

# Évaluation de la proprioception du genou après chirurgie du ligament croisé antérieur et de son impact dans la reprise des activités physiques et sportives

Marine Rolland

▶ **To cite this version:**

Marine Rolland. Évaluation de la proprioception du genou après chirurgie du ligament croisé antérieur et de son impact dans la reprise des activités physiques et sportives. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03172088

**HAL Id: dumas-03172088**

**https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03172088**

Submitted on 17 Mar 2021

**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.

**UNIVERSITÉ de CAEN NORMANDIE**

**-------**

**UFR SANTÉ**

Année 2019/2020

# THÈSE POUR L'OBTENTION

# DU GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le : 6 octobre 2020

par

Mme Marine ROLLAND

Né (e) le 03/06/1991 à Rennes *(Ille-et-Vilaine)*

## TITRE DE LA THÈSE :

**Evaluation de la proprioception du genou après chirurgie du ligament croisé antérieur et de son impact dans la reprise des activités physiques et sportives.**

**Président : Monsieur le Professeur HULET Christophe**

Membres : Monsieur le Professeur MARCÉLLI Christian
Monsieur le Professeur NORMAND Hervé
Monsieur le Docteur REBOURSIERE Emmanuel
Monsieur le Docteur DESVERGEE Antoine

***Directeur de thèse :*** ***Dr DRIGNY Joffrey***

UNIVERSITÉ DE CAEN · NORMANDIE

UFR SANTÉ - FACULTE DE MEDECINE

## Année Universitaire 2019/2020

**Doyen**
Professeur Emmanuel TOUZÉ

**Assesseurs**
Professeur Paul MILLIEZ (pédagogie)
Professeur Guy LAUNOY (recherche)
Professeur Sonia DOLLFUS & Professeur Evelyne EMERY (3ème cycle)

**Directrice administrative**
Madame Sarah CHEMTOB

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **AGOSTINI Denis** | Biophysique et médecine nucléaire |
| **M.** | **AIDE Nicolas** | Biophysique et médecine nucléaire |
| **M.** | **ALLOUCHE Stéphane** | Biochimie et biologie moléculaire |
| **M.** | **ALVES Arnaud** | Chirurgie digestive |
| **M.** | **AOUBA Achille** | Médecine interne |
| **M.** | **BABIN Emmanuel** | Oto-Rhino-Laryngologie |
| **M.** | **BÉNATEAU Hervé** | Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie |
| **M.** | **BENOIST Guillaume** | Gynécologie - Obstétrique |
| **M.** | **BERGER Ludovic** | Chirurgie vasculaire |
| **M.** | **BERGOT Emmanuel** | Pneumologie |
| **M.** | **BIBEAU Frédéric** | Anatomie et cytologie pathologique |
| **Mme** | **BRAZO Perrine** | Psychiatrie d'adultes |
| **M.** | **BROUARD Jacques** | Pédiatrie |
| **M.** | **BUSTANY Pierre** | Pharmacologie |
| **Mme** | **CHAPON Françoise** | Histologie, Embryologie |
| **Mme** | **CLIN-GODARD Bénédicte** | Médecine et santé au travail |
| **M.** | **DAMAJ Ghandi Laurent** | Hématologie |

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **DAO Manh Thông** | Hépatologie-Gastro-Entérologie |
| **M.** | **DEFER Gilles** | Neurologie |
| **M.** | **DELAMILLIEURE Pascal** | Psychiatrie d'adultes |
| **M.** | **DENISE Pierre** | Physiologie |
| **Mme** | **DOLLFUS Sonia** | Psychiatrie d'adultes |
| **M.** | **DREYFUS Michel** | Gynécologie - Obstétrique |
| **M.** | **DU CHEYRON Damien** | Réanimation médicale |
| **Mme** | **ÉMERY Evelyne** | Neurochirurgie |
| **M.** | **ESMAIL-BEYGUI Farzin** | Cardiologie |
| **Mme** | **FAUVET Raffaèle** | Gynécologie – Obstétrique |
| **M.** | **FISCHER Marc-Olivier** | Anesthésiologie et réanimation |
| **M.** | **GÉRARD Jean-Louis** | Anesthésiologie et réanimation |
| **M.** | **GUILLOIS Bernard** | Pédiatrie |
| **Mme** | **GUITTET-BAUD Lydia** | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| **M.** | **HABRAND Jean-Louis** | Cancérologie option Radiothérapie |
| **M.** | **HAMON Martial** | Cardiologie |
| **Mme** | **HAMON Michèle** | Radiologie et imagerie médicale |
| **M.** | **HANOUZ Jean-Luc** | Anesthésie et réa. médecine péri-opératoire |
| **M.** | **HULET Christophe** | Chirurgie orthopédique et traumatologique |
| **M.** | **ICARD Philippe** | Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire |
| **M.** | **JOIN-LAMBERT Olivier** | Bactériologie - Virologie |
| **Mme** | **JOLY-LOBBEDEZ Florence** | Cancérologie |
| **M.** | **JOUBERT Michael** | Endocrinologie |
| **M.** | **LAUNOY Guy** | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| **M.** | **LE HELLO Simon** | Bactériologie-Virologie |
| **Mme** | **LE MAUFF Brigitte** | Immunologie |
| **M.** | **LOBBEDEZ Thierry** | Néphrologie |

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **LUBRANO Jean** | Chirurgie viscérale et digestive |
| **M.** | **MAHE Marc-André** | Cancérologie |
| **M.** | **MANRIQUE Alain** | Biophysique et médecine nucléaire |
| **M.** | **MARCÉLLI Christian** | Rhumatologie |
| **M.** | **MARTINAUD Olivier** | Neurologie |
| **M.** | **MAUREL Jean** | Chirurgie générale |
| **M.** | **MILLIEZ Paul** | Cardiologie |
| **M.** | **MOREAU Sylvain** | Anatomie/Oto-Rhino-Laryngologie |
| **M.** | **MOUTEL Grégoire** | Médecine légale et droit de la santé |
| **M.** | **NORMAND Hervé** | Physiologie |
| **M.** | **PARIENTI Jean-Jacques** | Biostatistiques, info. médicale et tech. de communication |
| **M.** | **PELAGE Jean-Pierre** | Radiologie et imagerie médicale |
| **Mme** | **PIQUET Marie-Astrid** | Nutrition |
| **M.** | **QUINTYN Jean-Claude** | Ophtalmologie |
| **Mme** | **RAT Anne-Christine** | Rhumatologie |
| **M.** | **RAVASSE Philippe** | Chirurgie infantile |
| **M.** | **REPESSE Yohann** | Hématologie |
| **M.** | **REZNIK Yves** | Endocrinologie |
| **M.** | **ROD Julien** | Chirurgie infantile |
| **M.** | **ROUPIE Eric** | Médecine d'urgence |
| **Mme** | **THARIAT Juliette** | Radiothérapie |
| **M.** | **TILLOU Xavier** | Urologie |
| **M.** | **TOUZÉ Emmanuel** | Neurologie |
| **M.** | **TROUSSARD Xavier** | Hématologie |
| **Mme** | **VABRET Astrid** | Bactériologie - Virologie |
| **M**. | **VERDON Renaud** | Maladies infectieuses |
| **Mme** | **VERNEUIL Laurence** | Dermatologie |
| **M.** | **VIVIEN Denis** | Biologie cellulaire |

**PROFESSEURS ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS A MI-TEMPS**

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **DE LA SAYETTE Vincent** | Neurologie |
| **Mme** | **DOMPMARTIN-BLANCHÈRE Anne** | Dermatologie |
| **M.** | **GUILLAUME Cyril** | Médecine palliative |
| **M.** | **LE BAS François** | Médecine Générale |
| **M.** | **SABATIER Rémi** | Cardiologie |

**PRCE**

| | | |
|---|---|---|
| **Mme** | **LELEU Solveig** | Anglais |

**PROFESSEURS EMERITES**

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **HURAULT de LIGNY Bruno** | Néphrologie |
| **Mme** | **KOTTLER Marie-Laure** | Biochimie et biologie moléculaire |
| **M.** | **LE COUTOUR Xavier** | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| **M.** | **LEPORRIER Michel** | Hématologie |
| **M.** | **VIADER Fausto** | Neurologie |

UNIVERSITÉ DE CAEN · NORMANDIE

UFR SANTÉ - FACULTE DE MEDECINE

**Année Universitaire 2019/2020**

**Doyen**
Professeur Emmanuel TOUZÉ

**Assesseurs**
Professeur Paul MILLIEZ (pédagogie)
Professeur Guy LAUNOY (recherche)
Professeur Sonia DOLLFUS & Professeur Evelyne EMERY (3ème cycle)

**Directrice administrative**
Madame Sarah CHEMTOB

**MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **ALEXANDRE Joachim** | Pharmacologie clinique |
| **Mme** | **BENHAÏM Annie** | Biologie cellulaire |
| **M.** | **BESNARD Stéphane** | Physiologie |
| **Mme** | **BONHOMME Julie** | Parasitologie et mycologie |
| **M.** | **BOUVIER Nicolas** | Néphrologie |
| **M.** | **COULBAULT Laurent** | Biochimie et Biologie moléculaire |
| **M.** | **CREVEUIL Christian** | Biostatistiques, info. médicale et tech. de communication |
| **M.** | **DE BOYSSON Hubert** | Médecine interne |
| **Mme** | **DINA Julia** | Bactériologie - Virologie |
| **Mme** | **DUPONT Claire** | Pédiatrie |
| **M.** | **ÉTARD Olivier** | Physiologie |
| **M.** | **GABEREL Thomas** | Neurochirurgie |
| **M.** | **GRUCHY Nicolas** | Génétique |
| **M.** | **GUÉNOLÉ Fabian** | Pédopsychiatrie |
| **M.** | **HITIER Martin** | Anatomie - ORL Chirurgie Cervico-faciale |
| **M.** | **ISNARD Christophe** | Bactériologie Virologie |
| **M.** | **JUSTET Aurélien** | Pneumologie |
| **Mme** | **KRIEGER Sophie** | Pharmacie |

| | | |
|---|---|---|
| **M.** | **LEGALLOIS Damien** | Cardiologie |
| **Mme** | **LELONG-BOULOUARD Véronique** | Pharmacologie fondamentale |
| **Mme** | **LEVALLET Guénaëlle** | Cytologie et Histologie |
| **M.** | **MITTRE Hervé** | Biologie cellulaire |
| **M**. | **SESBOÜÉ Bruno** | Physiologie |
| **M.** | **TOUTIRAIS Olivier** | Immunologie |
| **M.** | **VEYSSIERE Alexis** | Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie |

**MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS A MI-TEMPS**

| | | |
|---|---|---|
| **Mme** | **ABBATE-LERAY Pascale** | Médecine générale |
| **M.** | **COUETTE Pierre-André** | Médecine générale |
| **Mme** | **NOEL DE JAEGHER Sophie** | Médecine générale |
| **M.** | **PITHON Anni** | Médecine générale |
| **M.** | **SAINMONT Nicolas** | Médecine générale |
| **Mme** | **SCHONBRODT Laure** | Médecine générale |

**MAITRES DE CONFERENCES EMERITES**

| | | |
|---|---|---|
| **Mme** | **DEBRUYNE Danièle** | Pharmacologie fondamentale |
| **Mme** | **DERLON-BOREL Annie** | Hématologie |
| **Mme** | **LEPORRIER Nathalie** | Génétique |

**Remerciements**

***Aux membres du jury***

**A monsieur le Professeur HULET**, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la mission de Président de jury de cette thèse. Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail à la lumière de votre expertise.

**A monsieur le Docteur Joffrey DRIGNY**, qui m'a fait l'honneur de diriger cette thèse. Je te remercie de m'avoir fait confiance pour ce sujet au combien intéressant. Grâce à ton soutien et à ta bienveillance j'ai pu bénéficier d'un réel compagnonnage au cours de mon internat. J'espère pouvoir continuer à travailler à tes côtés sur des projets de médecine du sport.

**A messieurs les Professeurs MARCÉLLI et NORMAND**, je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail. Veuillez recevoir le témoignage de mon profond respect.

**A monsieur le Docteur Emmanuel REBOURSIERE,** je te remercie de m'avoir fait confiance et accordé le DESC de médecine du sport. Grâce à toi de belles expériences professionnelles s'ouvrent à moi. Merci pour ton accueil dans le service de médecine du sport, ce stage a été un réel plaisir.

**A monsieur le Docteur Antoine DESVERGEE** pour ton énergie et ton enseignement. Je mesure la chance que j'ai eue au cours de mon internat d'être entouré par des gens généreux et compétents comme toi.

***Aux personnes qui ont marqué mon internat***

A monsieur le Docteur Alexis RUET, pour votre encadrement, votre soutien dans mon projet professionnel et votre disponibilité au cours de mon internat.

A Clémence, véritable amie qui m'a toujours prêtée une oreille attentive. Je compte sur toi pour qu'on navigue ensemble en Bretagne Sud.

Aux médecins du service BAR (brulés, amputés et rachis), les docteurs Estelle ELIE, Pierre VERSCHOORE et Martin BAUDRY, du service de rééducation de KERPAPE. J'ai eu un véritable coup de cœur pour votre service et ce sera un réel honneur et plaisir de travailler à vos côtés.

Aux médecins du Service de traumatologie de KERPAPE, les docteurs Valérie THOREAU, Vincent DETAILLE, Thierry CHARLAND et Thomas JULIENNE. Merci pour votre bienveillance, votre confiance et de m'avoir permise de réaliser un second inter-CHU dans votre service. Je mesure la chance que j'ai d'apprendre à vos côtés.

Aux médecins et personnels paramédicaux qui m'ont formés au cours de mon internat.

A mes co-internes, Jean Baptiste, Josselin, Hélène et Caroline. Superbe promotion de MPR. Un grand cru millésimé. Merci pour votre bonne humeur qui a accompagné tout notre internat.

Aux internes et amis et pinpins de Sorel, coup de foudre amical de ce début d'internat : Lisa, Mimie, Caro, Fanchou, Claire, Nico D, Nico J, Pouilloux, Wiwi, Harry, Valérie. Grâce à vous l'internat a également rimé avec surf, plage et voile.

A mes amis de l'externat et de Rennes : la team kirikou, Audrey, Mymy, Coco, Martinat, Pierre, Emeline, Gaby, Kathou, Béné, Maia, Thibzzz, Ronizzz, Marine et Fredzzz.

A mes amis de toujours : Gaga, Sophie, Juju, Laure, Romain, Antoine, Hugette.

***Je dédie cette thèse***

**A mes parents** pour votre amour et votre soutien tout au long de ces longues études. Vous m'avez inculqué le gout du travail bien fait, de la curiosité mais également au combien il est important de garder du temps pour les activités sportives. A nos régates familiales, nos compétitions de ski et nos sorties pêche à la crevette. La vie à vos côtés est douce.

**A ma sœur Cricri,** merci pour notre complicité, nos vacances, notre 3$^{ème}$ degrés, ces week-end à Tréga. Merci de terminer toujours 3$^{ème}$ à la régate familiale.

**A Aurélien**, merci de m'avoir soutenu pendant la thèse. Construire des projets à tes côtés à Lorient me rend très heureuse.

**A ma grand-mère et mamie**, parties trop vite mais toujours aussi présentes dans nos cœur.

**Abréviations**

ACL-RSI : Anterior Cruciate Ligament-Return-to-Sport after Injury
ANAES : Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé
CV : Coefficient de variation
DI : Droit interne
DT : Demi-tendineux
EVA : Échelle Visuelle Analogique
HAS : Haute autorité de santé
IJ : Ischio-jambiers
JPS : Joint Position Sense
IKDC : International knee documentation committee
KJ : Kenneth Jones
KOOS : Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score
KSSTA : Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy
LCA : Ligament croisé antérieur
LCP : Ligament croisé postérieur
LLE : Ligament latéral externe
LLI : Ligament latéral interne
LSI : Limb symmetry index
MKL : Masseurs kinésithérapeutes libéraux
Q : Quadriceps
SSR : Soins de Suite et de Réadaptation
TDPM : Threshold for Detection Motion

**Tableaux et figures**

## Tableaux

**Tableau 1** : Classification de l'IKDC selon le type d'activités physiques pratiquées. ..... 20
**Tableau 2** : Facteurs de risque de reconstruction chirurgicale du LCA (15) ..... 21
**Tableau 3 :** Présentation des différents types de greffons et de leurs caractéristiques ..... 23
**Tableau 4** : Résumé des résultats des évaluations proprioceptives et musculaires dans le groupe contrôle..... 61
**Tableau 5** : Etude des corrélations entre les tests proprioecptifs sur isocinétiqme, les tests fonctionnels proprioceptifs et les mesures de force musculaire dans le groupe contrôle. ..... 63
**Tableau 6 :** P value de PEARSON des corrélations entre les tests proprioecptifs sur isocinétiqme, les tests fonctionnels proprioceptifs et les mesures de force musculaire dans le groupe contrôle..... 74
**Tableau 7** : Résumé des résultats du groupe patients..... 70
**Tableau 8** : Matrice de corrélation de Pearsondes résultats du groupe patients..... 80
**Tableau 9** : P values de Pearson des corrélation de Pearson des résultats du groupe patients 81
**Tableau 10** : Données quantitatives à 3 mois post opératoire..... 74
**Tableau 11** : Corrélation Pearson des évaluations proprioceptives des patients en pré opératoire et à 3 mois ..... 75

**Figures**

**Figure 1** : Insertion tibiale du LCA ..... 16
**Figure 2** : Insertion fémorale du LCA ..... 16
**Figure 3 :** Visualisation des faisceaux antéro-médial et postéro-latéral du LCA (15) ..... 25
**Figure 4 :** Courbe normale d'un test isocinétique du genou en vitesse concentrique pour les extenseurs et les fléchisseurs. ..... 33
**Figure 5 :** Illustration des 3 tests de sauts monopodaux ou Hop tests (84) ..... 45
**Figure 6 :** Evaluation isocinétique de la proprioception ..... 46
**Figure 7** : Installation sur le dynamomètre ..... 48
**Figure 8 :** Répartition du niveau de pratique sportive dans le groupe contrôle ..... 60
**Figure 9 :** Aports pratiqués dans le groupe contrôle ..... 61
**Figure 10 :** Flow chart des patients inclus dans Pro-ACL ..... 66
**Figure 11** : Circonstances de l'accident dans le groupe patients ..... 66
**Figure 12** : Sports pratiqués dans le groupe patients ..... 67
**Figure 13** : Description de la laxité constitutionnelle dans le groupe patients ..... 67
**Figure 14 :** Description des morphotypes constitutionnels dans le groupe patients ..... 68
**Figure 15 :** Description des lésions retrouvées sur les IRM des genoux pré-opératoires ..... 69
**Figure 16 :** Techniques chirurgicales réalisées chez les patients opérés. ..... 73

**Table des matières**


1 Introduction ..... 15
1.1 Contexte ..... 15
1.2 Anatomie ..... 15
1.2.1 Anatomie du genou ..... 15
1.2.2 Anatomie du LCA ..... 16
1.3 Physiopathologie de la rupture du LCA ..... 19
1.4 Les conséquences biomécaniques de la rupture du LCA ..... 19
1.5 Traitement d'une rupture de LCA ..... 20
1.5.1 La rééducation fonctionnelle ..... 21
1.5.2 La reconstruction chirurgicale du LCA ..... 22
1.6 Le retour au sport ..... 27
1.6.1 Les données épidémiologiques ..... 27
1.6.2 Les freins identifiés à la reprise du sport ..... 28
1.6.3 Risques de lésions secondaires ..... 28
1.6.4 Critères de reprise du sport ..... 28
1.7 L'évaluation musculaire isocinétique ..... 30
1.7.1 Les intérêts de l'évaluation musculaire isocinétique ..... 30
1.7.2 Contre-indications relatives et absolues de l'isocinétisme, ..... 31
1.7.3 Les paramètres mesurés au cours de l'évaluation musculaire isocinétique ..... 32
1.7.4 Interprétation des données en pratique pour le genou ..... 33
1.8 La Proprioception ..... 34
1.8.1 Définition ..... 35
1.8.2 Bases anatomophysiologiques de la proprioception ..... 35
1.8.3 La proprioception en pratique clinique ..... 37
1.9 Les objectifs de notre étude ..... 39
2 Matériel et Méthode ..... 40
2.1 Conception de la recherche ..... 40
2.1.1 Plan Expérimental ..... 40
2.1.2 Design de l'étude ..... 41
2.1.3 Critères d'arrêt de la recherche ..... 42
2.2 Sélection de la population ..... 42

2.3 Nombre de patients à inclure à minima ..... 43
2.4 Déroulement pratique de l'étude pour le groupe contrôle ..... 43
2.4.1 Données démographiques et cliniques ..... 43
2.4.2 Protocole d'évaluation ..... 43
2.4.3 Tests proprioceptifs sur machine d'isocinétisme ..... 45
2.4.4 Protocole d'évaluation musculaire isocinétique appliquée au genou. ..... 47
2.5 Déroulement pratique de l'étude pour le groupe LCA ..... 51
2.5.1 Première consultation en pré opératoire ..... 51
2.5.2 Deuxième consultation à 6 semaines post opératoire ( Annexe 3) ..... 55
2.5.3 Troisième consultation à 3 mois post opératoire ..... 56
2.5.4 Quatrième consultation à 7 mois post opératoire ..... 59
2.5.5 12 mois post opératoire ..... 59
2.5.6 Calendrier récapitulatif ..... 59
3 Résultats ..... 60
3.1 Groupe contrôle (individus sains) ..... 60
3.1.1 Caractéristiques de la population ..... 60
3.1.2 Résultats des évaluations proprioceptives et musculaires ..... 61
3.2 Groupe patients LCA ..... 65
3.2.1 Caractéristiques de la population ..... 65
3.2.2 Résultats des évaluations proprioceptives (JPSE et TDPM) et fonctionnelles par questionnaire (KOOS, IKDC subjectif et ACL-RSI) en pré-opératoire. ..... 69
4 Discussion ..... 76
5 Conclusion ..... 78

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

Chez le sportif, la rupture du ligament croisé antérieur est la lésion ligamentaire la plus fréquente du genou (1). Son incidence augmente et est portée à 68,6 pour 100 000 personnes (2). Dans la population sportive, ce taux est plus important et s'élève à 0,062 pour 1000 expositions en match ou entrainement (3).

## 1.2 Anatomie

### 1.2.1 Anatomie du genou

L'articulation du genou est très complexe, que ce soit du point de vue anatomique ou fonctionnel. L'articulation doit être stable et doit permettre une bonne mobilité. Elle est composée de trois os, le fémur, le tibia et la rotule, et elle est subdivisée en deux articulations, la fémoro-patellaire et la fémoro-tibiale.

La stabilité du genou est assurée par des éléments passifs, les surfaces articulaires, les ménisques et les ligaments, ainsi que par des éléments actifs, tels que les muscles.

Les ligaments du genou sont au nombre de quatre, deux périphériques (le ligament collatéral médial et le ligament collatéral fibulaire, et deux centraux (le ligament croisé antéro externe et le ligament croisé postéro interne), appelé également « le pivot central ».

Le muscle extenseur principal du genou est le quadriceps, tandis que les muscles fléchisseurs du genou sont composés principalement des ischio-jambiers (la longue portion du muscle biceps fémoral, le muscle semi-tendineux et le muscle semi-membraneux).

Les muscles ischio-jambiers possèdent également un rôle accessoire dans l'extension de la cuisse. En effet, lors de la marche ou de la course, ils sont antagonistes du quadriceps, et freinent l'avancée de la jambe à la fin du pas. Ils empêchent ainsi l'extension brutale et complète du genou.

