diminuer les tensions sur le LCA atteint.

La pliométrie est quant à elle une technique d'entraînement à haute intensité qui permet aux muscles d'atteindre une force maximale en un minimum de temps [38]. Elle utilise la capacité des muscles à emmagasiner l'énergie (pendant la phase excentrique) puis à la restituer immédiatement après, on observe une succession rapide de mouvements d'étirements et de raccourcissements. La pliométrie semble diminuer les inhibitions du reflexe myotatique, elle augmente aussi la sensibilité des fuseaux neuro-musculaires. Rappelons que les FNM sont des propriocepteurs important, permettant un bon contrôle neuromusculaire, leur stimulation est donc non-négligeable en cas de déficit proprioceptif.

## 1.6 Intérêt de la revue

Nous avons pu voir que la ligamentoplastie du ligament croisé antérieur induit : une diminution des capacités fonctionnelles, de la force du sujet mais aussi une diminution de la proprioception. Les programmes d'entraînements neuromusculaires sont souvent utilisés pour prévenir les blessures. Mais quand est-il lorsque la blessure est survenue ?

## 1.7 Problématique

Nous pouvons ainsi nous demander si l'entraînement neuromusculaire à base d'exercices pliométriques permet d'améliorer la fonctionnalité chez les patients ayant subi une ligamentoplastie du ligament croisé antérieur.

Modélisé sous la forme de PICO nous obtenons ce résultat :

<b>Population</b>	Patient ayant subi une ligamentoplastie du LCA
<b>Intervention</b>	Rééducation à base d'exercices neuromusculaires et pliométriques
<b>Comparateur</b>	Rééducation n'incluant pas d'exercice neuromusculaire
<b>Outcome</b>	Amélioration de la fonction du genou

## 2 Méthode

Nous allons développer ici tous les éléments nécessaires à la bonne réalisation de cette revue de littérature. Ceci passant de la sélection des études à la méthode de synthèse des résultats. Nous suivrons la ligne directrice donnée par le *Reporting Guidelines for writing and reading systematic reviews and meta-analyses* (PRISMA) destiné à « l'écriture et à la lecture des revues systématiques et des méta-analyses » [39].

### 2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

#### 2.1.1 Schéma d'étude

La question de recherche de cette étude est de type thérapeutique. On cherche à prouver ou non l'efficacité d'un traitement. On peut aussi chercher à déterminer le traitement le plus efficace parmi plusieurs stratégies.

Dans cette revue de littérature, nous allons chercher à démontrer l'efficacité de l'entraînement neuromusculaire, à travers des exercices pliométriques, dans la rééducation post ligamentoplastie du LCA.

L'essai clinique randomisé (ECR) est une étude expérimentale, dite interventionnelle. Les participants seront répartis de manière aléatoire dans un ou plusieurs groupes expérimentaux A (recevant le traitement de l'intervention) ou dans un groupe contrôle B (recevant le traitement comparateur ou le placebo). Selon la HAS, « la randomisation permet d'obtenir que tous les facteurs pronostiques pouvant influencer sur l'effet de l'intervention, qu'il s'agisse de facteurs pronostiques connus mais également inconnus, soient équitablement répartis entre les deux groupes de l'essai ». [40] Lorsque tous les patients ne reçoivent qu'une seule intervention (A ou B), l'essai est dit en parallèle. Ce type d'étude peut aussi être réalisées en cross-over, les participants recevront alors les deux interventions successivement (A puis B ou inversement).

Les ECR peuvent être en triple, double ou simple aveugle. Ils peuvent aussi être ouverts (sans aveugle). Un nombre élevé d'aveugle permet de réduire le nombre de biais.

Seront donc inclus uniquement des ECR afin d'obtenir le plus haut niveau de preuve possible.

#### 2.1.2 Population/pathologie

Les patients participants aux études seront indifféremment des hommes et des femmes, âgés de plus de 16 ans. Ils devront avoir subi une chirurgie réparatrice à la suite d'une rupture du ligament croisé antérieur. Nous ne sélectionnerons pas une technique de ligamentoplastie en particulier. Seront exclus les patients ayant bénéficiés d'un traitement conservateur. Les participants ne devront pas présenter de lésions associées.

### 2.1.3 Intervention

Les interventions seront des programmes d'entraînement neuromusculaire et devront obligatoirement inclure des exercices pliométriques. La finalité des programmes proposés devra être l'amélioration du contrôle neuromusculaire du genou.

### 2.1.4 Comparateur

Le comparateur pourra être différent d'une étude à l'autre. Il pourra être un entraînement en force uniquement, un entraînement traditionnel, voir pas de comparateur. Il ne devra pas inclure d'entraînement neuromusculaire.

### 2.1.5 Critères de jugement

Notre critère de jugement principale sera basé sur l'évaluation des **capacités fonctionnelles** que nous appellerons « **fonction rapportée par le patient** ».

Les capacités fonctionnelles pourront être évaluées grâce aux questionnaires suivants (*disponible en Annexe 3 Annexe 4 Annexe 5 Annexe 6*) :

Le *Cincinnati Knee Rating System* (CKRS) permet d'évaluer la capacité fonctionnelle du genou du patient grâce à un questionnaire d'auto-évaluation. Il prend en compte, entre autres, les activités de la vie quotidienne, la douleur, la stabilité du genou, la perception de l'état du patient [41]. Entre 91 et 100, les résultats sont considérés comme excellent. Bons lorsqu'ils sont entre 81 et 91, et moyens s'ils sont inférieurs.

La *Lysholm Knee Scale* (LKS) est une échelle constituée de 8 items pour un total de 100 points. Elle prend en compte la boiterie, l'utilisation d'une aide à la marche, la possibilité de s'accroupir, à monter ou descendre les escaliers, l'épanchement, le blocage et l'accrochage du genou, et encore la stabilité ou la douleur. En dessous de 65 point le score est considéré comme mauvais, entre 65 et 83 il est considéré comme moyen. Entre 84 et 100, il est bon voir très bon.

La *Tener activity-level Scale* est une échelle permettant d'attribuer une note aux activités physiques sportives et professionnelles allant de 0 (handicap professionnel du au genou) à 10 (sport de compétition au niveau national ou international).

L'*International Knee Documentation Committee Subjective Knee* (IKDC) est un auto-questionnaire permettant de mesurer les capacités fonctionnelles du genou. Il permet l'évaluation fonctionnelle subjective du patient, des symptômes, la mobilité articulaire, la laxité ligamentaire.

Les capacités fonctionnelles pourront aussi être évaluées grâce aux **tests de saut** (*hop test*), ce test permet d'évaluer l'état fonctionnel du genou ainsi que sa performance. Ce test consiste à sauter sur une jambe. Il se décline de plusieurs manières différentes : le saut unique, le triple saut, le saut croisé et le saut chronométré de 6m. C'est un test fiable et valide [42].

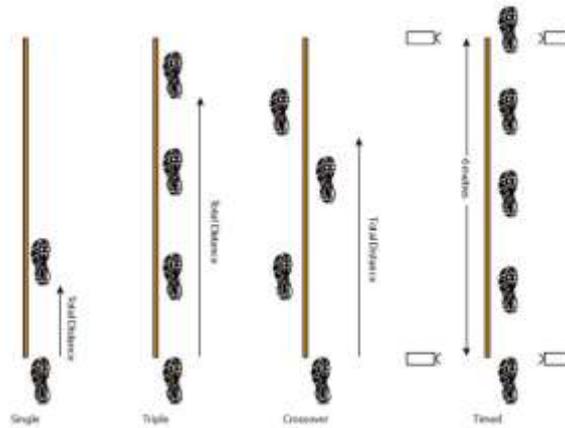


Figure 6 : Tests de saut (leg hop test)<sup>4</sup>

Ces tests nous permettent aussi de calculer l'index de symétrie des membres (Leg symmetry index LSI), grâce au score moyen du côté opéré/score moyen du côté sain x100. Chez un sujet sain, l'index de symétrie des membres varie entre 85 et 100%. Celui-ci permet d'évaluer entre autres le déficit musculaire du membre inférieur opéré [43]. A 7 mois, un index supérieur à 85% permet d'autoriser un retour sur le terrain. A 12 mois, il doit être de 93% pour autoriser le retour en compétition. [44]

Notre critère de jugement secondaire sera la **proprioception consciente** du genou.

La proprioception consciente pourra être évalué grâce au *Joint position sense* (JPS) qui permet de mesurer la capacité à détecter la position d'un membre dans l'espace. [45]

Le *Threshold for Detection Motion* (TDMP) permet de mesurer la capacité à ressentir le mouvement à partir d'une position immobile. [45]

## 2.2 Méthodologie de recherche des études

### 2.2.1 Sources documentaires investiguées

Différentes bases de données seront investiguées. En effet des banques de données telles que PubMed, PEDro, Cochrane Library et Kinédoc devront être sondées. Le lapse de temps impartis pour la recherche d'article sera d'août 2021 à janvier 2022. De nombreux articles seront lus préliminairement, ainsi que des mémoires ou des thèses afin d'acquérir des connaissances tant sur le sujet du LCA, de son histologie à sa ligamentoplastie, que sur le contrôle neuromusculaire et l'entraînement spécifique qui en découle.

### 2.2.2 Equation de recherche utilisée

Dans un premier temps, afin d'établir notre équation de recherche, il est nécessaire de trouver l'équivalence anglaise de nos mots clés ainsi que leur synonyme MESH (Medical Subject Heading).

<sup>4</sup> La Médecine du Sport.com – Traumatologie – Genou – Protocole de suivi post-ligamentoplastie : critères de suivi et de reprise terrain. Site consulté le 04/02/22.

Ligament croisé antérieur/LCA	Entrainement neuromusculaire/proprioception/pliométrie
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ACL</li> <li>- Anterior cruciate ligament</li> <li>- Knee</li> <li>- Knee injury</li> <li>- Cranial cruciate ligament</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neuromuscular control</li> <li>- Neuromuscular training</li> <li>- Neuromuscular program</li> <li>- Proprioception</li> <li>- Plyometric</li> </ul>

*Tableau 3 : Mots clés*

Nous adapterons ces mots clés selon la base de données investiguée. Nous utiliserons nos mots clés avec les opérateurs booléens (AND, OR) afin d’obtenir une équation de recherche.

Sur la base de données PubMed nous utiliserons l’équation de recherche suivante :

((ACL[Title/Abstract]) OR (anterior cruciate ligament[Title/Abstract])) AND (((neuromuscular training[Title/Abstract]) OR (neuromuscular program[Title/Abstract])) OR (plyometric[Title/Abstract]))

Sur la base de données PEDro l’équation de recherche suivante sera utilisée :

ACL and neuromuscular dans la rubrique Clinical trial

Quant à la base de données Cochrane, nous emploierons l’équation de recherche ci-dessous :

ACL and neuromuscular

## 2.3 Méthode d’extraction et d’analyse des données

### 2.3.1 Méthode de sélection des études

Les articles seront sélectionnés après avoir sondés les bases de données cités précédemment. Seuls les articles en français ou en anglais seront inclus dans la revue. La première étape sera la suppression des doublons.

Ils seront ensuite sélectionnés sur la base du **titre** et de leur **type d’étude** : les articles n’étant pas des essais cliniques contrôlé ne seront pas retenus (c’est-à-dire s’ils sont des revues de littérature, des études de cohorte, des études transversale ou des études cas-témoins, etc.). La lecture du titre permettra aussi de trier un grand nombre d’articles et ainsi d’éliminer ceux qui ne correspondent pas au sujet de cette revue de littérature. Pour rappel, nous ciblons des patient ayant subi une ligamentoplastie du LCA suivant une rééducation à base d’exercices neuromusculaires et pliométriques. De plus, si nous n’avons pas accès à l’intégralité de l’article, celui-ci ne sera pas inclus.

La prochaine étape est la lecture du **résumé**, les articles ne correspondant pas à nos recherches seront exclus. Enfin, nous précéderons à la lecture du **texte dans son intégralité**. Cette étape là nous permettra aussi de réaliser l’évaluation qualitative de l’article.

### 2.3.2 Evaluation de la qualité méthodologiques des études sélectionnées

Afin d'évaluer la qualité méthodologique des études incluses dans la revue de littérature, nous utiliserons l'échelle d'évaluation PEDro, destiné aux essais thérapeutiques (*voir* Annexe 1 : Echelle PEDro (traduction française) *Annexe 1*).

L'échelle est constituée de 11 items permettant d'évaluer la validé interne (et externe) des essais cliniques, grâce à une mode de réponse binaire (oui ou non) et de vérifier s'ils contiennent assez d'informations statistiques afin d'interpréter correctement leurs résultats. [46]

La **validité interne** correspond à la qualité méthodologique employée pour réaliser l'étude. Elle cherche à savoir si le résultat de l'étude est fiable, reflète bien la réalité et qu'il n'est pas dû au hasard ou à un quelconque biais. On cherche à savoir si l'intervention à un effet conséquent sur les participants et dans quelle mesure.

La **validité externe** permet de juger de l'applicabilité des résultats, de leur degré de généralisation. Elle étudie la capacité des résultats à s'intégrer dans un cadre logique et la fiabilité avec laquelle l'échantillon d'individus recruté pour l'étude représente la population cible.

Le score total est de 10 points, le premier item concernant la validité externe des études, il n'est pas inclus dans le score final. Au plus l'étude obtient un score PEDro élevé, au plus sa qualité méthodologique est élevée (un score supérieur à 6 suggère un haut niveau de preuve). A l'inverse, si l'étude obtient un score inférieur à 4, cela correspond à un faible niveau de preuve. Entre 4 et 6, la qualité des preuves est moyenne. Nous ne sélectionnerons que les études avec un niveau de preuve modéré ou élevé (cette catégorie-là étant à privilégier).

Les principaux biais pouvant affecter la qualité d'un essai clinique sont :

- Le biais de **sélection**, évalué grâce aux items 2,3 et 4
- Le biais d'**évaluation**, évalué grâce aux items 5, 6 et 7
- Le biais de **suivi**, évalué grâce à l'item 8
- Le biais d'**attrition**, évalué grâce à l'item 9

### 2.3.3 Extraction des données

Afin d'extraire les données de façon clair, nous réaliserons des tableaux avec les informations suivante :

- Le design de l'étude
- Sa qualité méthodologique grâce au score PEDro
- Les objectifs de l'étude
- Le nombre de participants inclus
- Leur moyenne d'âge
- Les critères d'inclusion
- Les critères d'exclusion
- Une description de l'intervention dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin

- Les critères de jugements de l'essai (principale et secondaires)
- Les résultats de l'étude
- L'analyse des risques de biais

Ainsi, nous pourrions avoir une vision d'ensemble des différents articles inclus et confronter leurs résultats de manière plus aisée.

#### 2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

L'analyse des résultats sera traitée de manière qualitative. Elle permettra de comparer les données obtenues, notamment entre le groupe témoin et le groupe expérimental. On cherche à évaluer l'efficacité du traitement. Cette efficacité sera représentée par la différence **inter-groupe** du ou des critères de jugement utilisés.

La **p-value** est la signification statistique de l'intervention. En effet, lors de la comparaison de deux moyennes ou proportions, une certaine différence est observée. Celle-ci est partiellement due au hasard mais l'utilisation de tests statistiques permet d'estimer la probabilité que cette différence ne soit pas uniquement due au hasard. Le seuil de tolérance est fixé à 5% de cette probabilité. Ainsi, si **p < 0,005** nous pouvons estimer que le changement remarqué après l'intervention à de grande chance d'être due au traitement.

Toutefois, si les tests statistiques estiment la probabilité que la différence observée ne soit pas due au hasard, ils ne nous informent pas sur l'importance de cette différence. Pour cela, nous pourrions nous référer à l'**intervalle de confiance à 95%** calculé au moyen de tableurs Excel. Les valeurs moyennes des résultats post-intervention des groupes contrôle et intervention seront utilisées. Si l'intervalle de confiance croise le 0, alors la différence observée n'est pas significative, statistiquement parlant. Grâce aux bornes de l'intervalle nous pourrions observer l'oscillation des valeurs de l'effet de l'intervention.

Nous pourrions utiliser les tableaux créés lors de l'extraction des données.

#### 2.3.5 Financement et conflits d'intérêts

Aucun financement n'a été perçu pour la réalisation de cette revue de littérature. Nuls conflits d'intérêts n'ont été déclarés.

## 3 Résultats

### 3.1 Description des études

#### 3.1.1 Processus de sélection des articles

Afin de réaliser cette revue de littérature, nous avons investigué plusieurs bases de données. PubMed, PEDro et Cochrane ont ainsi été sondées. Grâce aux équations de recherche précédemment décrites, **435** articles ont été identifiés (**229** sur PubMed, **30** sur PEDro et **176** sur Cochrane). Après la suppression des doublons, nous avons **363** articles.