Le rôle des ischio-jambiers a été étudié dans la prévention des ruptures du LCA. En effet, ils limitent le tiroir antérieur (4) surtout lors de sa contraction excentrée (5) mais aussi par ses propriétés mécaniques passives lors de l'extension (6) (7). Ils ont également un rôle dans la stabilité en rotation (8).

### 1.2.2 Anatomie du LCA

#### 1.2.2.1 Insertion du LCA

Classiquement le LCA est décrit comme une bande de tissu conjonctif tendue entre le fémur et le tibia. Au niveau du tibia, le LCA s'insère sur la surface pré-spinale, en avant des épines tibiales, en arrière de la corne antérieure du ménisque médial.

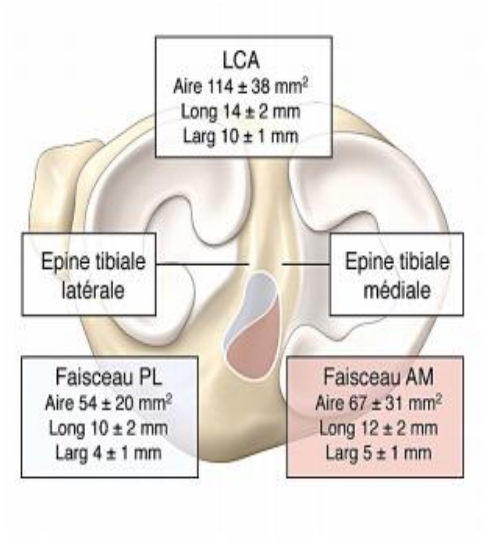



**Figure 1 : Insertion tibiale du LCA**

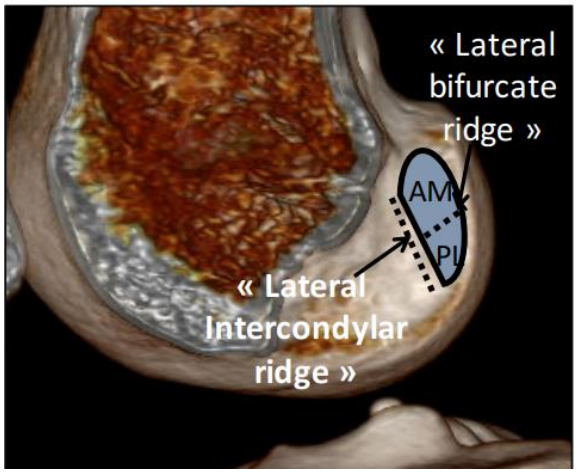



**Figure 2 : Insertion fémorale du LCA**

Au niveau du fémur, le LCA s'insère sur la face axiale du condyle fémoral latéral.

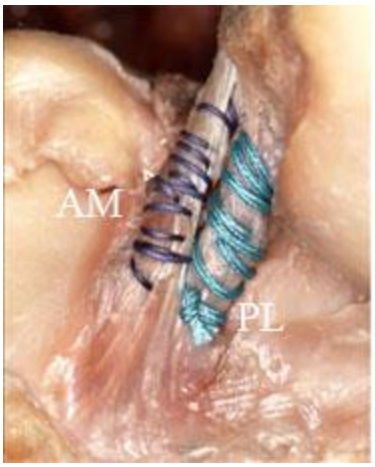
Le LCA possède un trajet oblique en bas, en avant et en dedans.

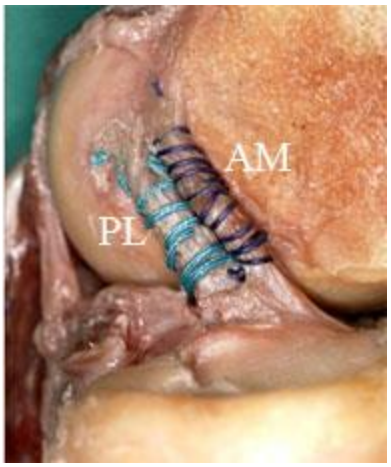
#### 1.2.2.2 Constitution du LCA

Le LCA comprend des fibres parallèles sans que l'on puisse réellement isoler de faisceaux séparés. Le LCA est constitué d'un continuum de fibres avec deux contingents principaux présentant une tension différente sur la flexion-rotation du genou. Ces deux contingents sont les faisceaux antéro-médial et postéro-latéral.

Le faisceau antéro-médial possède une insertion tibiale antérieure et médiale et une insertion fémorale haute et postérieure.

Le faisceau postéro-latéral a une insertion tibiale en arrière et en dehors du faisceau antéro-médial. Il est plus court et plus vertical. Il possède une insertion fémorale plus basse sur la face axiale du condyle externe.

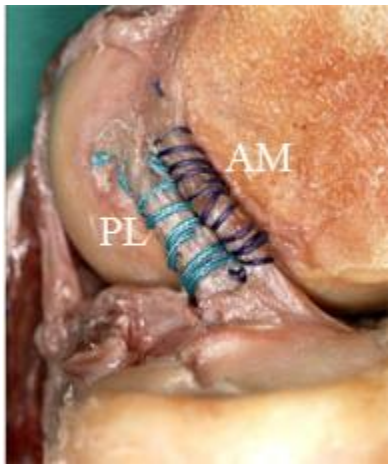



#### 1.2.2.3 Propriétés biomécaniques du LCA

La direction et la tension du LCA dépendent du degré de flexion du genou.

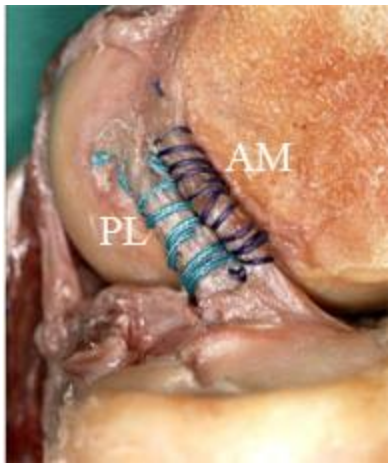
Quand le genou est en extension, le LCA est vertical et vient au contact de l'échancrure intercondylienne. Les 2 faisceaux principaux sont tendus. Le faisceau postéro-latéral est celui qui résiste le plus à la translation tibiale antérieure près de l'extension.

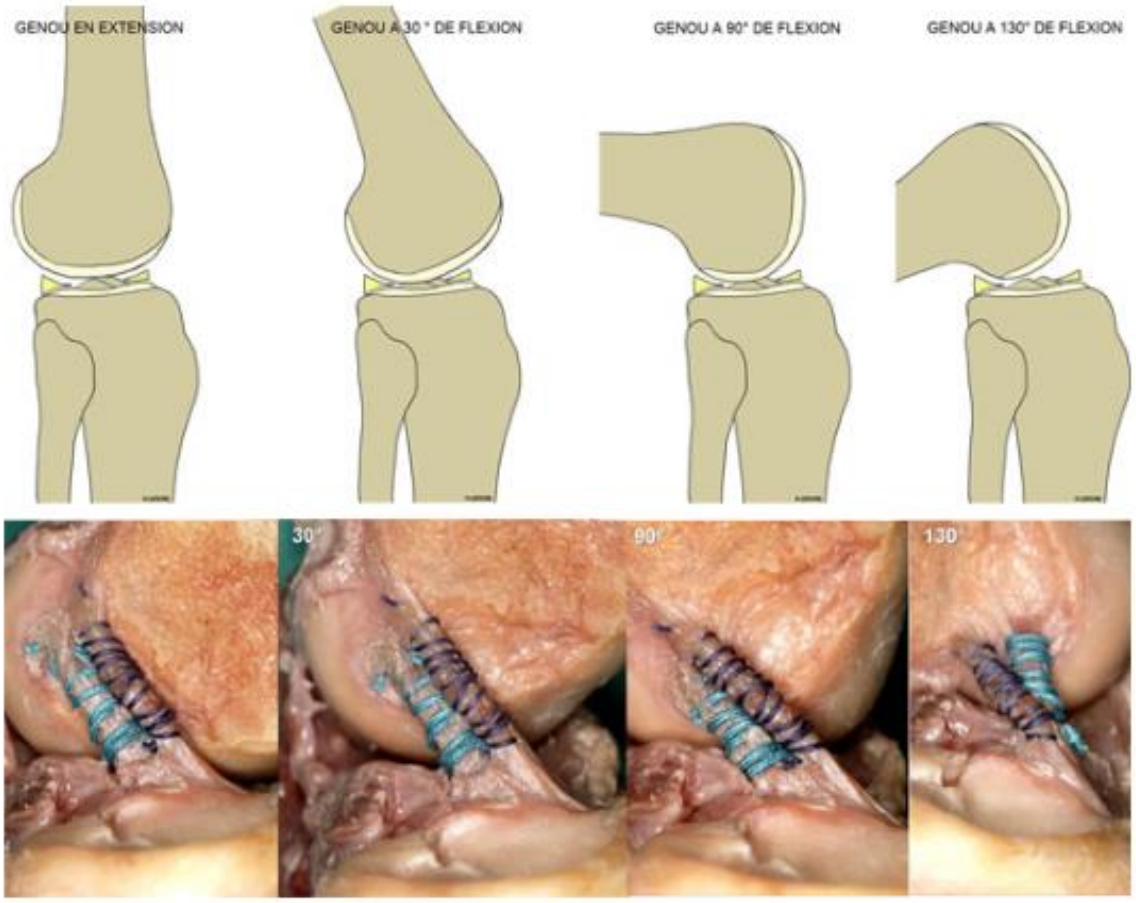






Quand le genou est en flexion, le LCA devient horizontal. Le faisceau postéro-latéral se détend. Le faisceau antéro-médial tend à maintenir une tension et longueur constante lors de la flexion : c'est le frein principal de la translation tibiale antérieure. Le deuxième frein de cette translation tibiale antérieure, lors de la flexion, est le segment postérieur de ménisque médial. Le troisième frein est la pente tibiale : plus la pente tibiale augmente plus la translation tibiale antérieure augmente.




#### 1.2.2.4 Fonctions du LCA

Le LCA est le frein principal de la translation tibiale antérieure et de la rotation interne tibiale(9).

Le faisceau antéro-médial assure essentiellement la stabilité antérieure du genou. Il contrôle le déplacement antérieur du tibia sous le fémur (tiroir antérieur).

Le faisceau postéro-latéral assure essentiellement la stabilité rotatoire (pivot). Il empêche le tibia de trop tourner en dedans sous le fémur ce qui entraine alors une subluxation du tibia.

### 1.3 Physiopathologie de la rupture du LCA

Il est relativement difficile, de bien identifier les facteurs pathologiques favorisants la rupture, mais le manque de stabilité dynamique du genou est souvent évoqué comme le facteur le plus important (10).

La cause la plus fréquente de rupture du LCA est l'accident de sport au cours duquel survient un mouvement de pivot, ou un contact direct, ou encore, lors d'une réception de saut. Le plus souvent il s'agit d'un traumatisme violent et dans ce cas, il faudra redouter des lésions associées des ligaments latéraux, des ménisques et du cartilage.

Le mécanisme principal de rupture est dans 75 % des cas, lors d'un mouvements de pivot sans-contact (11). Le pied est alors en appui et la lésion survient lors d'un mouvement de valgus-flexion-rotation externe. Au cours de ce mécanisme, en plus de la rupture du LCA on recherche d'autres lésions associées : atteinte du plan capsulo-ligamentaire interne (point d'angle postéro-interne et LLI) et du ménisque interne.

D'autres mécanismes et d'autres circonstances (accident du travail, de la route, accident domestique) peuvent également engendrer une rupture mais sont moins fréquents :

- Le mouvement de varus-flexion-rotation interne : atteinte du LCA, du plan capsulo-ligamentaire externe (point d'angle postéro externe et LLE) et du ménisque externe.
- Le mouvement de rotation interne pied fixé au sol (mauvaise réception de saut, changement de direction) : rupture isolée du LCA.
- Hyperextension (réception d'un saut) : rupture isolée du LCA.
- Lors du passage d'une position hyper fléchie en contraction isolée du quadriceps (skieurs de compétitions), on peut observer également une lésion du croisé antérieur. Ce mécanisme demeure cependant exceptionnel.

### 1.4 Les conséquences biomécaniques de la rupture du LCA

La rupture du LCA entraine de multiples conséquences sur le genou. Le principal risque est l'instabilité mécanique et fonctionnelle provoquée par l'augmentation de la translation tibiale antérieure. Le quadriceps, lors de sa contraction, développe une force qui peut être décomposée en une force de translation tibiale antérieure et en une force de coaptation fémoro-tibiale. Le frein primaire à la translation tibiale antérieure est le ligament croisé antérieur. En cas de rupture

de celui-ci, c'est le frein secondaire qui limite cette translation tibiale antérieure, à savoir la corne postérieure du ménisque interne et les formations postéro-internes (PAPI).

Les autres conséquences de cette ruptures sont les douleurs, la perte de force musculaire, les modifications de la cinématique du genou et le développement du gonarthrose au long terme (12).

### 1.5 Traitement d'une rupture de LCA

Il existe deux types de prise en charge après une rupture du LCA : la rééducation fonctionnelle et la reconstruction chirurgicale du LCA, appelée ligamentoplastie.

En 2008, la Haute Autorité de santé a déterminé les critères de prise en charge chirurgicale après une rupture complète du LCA chez un adulte. La chirurgie est indiquée si le patient est jeune, s'il pratique un sport de pivot avec contact ou non, s'il exerce une profession à risque, s'il existe des lésions ménisco-ligamentaires associées mais surtout s'il y a une instabilité fonctionnelle de son genou (13).

Avant toute décision thérapeutique, le médecin doit donc effectuer une anamnèse complète de l'accident et des habitudes de vie du patient, en particulier s'il pratique des sports de saut ou de pivot.

De tous ces éléments, les variables les plus importantes guidant la décision du traitement conservateur versus chirurgical, selon le Comité international de documentation du genou (IKDC), sont : le nombre d'heures par an de sport de classe I et II (tableau 1), la différence de laxité au KT-1000 entre le genou lésé et le genou sain, l'âge, la profession, et surtout la demande et la personnalité du patient. Fithian et coll. (14) ont dressé un algorithme de traitements en classant les patients en trois catégories de risque (faible/modéré/élevé) de devoir subir une intervention chirurgicale ultérieure à cause d'une instabilité symptomatique du genou ou à cause de lésions méniscales subséquentes (tableau 2).

| | |
|---|---|
| **Activités classe I** | Football, basket-ball,volley-ball (sports de contact et de pivot) |
| **Activités classe II** | Ski, tennis, travailleur manuel lourd |
| **Activités classe III** | Course à pied, jogging, travailleur manuel léger |
| **Activités classe IV** | Sédentaires |

**Tableau 1 : Classification de l'IKDC selon le type d'activités physiques pratiquées. (15)**

| Risque | Activités sportives IKDC I et II en heures par année | | |
|---|---|---|---|
| Différence manuelle maximum au KT-1000 | < 50 | 50-199 | > 200 |
| > 5 mm | Faible | Faible | Moyen |
| 5-7 mm | Faible | Moyen | Elevé |
| > 7 mm | Moyen | Elevé | Elevé |

Le risque est déterminé en fonction du nombre d'heures d'activité de niveau I et II selon l'IKDC et selon la différence manuelle maximale au KT-1000 entre le genou lésé et le genou sain.

Traitement conservateur
Traitement au cas par cas
Traitement par ligamentoplastie

**Tableau 2 : Facteurs de risque de reconstruction chirurgicale du LCA (15)**

Pour les patients à haut risque, une reconstruction du LCA précoce est conseillée (dans les trois mois suite à la déchirure)(15).

Pour les patients à faible risque un traitement conservateur est proposé. Dans cette cohorte, tous ont bien évolué malgré le fait qu'ils présentaient davantage de phénomènes de lâchage, une laxité plus grande à l'arthromètre et au pivot-shift test. (14)

Les patients à risque modéré tendent à se comporter comme les patients à haut risque dans le temps, et la plupart d'entre eux nécessitent tôt ou tard une reconstruction du LCA. Un traitement conservateur peut être entrepris dans un premier temps, et en cas d'instabilité invalidante, une reconstruction du LCA doit être envisagée.

En ce qui concerne les patients de plus de 40 ans, la majorité évolue favorablement avec un traitement conservateur bien conduit, mais ceux pratiquant des sports de pivot régulièrement et ne voulant pas diminuer ni changer leur pratique sportive bénéficient d'une reconstruction chirurgicale, quel que soit leur âge (16).

### 1.5.1 La rééducation fonctionnelle

En règle générale, le traitement conservateur n'est pas synonyme d'abstention thérapeutique. En effet, par traitement conservateur, on entend un renforcement musculaire et un travail proprioceptif qui aura pour but de suppléer l'absence du LCA. Ce renforcement

permet d'obtenir une meilleure stabilisation dynamique du genou. Il consiste à travailler les groupes musculaires des ischio-jambiers et du quadriceps en chaîne fermée et sans impact. De plus, des exercices dynamiques de proprioception travaillant l'équilibre et la stabilité du genou dans diverses situations (debout, saut, marche, course), complètent le travail musculaire.

Dans leur revue de la littérature, concernant les principales études sur le traitement conservateur du LCA, Muaidi et coll. (17) notent de bons résultats sur les tests fonctionnels (the hop-for-distance test) et sur le questionnaire de suivi (87/100 Lysholm knee scale). Néanmoins, le recul maximum de ces études est de cinq ans (allant de 12 à 66 mois de suivi), avec des patients qui diminuent en moyenne leur taux d'activité physique de 21%. De plus, le risque de développer des lésions méniscales ou une instabilité chronique du genou s'élève à 20%.

Avant de proposer un traitement conservateur, il est donc très important de s'assurer que les patients répondent aux critères du Comité international de documentation du genou (IKDC). De plus, des études avec un recul supérieur à 5 ans seraient nécessaires afin de mieux évaluer l'évolution de ce traitement au long cours.

### 1.5.2 La reconstruction chirurgicale du LCA

#### 1.5.2.1 Données épidémiologiques

En France, en 2016, il y a eu 47 520 reconstructions du LCAE en France (source : ATIH, scan-santé). Il s'agit donc d'un problème de santé publique.

#### 1.5.2.2 Les objectifs post ligamentoplastie

Les objectifs de cette reconstruction sont la stabilisation du genou, la restauration d'une bonne fonction ainsi que la prévention de la lésion prématurée des ménisques et la survenue d'arthrose.

Une étude récente a montré, que les facteurs de risque de gonarthrose post ligamentoplastie du LCA sont (18) :

- Le statut méniscal. Il existe un risque plus important si la ligamentoplastie est associée à une méniscectomie latérale ou médiale
- La laxité résiduelle post chirurgicale. La laxité résiduelle isolée du LCA n'évolue pas inéluctablement vers une arthrose, mais en revanche si elle est associée à une lésion méniscale, les séries retrouvent 100% d'arthrose à 25ans.
- Un âge supérieur à 30 ans
- La pratique d'un sport pivot.

D’autre part, il est montré qu’après chirurgie de reconstruction du LCA, il persiste des déficits proprioceptifs au niveau du genou opéré, or la proprioception joue un rôle majeur dans la stabilité du genou (19).

#### 1.5.2.3 Les techniques chirurgicales de ligamentoplastie du LCA

D’un point de vue général, la ligamentoplastie consiste à remplacer le LCA déchiré par un tendon de voisinage prélevé sur le patient lors de la même intervention, ou occasionnellement par un tendon obtenu dans une banque d’organes. Le greffon ainsi obtenu est implanté en lieu et place du LCA natif sous contrôle arthroscopique, en forant un tunnel fémoral et un tunnel tibial dans lesquels on le fixe à l’aide de vis d’interférence.

Plusieurs types de greffons sont utilisables avec des caractéristiques propres à chacun qui sont résumées dans le tableau 3.

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

**Tableau 3 : Présentation des différents types de greffons et de leurs caractéristiques (15)**

##### 1.5.2.3.1 Ligamentoplastie par Keneth-Jones (KJ)

Cette technique chirurgicale utilise comme greffon le tiers central du tendon rotulien. Ce dernier est prélevé avec une pastille osseuse à chaque extrémité : une rotulienne et une tibiale. Il possède d’excellentes propriétés mécaniques. C’est le greffon de choix pour les patients ayant une haute demande fonctionnelle et qui veulent continuer de pratiquer des sports de contact ou de pivot. Les complications les plus graves, telles que la rupture de l’appareil extenseur, la fracture patellaire ou la patella baja (rotule basse) existent mais sont rares (8).

##### 1.5.2.3.2 Droit interne Demi-tendineux : DIDT

Cette technique utilise les tendons ischio-jambiers, classiquement les tendons des muscles gracilis et semi-tendineux, associés de manière à former un greffon à quatre faisceaux. Cette technique est également très courante. La morbidité au site de prélèvement est moindre mais le problème principal réside dans sa fixation et son intégration aux sites d'insertions (20).

#### 1.5.2.3.3 Autres techniques

La ténodèse latérale est un geste chirurgical rarement réalisé de façon isolé qui vise à renforcer la stabilité du genou. Elle vise à stabiliser le genou en rotation. C'est un frein complémentaire afin de limiter les ruptures itératives du ligament croisé antérieur et les récidives d'instabilité. Ce frein complémentaire protège par ailleurs les ménisques en particulier en cas de suture méniscale associée. Pour réaliser cette ténodèse le chirurgien peut utiliser une bandelette du fascia lata ou le tendon du droit interne des ischiojambiers en cas de ligamentoplastie du LCA type DT4. Les indications de ténodèse latérale associées du LCA sont de plus en plus fréquentes : patient jeune, existence d'un ressaut rotatoire explosif, pratique d'un sport pivot contact, reprise de ligamentoplastie du LCA ou suture méniscales associée (21).

Le tiers central du tendon quadricipital peut également être prélevé avec une pastille osseuse rotulienne. Cette technique est généralement utilisée en deuxième choix dans les reconstructions primaires. Elle est davantage employée en cas de révision chirurgicale ou lors de reconstructions ligamentaires multiples. Ce greffon a les mêmes propriétés mécaniques que le tendon rotulien (22). Il peut être prélevé sans pastille osseuse rotulienne, ce qui réduit encore la morbidité au site de prélèvement et ainsi que les éventuelles douleurs antérieures de genou. C'est une alternative sûre pour la ligamentoplastie du LCA (23).

Les allogreffes, qui sont disponibles dans des banques de tissus, conviennent principalement aux patients de plus de 40 ans en raison de leur faible morbidité, et sont exceptionnellement utilisées chez le patient jeune. Elles sont également utiles lors des révisions de ligamentoplasties et lors des reconstructions ligamentaires multiples. Elles sont relativement sûres d'un point de vue sanitaire avec un risque de transmissions virales ou bactériennes extrêmement faibles, mais qui existe malgré tout. Généralement, on utilise des allogreffes de tendon rotulien avec les deux pastilles osseuses, mais également le tendon calcanéen avec une pastille calcanéenne, le tendon quadricipital, les tendons ischio-jambiers ou encore le tendon du tibial postérieur (24).

Depuis quelques années, on décrit une reconstruction du LCA par une technique à deux faisceaux. Le but recherché est de reproduire anatomiquement le LCA natif, qui se constitue de deux faisceaux : un antéro-médial et un postéro-latéral. Cette technique chirurgicale reste complexe. De nombreuses études sont actuellement publiées sur ce sujet (25).

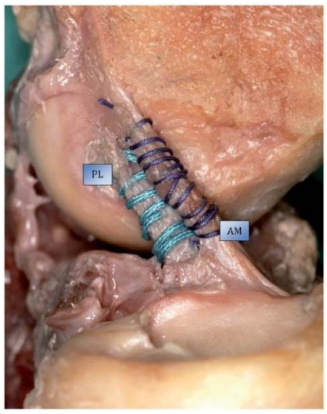



**Figure 3 : Visualisation des faisceaux antéro-médial et postéro-latéral du LCA (15)**

Les greffons simples, utilisés jusqu'alors, tendent à reproduire biomécaniquement le faisceau antéro-médial.

#### 1.5.2.3.4 Choix de la technique chirurgicale

Beasley et al (26) ont analysé les résultats post opératoires parus dans la littérature sur une dizaine d'années. Ils en ont conclus que la technique chirurgicale utilisée n'avait pas d'influence sur la récupération fonctionnelle qui est en moyenne de 85%. La technique adoptée dépendra donc principalement des habitudes et de l'expérience du chirurgien.

### 1.5.2.4 La prise en charge rééducative post ligamentoplastie

On décrit classiquement 2 types de protocoles de rééducation : le classique et celui accéléré.

#### 1.5.2.4.1 Rééducation classique

La Haute Autorité de santé a établi un protocole de rééducation post ligamentoplastie du LCA en 2008. Ce protocole est issu d'un consensus d'expert. Il est à titre indicatif et doit être adapté à chaque patient (27).

La rééducation dure environ 8 mois et est constituée de 5 phases successives :

- Cicatrisation cutanée
- Autonomie à la déambulation
- Consolidation
- Réathlétisation
- Reprise du sport

La première phase de cicatrisation dure environ 3 semaines après l'opération. Le genou doit être le plus sec et le moins douloureux possible. Il faut obtenir un verrouillage actif en extension et une flexion de 60° (sauf contre indication du chirurgien). La prévention des maladies thromboemboliques est indispensable.

La deuxième phase est axée sur la reprise d'autonomie, de mobilité et du réveil musculaire. Elle commence au alentour du 21ème jour et se prolonge jusqu'à la 6ème semaine. C'est la phase de reprise d'appui progressif et de récupération des amplitudes articulaires. Sauf contre indication du chirurgien, on réalise un sevrage progressif de l'attelle et des cannes. L'objectif étant qu'à 45 jours postopératoires, le genou ne soit plus protégé, qu'il soit sec, indolore, non inflammatoire et que les amplitudes articulaires approchent les 120° en flexion et 0° en extension. En fin de 2e mois, la mobilité doit être totale et indolore, et il doit y avoir un bon contrôle musculaire réflexe dans les actes de la vie quotidienne. Si la mobilité ne progresse pas régulièrement, l'avis du chirurgien doit être demandé.

La troisième phase correspond à la celle de consolidation et s'étend de la 6ème semaine au 4ème mois. Les objectifs de cette phase sont la récupération de la confiance du patient en son genou. Le travail musculaire du quadriceps et des ischio-jambiers en co-contraction peut être accentué et raisonnablement intensifié en tenant compte des phénomènes de « ligamentisation ». Les activités proprioceptives deviennent prioritaires ainsi que la rééducation gestuelle et les activités d'endurance (marche, vélo, steps, natation en crawl et dos crawlé). En fin de période, la proprioception devient dynamique en bi puis uni-podal avec matériel facilitant.

La quatrième phase, appelée réathétisation, commence au allentour du 4ème mois. En effet, à partir du 4ème mois, le tendon retrouve sa résistance, des activités plus importantes peuvent être entreprises, à la fois en puissance et en endurance. Le footing est rajouté au programme de reprise d'activité dont la base reste la natation, le vélo, la rééducation musculaire avec travail en endurance, en puissance et avec des activités proprioceptives dynamiques.

La dernière et cinquième phase est celle de la reprise du sport. Classiquement elle commence à partir du 6ème mois. Les objectifs de cette phase sont de progressivement d'amener le genou dans une situation proche de la gestuelle sportive. La durée de cette étape dépend du type de sport pratiqué. Pour les sports comme le football, le rugby, le judo, le handball, danse, etc.… que l'on appelle sport pivot, la reprise de l'entraînement se fait entre le 7ème et 8ème mois. La reprise de la compétition se fait entre 9 et 12 mois après la ligamentoplastie. En fonction du sport pratiqué, il existe des bilans sportifs spécifiques. En effet, afin de valider le retour à la compétition, les fédérations ont mis en place des tests spécifiques :

- Football : deux tests sont reconnus comme valides : le *Yo-Yo intermittent recovery test* (27) et le *RSSA test (repeated shuttle sprint ability test)* (28)
- Ski : le *vail sport test* (78) Il comprend quatre évaluations, réalisées contre la résistance d'une corde élastique (Sportcord, MA, Etats-Unis) : squats en appui unipodal (15 pts), sauts latéraux (15 pts), course avant (12 pts) et arrière (12 pts). Un score ≥ 46/54 est requis.

#### 1.5.2.4.2 Rééducation accélérée

Mandrino et Gal (29) ont proposé une description de ce protocole accéléré qui permet de reprendre l'activité sportive au 5ème mois. L'appui est immédiat, la mobilisation est précoce et l'extension est recherchée. Dans les remplacements par tendon rotulien, les cannes anglaises sont conservées jusqu'à la 2ème ou 3ème semaine, alors que pour les ischio-jambiers, les cannes anglaises et l'attelle sont conservées jusqu'à la 3ème semaine (prudence pendant le 1er mois). La reprise du footing se fait à 2 mois, la reprise du geste sportif se fait au 4e mois. La plupart des études s'accordent pour dire que ce type de protocole est réservé aux sportifs élites et de très haut niveau.

#### 1.5.2.4.3 Critères de fin de rééducation

Aucune étude répondant spécifiquement à cette question n'a pu être identifiée. Si l'on se réfère aux recommandations des 23e Entretiens de Médecine Physique et de Réadaptation de 2005 (42), la rééducation est poursuivie jusqu'à la reprise de l'activité sportive.

## 1.6 Le retour au sport

L'objectif principal des patients est le retour au sport au niveau antérieur à la rupture, le plus rapidement possible et dans de bonnes conditions (30) (31). Cependant, la reprise du sport après ligamentoplastie est un véritable défi.

Un retour au sport avec succès est défini par une reprise à un même niveau ou à un niveau supérieur, sans récidive de déchirure, sans atteinte controlatérale du LCA, sans nouvelle atteinte ménisco-ligamentaire, sans douleur, sans apparition de signes d'arthrose précoce (32), et ce avec un recul minimum de cinq ans.

### 1.6.1 Les données épidémiologiques

Malgré les progrès de la chirurgie et des protocoles de rééducation, seuls 58% des sportifs (tous sports et niveau confondus) reprennent leur niveau sportif antérieur après une ligamentoplastie du ligament croisé antérieur (LCA) (33).

Une méta-analyse portant sur 5770 patients et sportifs a été publiée par Ardren et al. Elle a montré qu'après 41,5 mois, malgré une récupération fonctionnelle satisfaisante du genou post ligamentoplastie de LCA, seuls 63 % des patients avaient repris leur activité sportive initiale, et seulement 44% avait retrouvé un niveau de compétition (34).

### 1.6.2 Les freins identifiés à la reprise du sport

De nombreuses études ont été réalisées afin d'identifier les différents freins retardant ou empêchant la reprise du sport antérieure à la ligamentoplastie du LCA.

La reprise de l'activité physique est fortement dépendante du type de sport et/ou du niveau de pratique. En effet, cette reprise est d'autant plus contraignante lorsqu'il s'agit d'un sport pivot-contact ou pivot seul par rapport à un sport en ligne (exemple : cyclisme, course à pied…) (35). De même, le niveau d'intensité à laquelle le patient reprend son activité sportive rentre en considération (36). Un patient avec haut niveau aura plus de difficultés pour retrouver son niveau physique de pré-blessure

Une meilleure compréhension des variables qui influent sur la capacité des patients à reprendre l'activité sportive est nécessaire. Des déficits de force musculaire, proprioceptifs et fonctionnels persistent plusieurs mois après l'opération. On retrouve également des facteurs psychologiques prédictifs de non reprise.

Pour certains auteurs, ces déficits seraient prédictifs de nouveaux traumatismes (37) (38).

### 1.6.3 Risques de lésions secondaires

Les récidives de ruptures du LCA sont relativement fréquente (de 3 à 19 %) tout comme le taux de rupture controlatérale du LCA qui est estimé de 5 à 24 % (39). On a également 12% de méniscectomies secondaires, pour un suivi minimal de cinq ans (39). Ces chiffres restent donc élevés et de nombreux facteurs peuvent expliquer ce nombre d'échecs non négligeable.

### 1.6.4 Critères de reprise du sport

Les recommandations préconisées sont variées et souvent fondées sur l'expérience clinique. La décision de reprise du sport est encore trop souvent basée sur le délai depuis la chirurgie, sans critère objectif individualisé. Il n'existe pas de consensus concernant les critères appropriés pour déterminer si un patient est apte à reprendre le sport, notamment sur les sports à risque (39). En effet, aucun test ne peut être prédictif à lui seul d'une réussite de reprise sportive (40). Néanmoins, de nombreuses études ont admis que l'association de critères objectifs est indispensable pour savoir si le patient est physiquement fonctionnel et prêt à subir des contraintes induites par le sport (41). Mieux maitriser ces critères est donc un réel défi ; une reprise trop précoce du sport entraînera la persistance de déficits fonctionnels, et donc un risque de récidive de rupture (42).

Barber-Westin et Noyes (38) ont proposé différents critères cliniques, fonctionnels et instrumentaux. En effet, ils proposent une évaluation reposant sur 3 grands axes afin d'autoriser la reprise de l'activité sportive:

- L'évaluation musculaire et fonctionnelle
- L'évaluation proprioceptive
- L'évaluation psychologique.

#### 1.6.4.1 L'évaluation musculaire et fonctionnelle

Parmi ces critères on retrouve les évaluations de la force musculaire sur dynamomètres isocinétiques et les évaluations fonctionnelles.

Les évaluations de la force musculaire sur dynamomètres isocinétiques sont les plus fréquemment utilisées et décrites dans la littérature (43). Kyritsis et al. (44) précisent l'importance de l'équilibre agonistes/antagonistes. En effet, une réduction des ratios ischiojambiers (IJ)/quadriceps (Q), traduit une insuffisance relative des IJ et majore le risque de rupture de la ligamentoplastie. Cette évaluation est complexe et sera exposée dans un autre chapitre ci-dessous.

Pour les évaluations fonctionnelles, il existe une batterie de tests décrits dans la littérature. Dans notre étude nous nous attarderons sur les Hop Tests.

Les recommandations d'une récente méta-analyse confirment qu'il est nécessaire d'utiliser une batterie de tests comprenant ces 2 types d'évaluations, à savoir fonctionnelle et musculaire, afin de définir si un patient est apte ou non pour un retour au sport (45). Ces deux évaluations associées, permettent de quantifier la performance musculaire et fonctionnelle du genou dans le but de déceler d'éventuelles asymétries entre le côté opéré et le côté sain (44). Ces évaluations se révèlent être fiables, valides et reproductibles (46) (47), ce qui permet d'interpréter les résultats en pratique clinique. De plus, elles sont complémentaires, évaluant à la fois la force musculaire pure en analytique et la capacité neuromusculaire du genou à subir des contraintes.

Dix pour-cent de déficit est retenu comme valeur limite c'est-à-dire un point de césure (*cut-off point*) permettant de classifier les patients ayant une récupération fonctionnelle satisfaisante (déficit≤10 %) ou insatisfaisante (déficit>10 %)(48).

Lors du suivi du patient après ligamentoplastie du LCA, il est recommandé d'effectuer ses évaluations à 3-4 mois et 6-8 mois après l'intervention dans le cadre du protocole de soin et du suivi proposé par l'HAS.

#### 1.6.4.2 L'évaluation psychologique

Un autre obstacle mis en avant, et pouvant expliquer un non-retour au sport ou une re-rupture sont les facteurs psychologiques comme la peur d'un nouvel accident, une sensation

d'instabilité, un manque de confiance ou encore une mauvaise préparation psychologique pour le retour au sport (49).

Une revue systématique a montré qu'une attitude positive est corrélée à un taux de retour aux sports plus rapide et à un niveau équivalent à l'avant blessure (50).

Ces facteurs peuvent être étudiés grâce à un questionnaire : l'échelle ACL-RSI (Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury). Cette échelle évalue l'impact psychologique du retour au sport dans une population opérée suite à une rupture du LCA (51). Cette échelle a été validée en français auprès du comité de lecture du KSSTA (Knee Sport Surgery Traumatology Arthroscopy) (52).

#### 1.6.4.3 L'évaluation de la proprioception

La proprioception est de plus en plus étudiée en rééducation, notamment en post ligamentoplastie du ligament croisé antérieur. Ces études mettent en avant qu'il est primordial de l'évaluer et de la prendre en charge (19). L'évaluation de la proprioception étant l'objectif principal de notre étude, elle fera l'objet d'une description plus approfondie dans la dernière partie de cette introduction.

## 1.7 L'évaluation musculaire isocinétique

Les stabilisateurs dynamiques du genou ( fléchisseurs et extenseurs du genou) ont un rôle primordial compte tenu de la déficience d'un des stabilisateurs statiques ( rupture d'un des pivot central : LCA). L'agression articulaire induite par le traumatisme initial de la rupture du LCA puis par le geste chirurgical de reconstruction du LCA entraine fréquemment une réaction de sidération musculaire avec une inhibition, une amyotrophie et une diminution de force musculaire. L'évaluation de la force et de l'équilibre musculaire a donc un rôle prépondérant dans le suivi de la rééducation post ligamentoplastie.

### 1.7.1 Les intérêts de l'évaluation musculaire isocinétique

L'évaluation de la force musculaire sur isocinétisme représente actuellement le gold standard de l'évaluation musculaire. Ce concept d'isocinétisme recouvre à la fois un mode de contraction musculaire effectuée à vitesse constante (mode isocinétique), et le matériel nécessaire à la réalisation d'un tel type de contraction (dynamomètre isocinétique). Il permet une mesure objective, fiable, quantitative et qualitative, reproductible, dynamique de la force musculaire, avec un contrôle de la trajectoire, de l'amplitude articulaire, de la vitesse angulaire, et une sécurité pour le sujet par auto-adaptation de la résistance.

Cette évaluation dans les suites d'une reconstruction chirurgicale représente à ce jour la seule indication d'évaluation musculaire isocinétique prise en charge par la sécurité sociale (acte PEQP003 de la CCAM). Elle est également recommandée par la Société Française de médecine physique et de rédaptation (SOFMER) à 3-4 mois puis à 6-8 mois post opératoire (53). Après ligamentoplastie du LCA, cette évaluation permet :

- D'objectiver l'évolution de la récupération de la force musculaire
- D'orienter le renforcement musculaire dans la rééducation
- De déterminer l'arrêt du renforcement musculaire
- D'aider dans la décision de reprise sportive

Afin de bien comprendre pourquoi on ne peut pas réaliser ce bilan avant 3 mois post opératoire, il est important de refaire un point sur la biomécanique du genou. En effet, le mouvement d'extension de la jambe par la contraction du quadriceps entraine une translation tibiale par traction sur la tubérosité tibiale antérieure, ce qui peut altérer le transplant tibial s'il n'est pas assez solide. Ainsi il est nécessaire de respecter des délais de cicatrisation du transplant ligamentaire afin qu'il soit suffisament résistant pour assumer cette translation tibiale. D'autre part, il faut également respecter le temps de cicatrisaton tissulaire du site de prélèvement du transplant. Il faudra bien entendu avoir l'accord du chirurgien pour réaliser cette évaluation.

Après une ligamentoplastie du LCA, le déficit et la cinétique de récupération varie en fonction :

- De la technique opératoire : le déficit de force prédomine aux extenseurs après la technique de Kenneth-Jones, et aux flechisseurs après une technique de type DIDT.
- Des sujets : âge, antécédents, pratique sportive, motivation, implication, psychologie
- Des lésions associées : méniscales, cartillagineuses, algoneurodystrophie…
- De le rééducation…

Dans une revue systématique de la littérature, Dauty et al (54) ont rapporté un déficit de force d'environ 30% pour les extenseurs et 10% pour les fléchisseurs à 6 mois post opératoire pour une technique au tendon patellaire, et d'environ 17% pour les extenseurs et 15% pour les fléchisseurs à 6 mois post opératoire pour une technique aux tendons des ischio-jambiers. Il n'est pas rare qu'il persiste un déficit à 12 mois et même à 24 mois post opératoire.

Le Pourcentage de récupération par rapport au coté opposé peut guider la reprise des activités sportives. D'après l'étude d'Undheim et al (55) on peut proposer:

- $\geq$ 70% : reprise des actvités légères type course à pied (56)
- $\geq$ 80% : reprise des actvités normales d'entrainements
- $\geq$ 90-95% : reprise des activités en compétition (48)

### 1.7.2 Contre-indications relatives et absolues de l'isocinétisme,

D'après l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES) en 2001.

Les contre-indications relatives sont les douleurs invalidantes, l'hydarthrose importante ou récidivante, les lésions ligamentaires récentes, l'épilepsie, les lésions cutanées, les incontinences urinaires d'effort, les éventrations et la grossesse.

Les contre-indications absolues sont les processus pathologiques évolutifs, les fractures non consolidées et les pathologies cardiovasculaires non équilibrées (angor, hypertension artérielle) contre-indiquant tout effort.

### 1.7.3 Les paramètres mesurés au cours de l'évaluation musculaire isocinétique

Ils sont très nombreux et dépendent du type d'appareil utilisé et du logiciel de traitement des données.

#### 1.7.3.1 Paramètres quantitatifs

Les paramètres quantitatifs que l'on peut mesurer sont :

- *Le Moment de force maximum,* en Nm. Représente la force maximale du sujet peut développer lors des séries.
- *Ratio agonistes/antagonistes,* en %. Reflet de la balance musculaire articulaire agoniste-antagoniste.
- *Ratio mixte exc/conc,* en %. Le plus proche du geste sportif.
- *Angle de survenue du moment de force maximum,* en degré. Il détermine l'angle précis où le muscle est capable développer le moment de force maximum.
- *Travail total,* en joule. Aire sous la courbe, Force X distance
- *Puissance moyenne et pic,* en Watt. Travail produit par unité de temps, moins utilisé que le moment de force maximum
- *Temps de développement de la tension maximale,* en seconde. Délai pour atteindre le moment de force maximum
- *Force explosive,* En N/m. Moment de force développé par le muscle après 125 ms suivant le début du mouvement

#### 1.7.3.2 Paramètres qualitatifs

La courbe obtenue lors de l'effort isocinétique illustre l'efficacité de la contraction musculaire au cours du mouvement. L'analyse globale de la courbe permet de déceler d'éventuelles anomalies ne s'accompagnant pas de modification systématique des paramètres chiffrés

##### 1.7.3.2.1 Aspect normal

La courbe met en relation le moment de force développée et la position angulaire. La superposition des courbes traduit une collaboration de qualité.

Au niveau du genou, l'allure générale de la courbe isocinétique concentrique rappelle une parabole, avec un moment de force maximale intermédiaire, alors que le mode excentrique se caractérise par un développement progressif.

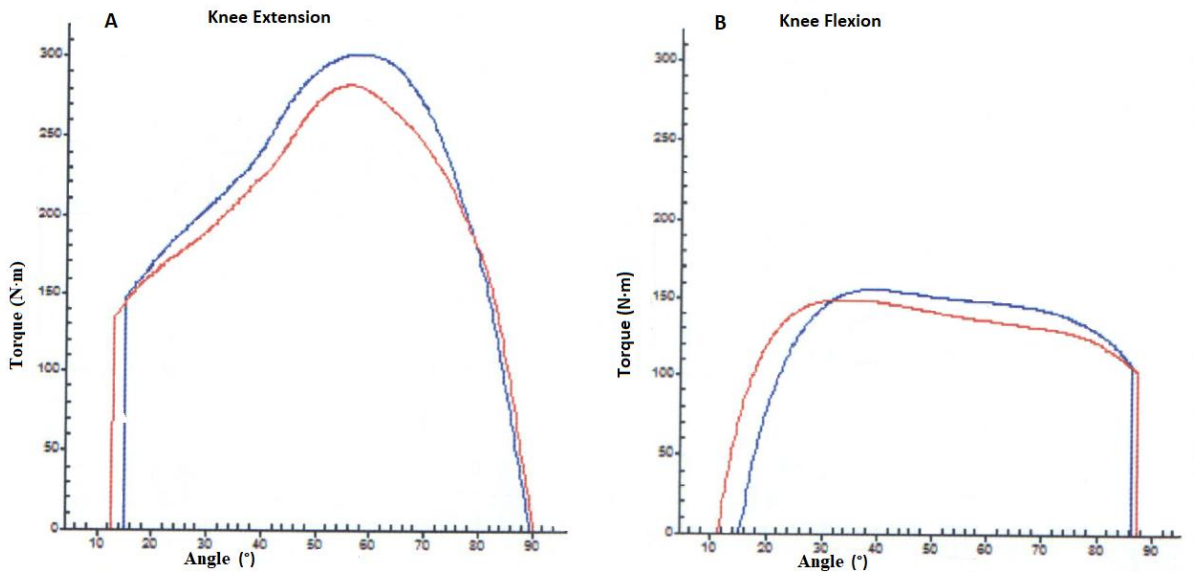



**Figure 4 Courbe normale d'un test isocinétique du genou en mode concentrique pour les extenseurs et les fléchisseurs du genou (57).**

### 1.7.4 Interprétation des données en pratique pour le genou

En pratique clinique, l'évaluation isocinétique nécessite une consultation médicale afin de s'assurer qu'il n'existe pas de contre-indication au test.

L'interprétation du test se base sur le contexte clinique, les caractéristiques du sujet, la variabilité de la mesure et la différence potentielle entre les deux côtés liée à la latéralité (dominant/ non dominant, sain/pathologique…).

Elle doit être qualitative par l'interprétation des courbes isocinétiques, et quantitative par l'interprétation des valeurs du moment de force maximum et des ratios. La reproductibilité de cette évaluation est excellente. On rapporte une variabilité pour le moment de force maximum et les ratios, de 3 à 9%, entre deux sessions et ce pour un même individu. Il est difficile de dire si ces modifications sont dues à une réelle modification de la force musculaire, ou à la variabilité de la mesure inhérente à la méthode. Dans la littérature, ces modifications sont reconnues comme corrects et acceptables pour une utilisation en pratique clinique et scientifique (58) (59).

En pratique on analyse le moment de force maximal, ou pic de force isocinétique (Nm), pour les fléchisseurs et extenseurs du genou en comparant par rapport au côté controlatéral ou a des valeurs de références (antérieures avant chirurgie ou à une population témoin). Sur genoux sains, le pourcentage de différence entre les deux côtés doit être inférieur à la variabilité de la mesure (4% pour le dynamomètre Con-Trex) et/ ou au pourcentage lié à la latéralité (entre 5 à

10% selon Perrin). Au-delà de 20% il existe une asymétrie pathologique. Plusieurs études se sont intéressées aux valeurs des moments de forces maximum des fléchisseurs et extenseurs de genou, du côté dominant, dans les différentes populations sportives (60) (61) (62). On peut voir qu'en fonction des sports, il existe une très grande variabilité des valeurs mesurées. En effet, la pratique d'un sport est à l'origine d'adaptations musculaires. Les sports d'explosivité nécessitant une performance d'accélération, de sprint ou de saut (athlétisme, football, rugby, handball…) vont nécessiter et entrainer des gains de force des muscles impliqués dans la performance sportive à savoir les extenseurs et fléchisseurs du genou. Ces études sont intéressantes chez les sportifs pour savoir qu'elles peuvent êtres les valeurs « objectifs » chez les sportifs mais également afin de vérifier s'il n'existe pas un déséquilibre agonistes / antagonistes pourvoyeur de blessures musculaires.