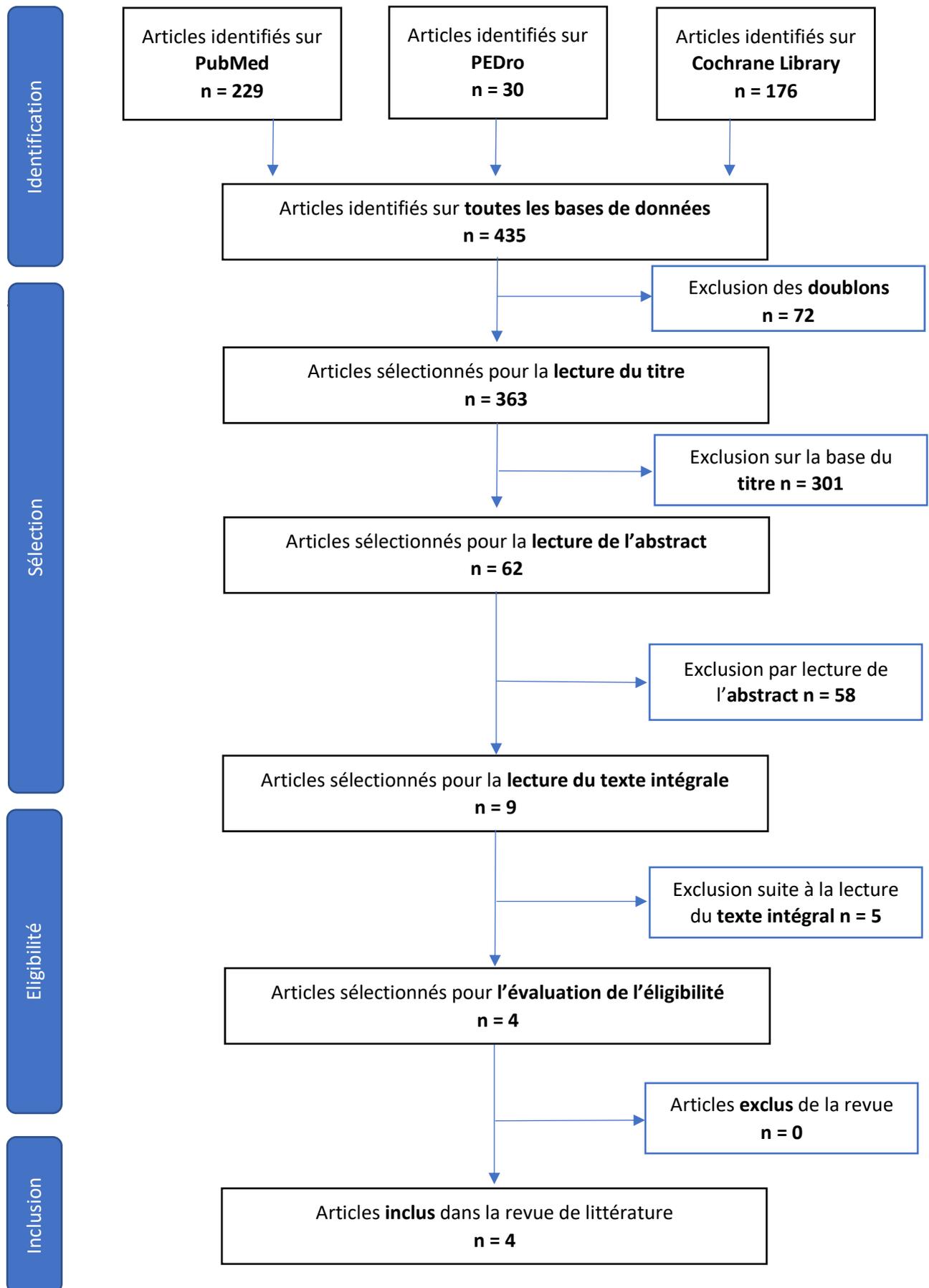
Une sélection basée sur la lecture du titre nous a permis d'exclure **301** articles ne correspondant pas à l'objet de la revue. L'exclusion par le titre, permet de cibler rapidement les études hors sujet ou ne correspondant pas au schéma d'étude recherché. Après cette étape, il nous restait donc **62** articles.

L'étape suivante est la lecture de l'abstract, nous pouvons ainsi accéder à un plus grand nombre d'informations telles que les critères d'inclusion des patients, la nature de l'intervention ou encore le design de l'étude. Nous avons alors plus que **9** articles éligibles pour la lecture du texte intégrale.

La lecture du texte intégrale est l'étape clé dans la sélection des études. Cela nous permet de vérifier que tous nos critères sont respectés (population, intervention, comparateur, critères de jugement, design de l'étude, etc.). **5** articles ont été exclus.

Après le processus de criblage détaillé ci-dessus, **4** études ont donc été incluses dans notre revue de littérature. Nous pouvons retrouver une synthèse de l'analyse effectuée grâce au diagramme de flux ci-dessous.

Figure 7 : Diagramme de flux



### 3.1.2 Etudes exclues

Certaines études ont été exclues car finalement, à la lecture du texte intégrale, leur design ne correspondait pas à nos recherches, que l'intervention n'était pas celle attendue ou encore car les critères de jugement étudiés n'étaient pas les bons.

Tableau 4 : Articles exclus et motif de leur exclusion

Etude	Motif d'exclusion
<b>Bregenhof et al. 18</b> [47]	Design de l'étude : Protocole d'étude pour un essai clinique randomisé. L'étude n'a pas encore été réalisée.
<b>Elias et al. 18</b> [48]	Comparateur : Compare deux types d'entraînement neuromusculaire, à faible ou à forte dose. Pas de groupe témoin.
<b>Liu-Ambrose et al. 03</b> [49]	Type d'intervention : l'entraînement neuromusculaire n'inclus pas d'exercices de pliométrie
<b>Meierbachtol et al. 22</b> [50]	Design de l'étude : Etude de cohorte prospective
<b>Shim et al. 15</b> [37]	Critère de jugement : seulement évaluation du déplacement antérieur du tibia dans les résultats

### 3.1.3 Etudes incluses

Afin de trouver les articles à inclure dans notre revue de littérature, nous avons utilisés les critères d'inclusion PICO mentionnés précédemment. En effet nous avons choisi d'inclure indifféremment des femmes ou des hommes, âgés de plus de 16 ans, ayant subi une ligamentoplastie du LCA.

Peu d'articles étaient éligibles, en effet dans la littérature, l'entraînement neuromusculaire à base d'exercices pliométriques est en majorité exploité dans la prévention des risques de rupture du LCA et encore trop peu utilisé dans la rééducation post-opératoire après la rupture. Une quantité importante d'article ont été exclus car les participants aux études étaient en bonne santé.

Nous avons finalement inclus 4 articles dans la revue, toutes les études sont des essais cliniques randomisés.

Tableau 5 : Récapitulatif des études incluses dans la revue

Etude	Titre de l'article
<b>Kasmi et al. 21</b> [51]	The effects of eccentric and plyometric training programs and their combination on stability and the functional performance in the post-ACL-surgical rehabilitation period of elite female athletes.
<b>Kaya et al. 19</b> [52]	Effects on lower extremity neuromuscular control exercises on knee proprioception, muscle strength, and functional level in patients with ACL reconstruction.
<b>Ghaderi et al. 21</b> [53]	Effects of neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial.
<b>Risberg et al. 07</b> [54]	Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial.

Tableau 6 : Récapitulatif des caractéristiques des études incluses

Articles	Kasmi et al. 21	Kaya et al. 19	Ghaderi et al. 21	Risberg et al. 07
<b>Population</b>	Athlètes femmes	Hommes non sportif	Athlètes hommes	Hommes (47) et femmes (27)
<b>Type de ligamentoplastie</b>	Tendon rotulien	Allogreffe du tendon tibial antérieur	Tendon ischio-jambiers	Tendon rotulien
<b>Age moyen (moyenne ± écart-type)</b>	Expérimental (PLYO) : 20,3 ± 3,3 Contrôle (CON) : 20,3 ± 3,4	Expérimental : 29,35 ± 9,71 Contrôle : 31,60 ± 8,45	Expérimental : 26,9 ± 4,1 Contrôle : 27,2 ± 3,3	28,4 [16,7 ; 40,3]
<b>Temps entre l'opération du LCA et le début de l'étude</b>	14 semaines post opératoire (3,5 mois) (après avoir suivi le même programme de rééducation « standard » pour tous les groupes)	3 semaines post opératoire.	Entre 6 à 10 mois post opératoire.	2 semaines post opératoire.
<b>Taille de l'échantillon et répartition des groupes</b>	n = 40 CON = 10 ; ECC = 10 ; PLYO = 10 ; COMB = 10	n = 40 Expérimental (group I) = 20 Contrôle (group II) = 20	n = 24 Expérimental = 12 Contrôle = 12	n = 74 Expérimental (NT) = 39 (13F et 26H) Contrôle (ST) = 35 (14F et 21H)
<b>Description de l'intervention expérimentale</b>	Programme de rééducation « standard » + programme d'exercices pliométriques.	Programme de rééducation standard + exercice de contrôle neuromusculaire des membres inférieurs	Programme d'entraînement neuromusculaire progressif mettant l'accent sur la focalisation externe.	Programme d'entraînement neuromusculaire (exercices d'équilibre, de stabilité, pliométrique, d'agilité, spécifique au sport)
<b>Durée de l'intervention</b>	6 semaines. 2 fois par semaine. 60 minutes par séances.	2 ans. A domicile.	8 semaines. 3 fois par semaine (S1 à S6) puis 2 fois par semaine (S7-S8) Pas d'indication sur le temps des séances.	6 mois (24 semaines). 3 fois par semaine.
<b>Description de l'intervention contrôle</b>	Programme de rééducation « standard ».	Programme de rééducation « standard ».	Activité de routine axées sur l'entraînement des compétences spécifiques au sport (non décrit). Aucun entraînement neuromusculaire formel.	Programme traditionnel de rééducation en force (accent sur les quad, ischios, MF, gastrocnémiens)
<b>Critères de jugement (en gras ceux utilisés)</b>	Stabilité dynamique <b>Fonction du genou rapportée par le patient : échelle de Lysholm (LKS)</b> Indice de retour au sport (RSI) <b>Index de symétrie des membre évalué par les tests de saut (one leg with hand or without hand, triple jumps, triple jumpes cross, 6-meters for the time)</b>	Paramètres subjectifs (Pivot shift, tiroir antérieur, tests de provocation en valgus) <b>Force musculaire</b> <b>Proprioception consciente (JSP)</b> <b>Niveau fonctionnel (Hop test à 1 jambe)</b>	Essais biomécaniques <b>Proprioception consciente (JSP)</b> <b>Fonction du genou rapportée par le patient : IKDC et échelle de Tegner</b>	<b>Fonction du genou rapportée par le patient (Cincinnati Knee Score)</b> Douleur (EVA) Qualité de vie (SF-36) <b>Test de saut (one-leg hop test, triple jump test)</b> Force musculaire Proprioception (TTDPM) Equilibre statique et dynamique

Les programmes interventionnels sont plus décrits plus en détails en annexes (voir Annexe 2).

## 3.2 Risques de biais des études incluses

### 3.2.1 Grille d'analyse utilisée

Afin d'analyser les risques de biais des études incluses dans la revue de littérature, nous avons utilisé l'échelle PEDro.

Comme développé précédemment, elle permet d'évaluer la qualité méthodologique des essais cliniques randomisés, au moyen de :

- La **validité externe**, évaluée avec le critère 1, mais non inclus dans le score PEDro final.
- La **validité interne**, arbitrée par les critères 2 à 9.
- La présence de suffisamment d'informations statistiques afin obtenir des résultats interprétables grâce aux critères 10 et 11.

### 3.2.2 Synthèses des biais retrouvés dans les études incluses

Tableau 7 : Synthèses des biais retrouvés - Score PEDro pour les études incluses

Critères PEDro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score TOTAL
Kasmi et al. 21	✓	✓		✓				✓	✓	✓	✓	6/10
Kaya et al. 19	✓	✓		✓			✓			✓	✓	5/10
Ghaderi et al. 21	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	8/10
Risberg et al. 07	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓	7/10

Le symbole « ✓ » signifie que l'article respecte le critère ; une case vide veut dire que le critère n'est pas respecté ou n'est pas explicitement mentionné, le point ne peut donc pas être attribué. Pour rappel, le critère 1 n'est pas inclus dans le score PEDro final.

On peut noter que la validité externe de tous les articles inclus dans la revue est bonne. Les critères d'éligibilités ont été précisés, ainsi que la source de recrutement des sujets.

#### ➤ Biais de sélection (critère 2, 3 et 4) :

Les participants des quatre études incluses ont été répartis de manière aléatoire dans les groupes contrôles ou expérimentaux, un processus de randomisation a été effectué (critère 2). L'assignation secrète de la répartition des patients n'a en revanche pas été respectée dans les études de *Kasmi et al. 21* et de *Kaya et al. 19* (critère 3). L'assignation secrète veut dire que la personne en charge d'inclure ou non les participants dans l'étude n'est pas au courant du groupe auquel ils appartiendront. Le critère 4 est rempli par tous les articles, en effet les groupes étaient *similaires au début de l'étude en regard des indicateurs pronostiques les plus importants*. Il a été spécifié que les groupes ne présentaient pas de différences significatives avant le début de l'étude.

Si les groupes témoins et interventions diffèrent dans leur caractéristiques, ils ne seront alors pas comparables et la différence de résultats observée pourrait être due à cette non-homogénéité et non pas à l'intervention. Ce biais est présent dans les articles de *Kasmi et al. 21* et de *Kaya et al. 19*.

➤ **Biais d'évaluation** (critère 5, 6 et 7) :

Aucun des articles inclus dans la revue n'ont respectés les critères 5 et 6. Ni les sujets, ni les thérapeutes administrant le traitement, étaient en aveugle. Être en aveugle stipule que les personnes concernées (ici sujets et thérapeutes) ne savent pas si elles appartiennent au groupe contrôle ou au groupe expérimental, cela implique qu'ils ne peuvent pas faire la distinction entre les différentes interventions. Dans le cadre de nos essais, cela n'est pas possible, surtout dans les groupes de patients sportifs qui savent ce qu'impliquent les exercices neuromusculaires et en particulier pliométrie. Il en est de même pour les thérapeutes. En revanche, les examinateurs étaient en aveugle dans trois des articles ; sauf dans celui de *Kasmi et al. 21*, rien n'a été précisé à ce sujet. Le fait d'être en aveugle permet d'éviter les croyances, attentes ou a priori sur les traitements testés. Tous les articles de la revue présente donc ce biais d'évaluation (qui est non négligeable).

➤ **Biais de suivi** (critère 8)

L'article de *Kaya et al. 19* ne respecte pas ce critère. En effet, les mesures des critères de jugement n'ont pas été obtenus pour plus de 85% des sujets inclus dans les groupes après randomisation. Initialement, 40 patients étaient inclus dans les groupes intervention et contrôle. Or les résultats n'ont été obtenus que pour 32 d'entre eux, soit 80% ( $(32 \times 100) / 40 = 80$ ) des patients inclus au début de l'expérience. Ce biais nous indique si les groupes ont été suivis de la même manière et nous permet donc une bonne comparaison ou non de ceux-ci. L'article de *Kaya et al. 19* présente donc ce biais.

➤ **Biais d'attrition** (critère 9)

Seulement les articles de *Kasmi et al. 19* et de *Ghaderi et al. 21* ont respectés ce critère puisqu'ils n'ont pas eu de perdus de vue. Les résultats des participants exclus ou perdus de vue en cours d'expérience ne sont pas inclus dans l'analyse des résultats et donc de l'effet de l'intervention. Afin d'éviter ce biais, les patients exclus devront être analysés en « intention de traiter ». Le biais est donc présent dans les articles de *Kaya et al. 19* et de *Risberg et al. 07* qui n'ont pas le même nombre de patients analysés en pré et post intervention.

➤ **Pertinence clinique** (critère 10 et 11)

Tous les articles de la revue ont des résultats interprétables car ils présentent assez d'informations statistiques. En effet, les articles décrivent une estimation de l'effet et de leur variabilité (critère 11) ainsi que le résultat des comparaisons statistiques intergroupes (critère 10).

Les scores finaux varient de 5/10 à 8/10. Le score PEDro moyen de nos études est de 6,5/10. Globalement la qualité des preuves est moyenne, toutefois ce score pourrait s'expliquer par la difficulté de mise en œuvre d'expérience avec des sujets et des thérapeutes en aveugle au vue de l'intervention. En revanche nous avons suffisamment d'informations statistiques et nous pouvons donc interpréter les résultats de manière fiable.

### 3.3 Effets de l'intervention sur le(s) critères de jugement(s) de votre revue

Dans le cadre de notre revue de littérature, le critère de jugement principal est la **fonction du genou** évaluée grâce à la **fonctionnalité rapportée par le patient** et aux **tests de saut** (*hop test*). Le critère de jugement secondaire est la **proprioception consciente** (statesthésie et kinesthésie).

Les échelles et/ou les tests permettant d'évaluer les critères de jugement précédemment cités ne sont parfois pas exactement les mêmes d'une étude à une autre. Toutefois, les résultats ont été analysés et comparés quand cela était possible.

Rappelons que la pertinence clinique d'un résultat dépend de la **taille de l'effet**. L'intervalle de confiance (IC) à 95% signifie qu'il y a 95% de chances que l'intervalle contienne la véritable valeur du paramètre estimé. L'IC nous permet donc d'avoir une vision d'ensemble précise sur l'effet du traitement. Plus l'intervalle de confiance est restreint, plus le résultat de l'échantillon sera proche de la réalité de la population totale<sup>5</sup>. De plus, afin d'obtenir des résultats significatifs statistiquement parlant, l'IC à 95% que nous aurons calculé ne devra pas croiser le 0. Si tel est le cas, la différence observée ne sera pas significative.

Quatre articles composent notre revue, chacun traite de plusieurs critères de jugement répartis de la manière suivante :

Critère de jugement	Kasmi et al. 21	Kaya et al. 19	Ghaderi et al. 21	Risberg et al. 07
<b>Fonction rapportée par le patient</b>	✓		✓	✓
<b>Tests de saut</b>	✓	✓		✓
<b>Proprioception consciente</b>		✓	✓	✓

Le symbole « ✓ » signifie que l'article traite du critère de jugement indiqué. Une case vide signifie que nous n'étudierons pas le critère de jugement dans l'étude.

### 3.3.1 La fonction rapportée par le patient

Les articles de *Kasmi et al. 21*, *Ghaderi et al. 21* et de *Risberg et al. 07* traitent de la « fonction rapportée par le patient ». Toutefois, ils n'utilisent pas le même outils d'évaluation. Tous les trois utilisent des questionnaires d'auto-évaluation (*disponible en Annexe 3Annexe 4Annexe 5Annexe 6*), on retrouve l'**échelle de Lysholm (LKS)**, l'**International Knee Documentation Committee (IKDC)** et le **Cincinnati Knee Rating System (CKS)**. Seule l'échelle de Lysholm est exprimée en unité arbitraire, mais le score total de l'échelle est sur 100. Les autres échelles sont exprimées en pourcentage, les données sont donc comparables.

<sup>5</sup> Méthodologie des essais thérapeutiques – La Lettre du Pharmacologue – Volume 14 – n°3 – mars 2000

Tableau 8 : Données statistiques des études (post-intervention) relatives au critère de jugement : fonction rapportée par le patient

Etudes	Outil d'évaluation	Groupe contrôle	Groupe expérimental	Différence intergroupe (IC à 95%)
Kasmi et al. 21	Lynsholm Knee Score (LKS) (UA)	86,30 ± 4,69	89,90 ± 3,84	-3,6 [-7,63 ; 0,43]
Ghaderi et al. 21	International Knee Documentation Committee (IKDC) (%)	68,8 ± 11,5	84,7 ± 1,8	-15,9 [-22,87 ; -8,93]
Risberg et al. 07	Cincinnati Knee Score (CKS) (%)	A 3 mois : 61,4 ± 11,7	A 3 mois : 64,3 ± 11,5	-2,9 [-11,47 ; 5,67]
		A 6 mois : 73,4 ± 9,6	A 6 mois : 80,5 ± 12,3	-7,1 [-12,55 ; -1,65]

Nous avons calculé les intervalles de confiance post-intervention entre les groupes contrôle et interventionnel. Selon le tableau ci-dessus les résultats ne sont pas significatifs pour l'étude de *Kasmi et al.* et de *Risberg et al.* à 3 mois post intervention. En effet, les bornes de l'intervalle de confiance croisent le 0.

Dans l'étude de *Ghaderi et al.* nous retrouvons une amélioration de 15,9 % dans le groupe expérimental. L'intervalle de confiance ne croise pas le 0 et les valeurs des bornes ont un écart acceptable. Selon *James et al. 06* [55], la **différence minimale cliniquement importante**<sup>6</sup> pour l'IKDC a été rapportée comme étant de 11,5 chez les athlètes après une reconstruction du LCA. La différence observée est donc significative. Si les résultats ne sont pas significatifs à 3 mois dans l'étude de *Risberg et al.* ; à 6 mois, ils le deviennent. On observe une variation de 7,1% en faveur du groupe expérimental en ce qui concerne l'amélioration de la fonctionnalité du genou. L'une des bornes de l'intervalle de confiance est toutefois peu éloignée du 0. Dans « le pire des cas » la variation observée ne serait que de 1,65%, ce qui est très peu.

### 3.3.2 Les tests de saut

Le 2<sup>ème</sup> critère permettant d'évaluer la fonction du genou sont les tests de saut. Les études de *Kasmi et al.* et de *Risberg et al.* évaluent ce paramètre en calculant le rapport suivant :

$$\text{Indice de symétrie des membres} = \frac{\text{score moyen jambe blessée}}{\text{score moyen jambe non blessée}} \times 100$$

Plusieurs types de saut ont été évalués selon les études. Dans l'étude de *Kasmi et al.* tous les tests de saut ont été effectués jusqu'à ce que deux sauts sur chaque jambe soit réussi. L'ordre de départ entre

<sup>6</sup> La différence minimale cliniquement importante (minimal clinically important difference) est la plus petite différence que les patients considèrent importante. Elle permet de distinguer un résultat statistiquement significatif d'un résultat cliniquement pertinent. [60]

la jambe opérée ou non opérée a été déterminé au hasard. Les patients ont pu réaliser deux « sauts tests » avant le début du test réel et avaient 1 minute de pause entre les essais.

Dans l'étude de *Risberg et al.* les tests de saut ont été réalisés 2 fois sur chaque jambe et la meilleure performance a été gardée.

Tableau 9 : Données statistiques des études (post-intervention) relatives au critère de jugement : tests de saut

Article	Type de saut	Groupe contrôle	Groupe intervention	Différence intergroupe (IC à 95%)
<b>Kasmi et al. 21</b>	One leg hop with hand (%)	69,50 ± 2,92	91,50 ± 0,85	-22 [-24,02 ; -19,98]
	One leg hop without hand (%)	68,20 ± 3,39	91,30 ± 1,34	-23 [-25,52 ; -20,68]
	Triple jumps (%)	68,30 ± 3,77	91,30 ± 0,95	-23 [-25,58 ; -20,42]
	Triple jumps cross (%)	64,80 ± 3,33	90,10 ± 1,2	-25,3 [-27,65 ; -22,95]
	6-meters for the time (%)	68,10 ± 3,45	91,00 ± 0,67	-22,9 [-25,23 ; -20,57]
<b>Risberg et al. 07</b>	One leg hop test (%)	81,0 ± 18,2	84,9 ± 10,9	-3,9 [-16,26 ; 8,46]
	Triple jump test (%)	83,1 ± 15,4	88,5 ± 10,4	-5,4 [-11,86 ; 1,06]
	Stairs hop test (%)	79,8 ± 16,4	79,8 ± 25,7	0 [-10,80 ; 10,80]

Tous les résultats des tests de sauts de l'étude de *Kasmi et al.* sont significatifs. Il y a une amélioration comprise entre 22 et 25,3% selon le type de saut effectué en faveur de l'entraînement pliométrique. De plus, l'intervalle de confiance à 95% est étroit, les bornes fluctuent au maximum de 5,16% pour le « Triple jump ». En revanche, la différence intergroupe observée dans l'article de *Risberg et al.* n'est pas significative. Pour tous les types de saut, l'intervalle de confiance croise le 0. Ils sont aussi trop larges pour affirmer une quelconque efficacité du traitement.

L'étude de *Kaya et al.* a procédé différemment dans la mesure de ses résultats. En effet, des données ont été extraites pour le membre lésé et pour le membre sain. Aucun ratio entre la jambe opérée et non opérée n'a été calculé. Les résultats seront donc présentés uniquement en prenant en compte les mesures effectuées sur le côté opéré. Le membre sain a d'abord été testé puis le membre lésé. Aucune autre modalité n'a été précisée quant au nombre d'essais effectués ou au temps de pause potentiel. Les mesures ont été exprimées en cm.

Tableau 10 : Données statistiques des études (post-intervention) relatives au critère de jugement : tests de saut

Article	Type de saut	Groupe contrôle	Groupe intervention	Différence intergroupe (IC à 95%)
<b>Kaya et al. 19</b>	Single hop test (cm)	146,53 ± 19,56	141,37 ± 34,35	5,19 [-15,40 ; 25,72]

Selon les résultats obtenus ci-dessus, on peut dire que la différence observée entre le groupe contrôle et le groupe intervention n'est cliniquement pas significative, l'intervalle de confiance croise le 0 et les bornes sont très éloignées les unes des autres.

Nous avons tout de même calculé nous-même l'indice de symétrie des membres (*leg symmetry index LSI*), mais nous n'avons plus d'intervalle de confiance.

Tableau 11 : Calcul de l'index de symétrie (IDS) des membres grâce aux tests de sauts

Groupe contrôle n = 15			Groupe intervention n= 17			Différence inter groupe de l'IDS
Coté opéré	Coté sain	(côté opéré/côté sain) x100	Coté opéré	Coté sain	(côté opéré/côté sain) x100	
146,53 ± 19,56	157,31 ± 19,53	93,15	141,37 ± 34,35	156,12 ± 24,04	90,55	2,6

On note une différence intergroupe est de 2,6% en faveur du groupe contrôle.

### 3.3.3 La proprioception consciente

Le critère secondaire que nous avons choisi d'étudier est la proprioception consciente à travers le sens de la position articulaire (JSP). Les articles de *Kaya et al.* et *Ghaderi et al.* traitent de cet élément. Ce test de « repositionnement passif » a été effectué à partir d'une position de genou à 90°, yeux fermés, grâce à un dynamomètre isocinétique. Dans l'expérience de *Ghaderi et al.*, le genou lésé était passivement étendu à 45° et maintenu 5 secondes dans la position avant de revenir à la position initiale (soit 90°). Puis le genou a de nouveau été déplacé passivement et les patients devaient stopper la machine lorsqu'ils pensaient être revenu à l'angle de 45°. Chaque athlète a effectué 2 essais et l'erreur moyenne a été calculée. Dans l'expérience de *Kaya et al.* le genou était placé dans une position de départ à 90° de flexion, puis déplacé à 75°, 45° et 15° de flexion avec un maintien de 10 secondes dans chaque position avant de revenir à la position initiale. Le patient devait ensuite déplacer sa jambe et s'arrêter lorsqu'il pensait avoir atteint l'angle cible. Le processus a été répété 6 fois pour chaque angle et la moyenne des 6 essais a été calculée.

Tableau 12 : Données statistiques des études (post-intervention) relatives au critère de jugement : Sens de la position articulaire (JSP)

Article	JSP		Groupe contrôle	Groupe intervention	Différence intergroupe (IC à 95%)
Kaya et al. 19	Valeurs moyennes obtenues (°)	15°	16,95 ± 3,13	15,44 ± 1,74	1,51 [-0,35 ; 3,37]
		45°	47,32 ± 6,05	45,63 ± 2,94	1,67 [-1,84 ; 5,18]
		75°	75,85 ± 3,77	74,55 ± 1,54	1,3 [-0,83 ; 3,45]
Ghaderi et al. 21	Erreur moyenne par rapport au 45° attendus (°)		6,5 ± 2,9	2,8 ± 1,1	3,7 [1,84 ; 5,56]

Nous pouvons observer qu'aucune valeur obtenue dans l'article de *Kaya et al.* n'est significative, les intervalles de confiance croisent tous le 0 et les bornes sont assez écartées. Dans l'article de *Ghaderi et al.*, nous relevons une diminution de l'erreur moyenne de 3,7° dans le groupe interventionnel. Les bornes de l'intervalle de confiance sont assez proches bien qu'une variation d'environ 3° ne soit pas réellement importante.

*Risberg et al.* ont évalués la proprioception consciente en mesurant le « seuil de détection du mouvement passif » (TTDPM). Nous aurions dû évaluer la kinesthésie grâce aux données fournies mais l'appareil évaluant la proprioception est tombé en panne et n'a pas pu être réparé avant la fin de l'expérimentation. Seulement 47 patients ont été évalués mais nous n'avons pas le détail de la répartition des patients dans les groupes donc nous n'avons pas pu calculer la taille d'effet et l'intervalle de confiance à 95%. Sans ces données, les résultats ne sont pas interprétables statistiquement parlant.

## 4 Discussion

### 4.1 Analyse des principaux résultats

L'objectif de cette revue de littérature était d'évaluer l'intérêt de l'entraînement neuromusculaire, à base d'exercices pliométriques dans l'amélioration de la fonctionnalité après une ligamentoplastie du LCA. Pour ce faire, nous avons observé les effets de ce traitement sur la **fonction rapportée par le patient**, les **tests de sauts** et la **proprioception consciente**.

L'ensemble des résultats ont été exposés précédemment, mais il est nécessaire de s'intéresser à la validité externe et interne des études ainsi qu'à leur pertinence clinique, sans lesquelles, les résultats ne sont pas interprétables. Pour ce faire, nous devons prendre en compte la qualité méthodologique appliquée et les différents biais présents dans les études.

Concernant les critères de jugement évalués, les outils et échelles employés n'étaient pas exactement les mêmes, rendant les résultats moins facilement comparable.

#### 4.1.1 Analyse de la population des études incluses

##### ➤ Kasmi et al. 21

La population de l'étude comprenait uniquement des **femmes, athlètes de haut niveau**. Celles-ci étaient âgées de 16 à 24 ans et étaient en très bonne condition physique avant la blessure puisqu'elles s'entraînaient entre 6 à 8 fois par semaine. La population étudiée ici est donc très **homogène**. Sur 40 athlètes, 38 présentaient une opération du membre gauche, contre 2 pour le membre droit. Nous n'avons pas les détails de leur latéralité donc nous ne sommes pas en mesure de dire si la blessure avait eu lieu de leur côté dominant ou non. Toutes les patientes ont été opérées par les deux même chirurgiens, et par la même technique de ligamentoplastie (tendon patellaire). Elles ont suivi le même protocole de rééducation post-opératoire avant de commencer l'expérience.

Nous pouvons voir que la **taille de l'échantillon** est **petite** (40 patientes incluses ; mais nous n'avons analysés les données que du groupe contrôle et du groupe pliométrie, pour un total de 20 patientes). Cela limite drastiquement la puissance statistique et la généralisation des résultats. Cet article étudiait le retour au sport de l'athlète féminine après une rupture du LCA.

Au niveau de l'intervention, les participantes étaient prises en charge au centre médico sportif de Tunisie, par le même kiné. Le groupe contrôle effectuait des exercices de rééducation « standard » adaptés d'un programme de *Shelbourne et al. 90* [56]. Le groupe expérimental effectuait **en plus** de ce programme de rééducation « standard », un programme à base d'exercices pliométrique composés de sauts verticaux, de sauts en contre-bas, des sauts de haies, ses sauts latéraux à bipodaux, etc. Par rapport au critère de jugement « tests de saut », on peut dire que les patientes se sont entraînées à les réaliser durant le programme interventionnel, un **effet d'apprentissage** serait donc à prendre en compte lors de l'analyse des résultats par rapport au groupe contrôle.

La durée de l'intervention était de 6 semaines, lors de l'analyse des résultats, les patientes étaient alors

à **5 mois post-opératoires**, cette durée semble raisonnable pour limiter l'impact de « l'histoire naturelle » de la rééducation.

➤ **Kaya et al. 19**

La population incluse dans cette étude se composait uniquement d'**hommes, non sportifs**. Les patients avaient une moyenne d'âge d'environ 30 ans, mais avec des âges extrêmes entre 16 et 53 ans. On retrouve donc dans cette article une population globalement **homogène** avec une **taille d'échantillon** assez **faible** (40 patients). Il sera donc plus difficile de généraliser les résultats à la population globale. De plus, les patients ont été opérés par allogreffe du tendon tibial antérieur, ce type de ligamentoplastie n'est pas la plus courante, bien que présentant des avantages tels que l'absence de morbidité du site donneurs (pas de lésions additionnées des ischios ou du tendon rotulien, qui doivent aussi cicatriser lors d'une autogreffe). Par ailleurs, notons que tous les patients étaient sédentaires, les effets positifs de l'intervention sur les performances physiques, le niveau fonctionnel ou encore la proprioception peuvent être moindre.

Un programme de rééducation « standard » a été mis en place dans les groupes contrôle et intervention. Tous les patients ont effectué des exercices à leur domicile. Ce paramètre est à prendre en compte car on peut supposer que les exercices n'ont pas été effectués de la même manière par tous les patients, et surtout nous n'avons aucun moyen de vérifier qu'ils aient été faits, et correctement exécutés. Un important **biais de performance** sera à prendre en compte dans l'analyse de nos résultats. Les exercices neuromusculaires ont commencé à la 3<sup>ème</sup> semaines post-opératoire mais les exercices de **pliométrie** n'ont débuté qu'à partir de la 20<sup>ème</sup> semaine post-opératoire. De plus la mesure des résultats a été réalisée **2 ans après** le début de l'expérience. Ce temps est relativement long et ne nous permet plus vraiment de juger de l'efficacité de l'intervention. On notera d'ailleurs, qu'aucun résultat obtenus dans cette étude ne sont significatifs. Aucun des critères de jugement ne nous permettent d'observer une amélioration dans le groupe interventionnel par rapport au groupe contrôle.

➤ **Ghaderi et al. 21**

Les participants de cette étude étaient des **hommes, athlètes**, âgés d'une trentaine d'années. On se retrouve une fois encore face à une population très **homogène**. La **taille de l'échantillon** est très **faible**, du fait de l'inclusion de seulement 24 patients. L'applicabilité des résultats à la population générale semble compromise. Les participants à l'étude ont tous été opérés par le même chirurgien par une autogreffe des ischios-jambiers. Néanmoins, le temps entre l'opération du LCA et le début de l'expérience était de **6 à 10 mois**, les patients avaient déjà terminer une « rééducation post-opératoire conventionnelle », nous n'avons pas le détail des modalités. Les patients ne parlaient donc pas sur le même pied d'égalité quant à leur condition physique avant l'expérience.