En pratique clinique, après une chirurgie de ligamentoplastie du LCA, on analyse le pourcentage de récupération par rapport au côté opposé afin de nous guider dans la reprise d'activités sportives. Comme vu précédemment, d'après l'étude d'Undheim et al (55) on peut proposer:

- ≥ 70% : reprise des actvités légères type course à pied
- ≥ 80% : reprise des actvités normales d'entrainements
- ≥ 90-95% : reprise des activités en compétition

On analyse également les ratios fléchisseurs / extenseurs :

- Le ratio agoniste-antagoniste IJ (60°/s concentrique) / Q (60°/s concentrique) doit être compris entre 0.6 et 0.7 Si ce ratio est inférieur à 0.5 il existe un risque plus important de lésion
- Le ratio mixte IJ exc 30°/s / Q conc 240°/s. Si ce ratio est supérieur à 1,4 il y a équilibre musculaire et peu de risque de lésion musculaire. Si le ratio est inférieur à 0,8 il y a un risque lésionnel et notamment sur les IJ.

La force maximale du quadriceps concentrique rapporté au poids, Q con (60°/s) Nm/K, est également un paramètre intéressant à prendre en compte. En effet, il existe une grande variabilité inter-individuelle expliquée en partie par le sexe, l'activité physique pratiquée mais également le poids. Les valeurs de forces mesurées rapportées au poids du corps des sujets (Nm/Kg), permettent de diminuer le biais de variabilité lié au poids et nous donnent des repères sur le niveau sportif. On estime que :

- Q con ( 60°/s) Nm/K = 1.5 à 2 pour à sédentaire
- Q con ( 60°/s) Nm/K = 2 à 2.5 pour un sportif régulier
- Q con ( 60°/s) Nm/K > 2.5 pour un sportif de haut niveau

### 1.8 La Proprioception

La proprioception est également un des paramètres importants à évaluer post ligamentoplastie du LCA. Afin de comprendre son évaluation, il est nécessaire de maitriser sa physiologie.

### 1.8.1 Définition

La proprioception correspond à la sensibilité profonde. Il existe différents modes de proprioception, et il est important de les différencier (19) (63). Pour l'articulation du genou, on analyse la proprioception selon deux grands axes : la kinesthésie et la posture, également appelé position.

La position ou posture correspond aux angles formés par chacune de nos articulations, et donc de la position relative de nos membres entre eux et par rapport au corps. La précision en est faible. Elle peut être grandement améliorée par l'apprentissage.

La kinesthésie représente la sensibilité au mouvement. Elle correspond à une sensation de vitesse, de direction et d'amplitude. Les seuils de sensibilité pour ces trois paramètres sont plus faibles dans les articulations proximales (épaule) que dans les articulations distales (main).

### 1.8.2 Bases anatomophysiologiques de la proprioception

Classiquement, on décrit 3 systèmes anatomophysiologiques pour la proprioception, à savoir les entrées, les voies de transmission avec les centres de commandement et les sorties représentées par les effecteurs musculaires.

#### 1.8.2.1 Les entrées : Mécanorécepteurs

Les mécanorécepteurs constituent les entrées. Ces éléments permettent de détecter le mouvement au sein de l'articulation. Ils sont répartis sur l'ensemble du genou dans différentes structures : la capsule, les ménisques (64), le ligament croisé antérieur (LCA)(65) (66), le ligament croisé postérieur (LCP) (67), les ligaments latéraux (68) et même le corps graisseux infra-patellaire (69). Le LCA est une structure pourvue de multiples mécanorécepteurs. Schutte et al. ont ainsi relevé 1 % à 2,5 % de tissu neural au sein de ce ligament (70). D'autres études se sont intéressées à la distribution des mécanorécepteurs au sein du LCA. En effet, il a été retrouvé une distribution préférentielle de ces derniers en regard des insertions fémorale et tibiale du LCA (71).

Ces mécanorécepteurs peuvent être classés selon leur localisation à savoir musculaire, tendineuse, articulaire et cutanée.

Les mécanorécepteurs musculaires sont représentés par les fuseaux neuromusculaires et les organes tendineux de Golgi.

Les fuseaux neuromusculaires consistent en 4 à 8 fibres musculaires spécialisées. Les fibres intrafusales sont entourées d'une capsule de tissu conjonctif et se distribuent dans le muscle parallèlement aux fibres ordinaires extrafusales. Elles sont sensibles aux variations de longueur du muscle. Elles participent aussi au maintien de l'activité tonique par la boucle myotatique.

Les organes tendineux de Golgi sont constitués de lamelles conjonctives entourant l'origine d'une fibre musculaire de gros calibre 1b. Ces récepteurs sont disposés en série avec 10 à 15 fibres musculaires. Ils siègent au niveau des tendons. Ils sont sensibles à la tension musculaire surtout statique mais également dynamique, passive ou active (72).

Les mécanorécepteurs articulaires et cutanés sont représentés par les récepteurs de Ruffini et les corpuscules de Paccini (73). Les récepteurs de Ruffini sont des capsules articulaires qui constituent la majorité des récepteurs articulaires (74). Ils sont à la fois dynamiques et statiques. Ils sont actifs pour un angle précis d'activation, proche des positions extrêmes du membre (flexion ou extension). Ces récepteurs articulaires sont des récepteurs phasico-toniques, qui renseignent sur les mouvements articulaires comme sur la position de l'articulation. Ce sont des récepteurs à adaptation lente. Les corpuscules de Paccini sont des corpuscules complètement "clos". Ce sont des mécanorécepteurs présents dans le derme et les tissus conjonctifs sous-cutanés. Ces récepteurs profonds sont de type phasique et sont particulièrement sensibles aux vibrations. Ce sont des mécanorécepteurs à adaptation rapide.

Les sollicitations kinesthésiques sont détectées par plusieurs sortes de récepteurs comme les corpuscules de Ruffini et les corpuscules de Paccini. Ces mécanorécepteurs sont sensibles à la vitesse et à l'accélération. La position est quant à elle principalement détectée par les récepteurs de Golgi.

#### 1.8.2.2 Les voies ascendantes et les effecteurs musculaires

Les informations proprioceptives sont ensuite acheminées par les voies ascendantes aux différents centres de commande. Les voies cognitives proprioceptives sont constituées de différentes fibres avec de vitesse de conduction plus ou moins rapide. Les fibres Aa ont une vitesse de conduction rapide (100 m/seconde). Elles transmettent les informations des fuseaux neuromusculaires et des organes tendineux de Golgi. Les fibres Ab possèdent une vitesse de conduction moyenne (60 m/seconde). Elles distribuent l'information des corpuscules de Paccini, de Ruffini et des récepteurs de Golgi. Ces fibres rejoignent la moelle épinière puis se divisent en des voies médullo-corticales jusqu'aux aires somesthésiques pariétales antérieures. Elles se divisent également en voies spino-cérébelleuses directes (sensation proprioceptive inconsciente des fuseaux neuromusculaires, organes tendineux de Golgi, récepteurs articulaires et cutanés) et indirectes (75).

Une fois les informations proprioceptives remontées, plusieurs centres de commande vont intervenir. En effet on a le contrôle médullaire, cérébelleux, du tronc cérébral et du cortex cérébral.

Le contrôle postural médullaire est basé sur le réflexe myotatique d'étirement. L'étirement initial d'un muscle, renseigné par les fuseaux neuromusculaires provoquent simultanément la contre contraction du muscle agoniste par un arc réflexe monosynaptique au niveau de la corne antérieure de la moelle, et le relâchement du ou des muscles antagonistes par un arc réflexes polysynaptique.

Le cervelet intervient dans le contrôle postural en procédant à des corrections des écarts entre le programme moteur et les afférences sensorielles des collatérales ascendantes. Le tronc cérébral ainsi que le cortex contrôlent la posture via les noyaux gris centraux. Le pallidum intervient dans le contrôle du tonus postural et des mouvements automatiques élémentaires. Le noyau rouge lui, exerce une action facilitatrice sur les muscles fléchisseurs dans les attitudes posturales. A l'inverse des noyaux vestibulaires qui eux exercent une action facilitatrice sur les muscles extenseurs. Le thalamus relie le cervelet, les noyaux sous-corticaux et le cortex moteur, agissant ainsi en véritable centre de triage. Enfin, le cortex cérébral intervient dans la motricité volontaire. Ces potentiels somatosensitifs ont d'ailleurs été étudiés lors de la chirurgie du LCA. Pitman et al. ont montré la présence de potentiels évoqués somatosentitifs lors d'une stimulation directe du LCA pendant la chirurgie (76). Valeriani et al. ont mesuré les potentiels évoqués somatosentitifs avant et après chirurgie chez 7 patients. Il y a été trouvé une baisse du sens kinesthésique et un défaut du potentiel somatosensitif (P27) (77).

L'ensemble de ces circuits neuromusculaires déterminent les capacités proprioceptives articulaires ainsi que l'équilibre postural de l'individu. Si on revient au genou, il est primordial de bien comprendre les grandes lignes de ces mécanismes de transmission d'informations proprioceptives entre le genou, la moelle (réflexe myotatique), le cortex (proprioception volontaire) et les effecteurs musculaires (78).

### 1.8.3 La proprioception en pratique clinique

#### 1.8.3.1 Sur le plan curatif

En introduction nous avons vu que la rupture du LCA était la lésion ligamentaire la plus fréquente du genou. La proprioception en pré et post ligamentoplastie est de plus en plus étudiée. En effet, de nombreuses études ont montré une diminution statistiquement significative de la proprioception chez les sujets ayant une rupture du LCA (79). Cependant, il est très complexe de déterminer les causes de ces modifications. Ces dernières sont difficiles à préciser car probablement d'origine multifactorielle : épanchement articulaire déformant la capsule chargée de récepteurs proprioceptifs, lésion ligamentaire avec atteinte des mécanorécepteurs, amyotrophie avec altération de l'effecteur ou bien encore diminution des amplitudes articulaires entraînant une diminution du mouvement. Dans tous les cas, elles sont également majorées par

des inhibitions antalgiques de type sidération musculaire (amyotrophie et diminution de la force musculaire). Ainsi, lors d'une rupture d'un ligament croisé du genou, les changements proprioceptifs sont liés aux afférences entre les mécanorécepteurs ligamentaires et les muscles.

Une atteinte ligamentaire modifie durablement les capacités proprioceptives. En effet, Nobuo Adachi et al. ont montré que le ligament croisé postérieur, même reconstruit, ne récupère ses capacités proprioceptives que 18 mois après la chirurgie (80). Si l'on modifie toutes les structures intégrant des mécanorécepteurs de l'articulation du genou par la mise en place d'une prothèse totale, les capacités proprioceptives sont diminuées jusqu'à 5 ans après la chirurgie entre le membre sain et le membre opéré (81).

Nobuo Adachi et al se sont également intéressés à l'évolution du nombre de mécanorécepteurs entre la blessure et la chirurgie (82). Ils ont rapporté une corrélation positive entre le nombre de récepteurs et les tests kinesthésiques (détection de la position du segment de membre) réalisés 3 jours avant la chirurgie du LCA. Plus le nombre de récepteurs est élevé et moins l'erreur est importante pour le test kinesthésique. De plus, il n'existe pas de corrélation entre le nombre de récepteurs et le délai avant l'intervention chirurgicale (délai opératoire moyen de 8 mois), ce qui signifie qu'il ne semble pas exister de dégradation du nombre de récepteurs après la blessure mais que leur présence est déterminante pour les capacités proprioceptives de l'individu. De part ces données, on comprend qu'il est donc important de connaitre les capacités proprioceptives de son patient en pré et post ligamentoplastie afin de mieux suivre leur rééducation.

#### 1.8.3.2 Sur le plan préventif

Sur le plan préventif l'étude de Caraffa et al. a est une étude intéressante car elle a démontré qu'un travail proprioceptif diminuait la fréquence de survenue des ruptures du LCA chez les footballeurs (83). Cela s'explique par la relation entre les mécanorécepteurs et certains groupes musculaires. En effet, la stimulation des mécanorécepteurs du LCA par sa mise en tension provoque une contraction réflexe des ischio-jambiers. Cette interaction souligne le rôle prépondérant des ischio-jambiers dans la protection active du LCA lors du tiroir antérieur provoqué par les mécanismes sportifs de flexion–rotation–varus/valgus. On comprend donc bien le caractère protecteur du renforcement des ischio-jambiers pour les ruptures du LCA.

#### 1.8.3.3 Evaluation clinique de la proprioception

En ce qui concerne l'évaluation de la proprioception du genou, il existe un manque de consensus sur les tests à utiliser Néanmoins, de nombreuses études s'accordent sur la nécessité d'avoir des critères objectifs pour savoir si les genoux des patients sont physiquement fonctionnels sur le plan musculaire et proprioceptifs.

Pour l'évaluation de la kinesthésie et de la position, on retrouve deux tests fréquemment utilisés et validés dans la littérature : le Joint position sense (JPS) et le Threshold to détection of passive motion (TDPM).

Le JPS permet de mesurer en passif et en actif la capacité à détecter la position d'un membre dans l'espace. Le JPS permet essentiellement de tester les récepteurs de Golgi dont le rôle est de déterminer la position de l'articulation.

Le TDPM consiste à mesurer la capacité à ressentir le mouvement à partir d'une phase immobile. Il évalue donc préférentiellement la kinesthésie.

Ces différents tests dans la littérature sont évalués principalement par des goniomètres électroniques. Quelques études ont déjà réalisé ces tests proprioceptifs sur machines d'isocinétisme, mais principalement en post opératoire, après ligamentoplastie de LCA (84) (63). En effet, aucune étude n'a évalué la proprioception, par évaluation du JPS et TDPM, sur machine d'isocinétisme en pré et post ligamentoplastie de LCA.

Ces tests proprioceptifs sont intéressants sur le plan clinique car ils peuvent être réalisés sans risques de blessure sur un genou instable. Ils peuvent donc être réalisés en préopératoire et en post opératoire précoce, contrairement aux tests fonctionnels et musculaires sur isocinétisme qui sont réalisés habituellement à partir du 3ème ou 4ème mois en post opératoire. Les tests proprioceptifs sont peu pratiqués en pratique courante par manque de temps ou pour des raisons matérielles (85).

Le principal objectif de notre étude est d'évaluer la proprioception du genou par la technique de repositionnement passif et actif (JPS, en degrés), ainsi que le seuil de détection du mouvement (TDPM en degrés) sur dynamomètre isocinétique, en pré et post ligamentoplastie du LCA. Cette évaluation pré-opératoire est intéressante car elle nous permettrait de connaitre les qualités proprioceptives basales des patients, et donc d'avoir des objectifs de rééducation plus précis.

En effet, en réalisant cette évaluation en post opératoire, on prend comme référence le membre sain. Or, on sait qu'il existe des différences de proprioception entre les deux membres inférieurs. Ces différences sont principalement expliquées par la latéralité (membre dominant/membre non dominant) et les sports pratiqués.

Le fait de pouvoir évaluer la proprioception sur machine d'isocinétisme, est également intéressant car cela nous permettrait de standardiser son évaluation, et en pratique courante, de l'évaluer en même temps que la force musculaire, c'est-à-dire lors des consultations du 3-4ème mois et 7ème mois post ligamentoplastie du LCA.

### 1.9 Les objectifs de notre étude

Dans notre étude, nous proposons d'évaluer chez les patients candidats à une ligamentoplastie :

- Les performances musculaires sur isocinétisme

- Les performances fonctionnelles grâces à des tests fonctionnels standard de saut monopodaux,
- L'aspect psychologique grâce au questionnaire ACL-RSI
- La proprioception sur iso-cinétisme

L'objectif principal de cette étude est d'étudier l'évolution de la proprioception du genou après ligamentoplastie du LCA sur machine d'iso-cinétisme.

Les objectifs secondaires sont :

- Évaluer l'impact de la rupture du LCA et sa réparation chirurgicale sur la proprioception du genou par rapport au côté sain et à une population saine

- Étudier la corrélation entre la proprioception, la force musculaire, les scores fonctionnels, les facteurs psychologiques et le retour au sport après ligamentoplastie du LCA

- Étudier l'impact du délai avant chirurgie, du côté (dominant/non dominant) et de la technique chirurgicale sur l'évolution de la proprioception après ligamentoplastie du LCA

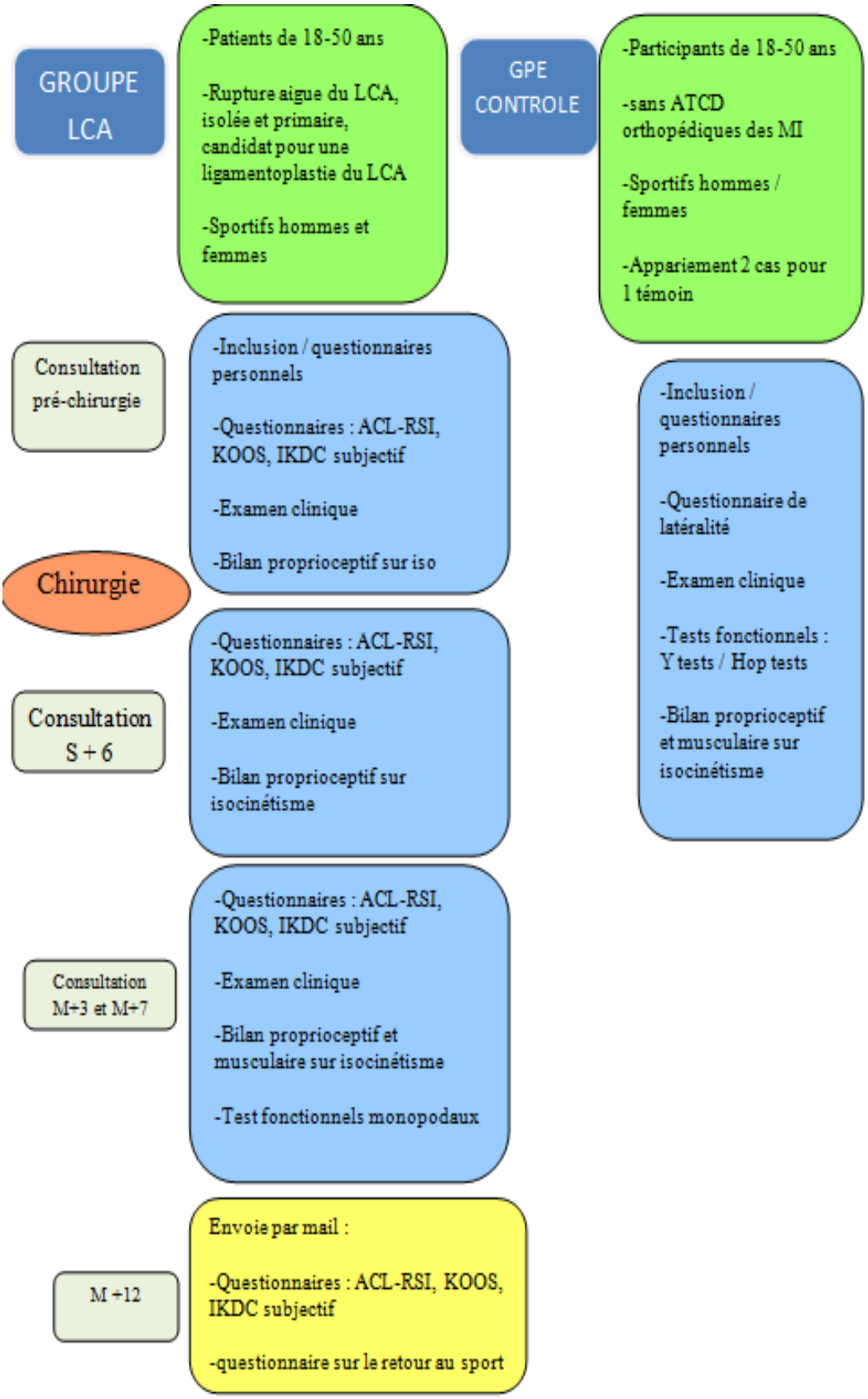
# 2 Matériel et Méthode

## 2.1 Conception de la recherche

### 2.1.1 Plan Expérimental

Cette étude a débuté en novembre 2019 dans les services d'orthopédie et de médecine du sport du CHU de CAEN. L'étude est toujours en cours. Un comité éthique a donné un avis favorable pour l'étude (comité de protection des personnes d'Ile de France XI CPP 19046-52621). Il s'agit d'une étude de cohorte mono-centrique au CHU de Caen, comparative, prospective, non randomisée et ouverte.

### 2.1.2 Design de l'étude



### 2.1.3 Critères d'arrêt de la recherche

## 2.2 Sélection de la population

Tous les participants étaient volontaires pour cette étude. Ils ont tous reçu une information loyale et éclairée de notre protocole d'étude. Une lettre d'information, validée par le CPP, leur avait tous été envoyée par mail ou par boîte postale avant leur inclusion dans l'étude. Leurs consentements écrits ont tous été recueillis.

Notre protocole comportait 2 groupes de participants : le groupe patients LCA et le groupe contrôle. Le groupe LCA était constitué des patients candidats pour une ligamentoplastie du LCA. Le groupe contrôle était constitué de participants sains.

Les critères d'inclusion du groupe LCA :

- Patient de 18-50 ans présentant une rupture isolée et primaire du ligament croisé antérieur et candidat pour une ligamentoplastie du LCA au CHU de CAEN.
- Sportifs quelques soit leur niveau et type de pratique sportive
- Patients ayant signés le consentement
- Patient ayant un accès à internet pour le suivi

Les critères d'inclusion pour le groupe contrôle :

- Participants de 18-50 ans
- Sportifs quelques soit leur niveau et type de pratique sportive
- Patients ayant signés le consentement

Les critères de non inclusion pour les deux groupes :

- Chirurgie ligamentaire des membres inférieurs préalable
- Lésion ligamentaire complexe (ligaments latéraux, ligament croisé postérieur LCP)
- Lésions musculaires récentes
- Antécédent de lésion sur le genou sain
- Récidive de rupture du LCA
- Patient non inclus dans le parcours de soins du sportif post ligamentoplastie
- Femme enceinte ou allaitante
- Antécédents neurologiques ou vestibulaires avec séquelles.
- Prise de traitements altérant la vigilance (exemples : neuroleptiques ou sédatifs)

Procédure d'arrêt prématuré de la recherche ou d'exclusion pour un patient inclus initialement dans notre protocole :

- Décès

- Arrêt à la demande du patient lui-même, par refus du suivi protocolaire, ou retrait du consentement éclairé
- Complications ou traumatisme contre indiquant ou retardant l'évaluation standard après ligamentoplastie (genou sain ou lésé)
- Non-respect de la rééducation définie (appréciée par plus de 20% des séances de rééducation manquées ou supérieures à 10 successives)

## 2.3 Nombre de patients à inclure à minima

Dans notre étude nous souhaitons inclure à minima 30 patients dans le groupe LCA et 15 participants dans le groupe contrôle.

Il nous faut un échantillon de 22 patients (n=22) pour montrer une amélioration de 30% au TDPM (2.28 ± 0.49 vs. 1.59 ± 0.13), et un échantillon de 20 patients (n=20) pour une amélioration de 16% au JPS (6.76 ± 0.77 vs. 5.67 ± 0.91) (Reider et al. 2003)(85).

Risque alpha de 5%, Puissance de 90 %, test bilatéral, apparié.

## 2.4 Déroulement pratique de l'étude pour le groupe contrôle

### 2.4.1 Données démographiques et cliniques

Lors de leur visite dans le service de médecine du sport, les participants devaient remplir un questionnaire avec les données suivantes : nom, prénom, date de naissance, profession ou niveau d'étude, sport(s) pratiqué(s) et a quel niveau, antécédents médicaux et chirurgicaux, prise de traitement, taille, poids et le coté dominant. Le coté dominant étaient systématiquement évalué grâce au questionnaire d'indice de latéralité validé en Français de Guy AZEMAR (86) (Annexe Questionnaire de latéralité).

### 2.4.2 Protocole d'évaluation

Les tests ont tous été réalisés dans le centre de médecine du sport du CHU de Caen et par le même opérateur. Dans le cadre de ce protocole, on vérifiait chez chaque participant qu'il n'existait pas de pathologies aigues au niveau du genou, des os sus (fémur) et sous-jacent (tibia et fibula), et des groupements musculaires mis en jeu lors de l'évaluation (extenseur et fléchisseurs du genou). Les sujets devaient donc présenter des genoux secs et avoir des amplitudes articulaires fonctionnelles.

Cette évaluation comprenait des tests fonctionnels à savoir les Hop Tests. Ces tests explorent l'aptitude fonctionnelle du membre inférieur et peuvent être réalisés facilement car

ils ne nécessitent pas de matériel spécifique. Les plus décrits dans la littérature pour le genou sont les hop tests et le Y tests.

Puis, on réalisait des tests proprioceptifs de repositionnement passif et actif (JPS, en degrés), ainsi que le seuil de détection du mouvement (TDPM en degrés) sur la machine d'iso-cinétisme.

Et enfin, des tests mesurant la force musculaire en analytique (tests isocinétiques).

L'évaluation était toujours faite dans cet ordre immuable. Chaque mesure de chaque test était réalisé deux fois et de façon consécutive. Pour les tests proprioceptifs et ceux de force musculaire sur machine d'isocinétisme, on commençait les tests par le côté dominant. Tandis que pour les hop test ont commençait par le côté non dominant.

#### 2.4.2.1 Les Hop Tests

Les épreuves de saut comportaient 3 sauts monopodaux ou Hop Tests décrit initialement par Noyes : le simple saut monopodal (single leg hope test for distance), le triple saut monopodal (triple hop test for distance), le triple saut monopodal croisé (triple cross-over hop test for distance).

Chez le sujet sain, la reproductibilité de ce test est très bonne. Le coefficient de corrélation intra-classe (ICC) est entre 0.92 et 0.96 (87). La reproductibilité chez un sujet ayant bénéficié d'une ligamentoplastie du LCA est également très bonne, avec un ICC entre 0.84 et 0.92. Par extension, les hop tests sont aussi utilisés dans d'autres pathologies telles que le syndrome fémoro-patellaire(88), l'entorse de cheville (89) ou même des pathologies d'origine pubienne(90). Noyes et al ont décrit les hop tests comme un moyen d'objectiver le retentissement fonctionnel d'une rupture du LCA (91).

On compare le membre non dominant par rapport au dominant ou le membre lésé par rapport au membre sain. Cela nous donne un score appelé LSI (limb symmetry index). Un score inférieur à 85% était défini comme anormal. D'autres chercheurs comme Thomée et al ont utilisé les hop tests comme critères de reprise du sport après ligamentoplastie du LCA. Pour cette équipe une LSI supérieur à 90% permettait la reprise de sport pivot contact (92).

Il était demandé de réaliser 2 sauts pour chaque test, en commençant par le côté non dominant puis dominant selon un protocole standardisé. Les mesures du test étaient prises si toutes les conditions étaient validées (93).

Le simple saut (SS) consistait à effectuer un saut vers l'avant sur une jambe. Pour le triple saut (TS), le patient enchainait 3 sauts consécutifs. Pour le triple saut croisé (TSC), le patient devait effectuer un enchainement de 3 sauts consécutifs également en croisant une bande de 15 centimètres de largeur à chaque saut. Les sauts étaient considérés comme réussis si le patient ne perdait pas l'équilibre et si sa réception était tenue au moins 3 secondes sans pas de

rattrapage. Le patient devait aller le plus loin possible et la mesure était prise à l'aide d'un mètre entre le point de départ et la pointe de la chaussure. La précision pour chaque mesure était de l'ordre du demi-centimètre.

Une fois les tests effectués et validés, la moyenne des 2 sauts pour chaque test était prise ainsi que la meilleure valeur. On calculait alors le score LSI avec ces deux valeurs.

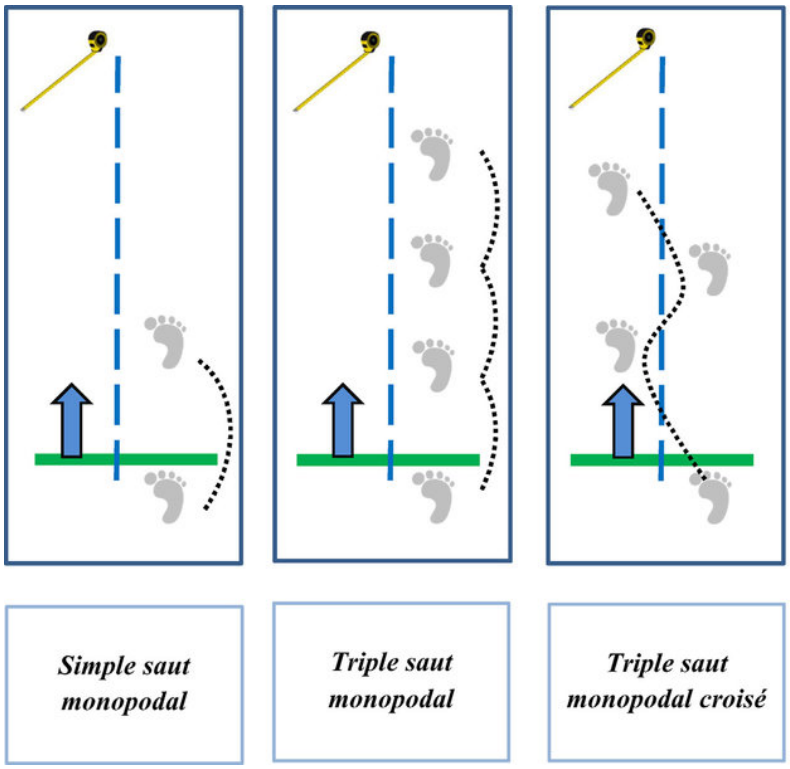



**Figure 5 : Illustration des 3 tests de sauts monopodaux ou Hop tests (84)**

### 2.4.3 Tests proprioceptifs sur machine d'isocinétisme

Afin d'évaluer la proprioception du genou par la technique de repositionnement passif et actif (JPS, en degrés), ainsi que le seuil de détection du mouvement (TDPM en degrés), nous avons utilisé le dynamomètre CONTREX.

#### 2.4.3.1 Installation

Le siège était réglé à 90° degrés, les cuisses dépassant de 2 travers de doigts. Le repérage de l'épicondyle latéral du fémur permettait d'aligner l'axe du dynamomètre isocinetique avec le centre articulaire théorique. Le placement d'un contre appui résistif se plaçait en distale de la jambe à deux doigts de la malléole externe. Les amplitudes fixées était selon les possibilités du participant 0-10° d'extension et 90-100° de flexion.

Afin de limiter toutes afférences sensorielles auditives et visuelles, le sujet était équipé d'un casque anti bruit ainsi que d'un bandeau oculaire. On demandait également aux

participants de venir avec un short afin de ne pas avoir d'informations sensorielles épicritiques par frottement du tissu sur la peau.

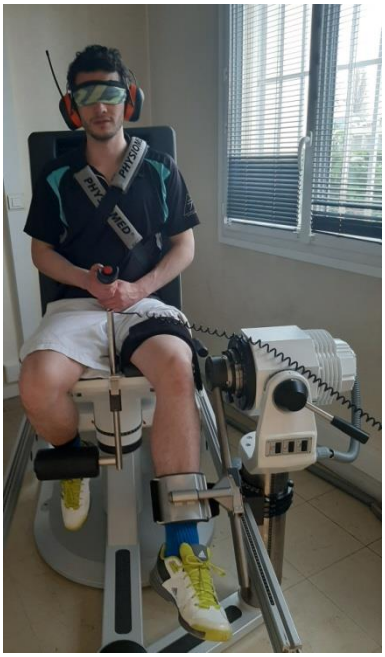


**Figure 6 : Evaluation isocinétique de la proprioception**

#### 2.4.3.2 Protocole d'évaluation proprioceptive

L'évaluation proprioceptive reposait sur 3 tests : le JPS1, le JPS2 et le TDPM. Pour chaque test le participant réalisait 2 séries de chaque test. Le coté dominant était testé en premier, puis le non dominant. Les tests étaient toujours réalisés dans le même ordre à savoir JPS2, JPS1 puis le TDPM.

##### 2.4.3.2.1 Evaluation du JPS : Joint Position Sense

Le JPS (Joint Position Sense) correspond à l'évaluation du sens positionnel d'une articulation.

Le principe est de déplacer l'articulation du genou à 45° de flexion, on demande au patient de mémoriser cet angle de flexion. Une fois qu'il a mémorisé cet angle, la machine d'isocinetisme ramène le membre à 90° flexion puis on demande au sujet de retrouver les 45° de flexion. Le replacement s'effectue selon un mode passif (JPS1) ou actif (JPS2).

Le JPS1 est effectué sur le mode passif, le membre à tester est amené dans une position déterminée à 45°, celle-ci est maintenue jusqu'à ce que le participant ai mémorisé l'angle. Après ce moment de repérage, le membre est remis en position de départ, c'est-à-dire 90° de flexion. Puis la machine déplace l'articulation du genou en extension à vitesse lente (2°/sec). Lorsque

le sujet pense avoir atteint les 45° degrés de flexion il appui sur le bouton stop qu'on lui aura préalablement présenté. Deux mesures sont effectuées successivement.

On calcule le delta entre l'angle de flexion atteint par le patient et les 45° de flexion. Par exemple si un patient stop la machine à 40° degrés de flexion, le delta sera de 5°. Une fois les 2 séries effectuée, on garde la moyenne des 2 delta de chaque test ainsi que le plus faible delta. Le but étant de déterminer le pourcentage de différence entre les 2 jambes.

Le JPS2 est effectué sur le mode actif. On amène le membre à tester à 45°, on demande toujours au participant de mémoriser cet angle, puis on le remet à la position de départ, à savoir 90° degrés de flexion. Le sujet doit ensuite se repositionner à 45° de flexion grâce à la commande de l'appareil d'iso cinétisme. On effectue également deux séries successivement, puis on garde la moyenne des 2 delta de chaque test ainsi que le plus faible delta.

#### 2.4.3.2.2 Evaluation du TDPM

Le TDPM correspond à l'évaluation du seuil de détection du mouvement passif. Dans notre étude le genou est mobilisé à vitesse très lente (0.2°/sec), et ce à partir de 90° de flexion vers l'extension. Dans les différentes études utilisant ce test, la vitesse de déplacement vers l'extension s'effectuait à partir de 15° de flexion et à une vitesse de 3°/sec (85). Nous avons choisi d'effectuer ce test à une vitesse plus lente afin que ce test soit le plus sensible et ne repose pas simplement sur le temps de réaction à appuyer sur le bouton stop. De plus nous avons choisi d'effectuer ce test à 90° pour limiter l'effet gravité et ne pas modifier les butées pré réglées en début de test.

Au cours de ce test, lorsque le sujet détecte un mouvement, c'est-à-dire une modification de son angle de flexion, il stoppe la machine. Le TDPM correspond alors à la course angulaire réalisée par le patient à partir de 90°. Pour exemple, si le patient détecte un mouvement à 84°, son TDPM sera alors de 6°. On effectue toujours deux séries consécutives, puis on garde la moyenne des deux valeurs de TDPM et la plus faible.

### 2.4.4 Protocole d'évaluation musculaire isocinétique appliquée au genou.

Comme nous l'avons vu en introduction, l'évaluation musculaire isocinétique appliquée au genou est celle qui est la plus réalisée en pratique clinique. Cette évaluation concerne l'analyse des groupements musculaires fléchisseurs et extenseurs du genou, à savoir respectivement et essentiellement les ischio-jambiers et le quadriceps. L'interprétation des valeurs mesurées se fait en comparaison avec le coté controlatéral, des valeurs de référence et/ou des valeurs normatives.

#### 2.4.4.1 Installation

On a utilisé le même dynamomètre que pour les tests proprioceptifs, à savoir le dynamomètre isocinétique CON-TREX. Le siège était réglé à 90° degrés, les cuisses dépassant de 2 travers de doigts. Le repérage de l'épicondyle latéral du fémur permettait d'aligner l'axe du dynamomètre isocinetique avec le centre articulaire théorique. Le contre appui du dynamomètre, contre lequel le sujet va exercer une force, était placé sur le segment jambier juste au –dessus du coup de pied (deux travers de doigt au-dessus du pli de flexion de la cheville). Le positionnement de ce contre appui a une influence sur la longueur du bras de levier, donc sur la force angulaire que le sujet pourra développer. Il convient donc de l'installer toujours de la même manière si l'on veut comparer les valeurs. Il est également important que ce contre appui ait des mousses de protection efficaces, car si la poussée crée des douleurs, la force maximale du sujet pourrait être sous-estimée.

Le participant était attaché au niveau du tronc par deux ceintures et également au niveau de la cuisse, afin de limiter les compensations durant l'exercice et éviter des flexions brutales du tronc qui pourraient être dangereuses pour le sujet. De plus il a été rapporté que ce sanglage du tronc permettait une production de force plus importante que sans sanglage (94). Un contre appui distal était également mis en regard de la cheville controlatérale. Durant cette évaluation on standardisait également la position des membres supérieurs. Deux positions pour les membres supérieurs sont décrites dans la littérature : bras croisés sur le torse ou serrage des poignets par les mains. Ces deux installations vont modifier les chaines musculaires en jeu, ce qui peut avoir une influence sur la force maximale produite, d'où l'importance de la standardiser et de toujours utiliser la même. Pour notre étude nous avons choisi le serrage de poignets par les mains car elle permet de développer une force plus importante.

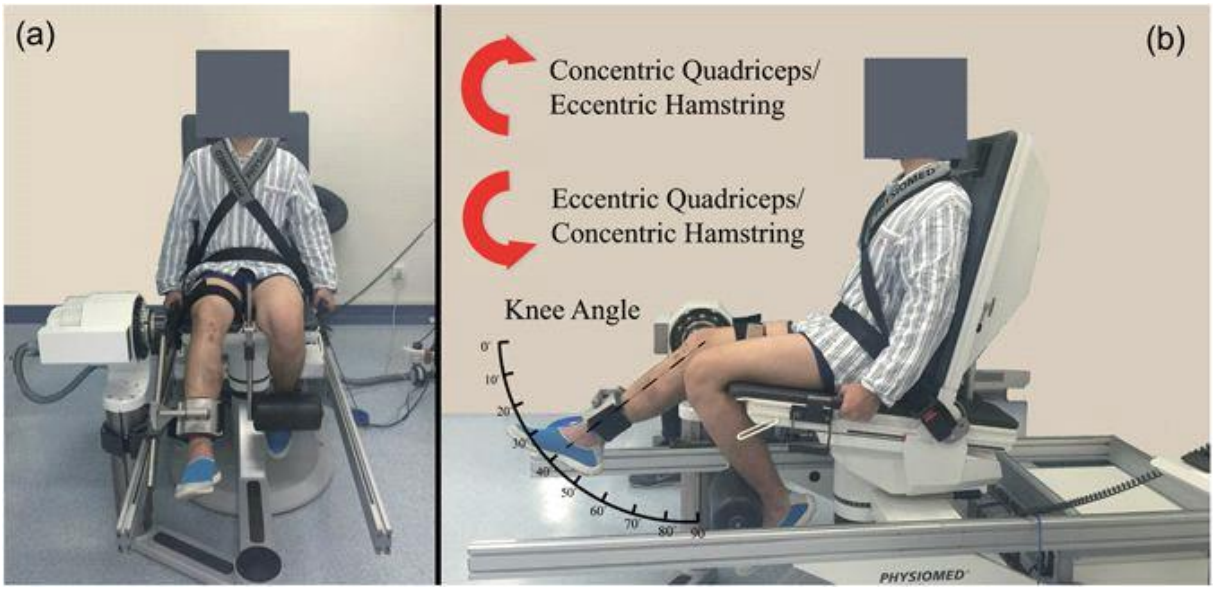



**Figure 7 : Installation sur le dynamomètre**

#### 2.4.4.2 Choix de la course angulaire

La course angulaire doit être nécessaire et suffisante pour que le sujet puisse atteindre la vitesse isocinétique demandée et son moment de force musculaire maximum. Elle ne doit pas être trop excessive car cela risquerait de demander un travail musculaire trop important avec une fatigue musculaire plus précoce. Elle doit aussi respecter les possibilités d'amplitudes articulaires du genou (limitations articulaires par en raidissement) et la souplesse du sujet (limitation d'extension du genou par raideur des chaines postérieures). Il est important que les amplitudes soient symétriques entre les deux cotés évalués et identiques entres les sujets pour lesquels on cherche à comparer leur valeur.

Il est conseillé dans la littérature de prendre une amplitude d'environ 75°à 80° pour les sujets atteints de pathologies articulaires du genou ou sédentaires, et 90° pour les sujets sportifs entrainés. Etant donné que nous avions une population sportive et saine, les amplitudes était fixées selon les possibilités du participant 0-10° d'extension et 90-100° de flexion.

#### 2.4.4.3 Choix des modes de contraction

L'évaluation musculaire isocinétique des fléchisseurs et extenseurs du genou doit permettre une bonne appréhension et compréhension des possibilités des muscles. Compte tenu des rôles et caractères complémentaires des modes de contraction concentriques et excentriques, et notamment du rôle de l'excentrique dans la stabilisation et protection articulaire et musculaire, il est important que l'évaluation inclue ces deux modes de contraction. Il est nécessaire également de prévoir un temps de familiarisation à ces deux modes, notamment le mode de contraction excentrique, afin de ne pas sous-estimer le moment de force maximum par manque d'habituation. Il est donc conseillé de débuter l'évaluation par le mode de contraction concentrique, plus facile à réaliser et moins « traumatisant » sur le plan musculaire, puis de réaliser l'évaluation en mode de contraction excentrique après familiarisation.

#### 2.4.4.4 Choix des vitesses angulaires

Afin d'appréhender les caractéristiques des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou en rapport avec la relation force-vitesse, il est suggéré dans les études d'évaluer à au moins deux vitesses angulaires concentriques entre 60°/s (vitesse lente) et 180°/s ou 240°/s (vitesse rapide), et une vitesse excentrique : 30°/s (vitesse lente). En fonction des objectifs d'évaluation, il peut être rajouté une vitesse concentrique intermédiaire de 120°/s et /ou une vitesse excentrique plus rapide de 120°/s.

Il est important de garder à l'esprit que plus il y a de séries et de répétition, plus il y aura de fatigue, et plus le risque de sous-estimer le moment de force maximum est important. On sait également que pour des vitesses angulaires élevées en concentrique et en excentrique, la reproductibilité des mesures est moins bonne.

Dans notre protocole nous avons utilisé deux vitesses angulaires concentrique à 60°/s et 240°/s et une vitesse excentrique à 30°/s.

#### 2.4.4.5 Choix du nombre de répétitions

Dans le cadre de l'évaluation musculaire maximal, l'objectif est la mesure d'une valeur de moment de force maximale. Il est donc inutile de multiplier les répétitions si le sujet à atteint son maximum à la première ou la deuxième répétition, car cela risque d'entrainer de la fatigue musculaire qui nuirait à la performance maximale lors des séries suivantes. On sait que si le sujet a bien été informé des objectifs et modalités d'évaluation, et qu'il a bien été familiarisé au mode de contraction isocinétique, il devrait réaliser et atteindre son moment de force maximale lors de la 1ère ou de 2ème répétition. Ainsi dans les études il est conseillé de réaliser, pour chaque vitesse angulaire un maximum de 3 répétitions maximales. C'est ce que nous avons mis en place dans notre protocole 3 répétitions en concentrique à 60°/s, à 240°/s et en excentriques à 30°/s.

#### 2.4.4.6 Correction de la gravité

Il est fortement conseillé de mesurer, lors de la mise en place du protocole, le poids du membre et du dispositif du dynamomètre permettant l'évaluation, afin de prendre en compte la correction de la gravité dans les valeurs mesurées. La prise en compte de la correction de gravité au niveau de l'évaluation appliquée au genou est quasiment systématique dans les études scientifiques. Sa prise en compte ou non, a une influence sur la valeur du moment de force maximum des muscles extenseurs (sous-estimation si non prise en compte) et des muscles fléchisseurs (surestimation si non prise en compte), et bien entendu du ratio fléchisseurs extenseurs.

#### 2.4.4.7 Récupération

Entre les évaluations maximales, il est conseillé de réaliser 60 secondes de récupération. Dans le cadre d'exercices sous maximaux, notamment lors de l'échauffement ou après les essais la récupération peut être inférieure à 60 secondes en fonction des sensations du sujet sans être inférieure à 15 secondes.

#### 2.4.4.8 Résumé du protocole d'évaluation musculaire

Le côté dominant était testé en premier. La correction de la gravité était utilisée pour les deux côtés. Un échauffement spécifique préalable était réalisé pour se familiariser avec ce type d'effort. En effet, on demandait aux participants de réaliser deux séries de 12 et 8 répétitions sous maximales et incrémentales en mode concentrique.

Le test comprenait donc 3 temps d'évaluation pour chaque jambe où le patient devait produire un effort maximal en concentrique à 60° (Q60°/s), en concentriques à 240° (Q240°/s) et en excentrique à 30 °. Avant chaque test, le patient avait un essai sous maximal de 4 répétitions afin de vérifier que la consigne était bien comprise. L'opérateur exerçait un guidage verbal simple avec des consignes comme « en haut », « en bas » pour l'extension et la flexion respectivement, ou encore « talon-fesse » pour l'excentrique. Lors des tests, et pour chaque temps d'évaluation, on demandait au participant de réaliser 3 séries maximales. La récupération entre chaque exercice était de 60 secondes.

Dans notre étude, pour les répétitions en concentriques à 60° et 240° on recueillait les valeurs pour les couples maximaux en extension et flexion exprimés en Newton mètre. Pour les répétitions en excentrique à 30°, on recueillait la valeur du couple maximal d'extension exprimés en Newton mètre. Une analyse de ces valeurs a été faite en fonction de plusieurs paramètres à savoir : en fonction du sexe, âge, niveau et type d'activité physique pratiquée, coté dominant vs coté non dominant.

## 2.5 Déroulement pratique de l'étude pour le groupe LCA

### 2.5.1 Première consultation en pré opératoire

La première partie de cette consultation reposait sur le reccueil du consentement écrit et éclairé du patient.

Pour toutes les consultations on effectuait un interrogatoire et examen clinique standardisés basés sur l'IKDC objectif. Le score IKDC depuis sa publication en 1993 par Hefti et Müller (95), reste le score le plus utilisé à l'échèle international (96). Ce score possède un module subjectif et un module objectif.