Le programme d'intervention neuromusculaire m'était l'accent sur une focalisation externe (FE) de l'attention. Cela consiste à se concentrer non pas sur le mouvement et la partie du corps mise en jeu pour effectuer ce mouvement (focalisation interne FI), mais sur l'effet de ce mouvement. Par exemple, lors d'un saut, on demanderait au patient de se concentrer sur l'extension de son genou en FI, alors qu'en FE on demanderait au patient de sauter le plus loin possible. La focalisation externe

potentialiserait les effets des exercices de pliométrie [57]. Ce paramètre-là est à prendre en compte dans l'analyse de nos résultats, qui devraient donc être encore meilleurs que dans un entraînement neuromusculaire avec focalisation interne. La durée de l'intervention était de **8 semaines**, les exercices pliométriques ont débuté à la **3<sup>ème</sup> semaine**. La mesure de nos critères de jugement c'est donc effectué entre **8 à 12 mois** après l'intervention du LCA, soit relativement tard dans le processus de rééducation.

➤ **Risberg et al. 07**

Les participants de cette étude étaient composés de 47 **hommes** et de 27 **femmes**. La taille de l'échantillon au départ était de 74 patients opérés par greffe du tendon rotulien. L'âge moyen de la population était d'environ 28 ans. L'**échantillon** est **mixte** et **relativement important** afin de prétendre à une applicabilité des résultats dans la population générale.

L'expérience a débutée **2 semaines** après le processus de ligamentoplastie. Le groupe contrôle à suivi un entraînement en force tandis que le groupe intervention a suivi un programme d'entraînement neuromusculaire. La phase d'exercices à base de saut a débuté à la **17<sup>ème</sup> semaine** et les exercices de pliométrie à proprement parlé à la **20<sup>ème</sup> semaine**. Les dernières mesures effectuées par *Risberg et al.* était à **6 mois post-intervention**. Ce laps de temps est tout à fait admissible pour évaluer l'effet de l'entraînement neuromusculaire sur nos critères de jugement.

#### 4.1.2 La fonction rapportée par le patient

Trois des quatre articles inclus dans notre revue ont évalués l'efficacité de l'entraînement neuromusculaire quant à la « fonction rapportée par le patient ». Ce critère de jugement est un paramètre variable et subjectif. En effet, les patients devaient remplir un questionnaire d'auto-évaluation quant à leur manière de percevoir leur genou.

On observe une certaine hétérogénéité des résultats relative à ce critère de jugement. Les résultats présentés dans le *Tableau 8* révèlent que l'étude de *Kasmi et al. 21*, n'a pas montrée d'amélioration de cette fonctionnalité dans le groupe interventionnel par rapport au groupe contrôle après 6 semaines d'expérience. On note une taille d'effet de -3,6 avec un intervalle de confiance de [-7,63 ; 0,43]. Celui-ci croise le 0, l'effet observé n'est pas donc pas probant en ce qui concerne l'amélioration de la fonction rapportée par le patient chez les femmes athlètes opérées par ligamentoplastie du tendon rotulien 5 mois après l'intervention.

Il est utile de rappeler le score PEDro de cet article, qui est côté à 6/10. La validité interne de l'article est donc de qualité moyenne. De plus, nous retrouvons les biais suivant :

- Un **biais de sélection** dû à la répartition des patients dans les groupes témoin ou intervention ne respectant pas une assignation secrète.
- Un **biais d'évaluation**, car ni les patients, ni les thérapeutes, ni les évaluateurs étaient en aveugles. Un biais de performance et de détection sont donc réunis.

En revanche, l'article de *Ghaderi et al. 21*, a montré une amélioration significative de la fonction du genou après 8 semaines. On observe une taille d'effet post-intervention de 15,9% avec un intervalle de confiance compris entre 8,93 et 22,87%. L'outil d'évaluation était l'IKDC, dont la **différence**

**minimale cliniquement importante** (MCID) est de 11,5%. Celle-ci est donc dépassée et l'intervention à base d'entraînement neuromusculaire et pliométrique est cliniquement pertinente dans l'amélioration de la fonction rapportée du genou par le patient, chez les athlètes masculins ayant subi une ligamentoplastie par greffe des ischios-jambiers dans un temps impartis compris entre 8 et 12 mois.

La validité interne de l'étude obtient un score PEDro de 8/10, on peut donc la considérer de haute qualité toutefois, l'étude est pourvue du **biais d'évaluation**. Les thérapeutes et les patients n'étaient pas en aveugles, il s'agit d'un biais de performance. Le risque chez les patients qui connaissent la nature de l'intervention à laquelle ils appartiennent est qu'ils modifient leur comportement (avec par exemple une implication plus ou moins importante dans l'expérience), qu'ils faussent leur jugement quant à l'effet du traitement (en minimisant les résultats s'ils appartiennent au groupe contrôle). De la part du thérapeute, il pourrait aussi y avoir aussi une modification du comportement, ou une implication plus importante dans le groupe intervention [58]. Les évaluateurs étaient en revanche en aveugle, limitant ce facteur.

*Risberg et al. 07* ont fourni des résultats à 3 mois et à 6 mois après le début de l'expérience. On n'observe pas d'amélioration significative de la fonction du genou à 3 mois, l'intervalle de confiance croise le 0 et les bornes sont trop éloignées comme le révèle ces chiffres : -2,9 [-11,47 ; 5,67]. Toutefois, notons que les exercices à base de sauts et de pliométrie pure n'ont commencés qu'à la 17<sup>ème</sup> semaine. A 3 mois, les patients effectuaient des exercices basés sur l'équilibre et la stabilité dynamique de l'articulation. En revanche, on observe une taille d'effet de -7,1% à 6 mois en faveur du groupe neuromusculaire. L'intervalle de confiance se situe entre -12,55 et -1,65. La borne d'amélioration minimale est tout de même proche du 0. L'effet de l'intervention est présent, mais limité. De plus, même si son score PEDro est de 7/10, l'étude de *Risberg et al.* contient, elle aussi, un **biais d'évaluation** à cause de la non-mise en aveugle des participants et des thérapeutes. De plus, on retrouve un **biais d'attrition**. Dans les résultats préopératoires, les données ont été analysées pour 74 patients, à 3 mois les données analysées ne traitaient plus que 67 patient et à 6 mois, 65 patients ont été analysés. Il n'a donc pas eu d'analyse en intention de traiter. Souvent, les patients perdus de vue sont moins observants et obtiennent un moins bon pronostic que les autres. Les exclure biaise donc les résultats [58].

D'un point de vue clinique, on pourrait dire que l'entraînement neuromusculaire semble efficace dans l'amélioration de la **fonction rapportée par le patient** chez les athlètes hommes entre 8 à 12 mois post-opératoire (*Ghaderi et al.*) ainsi qu'à 6 mois post-opératoire dans une population d'hommes et femmes, opérés par tendon rotulien, présentée dans l'étude de *Risberg et al.* Les résultats ne sont en revanche pas en faveur d'une amélioration de ce critère chez les athlètes féminines d'élites incluses dans l'article de *Kasmi et al.* 5 mois après l'intervention.

#### 4.1.3 Les tests de saut

Les tests de sauts ont été évalués dans l'article de *Kasmi et al.* Ils ont effectué des mesures sur cinq types de sauts différents (*one leg hop with hand, one leg hop without hand, triple jumps, triple jumps cross, 6-meters for the time*). Les résultats post-intervention sont significatifs pour tous les cas de figures. En effet, on observe une amélioration d'environ 23% en faveur du groupe contrôle tout

sauts confondus. Les bornes des intervalles de confiances sont étroites (environ 5% de différence). Les résultats obtenus dans cette étude quant à l'amélioration des performances de sauts sont cliniquement significatif après 6 semaines d'intervention chez les athlètes féminines 5 mois après leur intervention du LCA. Précisons que le programme interventionnel était basé majoritairement sur des exercices de pliométrie, les patientes avaient donc l'habitude d'effectuer des sauts.

Rappelons toutefois, que l'étude menée par *Kasmi et al.* 21 présente un **biais de sélection** et un **biais d'évaluation** qui rendent discutables les résultats obtenus.

*Risberg et al.* 07 ont analysés trois types de sauts (*one leg hop test, triple jump test et stairs hop test*). Les tailles d'effet sont respectivement de -3,9 ; -5,4 et 0%, cela semble très peu. Par ailleurs, la différence intergroupe observée n'est de toute façon pas significative au bout de 6 mois, étant donné que l'intervalle de confiance croise le 0. Les bornes de l'intervalle sont aussi très espacées (entre 10 à 20% d'écart). Les biais présents dans cette étude sont le **biais d'évaluation** ainsi que le **biais d'attrition**. Les résultats obtenus auraient pu être différents si tous les patients avaient été analysés, au moins en intention de traiter. Dans les faits, nous n'observons pas d'amélioration manifeste dans les performances de sauts chez les patients analysés, opérés par ligamentoplastie du tendon rotulien 6 mois après leur intervention.

L'article de *Kaya et al.* 19 traite lui aussi des tests de saut. Les mesures ont été effectuées sur les membres opérés et non opérés des groupes contrôle et intervention. Cependant les résultats obtenus ne sont pas significatifs dans la pratique clinique. Les bornes de l'intervalle de confiance à 95% sont trop éloignées pour prétendre à une efficacité du traitement interventionnel par rapport au traitement du groupe contrôle (pour rappel, elles s'entendaient de -15,40 à 25,72 cm). Les performances semblent même meilleures dans le groupe contrôle, le taille de l'effet étant de 5,19 cm. Si l'on prend en compte l'index de symétrie des membres (ratio membre opéré/membre sain) que nous avons calculé, la différence intergroupe est de 2,6% en faveur du groupe contrôle. Chez les hommes sédentaires opérés par autogreffe du tendon tibial antérieur, on ne peut pas prétendre à une amélioration des performances dans les tests de sauts dans le groupe interventionnel par rapport au groupe contrôle.

Cette absence d'efficacité du traitement pourrait être due au fait que les mesures ont été effectués 2 ans après la ligamentoplastie du LCA. L'évolution « normale » de la pathologie entre, d'autant plus en compte, dans cette étude que dans les trois autres, dont le temps maximal expérimental est de 6 mois (dans l'article de *Risberg et al.* 07), soit le temps recommandé pour la rééducation post-opératoire d'un LCA opéré.

De plus, l'étude de *Kaya et al.* 19, dont le score PEDro de 5/10 est le plus faible des études incluses présente :

- Un **biais de sélection**, dû à la répartition des patients dans les groupes témoin ou intervention ne respectant pas une assignation secrète.
- Un **biais d'évaluation**, car ni les patients, ni les thérapeutes étaient en aveugles.
- Un **biais de suivi**, en effet les mesures n'ont pas été obtenus pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes.
- Un **biais d'attrition**, lors de la randomisation 40 patients étaient inclus dans l'étude. 2 ans après, les résultats n'ont été analysés que pour 32 participants. Aucune analyse en intention de traité n'a été effectuée.

La rééducation neuromusculaire permettrait ainsi d'améliorer les performances dans les **tests de sauts** chez une population d'athlètes féminines à 5 mois à la suite d'une opération du LCA par tendon rotulien. En revanche, chez les hommes sédentaires 2 ans après l'intervention et chez les hommes et les femmes opérés par tendon rotulien à 6 mois post-opératoire, nous ne pouvons pas affirmer que la technique soit fructueuse d'un point de vue statistique.

#### 4.1.4 La proprioception consciente

La proprioception consciente a été évaluée grâce au sens de la position articulaire (JSP). L'étude de *Kaya et al.* a effectué des mesures à trois degrés différents : 75°, 45° et 15° de flexion. Dans aucun des cas les résultats se sont révélés significatifs. La taille de l'effet était relativement faible (environ 1,5°), bien qu'en faveur d'une amélioration dans le groupe intervention, et l'intervalle de confiance correspondant croisait le 0. Nous ne pouvons pas affirmer que l'entraînement neuromusculaire améliore la proprioception consciente chez les hommes sédentaires, 2 ans après une ligamentoplastie par allogreffe du tendon tibial antérieur. Rappelons que tous les biais permettant d'évaluer la validité interne sont présent dans cet article, soit un biais de **sélection**, **d'évaluation**, de **suivi** et **d'attrition**.

*Ghaderi et al.* évalue l'erreur moyenne par rapport au 45° attendu. La taille de l'effet est de 3,7° avec un intervalle de confiance de [1,84 ; 5,56]. Cela reste relativement faible mais on observe tout de même un effet du traitement neuromusculaire par rapport au traitement contrôle standard. Cette étude présente seulement un **biais d'évaluation**.

On pourrait dire que les exercices neuromusculaires et pliométriques apportent des effets positifs sur la **proprioception consciente** chez les athlètes masculins entre 8 à 12 mois après une intervention du LCA (par greffe des ischios-jambiers). Nous ne pouvons, en revanche, pas valider cette hypothèse chez les hommes sédentaires opérés par allogreffe du tendon tibial antérieur.

## 4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Afin d'apprécier l'applicabilité des résultats en pratique clinique, plusieurs éléments sont à prendre en compte et nous devons nous poser plusieurs questions :

- Les tailles d'effets que nous avons observées sont-elles assez importantes pour garantir le bien-fondé de l'intervention ?
- La population étudiée dans notre revue est-elle similaire à la réalité clinique ?
- Le traitement peut-il être reproduit dans un contexte de soins ?
- Les critères de jugements étudiés sont-ils pertinents pour le patient ?
- Le rapport bénéfices/risques de l'intervention est-il équilibré ?
- L'efficacité du traitement balance-t-elle le coût engendré ?

### 4.2.1 La taille de l'effet

Selon les critères de jugement étudiés et les études, les tailles d'effet ne sont pas significatives, tant sur un plan statistique que clinique. A long terme (2 ans post ligamentoplastie étudiée par *Kaya et al.*), nous n'observons pas de bénéfices réels quant à l'utilisation de l'entraînement neuromusculaire à base d'exercices pliométriques. Les estimations ne sont pas précises dans cette étude notamment

en ce qui concerne les tests de sauts. Nous pouvons être plus modéré à propos de l'effet de cette technique sur la proprioception consciente chez les hommes non sportifs. Bien que l'intervalle de confiance à 95% croise le 0, les bornes de celui-ci restent relativement étroites. A plus moyen terme (environ 6 mois post-opératoire), les tailles d'effet retrouvées sont plus parlantes, notamment chez les athlètes de haut niveau.

Afin d'obtenir des résultats plus probants, il serait intéressant de réaliser des études complémentaires, incluant notamment une population plus importante. Une plus grande taille d'échantillon pourrait permettre d'améliorer les résultats obtenus.

#### 4.2.2 La population étudiée

Dans l'optique d'appliquer (ou non) les résultats obtenus, suite à une rééducation à base d'exercices neuromusculaires et pliométriques à la pratique clinique, il faut s'intéresser à la taille des échantillons étudiés dans nos quatre études. Les études de *Kasmi et al.* et de *Ghaderi et al.* ont inclus respectivement 20 et 24 patients, ce qui est peu. Les articles de *Kaya et al.* et de *Risberg et al.* ont inclus quant à eux 40 et 74 patients, la taille de l'échantillon est un peu plus grande mais les effectifs restent insuffisants et cela constitue un biais. Au total, notre revue de littérature a inclus 158 patients ; 47 femmes contre 111 hommes. Sur tous ces participants, 60 étaient des athlètes de haut niveau. Même si intrinsèquement à chaque étude, la population étudiée est très homogène, tout bien considéré, la population incluse dans notre revue de littérature est très hétérogène. Nous nous sommes intéressés à des patients ayant subi une ligamentoplastie du LCA. Toutefois, les techniques varient d'une étude à une autre ; on retrouve une ligamentoplastie par tendon rotulien dans les études de *Kasmi et al.* et de *Risberg et al.*, alors que les patients inclus dans *Ghaderi et al.* ont été opérés par greffes des ischios-jambier. L'intervention du LCA choisie dans l'étude de *Kaya et al.* était l'allogreffe du tendon tibial antérieur.

Il semble donc compliqué d'appliquer les résultats de cette revue à la population générale. Les résultats obtenus chez les athlètes de haut niveau paraissent intéressants dans une prise en charge du sportif mais sont plus difficilement transposables à une population non sportive.

#### 4.2.3 L'intervention

Les interventions mises en œuvre dans chaque étude diffèrent quelque peu, bien qu'elles soient toutes constituées d'exercices à visés neuromusculaire et pliométrique. Toutefois, tous les programmes détaillés dans les études sont faciles à mettre en place en cabinet et suffisamment étoffés pour les reproduire. Les études de *Kasmi et al.*, *Kaya et al.* et *Risberg et al.*, débutent l'expérimentation directement après l'opération du LCA. Les patients suivent le même programme de rééducation avant que le programme ne change pour les groupes contrôle ou interventionnel.

#### 4.2.4 Les critères de jugement évalués

Nous avons choisi d'étudier dans cette revue de littérature la **fonctionnalité du genou** (à travers les tests de sauts et la fonction rapportée par le patient) ainsi que la **proprioception consciente**. Après une rupture du ligament croisé antérieur, et une ligamentoplastie de ce dernier, le rétablissement du

contrôle neuromusculaire du membre inférieur est un élément clé de la rééducation, celui-ci étant fortement déficient en post-opératoire.

#### 4.2.5 Le rapport bénéfice/risque

Aucun effet négatif n'a été relevé lors de la rééducation neuromusculaire et pliométrique dans les études que nous avons étudiées. Même si nous n'avons pas prouvé un réel effet de cette technique de rééducation sur les critères de jugement que nous avons étudié, les patients n'ont pas encouru de risque et nuls accidents n'ont été mentionnés par les auteurs durant les phases d'expérimentation.

#### 4.2.6 La balance coût/efficacité

Les exercices neuromusculaires et pliométriques représente un coût financier relativement faible, il n'y a pas besoin de beaucoup de matériel pour les mettre en place. L'investissement dans une boîte de pliométrie (« box jump ») ou dans un trampoline reste peu couteux. Il faudra compter entre 50 et 150€ pour une boîte avec souvent des prix dégressifs lors d'un achat groupé.

En ce qui concerne le patient, dans le pire des cas, le traitement n'est pas néfaste. Dans le meilleur, cela lui permet d'améliorer les capacités fonctionnelles de son genou plus rapidement, et donc de retourner à ses activités de la vie quotidienne et à sa pratique sportive dans de meilleures conditions et avec un déficit moindre.

Ce sont des exercices qui ne demande pas plus d'investissement de la part du kiné qu'un programme de rééducation « standard ». Dans les études que nous avons analysées, les patients venaient entre 2 à 3 fois par semaine, pour des séances d'environ 1h. Il est tout à fait possible de réduire un peu ce temps-là, pour être plus proche de la réalité d'une séance de kinésithérapie d'environ 30 minutes recommandée par la HAS. A 6 mois post-opératoire, les patients sont généralement en autonomie, ils ne passent plus autant de temps, à proprement parlé « entre les mains » du kiné, il est donc plus facile d'allonger un petit peu le temps de la séance dans le gymnase par exemple.

#### 4.2.7 Synthèse sur l'applicabilité des résultats en pratique clinique

Dans le cadre de notre revue de littérature, nous ne pouvons affirmer de l'effet ou du non-effet de l'entraînement neuromusculaire à base d'exercices pliométriques compte tenu :

- Du peu d'articles inclus dans la revue
- Du faible nombre de patients participants aux études
- De la disparité des populations entre les articles étudiés
- Des différences dans le programme interventionnel et le traitement des groupes contrôle

Cependant, cette technique de rééducation présente peu de risque pour les patients et peut être facilement mise en place dans le cadre de la pratique clinique.

### 4.3 Qualités de preuves

Afin d'évaluer la qualité des preuves de la revue, nous pouvons utiliser le système GRADE (Grading of Recommendations Assessment Development and Evaluation). Selon la Haute Autorité de Santé, *la qualité des données scientifiques reflète notre confiance dans le fait qu'une estimation de l'effet est correcte* [59]. Cette qualité peut être déterminée après avoir pris en compte le type d'étude, leur qualité méthodologique, l'homogénéité des résultats, etc. Les cinq facteurs pouvant diminuer le niveau de preuve d'une étude sont :

- Le risque de biais
- L'hétérogénéité
- Le caractère indirect
- L'imprécision des résultats
- Le biais de publication

#### 4.3.1 Risque de biais

Nous avons inclus dans notre revue de littérature uniquement des essais cliniques randomisés (ECR). Ceux-ci ont généralement des données scientifiques de qualité élevée.

Tableau 13 : Score PEDro moyen par critère de jugement

Critère de jugement	Nombre d'études	Score PEDro moyen
Fonction rapportée par le patient	3	7/10
Tests de saut	3	6/10
Proprioception consciente	2	6,5/10

Chaque études incluses dans notre revue présente des biais, appréciés grâce à l'échelle PEDro et détaillés dans le *Tableau 7*. Le tableau ci-dessus nous permet de voir le score PEDro moyen obtenu pour chaque critère de jugement évalués dans notre revue, afin d'avoir une idée du niveau de preuve de ceux-ci. Les notes obtenus pour la fonction rapportée par le patient, les tests de saut et la proprioception consciente sont respectivement de 7/10, 6/10 et 6,5/10. Nous aurons donc plus confiance dans résultats obtenus pour la **fonction rapportée par le patient** et la **proprioception consciente** que dans ceux obtenus pour les **tests de sauts**.

Le biais non négligeable commun à tous les articles est l'**absence de mise en aveugle**, autant des participants que des thérapeutes dans les quatre études incluses ; ainsi que des évaluateurs dans l'article de *Kasmi et al. 19*. Appuyons néanmoins la difficulté de mise en aveugle au vu du type d'intervention évaluée. Or, cela représente tout de même un risque d'atteinte à l'impartialité des résultats et donc au véritable effet du traitement.

Il semblerait utile de mentionner ici que l'étude de *Kasmi et al.* a reçu le **soutien financé** de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) et de l'Open Access Publishing Fund de l'Université de Potsdam, en Allemagne. L'étude menée par *Risberg et al.* à elle aussi des subventions de recherche du Conseil norvégien de la recherche (Oslo, Norvège). Les auteurs de l'étude de *Kaya et al.* ne déclare avoir aucun conflit d'intérêt en ce qui concerne les données collectés et les procédures utilisées durant l'étude. Il en est de même pour l'étude de *Ghaderi et al.* qui n'a été nullement financée. Un financement

quelconque peut représenter une source de biais, les résultats nécessitant parfois d'être probants.

#### 4.3.2 Hétérogénéité des résultats

Nous n'observons pas la même estimation de l'effet de l'intervention d'une étude à l'autre. En effet, les tailles d'effet varient selon les articles et selon les critères de jugement. Les résultats ne sont pas centrés autour d'une valeur commune.

Pour aucun de nos critères de jugement, les études incluses dans la revue trouvent toute des résultats significatifs avec un intervalle de confiance à 95% étroit. Les résultats sont donc très hétérogènes. De plus, les résultats n'étant pas tous mesurés et exprimés de la même manière, cela rend encore plus difficile leur interprétation.

#### 4.3.3 Caractère indirect

Les données scientifiques peuvent parfois être obtenues par des comparaisons indirectes, on peut par exemple observer des différences dans les facteurs PICO. La qualité des preuves peut alors être altérée par une différence de population étudiée au sein de la revue, par le caractère non homogène de l'intervention et/ou du comparateur, ou encore par des techniques de mesures disparate.

Les patients inclus dans notre revue ont des profils différents ; on retrouve des femmes sportives, des hommes sportifs, des hommes sédentaires et des patients dont nous n'avons pas d'informations quant à leur niveau d'activité physique. L'intervention varie elle aussi entre les études. En effet « l'entraînement neuromusculaire » englobe des exercices très variés bien que nous ayons limité ce facteur par l'inclusion obligatoire d'exercices pliométriques. Il existe aussi une différence dans la façon de mesurer les résultats (notamment pour notre critère de jugement principal qu'est la fonction rapportée par le patient). Les outils d'analyse diffèrent d'une étude à l'autre.

#### 4.3.4 Imprécision des résultats

Globalement, nos résultats sont fragiles car basés sur de faibles échantillons et les intervalles de confiance de nos tailles d'effet peu réduits pour certain.

Pour la fonction rapportée par le patient, on trouve des résultats significatifs dans les articles de *Ghaderi et al.* et de *Risberg et al.* (à 6 mois), toutefois même si, l'intervalle de confiance ne peut être considéré comme étroit, il n'en est pas moins acceptable. En ce qui concerne les tests de saut, on obtient des résultats éloquentes dans l'étude de *Kasmi et al.* avec un intervalle de confiance étroit. Quant à la proprioception consciente, seulement l'article de *Ghaderi et al.* à obtenu des résultats significatifs avec un intervalle de confiance étroit.

#### 4.3.5 Biais de publication

Ce biais n'est pas évaluable à notre niveau puisqu'il s'agit d'un mémoire de fin d'étude de kinésithérapie. Il traite de la moindre chance (2 fois moins) des études sans résultats statistiquement significatifs, d'être publiées.

### 4.3.6 Conclusion du système GRADE

Bien que nous n'ayons inclus que des essais cliniques randomisés dans notre revue de littérature, donc par définition des études avec un niveau de preuve élevé, globalement la qualité des données pour chacun de critère de jugement évalué est faible à modérée. Les résultats doivent donc être interprétés avec un certain recul et précaution. Notre revue correspond à un niveau de preuve « faible » (GRADE C), nous avons donc *une confiance limitée dans l'estimation de l'effet : celle-ci peut être nettement différente du véritable effet* [59].

## 4.4 Biais potentiels de la revue

En premier lieu, nous pouvons évoquer la difficulté d'établir une équation de recherche ni trop restrictive, ni trop large. De ce fait, des études ont pu être écartées lors du processus de sélection. De plus, nous retrouvons dans cette revue très peu d'études incluses. Cela représente un biais non négligeable et a rendu plus complexe l'interprétation des résultats, conclure avec certitude quant à l'intérêt de l'entraînement neuromusculaire à base d'exercices pliométrique s'est révélé ardue.

Afin d'analyser au mieux les biais potentiels de cette revue de littérature nous avons utilisé la grille AMSTAR-2 (A MeaSurement Too to Assess systematic Review-2) (voir Annexe 7). Cette échelle de 18 items permet d'analyser la qualité méthodologique d'une revue de littérature.

Pour chaque items, les réponses possibles sont : Oui / Oui partiellement / Non / Sans objet.

Tableau 14 : grille AMSTAR-2 de cette revue

Items	Cotation	Réponses	Justification
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?	Oui	Les critères PICO ont été détaillés dans la méthode, dans la partie « schéma d'étude ».
2	Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?	Oui partiel	La question de recherche, la stratégie de recherche, les critères d'inclusion et d'exclusion, l'évaluation des risques de biais ont été établis avant de conduire la revue mais l'enregistrement du protocole n'a pas été effectué.
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?	Oui	Les essais cliniques randomisés (ECR) ont été choisi car les plus adapté pour répondre à notre question clinique.
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?	Oui partiel	Plusieurs bases de données ont été investiguées mais les recherches dans la littérature grise n'ont pas effectué ainsi qu'aucun expert n'a été consulté.
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?	Non	Effectuée dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude de kinésithérapie, cette revue est le fruit d'un travail individuel.

6	Les auteurs ont-ils effectué en double l'extraction des données ?	Non	Idem à l'item 5.
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?	Oui	La liste des études exclues est disponible dans le Tableau 4.
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?	Oui	Les études incluses ont été détaillées dans l'Annexe 2.
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?	Oui	L'échelle PEDro a été utilisée afin d'évaluer le risque de biais des études incluses.
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?	Oui	Les sources de financement ont été précisées.
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?	Sans objet	Pas de méta-analyse effectuée.
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ?	Sans objet	Pas de méta-analyse effectuée.
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation/de la discussion des résultats de la revue ?	Oui	Les résultats ont été analysés et discutés en connaissance des biais présents dans chaque articles.
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue et une discussion sur celle-ci ?	Oui	Une discussion a été faite quant à l'impact des sur la qualité des preuves de la revue dans une partie du même nom.
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?	Sans objet	Nous n'avons pas effectué de tests graphiques ou statistiques pour le biais de publication et n'avons pas discuté de la probabilité et de l'ampleur de l'impact des biais de publication.
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêt, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?	Oui	Aucun financement n'a été perçu pour la réalisation de cette revue de littérature. Nuls conflits d'intérêts n'ont été déclarés.

## 5 Conclusion

Nous cherchions, au travers de cette revue de littérature, à rassembler les données scientifiques concernant l'intérêt de l'entraînement neuromusculaire à base d'exercices pliométriques, dans l'amélioration de la fonctionnalité, chez les patients opérés d'un ligament croisé antérieur. Cette technique est à l'heure actuelle, beaucoup étudiée et utilisée dans la prévention des risques de blessures mais il existe encore peu de preuves de son utilité dans la rééducation après une ligamentoplastie du LCA.

Du fait d'une altération des mécanorécepteurs présents dans le LCA, le contrôle moteur se trouve déficitaire à la suite d'une lésion et il convient de le rétablir afin de retrouver une stabilité de genou. L'entraînement neuromusculaire et à fortiori, les exercices pliométriques permettent de potentialiser les réponses motrices inconscientes, de par la stimulation des mécanismes centraux à l'origine du contrôle des articulations. La sensibilité des propriocepteurs s'en trouve aussi augmentée.

Afin d'estimer l'efficacité de l'entraînement neuromusculaire, nous avons évalué la fonctionnalité du genou, grâce à la fonction rapportée par le patient et les tests de saut, ainsi que la proprioception consciente. Nous avons obtenu des résultats nuancés, ne nous permettant pas réellement de conclure sur l'efficacité de cette technique de rééducation. En effet l'hétérogénéité des interventions, les limites méthodologiques, l'incohérence des effets, ne nous permettent pas de formuler ou non une recommandation en faveur de l'intervention d'entraînement neuromusculaire.

Les mesures obtenues semblent toutefois améliorer la fonction rapportée par le patient chez les athlètes hommes opérés par greffe des ischios jambiers entre 8 à 12 mois post-intervention ainsi que chez les hommes et les femmes opérés par greffe du tendon rotulien après 6 mois. L'intervention améliorerait les performances durant les tests de saut que chez les athlètes femmes, 5 mois après la ligamentoplastie par tendon rotulien. Et enfin, la proprioception évaluée au final que chez des patients masculins, est meilleure chez les athlètes de haut niveau.

Ces résultats sont intéressants, mais insuffisants. Il serait pertinent de continuer les recherches dans le domaine de l'entraînement neuromusculaire, qui pourrait être un outil prometteur. Pour ce faire, il serait nécessaire d'inclure un plus grand nombre de patient dans les processus expérimentaux et d'évaluer d'autre critère de jugement. Nous avons évalué une population trop hétérogène dans les articles inclus dans cette revue afin de généraliser les résultats obtenus à tous les patients ayant subi une ligamentoplastie du LCA.

## 6 Bibliographie

- [1] Myklebust G, Mæhlum S, Holm I, Bahr R. A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports* 1998;8:149–53.
- [2] Majewski M, Susanne H, Klaus S. Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. *Knee* 2006;13:184–8.
- [3] Hewett TE, Myer GD. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review of neuromuscular training interventions. *J Knee Surg* 2005;18:82–8.
- [4] Kapreli E, Athanasopoulos S, Gliatis J, Papathanasiou M, Peeters R, Strimpakos N, et al. Anterior cruciate ligament deficiency causes brain plasticity: A functional MRI study. *Am J Sports Med* 2009;37:2419–26.
- [5] Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies. *Curr Sports Med Rep* 2014;13:186–91.
- [6] Dufour M, Pillu M. Biomécanique fonctionnelle : rappels anatomiques, stabilités, mobilités, contraintes : membres, tête, tronc. 2007.
- [7] Vaienti E, Scita G, Ceccarelli F, Pogliacomì F. Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta Bio Medica Atenei Parm* 2017;88:6.
- [8] Netter FH. Atlas d’anatomie humaine. 5e édition. 2011.
- [9] Dufour M. Anatomie de l’appareil locomoteur. Tome 1, Membre inférieur. 3e édition. 2015.
- [10] Hassebrock JD, Gulbrandsen MT, Asprey WL, Makovicka JL, Chhabra A. Knee Ligament Anatomy and Biomechanics. *Sports Med Arthrosc* 2020;28:80–6.
- [11] Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports Med Arthrosc* 2011;19:82–92.
- [12] Gabriel MT, Wong EK, Woo SLY, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res* 2004;22:85–9.
- [13] Kahn CJ. Ingénierie tissulaire des ligaments : Conception d’un bioréacteur et étude des propriétés mécaniques. 2009.
- [14] Frank C. Ligament structure, physiology and function 2004.
- [15] Giuliani JR, Kilcoyne KG, Rue JPH. Anterior cruciate ligament anatomy: a review of the anteromedial and posterolateral bundles. *J Knee Surg* 2009;22:148–54.
- [16] Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, Malamou-Mitsi V, Pappa S, Papageorgiou CO, et al. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2001;9:364–8.
- [17] Khelaf K. Reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA): Répercussions du choix du greffon sur la sensibilité proprioceptive du genou. *Schweizerische Zeitschrift Fur Sport Und Sport* 2003;51:115–20.
- [18] Dhillon MS, Bali K, Prabhakar S. Differences among mechanoreceptors in healthy and injured anterior cruciate ligaments and their clinical importance. *Muscles Ligaments Tendons J* 2012;2:38.
- [19] Valeriani M, Restuccia D, Di Lazzaro V, Franceschi F, Fabbriani C, Tonali P. Central nervous system modifications in patients with lesion of the anterior cruciate ligament of the knee. *Brain* 1996;119:1751–62.
- [20] Chanussot J-C, Danowski R-G. Traumatologie du sport. 8e édition. 2012.
- [21] Yu B, Garrett WE. Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br J Sports Med* 2007;41:i47.
- [22] Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GAM, Slaughterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res* 1995;13:930–5.