Le module objectif possède 7 Items :

- Épanchement
- Perte de mobilité passive
- Examen ligamentaire
- Douleur des compartiments fémoro-tibiaux /patellaires
- Pathologie du site de prélèvement
- Évaluation radiologique
- Test fonctionnel

Le score final est réparti en résultats : excellents ou groupe A, résultats bon ou groupe B, résultats moyens ou groupe C et enfin mauvais résultats ou groupe D.

De nombreuses études, dont celle de (97) Laurence et al étudiant une population de 1534 patients porteurs de pathologies diverses du genou, ont montré la validité de L' IKDC.

#### 2.5.1.1 Interrogatoire

A l'interrogatoire on recueillait différentes données à savoir : l'âge, le sexe, les antécédants médicaux-chirurgicaux, les traitements, la consommation de tabac, le poids, la taille, l'IMC, le membre dominant, ainsi que la profession ou niveau d'étude.

Sur le plan sportif on notait, le type de sports partiqués, à quels volumes horaires par semaine et à quels niveaux.

Sur le plan traumatologique, on demandait la date de l'accident, le coté lésé, le mécanisme (pas de traumatisme / traumatisme allégué / traumatisme certain) et les circonstances de l'accident (au cours d'une activité sportive / accidents de la voie publique / Accident du travail / Autre).

Sur le plan rééducatif on reccueillait :

- Nombres de séances de rééducation faites par semaine : en autonomie et avec un kinésithérapeuthe.
  Cette rééducation vise à permettre une récupération maximale de la force et des amplitudes en préopératoire. En effet, une faiblesse préopératoire du quadriceps prédit une faiblesse postopératoire (98). Elle permettra également une résolution plus rapide de l'épanchement, d'informer et d'entraîner le patient à sa rééducation postopératoire.
- Lieu de rééducation : SSR, centre de médecine du sport, Masseur kinésithérapeuthe libéral.
- Prise de traitement antalgique
- Marche avec aide technique : oui / non / quel type
- Port d'une atelle : oui / non / quel type

#### 2.5.1.2 Examen clinique et bilans d'imagerie.

Un examen clnique standardisé basé sur l'IKDC était réalisé lors de la consultation. Ce dernier est repporté en Annexe 2.

Dans le cadre du parcours de soins, le patient avaient systématiquement eu un bilan standard d'imageries avec des radiographies bilatérales et comparative et une IRM du genou lésé. Les différentes variables relevées dans le cadre de cette études sont également exposées en Annexe 2.

#### 2.5.1.3 Bilan proprioceptif

On réalisait le même bilan proprioceptif sur machine d'isocinétisme que pour le groupe témoin décrit dans le paragraphe ci-dessus (2.4.4.2 Protocole d'évaluation proprioceptive). On

respectait le même protocole d'installation et d'évaluation (JPS1, JPS2, TDPM). On commençait les mesures par le côté sain, puis par le coté lésé.

#### 2.5.1.4 Questionnaires

Lors de chaque consultation on demandait aux patients de remplir 3 auto-questionnaires pour leur suivi médical : l'ACL-RSI, le KOOS et l'IKDC subjectif.

##### 2.5.1.4.1 Le questionnaire ACL-RSI

Le retour au sport après une reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA) nécessite une récupération physique et psychologique optimale. L'échelle Anterior Cruciate Ligament-Return-to-Sport after Injury (ACL-RSI) est le premier outil d'évaluation globale de cette dimension psychologique.

Cette échelle a été validée en français auprès du comité de lecture du KSSTA (Knee Sport Surgery Traumatology Arthroscopy) (52).

Il s'agit d'un auto-questionnaire de 10 items. Cette évaluation peut être utilisée chez tous les patients opérés d'une ligamentoplastie en pré opératoire, comme à 4, 6, 12 et 24 mois post opératoire.

Une étude prospective a été réalisée chez 681 sportifs, et avec un recul de 2 ans (51). Les critères d'inclusion étaient : sportifs âgés de plus de 15 ans, tous sports et niveaux de pratique confondus, opérés entre 2012 et 2015 pour une reconstruction isolée du LCA et ayant renseigné l'ensemble des questionnaires au recul de 2 ans. Le score ACL-RSI était renseigné en pré opératoire, à 4 mois, à 6 mois, à 1 an et à 2 ans. Les résultats de cette étude ont montré que le score ACL-RSI était significativement supérieur en cas de retour au sport ($p < 0{,}00001$) et chez les patients ayant repris à un niveau supérieur ou identique. La valeur seuil optimale de l'ACL-RSI à 2 ans pour ce niveau de retour au sport est de 65 % (sensibilité = 75,1 %, spécificité = 68,5 %). De façon plus générale, en analyse multi variée, il a été montré qu'un des facteurs favorisants à la reprise du sport habituel à 2 ans était un score ACL-RSI à mois supérieur à 60% (OR =3.1).

##### *2.5.1.4.2* Questionnaire KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score)

Il s'agit d'un auto-questionnaire suédois publié en 1998 (Roos et al. 1998) qui permet d'évaluer l'avis du patient sur son genou et les problèmes associés. Il a été validé en Français en 2008 par Ornetti et al (99).

Le KOOS est un score international de référence dans l'évaluation clinique des différentes pathologies du genou (69). Il est recommandé par l'HAS dans le suivi des ligamentoplasties du genou.

Il contient 42 items divisés en cinq sous-sous-échelles : KOOS Douleur, KOOS Symptômes, Activités de vie quotidienne (KOOS ADL), Sport (KOOS Sport) et Qualité de la

vie concernant le genou (KOOS QOL). Les scores totaux peuvent varier de 0 à 100, la valeur 100 correspondant au meilleur résultat possible.

#### 2.5.1.4.3 Questionnaire IKDC subjectif

Le questionnaire d'évaluation subjective du genou, mis au point par l'IKDC (Comité international de documentation du genou), permet d'appréhender les symptômes et la fonction lors des activités quotidiennes.(100)

Cet auto-questionnaire divisé en trois parties (symptômes, activités sportives, fonction) et donne un score entre 0 (pire) et 100 (meilleur). Ce résultat est interprété comme une mesure de la capacité de la fonction. Un résultat de 100 signifie qu'il n'y a aucune limite aux activités quotidiennes et sportives et que les symptômes sont nuls.

Les normes ont été calculées selon l'âge et le sexe (101) :

- Pour les hommes
    - 18-24 ans = 89 +/- 18
    - 25-34 ans = 89 +/- 16
    - 35-50 ans = 85 +/- 19
    - 51-55 ans = 77 +/- 23
- Pour les femmes :
    - 18-24 ans = 86 +/- 19
    - 25-34 ans=86 +/- 19
    - 35-50 ans=80 +/- 23
    - 51-55 ans=71 +/- 26.

Ainsi dans une population jeune (âge < 55 ans dans cette étude 89), un IKDC supérieur à 70% est considéré comme nécessaire pour reprendre le sport.

### 2.5.1.5 Prescription de kinésithérapie

Les patients étant rarement opérés en urgence, une rééducation peut être entreprise en attendant l'intervention chirurgicale. La prescription de kinésithérapie était individualisée à chaque patient inclus en se basant sur les données de la littérature et les recommandations de l'HAS (décrite dans l'introduction).

Fabri et al. (40) ont proposé une rééducation préopératoire qui respecte les principes du traitement conservateur pour protéger le LCA : l'appui doit être différé si la pente tibiale est supérieure à 10°, et le récurvatum ne doit pas être recherché lors des séances de kinésithérapie ou à la marche (talonnette).

Cette rééducation consiste à tonifier les ischio-jambiers (IJ), à réaliser une contraction du quadriceps associée à une co-contraction des IJ. La reprogrammation neuromusculaire (RNM) est réalisée sur plan stable puis instable si la pente tibiale le permet. Cette rééducation doit être arrêtée 48 heures avant l'intervention. Il semble qu'une telle rééducation améliore le

suivi postopératoire, avec une moindre sidération du quadriceps et une moindre raideur articulaire.

### 2.5.2 Deuxième consultation à 6 semaines post opératoire ( Annexe 3)

#### 2.5.2.1 Interrogatoire

Cette deuxième consultation est réalisée dans le service de médecine du sport à 6 semaines de l'opération.

Lors de cette consultation on informe le patient et on recherche plusieurs éléments :

- Douleurs : EVA, prise de traitements anatlgiques.
  La persistance de douleurs au versant antérieur de genou ou sur le site de fixation tibiale est la cause de la non-reprise des activités sportives pour 36% des patients (102).
- Rééducation initiale : nombre de fois par semaine, le lieu de rééducation (SSR, MKL, centre de médecine du sport), auto exercices
- Rééducation actuelle ( à 6 semaines post opératoire ) : nombre de fois par semaine, lieu de rééducation, auto exercices réalisés.
- Sur le plan fonctionnel : marche sans / avec aide technique ( quel type ), pour les longs / courts trajets, port d'une attelle
- Profession : durée d'arrêt de travail prescrite parle chirurgien.
- Conduite : autorisée à partir de J45 en l'absecnce de contre indication.

#### 2.5.2.2 Reccueils de données de compte rendu opératoire

Sur le compte rendu opératoire on recherche différents éléments, à savoir

- la date de l'opération
- le nom du Chirurgien
- le type d'opération réalisée : la chirurgie consiste en la reconstruction du LCA à l'aide d'un transplant tendineux, le plus souvent le tendon patellaire ( chirurgie de Kenneth-Jones) ou les tendons des sichio-jambiers ( droit interne et demi tendineux : chirurgie DIDT)
- le temps de garrot
- Compte rendu d'arthroscopie : atteinte cartillagineuse en regard du défilé fémoro patellaire, du compartiment fémoro tibial interne et externe. Recherche de lésions méniscales et évaluation du pivot central ( LCA et LCP )

#### 2.5.2.3 Examen clinique

Sur le plan clinique on recherchait :

- Amplitudes articulaire ( recurvatum / flexum / flexion ) du coté sain et lésé en passif et en actif.
  Gobbi et al (102) ont montré que le déficit d'une extension complète est la cause d'une non-reprise des activités sportives préopératoires pour 9% de leurs patients. De plus, une récupération incomplète des amplitudes articulaires après plastie du LCA est un facteur de risque pour le développement d'arthrose à long terme.
- Epanchement : aucun / trace / moyen / très important
- Cicatrice : propre non inflammatoire / inflammatoire / douloureuse / retard de cicatrisation
- Evaluation ligamentaire :
  - test de Lachman : arrêt dur / arrêt mou
  - recherche de laxité dans le plan frontal
- Recherche de douleur en regard des interlignes articulaires
  - espace antérieur / espace fémoro tibial interne et externe : aucune / discrète / douleur > disctète
- Recherche de pathologies en regard des sites de prélèvement de greffe
- Evaluation des volumes musculaires : périmètres de cuisse mesurés à +10cm et +15cm de la pointe de la rotule cotés lésé et sain.
  On a pour objectif d'avoir une différence de < 1 cm par rapport au côté sain pour le périmètre de la cuisse mesuré 15 cm au-dessus du bord supérieur de la rotule. (39)
- Recherche de complications : thrombolembolique, hydarthrose, douleur (EVA), hématome
- Evaluation de station unipodale : stable / instable / indolore / douloureux

#### 2.5.2.4 Bilan proprioceptif

On réalisait le même bilan proprioceptif que celui en pré opératoire.

#### 2.5.2.5 Questionnaires

On demandait aux patients de remplir les mêmes questionnaires qu'en préoprétaoire à savoir l'ACL-RSI, le KOOS et l'IKDC.

#### 2.5.2.6 Prescription de kinésithérapie

La prescription de Kinésitérapie repose sur les recommandations de l'HAS (décrite dans l'introduction), et est adaptée en fonction de l'évaluation clinique du patient.

### 2.5.3 Troisième consultation à 3 mois post opératoire

#### 2.5.3.1 Interrogatoire et examen clinique

L'interrogatoire et l'examen clinique était le même que celui à 6 semaines post opératoire.

#### 2.5.3.2 Bilan proprioceptif

Le bilan proprioceptif était le même que celui réalisé en pré opératoire et à 6 semaines en post opératoire.

#### 2.5.3.3 Bilan musculaire sur isocinétisme

##### 2.5.3.3.1 Protocole d'évaluation

Le bilan réalisé était le même que celui réalisé dans le groupe témoin, avec la même installation . Les pré réquis pour la réalisation de ce test était absence de douleur ou d'épanchement important.

Le côté sain était testé en premier, puis le coté lésé. La correction de la gravité était utilisée pour les deux côtés. Un échauffement spécifique préalable était réalisé pour se familiariser avec ce type d'effort. En effet, on demandait aux participants de réaliser deux séries de 12 et 8 répétitions sous maximales et incrémentales en mode concentrique. Avant chaque test, le patient avait un essai sous maximal de 4 répétitions afin de vérifier que la consigne était bien comprise. Lors des tests, et pour chaque temps d'évaluation, on demandait au participant de réaliser 3 séries maximales. La récupération entre chaque exercice était de 60 secondes.

Le test comprenait donc 3 temps d'évaluation pour chaque jambe où le patient devait produire un effort maximal :

- En concentrique à 60° (Q60°/s)
- En concentriques à 240° (Q240°/s)
- En excentrique à 30 °

Dans notre étude, pour les répétitions en concentriques à 60° et 240° on recueillait les valeurs pour les couples maximaux en extension et flexion exprimés en Newton mètre. Pour les répétitions en excentrique à 30°, on recueillait la valeur du couple maximal d'extension exprimés en Newton mètre. Une analyse de ces valeurs a été faite en fonction de plusieurs paramètres à savoir : en fonction du sexe, âge, niveau et type d'activité physique pratiquée, coté sain vs coté lésé.

#### 2.5.3.4 Bilan fonctionnel : Hop tests

Les Hop Tests réalisés dans le groupe témoin sont également faits dans le groupe LCA. Ces tests estiment la récupération du contrôle neuromusculaire sur le genou opéré.

Les Hop Tests sont très utilisés en clinique pour évaluer la rééducation post ligamentoplastie du LCA. Le single hop test est le plus populaire. Il a été décrit initialement par Noyes et coll. (91), c'est une mesure reproductible et fiable après plastie du LCA (85). Le triple et le cross tests reflètent également les qualités pliométriques du membre inférieur et la confiance du sujet dans ses appuis.

Les Hop tests sont réalisés après le bilan musculaire isocinétique.

Les pré-requis pour les hop test sont :

- Un genou sec
- Indolore
- Des amplitudes articulaires complètes en passif et en actif, surtout en extension
- Une marche symétrique
- Descente et montée d'escaliers
- Force des extenseurs des membres inférieurs : LSI >85% (LSI leg symmetry index = MI lésé/MI sain x 100).

Les résultats des Hop Tests sont de nouveau exprimés par un LSI. Ardern et coll. (34) ont montré que les patients ayant un LSI ≥ 85% au *hop test* ont davantage de chances de retour à un sport de compétition à un an. Thomee et coll. (92) ont montré que de bons résultats au *hop test* à un an sont corrélés à un moindre risque d'arthrose à long terme.

#### 2.5.3.4.1 Protocole d'évaluation

Le protocole d'évaluation était le même que pour le groupe témoin. L'évaluation était constituée de 3 tests : Le simple saut, le triple saut et le saut croisé. Il était demandé de réalisé 2 sauts pour chaque test, en commençant par le côté sain puis le coté lésé.

Les mesures du test étaient prises si toutes les conditions étaient validées :

- Pas de perte d'équilibre
- Réception tenue au moins 3 secondes sans pas de rattrapage.

Une fois les tests effectués et validés, la moyenne des 2 sauts pour chaque test était prise ainsi que la meilleure valeur. Le but étant de déterminer le pourcentage de différence entre les 2 jambes en terme de distance.

#### 2.5.3.4.2 Questionnaires : ACL-RSI, KOOS, IKDC-subjectif

Lors de cette consultation, on demande toujours au patient de compléter ces questionnaires pour leur suivi.

### 2.5.3.5 Prescription de kinésithérapie

La prescription de Kinésitérapie repose sur les recommandations de l'HAS (décrite dans l'introduction), et est adaptée en fonction de l'évaluation clinique du patient.

### 2.5.4 Quatrième consultation à 7 mois post opératoire

Pour cette consultation à 7 mois on reprend exactement la même trame de consultations et avec les mêmes bilans qu'au 3ème mois.

En effet, on reprend le même interrogatoire et examen clinique. Sur le plan des bilans, on fait le bilan proprioceptif et musculaire sur machine d'isocinétisme, ainsi que le bilan fonctionnel (Hop tests). On demande toujours aux patients de remplir les 3 questionnaires, et on adapte l'ordonnance de kinésithérapie à la clinique.

### 2.5.5 12 mois post opératoire

A 12 mois post opératoire, un questionnaire est envoyé par adresse mail (Google Drive via un identifiant défini pour garantir l'anonymat, avec relance téléphonique si besoin) sur le retour au sport ainsi que les questionnaire ACL RSI, KOOS et IKDC subjectif.

### 2.5.6 Calendrier récapitulatif

| . Evaluations | CS1 | CS 2 +S6 | CS 2 +M3 | CS 2 +M7 | Q +1 an |
|---|---|---|---|---|---|
| **Recueil du consentement éclairé** | X | | | | |
| **Interrogatoire, recueil des données standardisées du patient** | X | | | | |
| **Vérification des critères d'éligibilité** | X | X | | | |
| **Interrogatoire + Examen clinique** | X | X | X | X | |
| **Prescription de kinésithérapie** | X | X | X | X | |
| **Questionnaires ACL-RSI, KOOS, IKDC subjectif** | X | X | X | X | X |
| **Bilan de la proprioception sur iso-cinétisme** | X | X | X | X | |
| **Tests fonctionnels** | | | X | X | |
| **Bilan musculaire** | | | X | X | |
| **Recueil du compte rendu post opératoire** | | X | | | |
| **Questionnaire sur le retour au sport à un an envoyé par mail** | | | | | X |

# 3 Résultats

Dans cette partie nous exposerons les premiers résultats de l'étude.

## 3.1 Groupe contrôle (individus sains)

### 3.1.1 Caractéristiques de la population

Cette évaluation a été faite entre le 1er novembre 2019 et le 1er juin 2020. Nous avons inclus 20 personnes répondant aux critères d'inclusion dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Age moyen : 26.55 +/- 6ans
- 10 hommes et 10 femmes
- Taille moyenne : 174.15 +/-8.85 cm
- IMC moyen : 22.06
- Questionnaire de latéralité : 3 gauchers et 17 droitiers
- Pratiquent une actvité phyique régulière comprise entre 2 à 8 heures semaines, excepté une personne qui avait une pratique occasionnelle. Moyenne : 3.55 heures par semaine

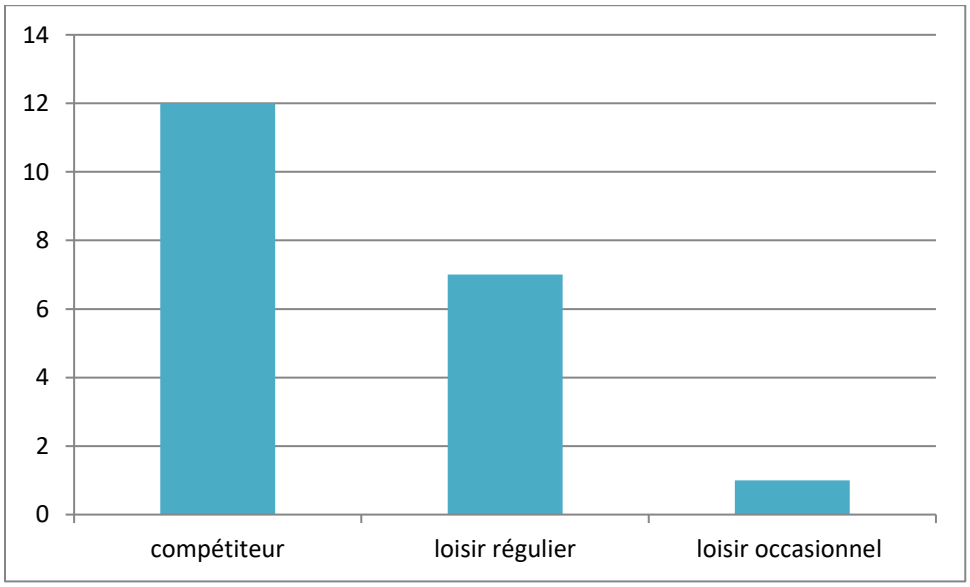



**Figure 8 : Répartition du niveau de pratique sportive dans le groupe contrôle**

- Le type de sport pratiqué était classé en 3 catégories : pivot avec contact, pivot sans contact et sans pivot.

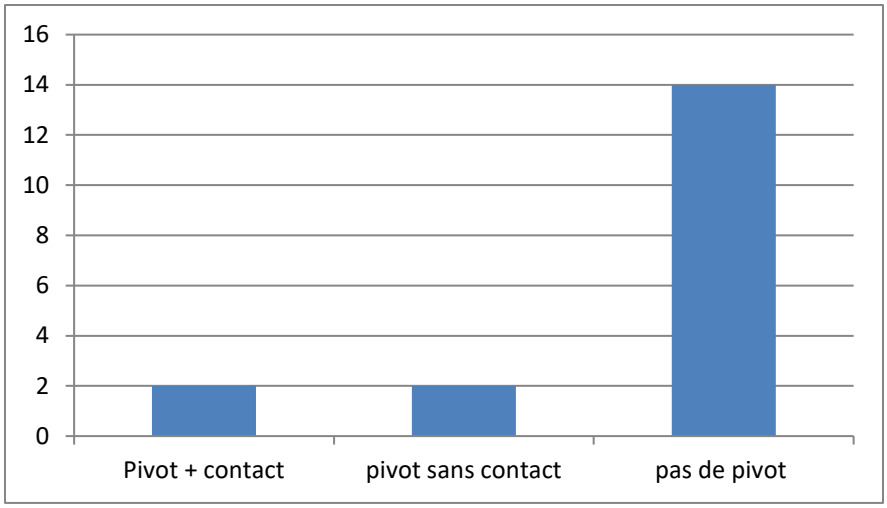



**Figure 9 : Sports pratiqués dans le groupe contrôle**

### 3.1.2 Résultats des évaluations proprioceptives et musculaires

Les analyses statistiques ont été réalisées grâces au logiciel XLStats. Les variables quantitatives ont été testées par le test de Student par groupe indépendants et appariés. Une valeur de p inférieure à 0.05 était considérée comme statistiquement significative.

**Tableau 4 : Résumé des résultats des évaluations proprioceptives et musculaires dans le groupe contrôle**

| | Total (n=20) | |
|---|---|---|
| | Moyenne (écart-type) | *Min-max* |
| *Proprioception* | | |
| IS moyen JPS 1 (degrés) | 4,19 (6,7) | *0,28 - 30,83* |
| IS moyen JPS2 (degrés) | 5,69 (14,26) | *0,72 - 65* |
| IS moyen TDPM (degrés) | 1,6 (0,8) | *0,7 - 4,12* |
| *Test clinique* | | |
| IS moyen simple (cm) | 0,96 (0,05) | *0,86 - 1,01* |
| IS moyen triple (cm) | 0,94 (0,06) | *0,85 - 1,03* |
| IS moyen cross (cm) | 0,93 (0,08) | *0,81 - 1,16* |
| *Force* | | |
| IS V60 Couple max Ext (Nm) | 0,94 (0,07) | *0,83 - 1,15* |
| IS V60 Couple max Flex (Nm) | 0,96 (0,18) | *0,71 - 1,33* |
| IS V240Couple max Ext (Nm) | 0,97 (0,12) | *0,73 - 1,28* |
| IS V240 Couple max Flex (Nm) | 1 (0,2) | *0,69 - 1,38* |

Les différents résultats des individus sains sont représentés dans ce tableau.