- [23] Fleming BC, Renstrom PA, Beynon BD, Engstrom B, Peura GD, Badger GJ, et al. The effect of weightbearing and external loading on anterior cruciate ligament strain. *J Biomech* 2001;34:163–70.
- [24] Rodineau J. Les mécanismes de rupture du ligament croisé antérieur. *J Traumatol Du Sport* 2014;31:149–52.
- [25] Boden BP, Dean CS, Feagin JA, Garrett WE. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 2000;23:573–8.
- [26] Shimokochi Y, Shultz SJ. Mechanisms of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Athl Train* 2008;43:396.
- [27] Brigaud F. La Course a Pied - Posture, Biomecanique, Performance. 2013 n.d.
- [28] Makhmalbaf H, Moradi A, Ganji S, Omid-Kashani F. Accuracy of Lachman and anterior drawer tests for anterior cruciate ligament injuries. *Arch Bone Jt Surg* 2013;1:94–7.
- [29] Van Eck CF, Van Den Bekerom MPJ, Fu FH, Poolman RW, Kerkhoffs GMMJ. Methods to diagnose acute anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis of physical examinations with and without anaesthesia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21:1895–903.
- [30] Duthon VB, Messerli G, Menetrey J. Reconstruction du ligament croisé antérieur : indications et techniques. *Rev Med Suisse* 2008.
- [31] Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior Cruciate Ligament Injuries: Anatomy, Physiology, Biomechanics, and Management. *Yearb Sport Med* 2013;2013:51–3.
- [32] Todd S, Ellenbacker G, Jack B. Proprioception and Neuromuscular Control | Central Nervous System. 2012.
- [33] Allain O. Sciences du Sport | Il était une fois... la proprioception (Partie 1) 2017.
- [34] Wodowski AJ, Swigler CW, Liu H, Nord KM, Toy PC, Mihalko WM. Proprioception and Knee Arthroplasty: A Literature Review. *Orthop Clin North Am* 2016;47:301–9.
- [35] Røijezon U, Clark NC, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Man Ther* 2015;20:368–77.
- [36] Myer GD, Faigenbaum AD, Ford KR, Best TM, Bergeron MF, Hewett TE. When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries in youth? *Curr Sports Med Rep* 2011;10:155.
- [37] Shim JK, Choi HS, Shin JH. Effects of neuromuscular training on knee joint stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Phys Ther Sci* 2015;27:3613.
- [38] Benis R, Bonato M, La Torre A. Elite Female Basketball Players' Body-Weight Neuromuscular Training and Performance on the Y-Balance Test. *J Athl Train* 2016;51:688.
- [39] Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinesithérapie* 2015;15:39–44.
- [40] HAS. Méthodes quantitatives pour évaluer les interventions visant à améliorer les pratiques 2007.
- [41] Barber-Westin SD, Noyes FR, McCloskey JW. Rigorous statistical reliability, validity, and responsiveness testing of the Cincinnati knee rating system in 350 subjects with uninjured, injured, or anterior cruciate ligament-reconstructed knees. *Am J Sports Med* 1999;27:402–16.
- [42] Sawle L, Freeman J, Marsden J. Intra-rater reliability of multiple single-leg hop- stabilization test and relationships with age, leg dominance and training. *Int J Sports Phys Ther* 2017;12:190.
- [43] Barber SD, Noyes FR, Mangine RE, McCloskey JW, Hartman W. Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clin Orthop Relat Res* 1990;255:204–14.
- [44] Abrams GD, Harris JD, Gupta AK, McCormick FM, Bush-Joseph CA, Verma NN, et al. Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Orthop J Sport Med* 2014;2.
- [45] Laboute E, Verhaeghe E, Puig PL, Blanquet X, Geneve T, Goudal B, et al. Spécificité et évaluation de la proprioception du genou. *J Traumatol Du Sport* 2016;33:20–30.

- [46] Brosseau L, Laroche C, Sutton A, Guitard P, King J, Poitras S, et al. Une version franco-canadienne de la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale : L'Échelle PEDro. *Physiother Canada* 2015;67:232–9.
- [47] Bregenhof B, Jørgensen U, Aagaard P, Nissen N, Creaby MW, Thorlund JB, et al. The effect of targeted exercise on knee-muscle function in patients with persistent hamstring deficiency following ACL reconstruction - study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2018;19.
- [48] Elias ARC, Harris KJ, LaStayo PC, Mizner RL. Clinical Efficacy of Jump Training Augmented With Body Weight Support After ACL Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med* 2018;46:1650–60.
- [49] Liu-Ambrose T, Taunton JE, MacIntyre D, McConkey P, Khan KM. The effects of proprioceptive or strength training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee: a randomized clinical trial. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13:115–23.
- [50] Meierbachtol A, Obermeier M, Yungtum W, Bottoms J, Paur E, Nelson BJ, et al. Advanced training enhances readiness to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res* 2022;40:191–9.
- [51] Kasmi S, Zouhal H, Hammami R, Clark CCT, Hackney AC, Hammami A, et al. The Effects of Eccentric and Plyometric Training Programs and Their Combination on Stability and the Functional Performance in the Post-ACL-Surgical Rehabilitation Period of Elite Female Athletes. *Front Physiol* 2021;12:688385.
- [52] Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C, Calik M, Doral MN. Effects on Lower Extremity Neuromuscular Control Exercises on Knee Proprioception, Muscle Strength, and Functional Level in Patients with ACL Reconstruction. *Biomed Res Int* 2019;2019.
- [53] Ghaderi M, Letafatkar A, Thomas AC, Keyhani S. Effects of a neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2021;13.
- [54] Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized clinical trial. *Phys Ther* 2007;87:737–50.
- [55] Chaory K, Poiradeau S. Les grilles d'évaluations dans la ligamentoplastie du LCA. *Ann Réadaptation Médecine Phys* 2004;47:309–16.
- [56] Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1990;18:292–9.
- [57] Makaruk H, Porter J.M, Czaplicki A, Sadowski J ST. The role of attentional focus in plyometric training. *J Sports Med Phys Fitness* 2012.
- [58] Eloy P, Bichat H, Bernard C. Méthodologie des essais thérapeutiques - Département d'Epidémiologie, Biostatistiques et Recherche Clinique 2017.
- [59] HAS. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique. 2013.
- [60] Klouche S, Bohu Y, Herman S, Meyer A, Grimaud O, Gerometta A, et al. Quelle est la différence minimale cliniquement pertinente des principaux scores de genou utilisés pour l'évaluation du genou un an après une reconstruction du LCA ? Étude prospective selon la méthode Anchor. *Rev Chir Orthopédique Traumatol* 2019;105:S133.

## 7 Annexes

Annexe 1 : Echelle PEDro (traduction française)

### Échelle PEDro

---

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

---

Annexe 2 : Détails des articles inclus

- Kasmi et al. 2021 [51] : **The effects of eccentric and plyometric training programs and their combination on stability and the functional performance in the post-ACL-surgical rehabilitation period of elite female athletes.**

<b>Auteurs</b>	Kasmi S, Zouhal H, Hammami R, Clark CCT, Hackney AC, Hammami A, Chtara M, Chortane SG, Salah FZB, Cranacher U, Ounis OB
<b>Méthode</b>	Design : Essai clinique randomisé Qualité méthodologique : 6/10 au score PEDro Localisation : Centre national médico-sportif de Tunisie - Tunis Durée de l'intervention : 6 semaines
<b>Objectifs</b>	Evaluer les effets de 6 semaines d'entraînement excentrique, d'entraînement pliométrique, ou d'une combinaison des deux, sur les mesures de stabilité dynamique (Y-BAL), de préparation psychologique à la reprise du sport (RTS), l'indice de symétrie des jambes (LSI) pour le « single leg hop test » dans la période de rééducation post-chirurgicale du LCA d'athlètes féminines d'élite.
<b>Population</b>	Taille de l'échantillon : 48 participantes éligibles. 40 incluses. Entraînement excentrique (ECC) n=10 ; Entraînement pliométrique (PLYO) n=10 ; Entraînement combiné excentrique et pliométrique (COMB) n=10 ; Groupe témoin (CON) n=10. Age moyen : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expérimental (PLYO) : 20,3 ± 3,3</li> <li>- Contrôle (CON) : 20,3 ± 3,4</li> </ul> Critères d'inclusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Athlètes féminines qui ont effectué une pratique sportive systématique au niveau international et ont été membre de l'équipe nationale tunisienne dans leur sport respectif</li> <li>- Athlète présentant une lésion du LCA sans contact lors d'une activité sportive</li> <li>- Ayant subi une reconstruction du LCA</li> <li>- En moyenne, les athlète s'entraînaient entre 6 à 8 fois par semaine, y compris en compétition</li> </ul> Critères d'exclusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Athlète récréatif ou personne non entraînée</li> <li>- Athlètes ayant moins de 5 séances d'entraînement par semaine</li> <li>- Lésion du LCA causée par un contact</li> <li>- Athlètes opérés avec d'autres techniques que l'os rotulien, greffe osseuse (BPTB) ou qui ont été opérés par différents chirurgiens et rééduqués par plusieurs kinésithérapeute</li> <li>- Athlète ayant des antécédents de blessure musculaires ou articulaire</li> <li>- Athlètes ayant un faible taux d'assiduité (inférieur à 80%)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Athlètes ayant déjà suivi un programme de rééducation préopératoire</li> <li>- Athlètes présentant des complications après l'intervention chirurgicale</li> <li>- Athlètes enceintes, ou celle qui prenaient des anti-inflammatoires ou des relaxants musculaires</li> </ul>	
<b>Intervention</b>	<p>2 semaines après la chirurgie et 12 semaines avant le programme d'entraînement, toutes les participantes ont reçu le même protocole de rééducation (contrôle de l'œdème et de l'inflammation, gain d'amplitude des mouvements, amélioration de la stabilité et entraînement de la force musculaire selon le protocole de Shelbourne et al. 91)</p> <p>Groupe intervention pliométrie PLYO : n=10 2 séances d'entraînement hebdomadaire en PLUS du programme traditionnel</p> <p>Groupe contrôle CON : n=10 Suivis du programme traditionnel Shelbourne et al. 91</p> <p>2 autres groupes intervention ECC (excentrique) et COMB (pliométrie + excentrique)</p>	
<b>Critère de jugement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stabilité dynamique (Y-Bal)</li> <li>- Fonction rapportée par le patient : Echelle de Lysholm (LKS)</li> <li>- Indice de retour au sport (RSI)</li> <li>- Indice de symétrie des membres calculé grâce aux tests de saut : Hop test (one leg with hand or without hand, triple jumps, triple jumps cross, 6-meters for the time)</li> </ul>	
<b>Résultats</b>	<p>LKS (%)</p> <p>Contrôle :</p> <p>Pré-intervention : 61,60±4,40</p> <p>Post-intervention : 86,30±4,69</p> <p>LKS (%)</p> <p>Expérimental :</p> <p>Pré-intervention : 59,90 ± 5,82</p> <p>Post-intervention : 89,90 ± 3,84</p>	<p>RSI (%)</p> <p>Contrôle :</p> <p>Pré-intervention : 50,13 ± 3,56</p> <p>Post-intervention : 69,90 ± 3,06</p> <p>Expérimental :</p> <p>Pré-intervention : 51,80 ± 5,41</p> <p>Post-intervention : 82,67 ± 4,28</p>

**TABLE 2 |** Plyometric, eccentric, and combined (eccentric/plyometric) training programs.

	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6
<b>Plyometric program</b>						
Standing vertical hops	2S × 8R	2S × 10R	3S × 8R	2S × 8R		
Countermovement jump (CMJ)	2S × 8R	2S × 10R	3S × 8R	2S × 8R		
Depth jumps	2S × 8R	2S × 10R	3S × 8R	2S × 8R		
Multiple two-foot hurdle jumps (hurdle height 0.55 m)	2S × 8R	2S × 10R	3S × 8R	2S × 8R	3S × 8R	3S × 10R
Two-foot jumps forward and backward					3S × 8R	3S × 10R
Single foot jumps					3S × 8R	3S × 10R
Lateral two-foot jumps					3S × 8R	3S × 10R
Total volume	64	80	96	64	96	120

- Kaya et al. 19 [52]: Effects on lower extremity neuromuscular control exercises on knee proprioception, muscle strength, and functional level in patients with ACL reconstruction.

<b>Auteurs</b>	Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C, Calik M, Doral MN
<b>Méthode</b>	Design : Essai contrôlé randomisé Qualité méthodologique : 5/10 au score PEDro Localisation : Exercice à domicile Durée de l'intervention :
<b>Objectifs</b>	Evaluer les effets du programme de rééducation standard avec des exercices de contrôle moteur sur la force musculaire, la proprioception et le niveau fonctionnel chez les patients atteints de LCA-R.
<b>Population</b>	Taille de l'échantillon : 57 (puis 17 exclus) 32 patients à la fin (2 ans) Age moyen : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 29,35 ± 9,71 (Expérimental)</li> <li>- 31,60 ± 8,45 (Contrôle)</li> </ul> Critères d'inclusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Homme</li> <li>- Agés de 14 à 55 ans</li> <li>- Avoir subi une chirurgie du LCA il y a moins de 2 ans (par greffe du tendon antérieur)</li> <li>- Aucun antécédant de chirurgie du genou</li> </ul> Critères d'exclusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avoir subi une réparation méniscale/ménisctomie/chirurgie chondrale</li> </ul>
<b>Intervention</b>	Groupe intervention (Group I) : n = 20 (analysés n = 17) Exercices de contrôle moteur neuromusculaire des MI appliqués dans le programme de rééducation standard. Début des exercices de contrôle NM débuté à la 3 <sup>ème</sup> semaine post chirurgie. A domicile.  Groupe contrôle (Group II) : n = 20 (analysé n = 15) Programme de rééducation standard. A domicile.
<b>Critère de jugement</b>	Paramètres subjectifs (Pivot shift, tiroir antérieur, tests de provocation en valgus) Force musculaire Sens de la position de l'articulation Niveau fonctionnel (Hop test à 1 jambe)
<b>Résultats</b>	Tests effectués 2 ans après la chirurgie. Comparaison entre le membre opéré et non-opéré.

TABLE 4: Descriptive and compared values of muscle strength, joint position sense, and hop tests obtained for the operated side of the patients in Group I and the operated side of patients in Group II.

		Group I (n = 17)		Group II (n = 15)		F	p
		Operated side (mean ± SD)	Other side (mean ± SD)	Operated side (mean ± SD)	Other side (mean ± SD)		
Quadriceps muscle strength (Nm)	30°/s	138.71 ± 35.7	162.24 ± 49.12	138.67 ± 34.05	160.27 ± 39.05	0.362	0.55
	60°/s	128.06 ± 33.47	140.94 ± 30.53	120.13 ± 36.86	147.00 ± 37.16	0.037	0.85
	180°/s	88.82 ± 24.09	93.53 ± 24.77	94.93 ± 40.88	98.73 ± 26.61	2.389	0.13
	330°/s	57.00 ± 9.50	58.82 ± 18.47	62.80 ± 25.36	68.20 ± 26.15	10.138	<b>0.01*</b>
Hamstring muscle strength (Nm)	30°/s	98.88 ± 25.66	112.94 ± 28.60	96.73 ± 23.64	114.20 ± 29.88	0.371	0.55
	60°/s	99.00 ± 20.46	101.18 ± 20.93	92.13 ± 25.00	109.20 ± 26.07	0.371	0.55
	180°/s	79.41 ± 16.62	82.00 ± 18.37	79.07 ± 27.59	85.20 ± 23.12	1.565	0.22
	330°/s	73.24 ± 11.24	74.41 ± 11.78	76.13 ± 20.49	77.67 ± 24.73	7.102	<b>0.01*</b>
JPS (°)	75°	74.55 ± 1.54	74.61 ± 2.98	75.85 ± 3.77	76.92 ± 3.42	28.990	<b>0.001*</b>
	45°	45.63 ± 2.94	45.19 ± 4.11	47.32 ± 6.05	47.18 ± 5.84	7.899	<b>0.01*</b>
	15°	15.44 ± 1.74	15.78 ± 2.40	16.95 ± 3.13	17.07 ± 2.49	9.014	<b>0.01*</b>
Hop test (cm)	141.37 ± 34.35	156.12 ± 24.04	146.53 ± 19.56	157.31 ± 19.53	2.323	0.14	

\*Independent sample *t*-test; JPS: joint position sense; Group I: neuromuscular control exercises were performed; Group II: standard rehabilitation program was performed; SD: standard deviation; *n*: number of patients.

TABLE 1: Neuromuscular control exercises program.

1 <sup>st</sup> -3 <sup>rd</sup> days	<p><i>Mobilization:</i> tolerated weight-bearing mobilization with crutches</p> <p><i>Exercises:</i> Quadriceps isometric setting with towel under the heel, straight leg raising (SLR) with full knee extension (with weights at ankle), raising the leg above the ground 40-50 cm in 10 seconds, holding for 10 seconds, and slowly lowering in 40 seconds</p> <p><i>Restriction:</i> avoid active terminal knee extension (30° to full extension)</p>	6 <sup>th</sup> -12 <sup>th</sup> week	<p><i>Exercises:</i> Single leg stance, balance reach leg and balance reach arm exercises, lunges (all directions), step-up (all directions), step-down (all directions), one-legged squat, box heel touches (all directions), and single leg pelvic bridge on operated side of the patients, and ball exercises during athletic position</p>
3 <sup>rd</sup> days-3 <sup>rd</sup> week	<p><i>Range of motion:</i> 0 to 90° flexion</p> <p><i>Mobilization:</i> tolerated weight-bearing mobilization w/wo crutches</p> <p><i>Exercises:</i> Quadriceps isometric setting with towel under the heel, SLR with full knee extension (with weights at ankle), raising the leg above the ground 40-50 cm in 10 seconds, holding for 10 seconds, and slowly lowering in 40 seconds, and heel slides (at 0-90° flexion)</p> <p><i>Restriction:</i> avoid active terminal knee extension (30° to full extension)</p>	12 <sup>th</sup> -24 <sup>th</sup> week	<p><i>Exercises:</i> Single leg straight leg dead lift, sumo squat, and weights added to all exercises</p> <p>Special stair exercises: (stair should be 18 cm in height and 30 cm in depth)</p> <p><i>Explanation:</i> Stair exercise (1): stand behind a stair. While one foot on the ground, put the other foot on the stair and flex the knee about 45° flexion. Raise the body to full knee extension at one leg in 60 seconds and slowly lowering the body to 45° knee flexion in 60 seconds. During the exercises, the patient should control his/her lower leg to keep straight (keep away from varus/valgus)</p> <p>Stair exercise (2): stand on a stair. Lower the body at one leg in 60 seconds and slowly turn and raise the body in 60 seconds. During the exercises, the patient should control his/her lower leg to keep straight (keep away from varus/valgus)</p>
3 <sup>rd</sup> -6 <sup>th</sup> week	<p><i>Range of motion:</i> 0 to 120° flexion</p> <p><i>Mobilization:</i> tolerated to full weight-bearing mobilization with knee brace</p> <p><i>Exercises:</i> Single leg stance, balance reach leg and balance reach arm exercises, lunges (all directions), step-up (all directions) on other side of the patients, and bilateral squat</p> <p><i>Restriction:</i> avoid active terminal knee extension (30° to full extension)</p>	To 9 <sup>th</sup> month	<p>TABLE 1: Continued.</p> <p>(3) running program (started at the 13<sup>th</sup> week)</p> <p>(4) jumping (multidirectional) (started at the 18<sup>th</sup> week)</p> <p>(5) plyometrics and agility exercises (started at the 20<sup>th</sup> to 24<sup>th</sup> week)</p> <p><i>Restriction:</i> return to sports is not allowed before 9 months after surgery</p>

- Ghaderi et al. 21 [53] : **Effects of neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction : a randomized controlled trial.**

<b>Auteurs</b>	Ghaderi M, Letafatkar A, Thomas AC, Keyhani S
<b>Méthode</b>	Design : essai contrôlé randomisé Qualité méthodologique : 8/10 à l'échelle PEDro Localisation : Durée de l'intervention : 8 semaines
<b>Objectifs</b>	Examiner les effets d'un programme d'entraînement neuromusculaire qui met l'accent sur la focalisation externe de l'attention sur la biomécanique, la proprioception et la fonction rapportée par le patient chez les athlètes ayant subi une reconstruction du LCA et terminé une rééducation postopératoire conventionnelle.
<b>Population</b>	Taille de l'échantillon : 24 Age moyen : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expérimental : 26,9 ± 4,1</li> <li>- Contrôle : 27,2 ± 3,3</li> </ul> Critères d'inclusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Athlètes hommes</li> <li>- Ayant subi une reconstruction primaire unilatérale du LCA par autogreffe du tendon des IJ au cours de 6 à 12 mois</li> <li>- Autorisé à la reprise sportive</li> </ul> Critères d'exclusion : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Blessure associée au genou (par exemple, LCM, ménisque)</li> <li>- Antécédents de chirurgie musculosquelettique des membres inférieurs</li> <li>- Nouvelle blessure postopératoire</li> </ul>
<b>Intervention</b>	Groupe expérimental (NTM) : n = 12 Programme d'entraînement neuromusculaire progressif de 8 semaines 3 séances par semaine pendant les semaines 1 à 6 puis 2 séances par semaine pendant les semaines 7 et 8 (22 séances au total) Squats à 2 jambes, fentes marchées, squats à 1 jambe, saut à 2 jambes, position à une jambe sur une surface instable, sauts à 1 jambe en contre-mouvements, sauts horizontaux, saut en longueur à 1 jambe. Exercices effectués au poids du corps. Focalisation externe de l'attention.  Groupe contrôle (control) : n = 12 Activité de routine axées sur l'entraînement des compétences spécifiques au sport pendant 8 semaines (non décrit) Aucun entraînement neuromusculaire formel
<b>Critère de jugement</b>	Essais biomécaniques

	Sens de la position de l'articulation du genou (dynamomètre isocinétique, repositionnement du genou à 45°) Fonction du genou (formulaire d'évaluation subjective du genou du Comité International de documentation du genou IKDC et échelle de Tegner)	
<b>Résultats</b>	Score IKDC (%) Contrôle (CON) Pré intervention : 67,3 ± 8,1 Post intervention : 68,8 ± 11,5 P <sup>c</sup> = 0,55  Expérimental (NTM) Pré intervention : 65,6 ± 9,7 Post intervention : 84,7 ± 1,8 P <sup>c</sup> < 0,001	Position sens errors (°) Contrôle : Pré intervention 6,7 ± 3,7 Post intervention : 6,5 ± 2,9  Expérimental : Pré-intervention : 5,8 ± 1,67 Post intervention : 2,8 ± 1,1

**Table 1** Neuromuscular training program details

Exercise	Wk 1	Wk 2	Wk 3	Wk 4	Wk 5	Wk 6	Wk 7	Wk 8
Double-leg squats	3 × 6	3 × 6	–	–	–	–	–	–
Walking lunges	3 × 6	3 × 6	–	–	–	–	–	–
Single-leg squats	3 × 6	3 × 6	4 × 8	4 × 8	4 × 12	–	–	–
Double-leg drop jumps	–	–	3 × 6	4 × 10	4 × 12	–	–	–
Single-leg stance, unstable surface	–	–	3 × 30s	3 × 30s	4 × 30s	4 × 30s	3 × 30s	3 × 30s
Single-leg countermovement jumps	–	–	3 × 6	3 × 8	4 × 8	4 × 10	3 × 8	3 × 6
Horizontal bounds	–	–	–	–	–	4 × 8	5 × 10	3 × 8
Single-leg standing long jumps	–	–	–	–	–	4 × 8	5 × 8	3 × 8

<sup>a</sup>Sets and repetitions or time for each exercise across the 8-week period

<sup>b</sup>Wk = week

<sup>c</sup>Athletes given 30–60 s of rest between sets

- **Risberg et al. 07 : Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction : a randomized clinical trial.**

<b>Auteurs</b>	Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L
<b>Méthode</b>	Design : Essai contrôlé randomisé Qualité méthodologique : 7/10 à l'échelle PEDro Localisation : Norvège. Rééducation à la Norwegian Sport Medecine Clinic pour le ST et au Departement of Physical Medecine and Rehabilitation de l'hôpital universitaire d'Ullevaal. Durée de l'intervention : 6 mois
<b>Objectifs</b>	L'objectif principal est de déterminer l'effet d'un programme neuromusculaire par rapport à un programme en force traditionnel sur la fonction du genou (CKS) après reconstruction du LCA. Les objectifs secondaires
<b>Population</b>	Taille de l'échantillon : 74 (27F et 47H) 65 restant au bout de 6 mois Age moyen : moyenne = 28,4 (extrêmes 16,7 - 40,3)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expérimental (NT) : 13F de 27,2 (extrêmes 20,6 – 37,9) et 26H de 27,7 (extrêmes 16,7 – 39,6)</li> <li>- Contrôle (ST) : 14F de 26,5 (extrêmes 19,8 – 38,0) et 21H de 31,2 (extrêmes 19,4 – 40,3)</li> </ul> <p>Critères d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avoir subi une chirurgie du LCA par greffe autogène os-tendon rotulien-os (à l'hôpital universitaire d'Ullevaa)</li> <li>- Avoir plus de 15 et moins de 50 ans</li> <li>- Vivre à proximité des cliniques incluses dans l'étude pour participer à la rééducation</li> </ul> <p>Critères d'exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déchirure du LCA de plus de 3 ans</li> <li>- Déchirure du ménisque nécessitant réparation</li> <li>- Avoir déjà subi une blessure ou une intervention chirurgicale à l'un des genoux</li> <li>- Avoir des signes d'arthrites dégénérative</li> <li>- Avoir des fissures du cartilages articulaires s'étendant à l'os sous-chondral</li> </ul>
<b>Intervention</b>	<p>Sujets hospitalisés pendant 1 à 3j après la reconstruction du LCA. Programme à domicile pour la restauration des amplitudes et la gestion de l'œdème. Les programmes de rééducation ont démarré 2 semaines après la chirurgie. Séance 2 à 3 fois par semaine pendant 6 mois.</p> <p>Groupe intervention (NT) : n = 39 (analysé à 3 mois, n = 36 ; à 6 mois, n = 34) Exercice d'équilibre, de stabilité articulaire dynamique, de pliométrie, d'agilité et spécifique au sport. (voir phase 5 et 6 ci-dessous)</p> <p>Groupe contrôle (ST) : n = 35 (analysé à 3 mois, n = 31 ; à 6 mois, n = 31) Entraînement en force des MI, accent sur les quad, ischios, moyen fessier et gastrocnémiens.</p>
<b>Critère de jugement</b>	<p>Principal : Fonction du genou (Cincinnati Knee Score)</p> <p>Secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Douleur (EVA)</li> <li>- Force musculaire du quad et des ischios (dynamomètre isocinétique)</li> <li>- Equilibre statique et dynamique (KAT-2000)</li> <li>- Hop test (one-leg, triple jump test and stair hop test)</li> <li>- Seuil de détection du mouvement passif (TTDPM)</li> </ul>
<b>Résultats</b>	Voir ci-dessous

## Description des exercices pliométriques de l'entraînement neuromusculaire :

### Phase 5: Jumping Phase

Weeks 17-19

Goals: running sideways and backwards; controlled cutting, slow speed; controlled jumping, 2 legs, flat, even surface; controlled bounding for distance; controlled jumps on steps.

- Running backwards
- Bounding for distance
- Jumps: 2 legs, 180-degree turns, flat, even surface
- Jumps: up and down from a step
- Running: figure-of-eight, stop-turn-run
- Agility drills, slow speed

### Phase 6: Plyometric and Agility Training Phase

Weeks 20-24

Goals: controlled single leg jumps; controlled vertical jumps; controlled cutting, full speed; controlled sport-specific activities.

- Single leg jumps, trampoline
- Single leg jumps, balance mat
- Single leg jumps, anterior posterior, lateral, flat, even surface
- Vertical jumps
- Scissors jumps
- Series of jumps: 2-footed jump onto 6- to 8-inch step. Jump off step with 2 feet, then vertical jump
- Agility drills, full speed on a moveable standing platform
- Sport-specific tasks are added during the agility training depending on the kind of sport the patients may return to

### Table.

Mean (SD) Outcome Measurements for the Strength Training (ST) Group and the Neuromuscular Training (NT) Group Preoperatively and 3 and 6 Months Postoperatively<sup>a</sup>

	Preoperative (n=74)		3 mo (n=67)		6 mo (n=65)	
	ST Group (n=35)	NT Group (n=39)	ST Group (n=31)	NT Group (n=36)	ST Group (n=31)	NT Group (n=34)
KT-1000 (mm difference)	7.9 (3.6)	7.2 (4.3)	2.6 (2.9)	2.9 (2.8)	3.0 (2.9)	3.4 (2.6)
Cincinnati Knee Score	65.3 (13.0)	65.2 (17.0)	61.4 (11.7)	64.3 (11.5)	73.4 (9.6)	80.5 (12.3) <sup>b</sup>
VAS for pain during activity (mm)	35.4 (23.3)	35.2 (26.5)	25.9 (18.6)	31.8 (22.6)	24.6 (20.3)	20.7 (21.0)
VAS for knee function (mm)	33.9 (25.3)	39.1 (25.5)	51.7 (26.0)	50.1 (23.8)	59.3 (23.1)	72.4 (22.1) <sup>c</sup>
Triple jump test (%)	94.6 (10.2)	91.8 (12.3)			83.1 (15.4)	88.5 (10.4)
One-leg hop test (%)	93.7 (11.3)	90.1 (15.5)			81.0 (18.2)	84.9 (10.9)
Stairs hop test (%)	84.8 (18.1)	78.4 (21.0)			79.8 (16.4)	79.8 (25.7)
Balance index, static, uninvolved leg <sup>d</sup>	566 (266)	557 (246)	509 (170)	457 (218)	443 (156)	433 (168)
Balance index, static, involved leg <sup>d</sup>	602 (258)	592 (311)	532 (211)	455 (170)	460 (159)	445 (191)
Balance index, dynamic <sup>d</sup>	1,100 (451)	947 (266)	911 (535)	850 (311)	917 (394)	769 (235)
Proprioception <sup>e</sup> (TTDPM), uninvolved leg (°)	1.22 (0.67)	1.19 (0.66)	1.13 (0.45)	1.04 (0.52)	1.21 (0.52)	1.22 (0.86)
Proprioception <sup>e</sup> (TTDPM), involved leg (°)	1.14 (0.74)	1.02 (0.52)	1.39 (0.90)	1.13 (0.45)	1.22 (0.52)	1.20 (0.76)
Flexion total work 60°/s (%)	80.6 (19.5)	82.9 (20.4)			88.3 (14.4)	86.3 (14.3)
Flexion total work 240°/s (%)	87.6 (18.4)	86.8 (24.2)			94.7 (16.1)	90.8 (21.1)
Extension total work 60°/s (%)	79.0 (18.0)	79.4 (20.6)			67.3 (16.1)	79.1 (17.1)
Extension total work 240°/s (%)	84.7 (12.8)	83.7 (17.9)			78.0 (16.0)	79.0 (16.8)

<sup>a</sup> There were significantly improved Cincinnati Knee Scores and visual analog scale (VAS) scores for knee function at 6 months in the NT group compared with the ST group. TTDPM=threshold to detection of passive motion.

<sup>b</sup>  $P=.05$ .

<sup>c</sup>  $P=.02$ .

<sup>d</sup> Total number of subjects=51.

<sup>e</sup> Total number of subjects=47.

## LYSHOLM KNEE SCORING SCALE

This questionnaire is designed to give your Physical Therapist information as to how your knee problems have affected your ability to manage in everyday life Please answer every section and mark only the ONE box which best applies to you at this moment.

Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

### SECTION 1 - LIMP

- I have no limp when I walk. (5)
- I have a slight or periodical limp when I walk. (3)
- I have a severe and constant limp when I walk. (0)

### SECTION 2 - Using cane or crutches

- I do not use a cane or crutches. (5)
- I use a cane or crutches with some weight-bearing. (2)
- Putting weight on my hurt leg is impossible. (0)

### SECTION 3 - Locking sensation in the knee

- I have no locking and no catching sensation in my knee. (15)
- I have catching sensation but no locking sensation in my knee. (10)
- My knee locks occasionally. (6)
- My knee locks frequently. (2)
- My knee feels locked at this moment.. (0)

### SECTION 4 - Giving way sensation from the knee

- My knee gives way. (25)
- My knee rarely gives way, only during athletics or vigorous activity. (20)
- My knee frequently gives way during athletics or other vigorous activities. In turn I am unable to participate in these activities. (15)
- My knee frequently gives way during daily activities. (10)
- My knee often gives way during daily activities. (5)
- My knee gives way every step I take. (0)

### SECTION 5 - PAIN

- I have no pain in my knee. (25)
- I have intermittent or slight pain in my knee during vigorous activities. (20)
- I have marked pain in my knee during vigorous activities. (15)
- I have marked pain in my knee during or after walking more than 1 mile. (10)
- I have marked pain in my knee during or after walking less than 1 mile. (5)
- I have constant pain in my knee. (0)

### SECTION 6 - SWELLING

- I have swelling in my knee. (10)
- I have swelling in my knee only after vigorous activities. (6)
- I have swelling in my knee after ordinary activities. (2)
- I have swelling constantly in my knee. (0)

### SECTION 7 - CLIMBING STAIRS

- I have no problems climbing stairs. (10)
- I have slight problems climbing stairs. (6)
- I can climb stairs only one at a time. (2)
- Climbing stairs is impossible for me. (0)

### SECTION 8 - SQUATTING

- I have no problems squatting. (5)
- I have slight problems squatting. (4)
- I cannot squat beyond a 90deg. Bend in my knee. (1)
- Squatting is impossible because of my knee. (0)

Total: \_\_\_\_\_/100

Instructions: Please place a mark on the line to indicate the amount of pain you have had in your knee(s) in the past 24 hours.

#### RIGHT KNEE

No pain at all \_\_\_\_\_ Worst pain possible

#### LEFT KNEE

No pain at all \_\_\_\_\_ Worst pain possible

Annexe 4 : Niveau d'activité cotation Lysholm-Tegner

10	Sport de compétition – niveau nation ou international : football.
9	Sport de compétition – niveau inférieur : football, hockey sur glace, gymnastique.
8	Sport de compétition : squash, badminton, athlétisme (saut), ski alpin.
7	Sport de compétition : tennis, athlétisme (course à pied), moto-cross, speedway, hand-ball, basket-ball. Sport de loisir : football, hockey sur glace, squash, athlétisme (saut), cross-country.
6	Sport de loisir : tennis, badminton, hand-ball, basket-ball, ski alpin, jogging à raison de 5 entraînements par semaine.
5	Sport de compétition : cyclisme. Sport de loisir : jogging à raison de deux entraînements par semaine sur sol irrégulier. Travail lourd : bâtiment...
4	Sport de loisir : cyclisme, jogging à raison de deux entraînements par semaine sur terrain plat. Travail d'activité moyenne : chauffeur routier, travail domestique éprouvant.
3	Sport de compétition ou loisir : natation, travail léger, marche en forêt possible.
2	Travail léger, marche en forêt impossible.
1	Travail sédentaire, marche terrain plat possible.
0	Handicap professionnel.

# International Knee Documentation Committee (IKDC)

## **SYMPTOMES**

Basez vos réponses sur le plus haut niveau d'activité que vous pensez être capable d'accomplir sans avoir de symptômes significatifs, même si vous ne faites pas actuellement ces activités.

### **1. Quel est le plus haut niveau d'activité que vous pouvez accomplir sans souffrir du genou ?**

- Activités très intenses comportant sauts et rotations comme au basket ou au football.
- Activités intenses comme un travail physique dur, le ski ou le tennis.
- Activités modérées comme un travail physique moyen, la course à pied ou le jogging.
- Activités douces comme la marche, les travaux ménagers ou le jardinage.
- Aucune des activités ci-dessus ne m'est possible à cause de la douleur.