En ce qui concerne les tests proprioceptifs sur isocinétisme (TDPM et JPS) nous analyserons les moyennes des différents tests à savoir *IS moyenne JPS1, IS moyenne JPS2 et IS moyenne TDPM*.

Pour ce qui est des tests fonctionnels (Hop Tests) nous analyserons les meilleurs valeurs. En effet, ces tests entraînent une fatigabilité importante et sont moins reproductibles en série par rapport aux JPS et TDPM.

Les valeurs des tests fonctionnels et de force musculaire confirment que notre population est saine. En effet, la moyennes des  index de symétrie IS sont compris entre 0.934 (IS moy cross) et 0.999 (IS V240 Couple max Flex). Cela signifie qu'ils ont bien des ratios *membre non dominant/membre dominant* équilibrés et normaux. Pour rappel ces ratios doivent être inférieurs à 10%.

**Tableau 5 : Etude des corrélations entre les tests proprioecptifs sur isocinétiqme, les tests fonctionnels proprioceptifs et les mesures de force musculaire dans le groupe contrôle.**

| Variables | IS moy JPSE 1 | IS moy JPSE2 | IS moy TDPM | IS simple | IS triple | IS cross | IS V60 Ext | IS V60 Flex | IS V240 Ext | IS V240 Flex |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IS moy JPSE 1 | **1** | | | | | | | | | |
| IS moyJPSE2 | -0,10 | **1** | | | | | | | | |
| IS moyTDPM | -0,04 | -0,19 | **1** | | | | | | | |
| IS simple | -0,13 | -0,03 | 0,17 | **1** | | | | | | |
| IS triple | 0,14 | **0,48** | -0,24 | -0,27 | **1** | | | | | |
| IS cross | **0,75** | 0,23 | -0,02 | 0,00 | **0,43** | **1** | | | | |
| IS V60 Ext | 0,02 | -0,12 | -0,01 | -0,11 | 0,37 | 0,19 | **1** | | | |
| IS V60 Flex | -0,22 | 0,07 | 0,01 | -0,03 | -0,21 | -0.41 | **-0,52** | **1** | | |
| IS V240 Ext | **-0,53** | -0,18 | 0,19 | -0,04 | -0,13 | **-0,58** | 0,30 | 0,02 | **1** | |
| IS V240 Flex | -0,10 | 0,14 | 0,00 | -0,24 | 0,13 | -0,19 | **-0,46** | **0,66** | 0,12 | **1** |

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05*
*Les valeurs en bleu foncé sont fortement et positivement corrélées.*
*Les valeurs en bleu clair sont faiblement et positivement corrélées*
*Les valeurs en orange clair sont faiblement et négativement corrélées*
*Les valeurs en rose sont fortement et négativement corrélées*

Ce tableau représente l'étude des corrélations entre les différents tests effectués. Toutes les corrélations ont été testées par le coeffcient de corrélation de Pearson. Plus les valeurs sont proches de 1 plus il existe une corrélation forte. La corrélation était considérée comme forte pour $r > 0.5$, moyenne pour $0.5 < r < 0.3$ et faible pour $0.3 < r < 0.1$. Des valeurs positives signifient qu'il existe une corrélation positive. Des valeurs négatives signifient qu'il existe une corrélation négative.

**Tableau 6 : P value de PEARSON des corrélations entre les tests proprioecptifs sur isocinétiqme, les tests fonctionnels proprioceptifs et les mesures de force musculaire dans le groupe contrôle.**

| Variables | IS moyenne JPSE 1 | IS moyenne JPSE2 | IS moyenne TDPM | IS simple | IS triple | IS cross | IS V60 Ext | IS V60 Flex | IS V240 Ext | IS V240 Flex |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IS moy JPSE 1 | **0** | | | | | | | | | |
| IS moy JPSE2 | 0,684 | **0** | | | | | | | | |
| IS moy TDPM | 0,852 | 0,426 | **0** | | | | | | | |
| IS simple | 0,585 | 0,896 | 0,480 | **0** | | | | | | |
| IS triple | 0,554 | **0,031** | 0,309 | 0,256 | **0** | | | | | |
| IS cross | **0,000** | 0,337 | 0,925 | 0,993 | 0,06 | **0** | | | | |
| IS V60 Ext | 0,948 | 0,625 | 0,972 | 0,658 | 0,11 | 0,41 | **0** | | | |
| IS V60 Flex | 0,353 | 0,762 | 0,983 | 0,900 | 0,37 | 0,07 | **0,01** | **0** | | |
| IS V240 Ext | **0,015** | 0,448 | 0,414 | 0,861 | 0,58 | **0,008** | 0,194 | 0,943 | **0** | |
| IS V240 Flex | 0,688 | 0,552 | 0,992 | 0,303 | 0,59 | 0,43 | **0,04** | **0,002** | 0,623 | **0** |

*Les valeurs en gras sont statiquuement significatives car p < 0.05*

D’après ces différents résultats, dans notre population témoin, nous pouvons dire qu’il existe des corrélations entre les Hop Tests et l’évaluation proprioceptive sur isocinétisme :

- L’évaluation du JPS1 est positivement, significativement et fortement corrélée au cross test ($r = 0,75$, $p<0.0001$)
- L’évaluation du JPS2 est également positivement, significativement et moyennement corrélée au cross test ($r = 0,48$, $p=0.03$)
- Dans notre étude, nous ne retrouvons pas de corrélation entre le TDPM et les Hop Tests.
- Comme attendu et connu dans les diverses études (85), nous ne retrouvons pas de corrélation positive entre les tests proprioceptifs (JPS, TDPM et Hop Tests) et les tests musculaires.

## 3.2 Groupe patients LCA

### 3.2.1 Caractéristiques de la population

Les patients ont été inclus de novembre 2019 à juin 2020. Nous avons inclus 10 patients répondant aux critères d’inclusion. Cette période a été pertubée par le confinement lié au covid 19. En effet, à partir de mi mars 2020 et jusqu’à mai 2020 nous n’étions plus autorisés à poursuivre nos activités de recherche donc de suivre en consultation nos patients inclus dans ce protocole. Compte tenu de ces circonstances exeptionnelles, et du manque de données, nous ne pouvons étudier dans un premier temps, que les données des 10 patients inclus en préopératoire.

Notre population de patients possède les caractéristiques suivantes :

- Age moyen : 28.4 ans
- 8 hommes et 2 femmes
- Taille moyenne : 176.5 cm
- IMC moyen : 23.77
- Latéralité : 1  gaucher et 9 droitiers
- Coté lésé : 9 au membre dominant, 1au membre non dominant
- Mécanisme de l’accident : 10 traumatismes certains

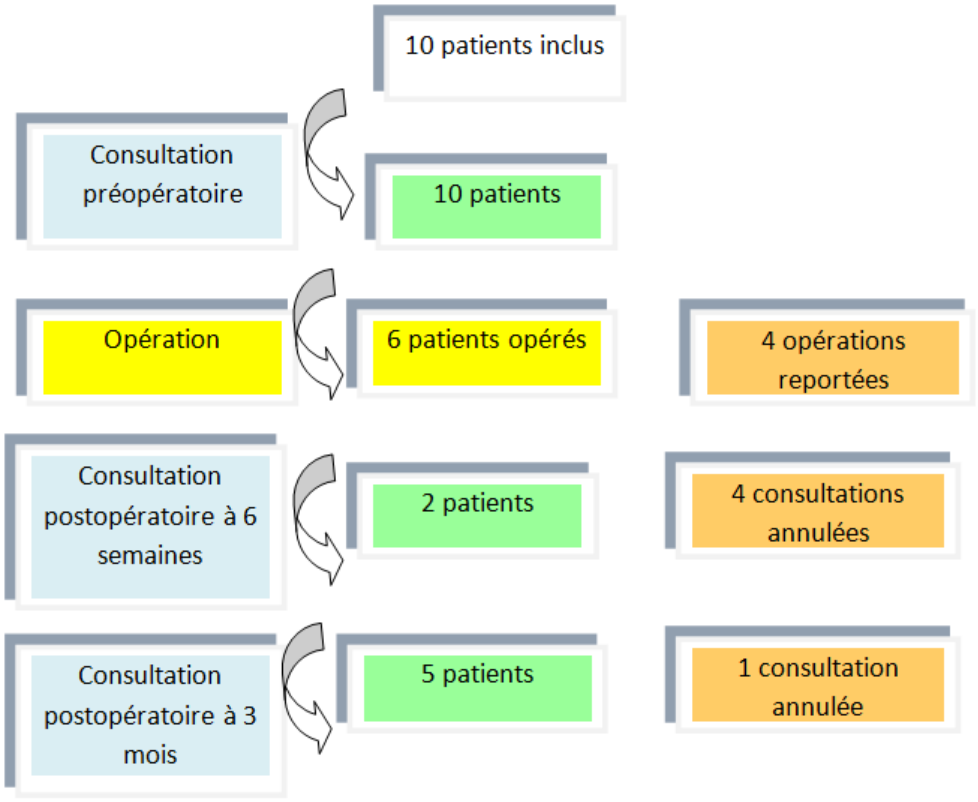



**Figure 10 : Flow chart des patients inclus dans Pro-ACL**

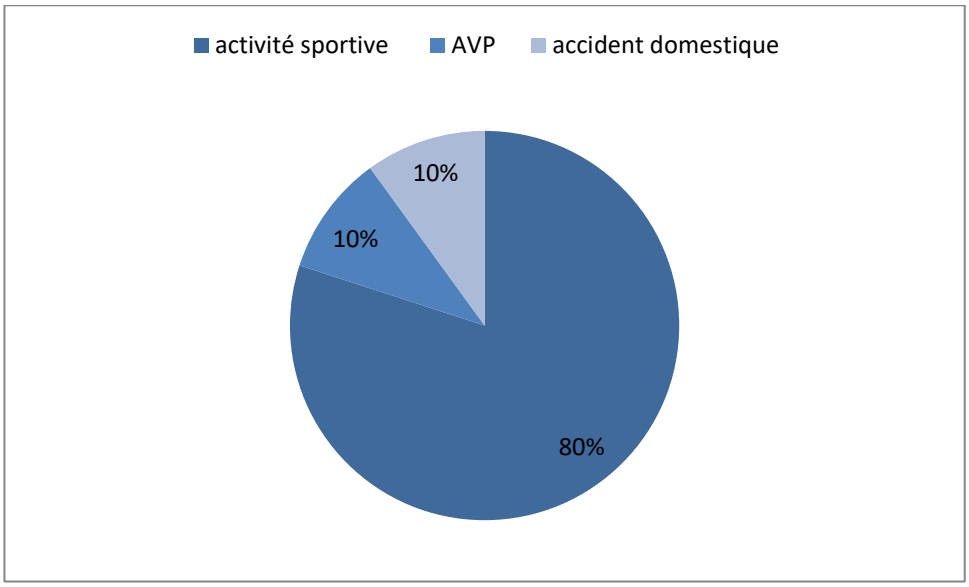



**Figure 11 : Circonstances de l'accident dans le groupe patients LCA**

- Pratiquaient une actvité phyique régulière comprise entre 2 à 14 heures semaines, excepté une personne qui avait une pratique occasionnelle. Moyenne : 5.1 heures par semaine.
- Niveau sportif : 5 en loisir et 5 en compétition

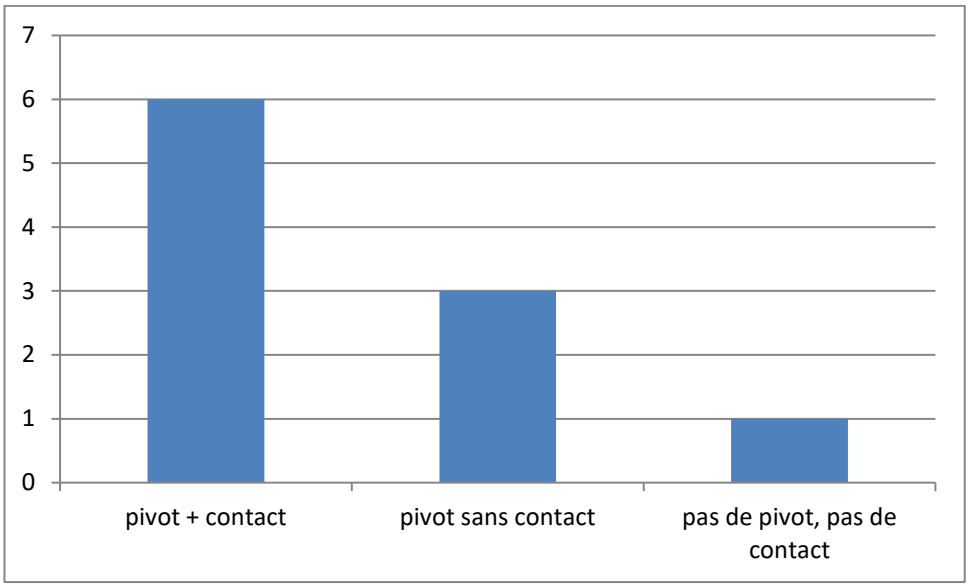



**Figure 12 : Sports pratiqués dans le groupe patients LCA**

- Le morphotype et la laxité consitutionnelle des patients inclus sont détaillés dans les figures suivantes :

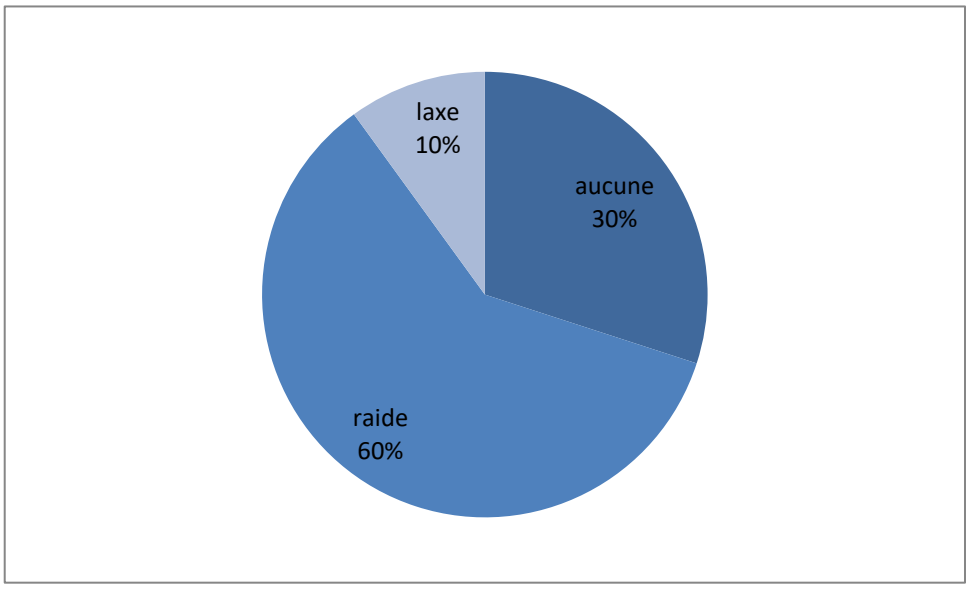



**Figure 13 : Description de la laxité constitutionnelle dans le groupe patients LCA**

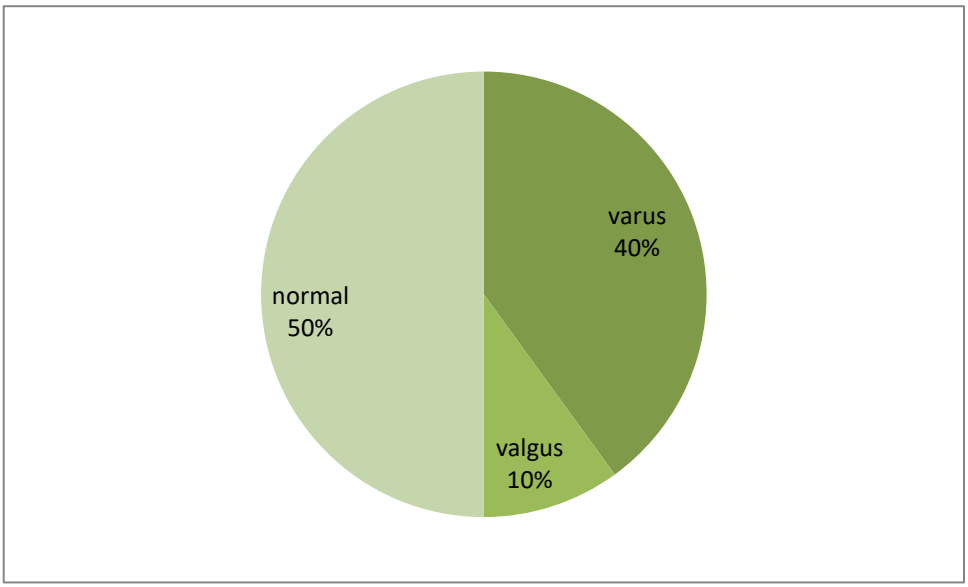



**Figure 14 : Description des morphotypes constitutionnels dans le groupe patients LCA**

- Sur le plan rééducatif : 5 ont fait de la rééducation pré opérétaoire chez le kinésithérapeute à raison de 1 à 3 séances par semaine et les 5 autres l'ont faite en autonomie.
- Sur le plan clinique : 2 patients avaient un déficit de flexion >20°, 3 un épanchement intra-articulaire ( dont 2 trace et 1 moyen), tous avaient un tiroir antérieur et 3 présentaient des douleurs en regard du compartiement fémoro-tibial externe. Sur le plan musculaire 2 patients avaient une amyotrophie quadricipitale (mesurée à 15 cm au dessus de la rotule) comprise entre 2 et 4 cm et 1 patient à plus de 4 cm.
- Sur le plan de l'imagerie, les lésions de patients sont exprimées dans la figure suivante :

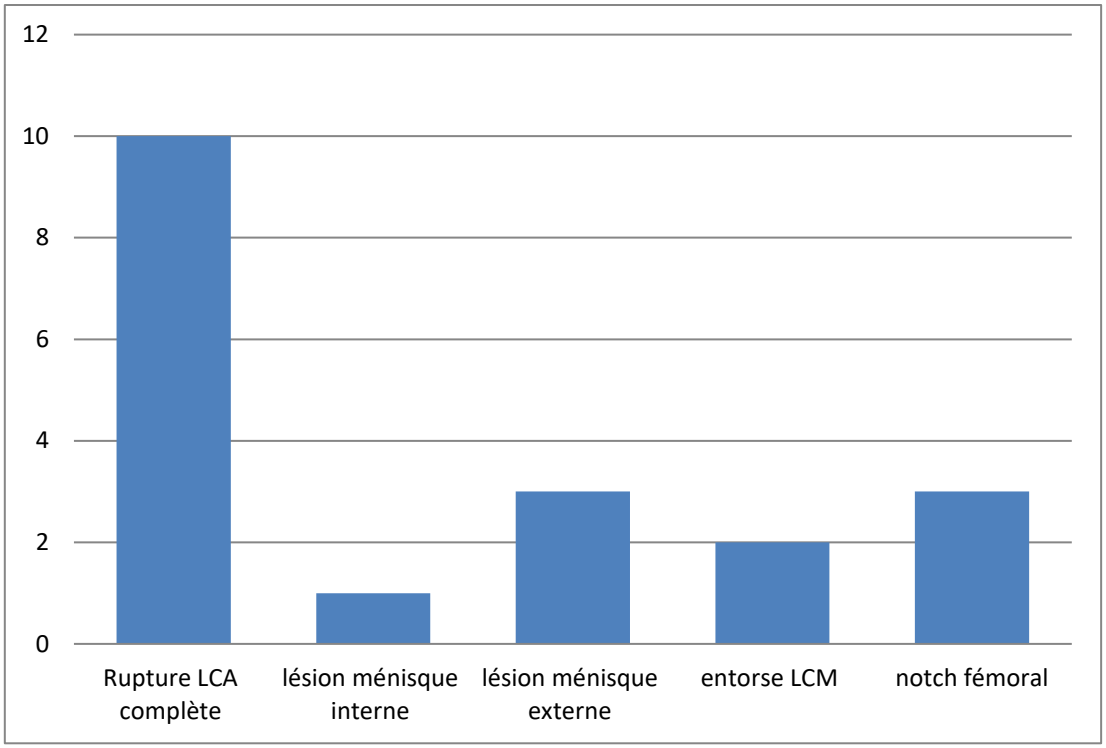



**Figure 15 : Description des lésions retrouvées sur les IRM des genoux pré-opératoires**

### 3.2.2 Résultats des évaluations proprioceptives (JPS et TDPM) et fonctionnelles par questionnaire (KOOS, IKDC subjectif et ACL-RSI) en pré-opératoire.

Les analyses statistiques ont été réalisées grâces au logiciel XLStats. Les variables quantitatives ont été testées par le test de Student par groupe indépendants et appariés. Une valeur de p inférieure à 0.05 était considérée comme statistiquement significative.