### **2. Au cours des 4 dernières semaines, ou depuis votre accident/blessure, combien de fois avez-vous souffert du genou (de 0 à 10)**

Jamais      0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10      Constamment  
                                           

### **3. Indiquez l'intensité de la douleur en cochant la case correspondante (de 0 à 10)**

Aucune douleur      0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10      La pire douleur imaginable  
                                           

### **4. Au cours des 4 dernières semaines, ou depuis l'accident/la blessure, votre genou était-il raide ou enflé ?**

- Pas du tout
- Un peu
- Moyennement
- Beaucoup
- Enormément

### **5. Quel est le plus haut niveau d'activité que vous pouvez accomplir sans que votre genou n'enfle ?**

- Activités très intenses comportant sauts et rotations comme au basket ou au football
- Activités intenses comme un travail physique dur, le ski ou le tennis
- Activités modérées comme un travail physique moyen, la course à pied ou le jogging
- Activités douces comme la marche, les travaux ménagers ou le jardinage
- Aucune des activités ci-dessus ne m'est possible à cause de mon genou enflé

### **6. Au cours des 4 dernières semaines, ou depuis l'accident/la blessure, y a-t-il eu un blocage ou un accrochage de votre genou ?**

- Oui
- Non



Annexe 6 : Cincinnati Knee Ligament Rating Scales

Symptoms rating scale		Points	
Normal knee with strenuous work or pivoting sports		100	
Able to do moderate work or pivoting sports		80	
Able to do light work or light pivoting sports		60	
Able to do ADL alone		40	
Moderate symptoms with ADL		20	
Severe symptoms with ADL		0	
Assessments of functions: ADL and sports			
ADL rating	Points	Sports rating	Points
<b>Walking</b>			
Normal	40	Straight Running	100
Some limits	30	Fully competitive	80
3 to 4 blocks	20	Some limits	60
< 1 block, cane	0	Half speed	40
		Unable	
<b>Stair Climbing</b>			
Normal	40	Jumping/landing on affected leg	
Some limits	30	Fully competitive	100
11-30 steps	20	Some limits	80
1-10 steps	20	Half speed	60
		Unable	40
<b>Squatting/kneeling</b>			
Normal	40	Hard twisting/cutting/pivoting	
Some limits	30	Fully competitive	100
6-10 squats	20	Some limits	80
0-5 squats	0	Half speed	60
		Unable	40
Sports activity rating scale			Points
Levels			
I (participates 4-7 days/week)			
A. Jumping, cutting, pivoting (e.g., soccer)			100
B. Twisting, turning (e.g., racquet sports)			95
C. Running (e.g., cycling, swimming)			90
II (participates 1-3 days/week)			
A. Jumping, cutting, pivoting			85
B. Twisting, turning			80
C. Running			75
III (participates 1-3 times/month)			
A. Jumping, cutting, pivoting			65
B. Twisting, turning			60
C. Running			55
IV (no sports)			
No problems with ADL			40
Moderate problems with ADL			20
Severe problems with ACL			

**Appendix I. Cincinnati Knee Rating System:  
Symptom Rating Scales, Patient Perception Scale**

**DIRECTIONS:** Using the key below, circle the appropriate boxes on the four scales below which indicate the highest level you can reach **WITHOUT** having symptoms.

**Scale Description**

- 10 Normal knee, able to do strenuous work/sports with jumping, hard pivoting
- 8 Able to do moderate work/sports with running, turning and twisting; symptoms with strenuous work/sports
- 6 Able to do light work/sports with no running, twisting or jumping; symptoms with moderate work/sports
- 4 Able to do activities of daily living alone; symptoms with light work/sports
- 2 Moderate symptoms (frequent, limiting) with activities of daily living
- 0 Severe symptoms (constant, not relieved) with activities of daily living

**1. PAIN**



**2. SWELLING** (actual fluid in the knee; obvious puffiness)



**3. PARTIAL GIVING-WAY** (partial knee collapse, no fall to the ground)



**4. FULL GIVING-WAY** (knee collapse occurs with actual falling to the ground)



**Patient Grade:** Rate the overall condition of your knee at the present time. Circle one number below.



- poor** -- I have significant limitations that affect activities of daily living.
- fair** -- I have moderate limitations that affect activities of daily living, no sports possible.
- good** -- I have some limitations with sports but I can participate; I compensate.
- normal/excellent** -- I am able to do whatever I wish (any sport) with no problems.

**Appendix II. Cincinnati Knee Rating System:  
Sports Activity Scale, Activities of Daily Living Function Scales, Sports Function Scales**

**Sports Activity Scale**

- Level I (participates 4-7 days/week)
  - 100 Jumping, hard pivoting, cutting (basketball, volleyball, football, gymnastics, soccer)
  - 95 Running, twisting, turning (tennis, racquetball, handball, ice hockey, field hockey, skiing, wrestling)
  - 90 No running, twisting, jumping (cycling, swimming)
- Level II (participates 1-3 days/week)
  - 85 Jumping, hard pivoting, cutting (basketball, volleyball, football, gymnastics, soccer)
  - 80 Running, twisting, turning (tennis, racquetball, handball, ice hockey, field hockey, skiing, wrestling)
  - 75 No running, twisting, jumping (cycling, swimming)
- Level III (participates 1-3 times/month)
  - 65 Jumping, hard pivoting, cutting (basketball, volleyball, football, gymnastics, soccer)
  - 60 Running, twisting, turning (tennis, racquetball, handball, ice hockey, field hockey, skiing, wrestling)
  - 55 No running, twisting, jumping (cycling, swimming)
- Level IV (no sports)
  - 40 I perform activities of daily living without problems
  - 20 I have moderate problems with activities of daily living
  - 0 I have severe problems with activities of daily living; on crutches, full disability

**Activities of Daily Living Function Scales**

**1. Walking**

- check one box:*
- 40  normal, unlimited
  - 30  some limitations
  - 20  only 3-4 blocks possible
  - 0  less than 1 block; cane, crutch

**2. Stairs**

- check one box:*
- 40  normal, unlimited
  - 30  some limitations
  - 20  only 11-30 steps possible
  - 0  only 1-10 steps possible

**3. Squatting / kneeling**

- check one box:*
- 40  normal, unlimited
  - 30  some limitations
  - 20  only 6-10 possible
  - 0  only 0-5 possible

**Sports Function Scales**

**1. Straight running**

- check one box:*
- 100  fully competitive
  - 80  some limitations, guarding
  - 60  definite limitations, half speed
  - 40  not able to do

**2. Jumping / landing on affected leg**

- check one box:*
- 100  fully competitive
  - 80  some limitations, guarding
  - 60  definite limitations, half speed
  - 40  not able to do

**3. Hard twists / cuts / pivots**

- check one box:*
- 100  fully competitive
  - 80  some limitations, guarding
  - 60  definite limitations, half speed
  - 40  not able to do

### Appendix III. Cincinnati Knee Rating System: Occupational Rating Scale

Check the response which best describes what you actually do at work. Check only one response per column. Total Points  
x 2 =

Factor 1 sitting	Factor 2 standing/ walking	Factor 3 walking on uneven ground	Factor 4 squatting	Factor 5 climbing	Factor 6 lifting/carrying	Factor 7 pounds carried
<input type="checkbox"/> 8-10 hrs/day	<input type="checkbox"/> 0 hr/day	<input type="checkbox"/> 0 hr/day	<input type="checkbox"/> 0 times/day	<input type="checkbox"/> 0 times/day	<input type="checkbox"/> 0 times/day	<input type="checkbox"/> 0-5 lbs
<input type="checkbox"/> 6-7 hrs/day	<input type="checkbox"/> 1 hr/day	<input type="checkbox"/> 1 hr/day	<input type="checkbox"/> 1-5 times/day	<input type="checkbox"/> 1 flight, 2 times/day	<input type="checkbox"/> 1-5 times/day	<input type="checkbox"/> 6-10 lbs
<input type="checkbox"/> 4-5 hrs/day	<input type="checkbox"/> 2-3 hrs/day	<input type="checkbox"/> 2-3 hrs/day	<input type="checkbox"/> 6-10 times/day	<input type="checkbox"/> 3 flights, 2 times/day	<input type="checkbox"/> 6-10 times/day	<input type="checkbox"/> 11-20 lbs
<input type="checkbox"/> 2-3 hrs/day	<input type="checkbox"/> 4-5 hrs/day	<input type="checkbox"/> 4-5 hrs/day	<input type="checkbox"/> 11-15 times/day	<input type="checkbox"/> 10 flights/ladders	<input type="checkbox"/> 11-15 times/day	<input type="checkbox"/> 21-25 lbs
<input type="checkbox"/> 1 hr/day	<input type="checkbox"/> 6-7 hrs/day	<input type="checkbox"/> 6-7 hrs/day	<input type="checkbox"/> 16-20 times/day	<input type="checkbox"/> ladders with weight 2-3 days/week	<input type="checkbox"/> 16-20 times/day	<input type="checkbox"/> 26-30 lbs
<input type="checkbox"/> 0 hr/day	<input type="checkbox"/> 8-10 hrs/day	<input type="checkbox"/> 8-10 hrs/day	<input type="checkbox"/> more than 20 times/day	<input type="checkbox"/> ladders daily with weight	<input type="checkbox"/> more than 20 times/day	<input type="checkbox"/> more than 30 lbs

### Appendix IV. Cincinnati Knee Rating System: Overall Rating Scheme

Subjective: 20 points		Excellent		Good		Fair		Poor								
		Level	Pts.	Level	Pts.	Level	Pts.	Level	Pts.							
10 = Normal knee, able to do strenuous work/parts with jumping, hard pivoting 8 = Able to do moderate work/parts with running, twisting, turning; symptoms with strenuous work/parts 6 = Able to do light work/parts with no running, twisting, jumping; symptoms with moderate work/parts 4 = Able to do activities of daily living alone; symptoms with light work/parts 2 = Moderate symptoms (frequent, limiting) with ADL 0 = Severe symptoms (constant, not relieved) with ADL * Highest level possible with no or rare symptoms		Pain	10	8	6	4	2	0	10	5	8	3	6-4	1	2-0	0
		Swelling	10	8	6	4	2	0	10	5	8	3	6-4	1	2-0	0
		Partial Giving-Way	10	8	6	4	2	0	10	5	8	3	6-4	1	2-0	0
		Full Giving-Way	10	8	6	4	2	0	10	5	8	3	6-4	1	2-0	0
Activity Level: 15 points		Pts 3		Pts 2		Pts 1		Pts 0		Pts	Pts	Pts	Pts	Pts	Pts	
Walking		Normal, unlimited		Some limitations		Only 3-4 blocks possible		Less than 1 block, cane		3	2	1	0	0	0	
Stairs		Normal, unlimited		Some limitations		Only 11-30 steps possible		Only 1-10 steps possible		3	2	1	0	0	0	
Squatting		Normal, unlimited		Some limitations		Only 6-10 possible		Only 0-5 possible		3	2	1	0	0	0	
Running		Normal, unlimited		Some limitations		Run 1/2 speed		Not able to do		3	2	1-0	0	0	0	
Jumping		Normal, unlimited		Some limitations		Definite limitations, 1/2 speed		Not able to do		3	2	1-0	0	0	0	
Twists/Cuts		Normal, unlimited		Some limitations		Definite limitations, 1/2 speed		Not able to do		3	2	1-0	0	0	0	
Examination: 25 points		NL	Pts	MILD	Pts	MOD	Pts	SEV	Pts	Pts	Pts	Pts	Pts	Pts	Pts	
Effusion		NL	5	≤25 cc	4	25-60 cc	2	>60 cc	0	5	4	2	0	0	0	
Lack of Flexion		0-5°	5	6-15°	4	16-30°	2	>30°	0	5	4	2	0	0	0	
Lack of Extension		0-2°	5	4-5°	4	6-10°	2	>10°	0	5	4	2	0	0	0	
Tibiofemoral Crepitus		NL	5	Mod*	2	Mod*	2	Sev*	0	5	2	2	0	0	0	
Patellofemoral Crepitus		NL	5	Mod*	2	Mod*	2	Sev*	0	5	2	2	0	0	0	
(*Indicates definite limitation, cartilage abnormality moderate 25-30°, severe > 30°)																
Instability: 20 points		Anterior (KT-1000)		Pivot Shift		Anterior (KT-1000)		Pivot Shift		Pts	Pts	Pts	Pts	Pts	Pts	
		<3 mm	10	3-5 mm	7	6 mm	4	>6 mm	0	10	7	4	0	0	0	
		negative	10	slip	7	definite	4	severe	0	10	7	4	0	0	0	
Radiographs: 10 points		4 pts		3 pts		2 pts		0 pt		Convert sum x-ray pts:		Sum points: _____				
Medial Tibiofemoral		NL	Mid	Mod	narrowing	Sev	narrowing	Sev	narrowing	12 x-ray pts = 10 final pts	11-9 x-ray pts = 7 final pts	8-6 x-ray pts = 4 final pts	5-0 x-ray pts = 0 final pts			
Lateral Tibiofemoral		NL	Mid	Mod	+1/2 joint space	Sev	+1/2 joint space	Sev	+1/2 joint space							
Patellofemoral		NL	Mid	Mod		Sev		Sev								
Function Testing: 10 points		Use any two		_____ % limb symmetry		_____ % limb symmetry		_____ average % limb symmetry		Symmetry	Pts.	Symmetry	Pts.	Symmetry	Pts.	
One-Legged Hop, 1 hop for distance				_____ % limb symmetry		_____ % limb symmetry		_____ average % limb symmetry		100-85	10	84-75	7	74-65	4	
One-Legged Hop, 3 hops for distance				_____ % limb symmetry		_____ % limb symmetry		_____ average % limb symmetry								
One-Legged Hop, timed hop over 6 meters				_____ % limb symmetry		_____ % limb symmetry		_____ average % limb symmetry								
One-Legged Hop, cross-over for distance				_____ % limb symmetry		_____ % limb symmetry		_____ average % limb symmetry								
Final Rating Acute Injury Studies: Category _____										Final Rating Chronic Injury Studies: Point Sum _____						
Excellent: all in "excellent" (may have one in "good"); Good: all in "excellent" and "good"																
Fair: any one in "fair"; Poor: any one in "poor"																

Annexe 7 : Grille AMSTAR-2

**Tableau I. Traduction française de AMSTAR-2.**

Items	Cotation
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?
2	Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?
6	Les auteurs ont-ils effectuée en double l'extraction des données ?
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation / de la discussion des résultats de la revue ?
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêts, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?

## **Résumé :**

**Introduction :** La rupture du ligament croisé antérieur est l'une des blessures les plus courantes, notamment dans le monde du sport. Une telle blessure entraîne un déficit de proprioception, de l'équilibre ainsi qu'une diminution de la force et des performances fonctionnelles. La rééducation est longue, l'objectif kinésithérapique est de permettre la reprise des activités quotidiennes et sportives dans les meilleures conditions. L'entraînement neuromusculaire à base d'exercices pliométriques pourrait être une bonne piste de traitement. En effet, il permettrait de restaurer un bon contrôle moteur et aiderait à rétablir la stabilité du genou.

**Objectifs :** L'objectif de cette revue est d'étudier l'intérêt de l'entraînement neuromusculaire dans l'amélioration de la fonctionnalité chez les patients ayant subi une opération du LCA.

**Méthode :** Les bases de données Pubmed, PEDro et Cochrane Library ont été investiguées. A la suite du processus de sélection, nous avons inclus 4 essais cliniques randomisés. Leur qualité méthodologique a été analysées grâce à l'échelle PEDro, nous avons ensuite extrait les données et analysés les résultats obtenus avant de rédiger une synthèse.

**Résultats :** Nous avons étudié les critères de jugement suivant : la fonction rapportée par le patient, les tests de saut et la proprioception consciente. Les résultats sont mitigés selon les études, et ne nous permettent pas d'affirmer l'effet du traitement.

**Discussion :** L'hétérogénéité des interventions, les limites méthodologiques, l'incohérence des effets, ne nous permettent pas réellement de conclure sur l'efficacité de l'entraînement neuromusculaire, à base d'exercices pliométriques dans l'amélioration de la fonctionnalité des patients opérés du LCA.

**Mots clés :** Ligament croisé antérieur - entraînement neuromusculaire - capacité fonctionnelle - test de saut - proprioception

## **Abstract :**

**Introduction :** The rupture of the anterior cruciate ligament is one of the most common injuries, especially in the world of sports. Such an injury leads to a deficit in proprioception and balance as well as a decrease in strength and functional performance. Rehabilitation is long, the objective is to allow the resumption of daily activities and sports in the best conditions. Neuromuscular training based on plyometric exercises could be a good treatment option. Indeed, it would allow to restore a good motor control and would help to re-establish the stability of the knee.

**Objectives :** The objective of this review is to investigate the value of neuromuscular training in improving functionality in ACL surgery patients.

**Method :** The Pubmed, PEDro and Cochrane Library databases were investigated. Following the selection process, we included 4 randomized clinical trials. Their methodological quality was analysed using the PEDro scale, and we then extracted the data and analysed the results obtained before writing a synthesis.

**Results :** We studied the following criteria of judgement: the function reported by the patient, the hop tests and the conscious proprioception. The results are mixed according to the studies, and do not allow us to affirm the effect of the treatment.

**Discussion :** The heterogeneity of the interventions, the methodological limitations, and the inconsistency of the effects do not really allow us to conclude on the effectiveness of neuromuscular training, based on plyometric exercises, in improving functionality in ACL surgery patients.

**Key words :** Cruciate anterior ligament - neuromuscular training - functional capacity - hop test - proprioception