**Tableau 7 : résumé des résultats du groupe patients LCA**

| | Total (n=10) | |
|---|---|---|
| | Moyenne (écart-type) | *Min-max* |
| *Données personnelles* | | |
| Age | 28,4 (12,95) | *17 - 52* |
| Poids Kg | 74,4 (11,76) | *60 - 91* |
| Taille cm | 177 (8) | *160 - 186* |
| | | |
| *Proprioception* | | |
| IS moyenne JPS1 45 | 1,06 (0,84) | *0,18 - 3,29* |
| IS moyenne JPS2 45 | 1,31 (1,07) | *0,25 - 3,63* |
| IS TDPM | 1,42 (0,66) | *0,7 - 2,61* |
| | | |
| *Questionnaires* | | |
| KOOS Score global | 38,62 (19,15) | *13,39 - 77* |
| KOOS Symptômes | 32,9 (21,59) | *7,14 - 82* |
| KOOS Douleur | 28,93 (20,75) | *8,33 - 81* |
| KOOS Fonction/Vie Quot. | 23,22 (26,43) | *1,47 - 91* |
| KOOS Sports/loisirs | 53 (25,19) | *25 - 95* |
| KOOS QV | 55 (23,16) | *25 - 87,5* |
| ACL-RSI | 7,96 (23,26) | *0,15 - 74,16* |
| IKDC subjectif | 0,59 (0,15) | *0,4 - 0,83* |

**Tableau 8 : Matrice de corrélation de Pearsondes résultats du groupe patients LCA**

| Variables | age | Poids Kg | Taille m | IS moy JPS1 45 | IS moy JPS2 45 | IS moy TDPM | KOOS Symptômes | KOOS Douleur | KOOS Fonction /Vie Quot. | KOOS Sports/loisirs | KOOS QV | Score global | ACL-RSI | IKDC subjectif |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| âge | **1,0** | | | | | | | | | | | | | |
| Poids Kg | -0,1 | **1** | | | | | | | | | | | | |
| Taille cm | -0,2 | **0,78** | **1** | | | | | | | | | | | |
| IS moyenne JPS1 45 | 0,0 | -0,22 | -0,07 | **1** | | | | | | | | | | |
| IS moyenne JPS2 45 | 0,0 | -0,32 | -0,47 | 0,44 | **1** | | | | | | | | | |
| IS moy TDPM | 0,0 | -0,13 | -0,36 | -0,02 | -0,15 | **1** | | | | | | | | |
| KOOS Symptômes | -0,1 | -0,59 | -0,34 | **0,77** | 0,23 | -0,12 | **1** | | | | | | | |
| KOOS Douleur | -0,4 | -0,44 | -0,17 | **0,83** | 0,30 | -0,08 | **0,91** | **1** | | | | | | |
| KOOS Fonction/Vie Quot. | -0,2 | -0,44 | -0,06 | **0,85** | 0,21 | -0,02 | **0,87** | **0,94** | **1** | | | | | |
| KOOS Sports/loisirs | -0,2 | -0,35 | 0,09 | 0,33 | -0,01 | -0,18 | 0,50 | 0,61 | **0,68** | **1** | | | | |
| KOOS QV | 0,0 | 0,09 | 0,54 | 0,03 | -0,43 | **-0,69** | 0,29 | 0,21 | 0,29 | 0,50 | **1** | | | |
| KOOS Score global | -0,2 | -0,43 | 0,03 | **0,69** | 0,07 | -0,26 | **0,87** | **0,90** | **0,90** | **0,82** | 0,56 | **1** | | |
| ACL-RSI | -0,3 | -0,16 | -0,26 | -0,36 | -0,08 | **0,64** | -0,31 | -0,21 | -0,20 | 0,02 | -0,46 | -0,27 | **1** | |
| IKDC subjectif | 0,0 | -0,05 | -0,35 | 0,44 | 0,47 | 0,36 | 0,09 | 0,15 | 0,06 | -0,41 | **-0,7** | -0,22 | -0,14 | **1** |

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05*
*Les valeurs en bleu foncé sont fortement et positivement corrélées.*
*Les valeurs en bleu clair sont faiblement et positivement corrélées*
*Les valeurs en orange clair sont faiblement et négativement corrélées*
*Les valeurs en rose sont fortement et négativement corrélées*

**Tableau 9 : P values de Pearson des corrélation de Pearson des résultats du groupe patients LCA**

| Variables | age | Poids Kg | Taille cm | IS moyenne JPS1 45 | IS moyenne JPS2 45 | IS moy TDPM | KOOS Symptômes | KOOS Douleur | KOOS Fonction/Vie Quot. | KOOS Sports/loisirs | KOOS QV | Score global | ACL-RSI | IKDC subjectif |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| age | **0** | | | | | | | | | | | | | |
| Poids Kg | 0,880 | **0** | | | | | | | | | | | | |
| Taille cm | 0,522 | **0,008** | **0** | | | | | | | | | | | |
| IS moyenne JPS1 45 | 0,967 | 0,541 | 0,854 | **0** | | | | | | | | | | |
| IS moyenne JPS2 45 | 0,899 | 0,360 | 0,172 | 0,200 | **0** | | | | | | | | | |
| IS moy TDPM | 0,958 | 0,717 | 0,305 | 0,966 | 0,673 | **0** | | | | | | | | |
| KOOS Symptômes | 0,886 | 0,071 | 0,337 | **0,009** | 0,525 | 0,734 | **0** | | | | | | | |
| KOOS Douleur | 0,301 | 0,200 | 0,642 | **0,003** | 0,395 | 0,829 | **0,000** | **0** | | | | | | |
| KOOS Fonction/Vie Quot. | 0,523 | 0,198 | 0,876 | **0,002** | 0,555 | 0,960 | **0,001** | **<0,0001** | **0** | | | | | |
| KOOS Sports/loisirs | 0,490 | 0,319 | 0,798 | 0,345 | 0,988 | 0,627 | 0,140 | 0,063 | **0,031** | **0** | | | | |
| KOOS QV | 0,974 | 0,813 | 0,105 | 0,944 | 0,212 | **0,027** | 0,421 | 0,558 | 0,417 | 0,146 | **0** | | | |
| KOOS Score global | 0,536 | 0,220 | 0,942 | **0,029** | 0,848 | 0,465 | **0,001** | **0,000** | **0,000** | **0,004** | 0,090 | **0** | | |
| ACL-RSI | 0,384 | 0,661 | 0,471 | 0,300 | 0,822 | **0,046** | 0,391 | 0,560 | 0,587 | 0,952 | 0,180 | 0,443 | **0** | |
| IKDC subjectif | 0,947 | 0,901 | 0,324 | 0,209 | 0,168 | 0,307 | 0,813 | 0,682 | 0,876 | 0,234 | **0,015** | 0,544 | 0,683 | **0** |

Les premiers résultats en préopératoires sont intéressants. En effet, on retrouve une corrélation forte entre le JPS1 et le questionnaire KOOS. En effet, en analysant totalement ce questionnaire et en sous items ( symptomes, douleur, fonction) on retrouve des corrélations fortes de façon significative et positive: r compris entre 0.69 et 0.85 pour *p* compris entre 0.002 et 0.029.

Il en est de même pour le TDPM, en effet, on retrouve des corrélations fortes entre le TDPM et l'item KOOS qualité de vie et le score ACL-RSI.

### 1.1.1. Résultats post-opératoires à 3 mois

Parmis les patients inclus 6 ont été opérés. Le délais opératoire suite au traumatisme était compris entre 2 et 4 mois et demi, pour une moyenne de 3 mois. Les techniques opératoires réalisées sont représentées dans le graphe ci-dessous.

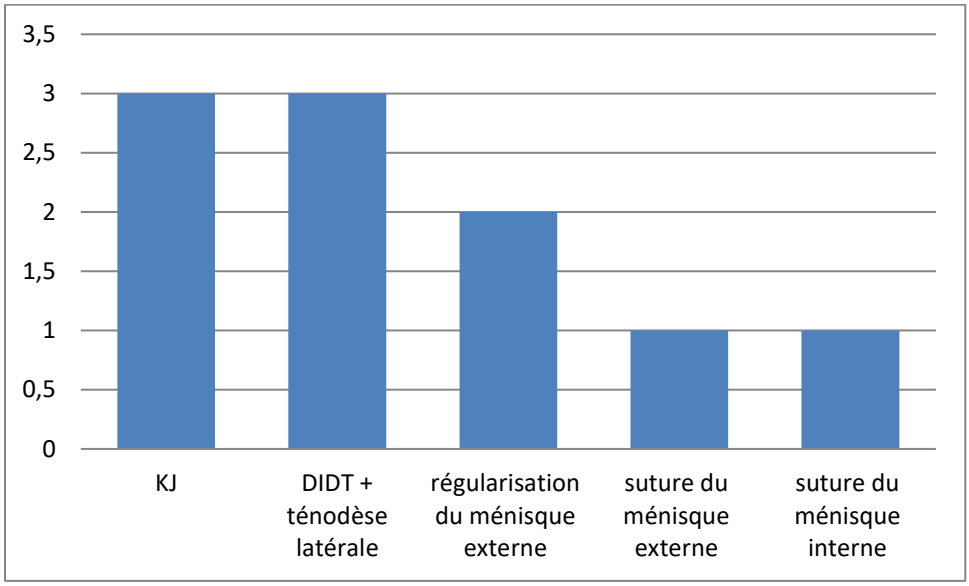



**Figure 16 : Techniques chirurgicales réalisées chez les patients opérés.**

Il n'y pas eu de complications en post opératoire. Lié au context sanitaire, les patients n'ont pas pu avoir de rééducation en cabinet de kinésithérapie libérale. Ils ont tous fait de l'autorééducation en suivant les consignes qui leur avait été données en post opératoire. A la fin du confinement ils ont été suivi 2 à 3 fois par semaine en kinésithérapie.

Nous ne détaillons pas les résultats à 6 semaines, car nous n'avons pu voir que 2 patients sur les 6 opérés.

A la consultation du 3$^{ème}$ mois nous avons vu 5 des 6 patients opérés. Ils étaient tous cicatrisés. Sur le plan fonctionnel, seul un patient était limité et utilsait toujours une canne pour les longs trajets. Sur le plan de la douleur 1 seul se plaiganit de douleur face interne du genou opéré. Aucun ne prenait d'antalgique. Sur le plan clinique, 4 patients présentaient un épanchement intra articulaire : 2 épanchements légers et 2 moyens. Le reste des resulats cliniques sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 10 : données quantitatives à 3 mois post opératoire**

| | Total (n=5) | |
|---|---|---|
| | Moyenne (écart-type) | *Min-max* |
| *Données cliniques* | | |
| flessum | 2 (4,47) | *0 - 10* |
| déficit périmètre cuisse + 10 | 1,6 (1,34) | *0 - 3* |
| déficit périmètre cuisse + 15 | 2,1 (1,67) | *0 - 4* |
| *Proprioception* | | |
| IS moyenne JPS1 45 | 1,01 (0,73) | *0,07 - 1,98* |
| IS moyenne JPS2 45 | 2,22 (2,83) | *0,32 - 7,21* |
| IS moy TDPM | 0,67 (0,09) | *0,56 - 0,79* |
| *Force* | | |
| ratio V60 ext | 0,65 (0,11) | *0,53 - 0,75* |
| ratio V60 fle | 0,77 (0,21) | *0,52 - 1* |
| ratio V240 ext | 0,62 (0,06) | *0,53 - 0,67* |
| ratio V240 fle | 0,82 (0,24) | *0,62 - 1,22* |
| ratio exc | 0,67 (0,18) | *0,5 - 0,91* |
| *Questionnaires* | | |
| KOOS Symptômes | 78,67 (4,49) | *75 - 86* |
| KOOS Douleur | 77,89 (7,1) | *66,67 - 86* |
| KOOS Fonction/Vie Quot. | 74,54 (16,53) | *48,61 - 94* |
| KOOS Sports/loisirs | 43,33 (11,37) | *25 - 55* |
| KOOS QV | 60,42 (25,13) | *31,25 - 100* |
| KOOS Score global | 66,67 (12,05) | *49 - 83* |
| ACL-RSI | 46,06 (9,84) | *30 - 54,17* |
| IKDC subjectif | 55,46 (10,71) | *39,08 - 68,97* |

L'interprétation de ces résultats est délicate car nous avons une population faible à 3 mois. Ce que nous pouvons dire cependant c'est que cette population présente des déficits musculaires importants. En effet, les ratios de force musculaire ( V60ext, V60 fle, V240 ext, V240 fle et exc) sont inférieurs à 0.9 ce qui correspond à un déficit musculaire supérieur à 10%. Pour exemple les ratio V60 ext est à 0.65 ce qui correspond à un déficit musculaire de 35% par rapport au membre sain. Ce resultat est insastifaisant à 3 mois et contre indique le retour à la course à pied. Pour rappel, un des critères autorisant le retour à la course à pied est à déficit msuculaire < 30%. Le retour à la compétiton est quand à lui autorisé pour un déficit < 10%.

Les tests fonctionnels initialement prévus dans l'évaluation des 3 mois n'ont pas pu être réalisés car les patients présentaient des déficits musculaires trop importants. En effet, des déficits musculaires > 30% contre indique les sauts monopodaux. Le risque de blessures étant trop importants.

En ce qui concerne l'évaluation proprioceptive (JPS et TDPM) la taille de notre population de patients est trop faible pour pouvoir être comparée aux témoins.

**Tableau 11 : corrélation Pearson des évaluations proprioceptives des patients en pré opératoire et à 3 mois**

| Variables | IS moy JPS1 45 P | IS moy JPS2 45 P | IS moy TDPM P | IS moy JPS1 45 P 3m | IS moy JPS2 45 P 3m | IS moy TDPM P 3m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IS moy JPS1 45 P | **1** | | | | | |
| IS moy JPS2 45 P | 0,442 | **1** | | | | |
| IS moy TDPM P | -0,015 | -0,153 | **1** | | | |
| IS moy JPS1 45 P 3m | -0,094 | 0,289 | -0,185 | **1** | | |
| IS moy JPS2 45 P 3m | 0,168 | **0,761** | -0,394 | 0,347 | **1** | |
| IS moy TDPM P 3m | -0,130 | -0,063 | **0,491** | 0,083 | -0,341 | **1** |

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05*

Un point important que nous pouvons mettre en avant d'après ces données c'est qu'il existe une bonne corrélation entre les valeurs JPS2 et TDPM des patients en pré et post opératoire à 3 mois. Il faudra une cohorte plus mportante pour conclure, mais cela met en avant qu'un patient avec un déficit de proprioception en post opératoire à plus de risque de présenter un défictit de proprioception en post opératoire. Pour résumer : le déficit de proprioception en pré opératoire pourrait être prédictif de déficit en post opératoire.

En plus de ces études de corrélation, nous nous sommes interessés à mesurer les interractions des différentes évaluation proprioecptives ( JPS1, JPS2 et TDM) en fonction du coté dominant, du coté lésé et des groupes témoins et patients. Ces tests ont pour but d'évaluer l'impact du groupe (patient LCA et groupe contrôle), du statut du LCA (rompu ou sain) et de la dominance (coté dominant versus non dominant) sur les performances aux tests. On a pu mettre en évidence pour le JPSE1 un effet dominance avec un seuil de significativité p = 0.01. Cela signifie que quelque soit le groupe et le statut du LCA, la proprioception évaluée par le JPSE 1 est meilleur du côté dominant. Ce résultats est très intéressant et montre qu'il est important de prendre en compte la dominance dans nos évaluations. En effet, pour une rupture du LCA du côté dominant, un des critères de retour au sport sera un niveau proprioceptif supérieur au coté sain, donc non dominant, afin de diminuer les risques de nouvelles blessures. Des résultats de proprioception similaires entre le membre sain et le membre opéré doivent être considérés comme déficitaires. Ces résultats sont intéressants et montrent bien l'intérêt d'évaluer la proprioception en pré opératoire afin d'avoir des valeurs cibles et spécifiques de tests proprioceptifs sur isocinétisme pour chaque sportifs opéré.

## 4 Discussion

Notre étude propose d'évaluer la proprioception ( TDPM et JPS ) sur isocinétisme en pré et post ligamentoplastie du LCA. Notre étude est la première étude prospective dans la litérature qui évalue la proprioception en pré et post ligamentoplastie du LCA grâce aux JPS , au TDPM sur isocinétisme en associaton aux tests fonctionnels. Nous avons présenté les résultats préliminaires. Cette étude étant toujours en cours, les résultats finaux ne seront connus que dans un an.

Au stade de notre étude, nous ne pouvons pas faire de comparaison entre notre population contrôle et la population LCA car le nombre de patients est trop faible. Il faudra donc attendre d'avoir plus de patients inclus dans l'étude.

Dans notre population contrôle, nous avons retrouvé une corrélation forte entre l'évaluation du JPS et du Cross Test. Ces résultats appuient les données de l'étude de Logerstedt (103) qui montrait que le Cross Test était le test qui présentait l'association la plus forte et la plus significative avec une évolution favorable sur le plan fonctionnel après une ligamentoplastie du LCA. Cette corrélation devra être confirmée dans une cohorte plus large de patients dans le cadre de notre étude.

L'évaluation du JPS et du TDPM sur machine d'isocinétisme permettent une évaluation analytique de la proprioception du genou en supprimant les afférences sensitives plantaires. Bien que cette analyse soit intéressante, et que nous retrouvons bien une bonne corrélation entre le JPS et les tests fonctionnels, elle reste cependant très éloignée de la pratique sportive. En effet, cette analyse se fait à vitesse constante et lente et avec un mouvement non fonctionnel. Cette évaluation est intéressante car elle est sans risque de blessure en pré-opératoire ou en post opératoire précoce, mais elle ne doit pas supplanter les évaluations fonctionnelles qui restent plus écologiques.

Dans notre population témoin, nous ne retrouvons pas de corrélation entre le TDPM et les différents tests fonctionnels. Pour rappel, le TDPM évalue la kinestésie. La kinesthésie consiste à mesurer la capacité de ressentir le mouvement à partir d'une phase immobile. Au travers de la littérature (72), le TDPM ressort comme étant le test le plus pertinent pour évaluer la proprioception (85). En effet, le TDPM est plus fiable que le JPS. Une des hypothèses que nous pouvons formuler pour ne pas avoir retrouvé de corrélation entre le TDPM et les tests fonctionnels, est que nous avons utilisé une vitesse plus lente de 0.2m/s. Cette vitesse pourrait ne pas être assez importante pour sensibiliser la kinesthésie. De plus, dans notre étude, le TDPM était évalué à partir de 90° de flexion contre 15° dans l'étude de Laboute et al. Si on reprend la biomécanique du LCA, lorsque le genou est en extension, les deux faisceaux du LCA sont tendus alors que quand le genou est flexion, le faisceau postéral est détendu et la tension prédomine sur le faisceau antéro médial. Ces différences de tension sur les différents faisceaux selon le degré de flexion pourraient également participer à ces discordances de résultats. Afin d'évaluer le TDPM il conviendrait donc de faire une évaluation avec différentes vitesses et différentes courses angulaires. En effet, cela nous permettrait de définir à quelle vitesse et à

partir quelle course articulaire, nous pouvons évaluer de manière fiable et reproductible le TDPM.

Dans notre groupe Patients, les premiers résultats tendent à montrer qu'il existe une corrélation entre la proprioception en pré et en post opératoire à 3 mois. Ces résultats sont interressants et mettent en avant un intêret clinique et thérapathique de l'évaluer en pré opératoire. En effet, en faisant une évaluation en pré opératoire, cela permettrait de cibler les patients déficitaires et de leur prescrire une réédcation neuro-motrice avant l'opération.

Concernant les résultats de corrélation entre les questionnaires et les évaluations proprioceptives sur isocinétisme dans notre population Patients, les résultats préliminaires mettaient en évidences des corrélations positives. En effet, on retrouvait une corrélation forte entre le JPS1 et le questionnaire KOOS, ainsi qu'entre le TDPM et l'item KOOS qualité de vie et le score ACL-RSI. La question que l'on peut se poser par rapport à ces premiers résultats c'est le rôle direct ou indirect de la proprioception dans ces résultats. On peut se demander si les scores fonctionnels sont moins bons car la proprioception est altérée, ou bien, au contraire, si les symptomes plus importants avec altération des capacités fonctionnelles sont responsable d'une altération des paramètres proprioceptifs. Une étude plus large sur une cohorte plus importante nous permettra d'étudier ces hypothèses, notamment avec l'étude longitudinale de ces paramètres.

Concernant notre groupe Patients, nous avions comme critère d'inclusion des patients avec une rupture aigue du LCA. En effet, des études histologiques ont montré que jusqu'à 3 mois après une rupture du LCA on pouvait retrouver des mécano-récepteurs possédant une morphologie et une physiologie nomales (104). Après 9 mois, le nombre de récepteurs diminuent de façon importante. Les données de la littératures sont hétérogènes mais certains auteurs pensent que ce déficit de mécanorecepteurs est permanent et pertube également de manière définitive le système nerveux central. Du fait de la pandémie liée au Covid-19, 4 patients ont eu leur opérations reportées au-delà des 3 mois post-rupture du LCA. Ils ne repondent donc plus aux critères d'inclusion et ne pourront donc pas être inclus dans l'étude après leur ligamentoplastie.

Toujours lié à la pandémie du covid, nos patients n'ont pas pu avoir une rééducation optimale. Pour la plupart, ils ont fait leur rééducation en autonomie. En pratique courante, ils ont une rééducation intensive en post opératoire avec au minimum 3 séances de kinésithérapie par semaine et un suivi médical à 6 semaines, 3 et 6 mois post opératoire. Cette disparité sur le plan rééducatif ne nous permets pas d'obtenir les résultats attendus sur le plan musculaire. En effet, nous n'avons pas pu réaliser les Hop Tests à 3 mois car les patients présentaient des déficits musculaires supérieurs à 30% et donc un risque majoré de blessure

Pour aller plus loin dans l'évaluation de la proprioception post ligamentoplastie du LCA. Certains auteurs s'interrogent sur l'intérêt ou non de laisser le moignon du pied du LCA lors de la chirurgie de ligamentoplastie afin de conserver les anciens mécanorécepteurs (105). Il s'agit donc d'un sujet complexe mais au combien intéressant qui nécessite encore plusieurs études. Le faible effectif n'a pas permis de réaliser des évaluations en inter groupes, notament en fonction du type de plastie et de chirurgies associées. Ces analyses seront faites ultérieurement dans une étude de grande cohorte

# 5 Conclusion

Cette étude pilote a permis d'étudier la faisabilité de notre protocole, qui sera par la suite poursuivi au sein d'une étude de plus grande envergure. Les premiers résultats d'évaluations proprioceptives sur isocinétisme dans notre population témoins semblent montrer une corrélation aux tests fonctionnels. Ces résultats sont à confirmer sur une plus grande cohorte. .

Cette étude pilote a été impactée par la crise sanitaire liée au covid 19. En effet, à ce stade de l'étude nous n'avons pas un nombre suffisant de patients permettant de les comparer aux données de notre population contrôle.

Nous avons vu que la proprioception jouait un rôle important dans la rééducation post ligamentoplastie du LCA. De par sa complexité sur le plan anatomo-physiologique, il est important d'en maitriser son évaluation et son évolution en pré et post ligamentoplastie du LCA. Les résultats de cette étude seront précieux et nous aiderons à mieux appréhender le retour au sport de nos patients.

Bibliographie


1. Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR, et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. Am J Sports Med. oct 2014;42(10):2363-70.

2. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. Am J Sports Med. juin 2016;44(6):1502-7.

3. Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, Fabricant PD, Lawrence JT, Ganley TJ. Sport-Specific Yearly Risk and Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears in High School Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med. oct 2016;44(10):2716-23.

4. Guelich DR, Xu D, Koh JL, Nuber GW, Zhang L-Q. Different roles of the medial and lateral hamstrings in unloading the anterior cruciate ligament. The Knee. janv 2016;23(1):97-101.

5. Opar DA, Serpell BG. Is there a potential relationship between prior hamstring strain injury and increased risk for future anterior cruciate ligament injury? Arch Phys Med Rehabil. févr 2014;95(2):401-5.

6. Blackburn JT, Norcross MF, Cannon LN, Zinder SM. Hamstrings stiffness and landing biomechanics linked to anterior cruciate ligament loading. J Athl Train. déc 2013;48(6):764-72.

7. Blackburn JT, Norcross MF, Padua DA. Influences of hamstring stiffness and strength on anterior knee joint stability. Clin Biomech Bristol Avon. mars 2011;26(3):278-83.

8. MacWilliams BA, Wilson DR, DesJardins JD, Romero J, Chao EY. Hamstrings cocontraction reduces internal rotation, anterior translation, and anterior cruciate ligament load in weight-bearing flexion. J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc. nov 1999;17(6):817-22.

9. Matsumoto H, Suda Y, Otani T, Niki Y, Seedhom BB, Fujikawa K. Roles of the anterior cruciate ligament and the medial collateral ligament in preventing valgus instability. J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc. 2001;6(1):28-32.

10. Ebert JR, Webster KE, Edwards PK, Joss BK, D'Alessandro P, Janes G, et al. Current Perspectives of the Australian Knee Society on Rehabilitation and Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Sport Rehabil. 27 nov 2019;1-6.

11. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. août 2009;17(8):859-79.

12. Wang L-J, Zeng N, Yan Z-P, Li J-T, Ni G-X. Post-traumatic osteoarthritis following ACL injury. Arthritis Res Ther. 24 mars 2020;22(1):57.

13. Prise en charge thérapeutique des lésions méniscales et des lésions isolées du ligament croisé antérieur du genou chez l'adulte. Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot. déc 2008;94(8):787-91.

14. Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Luetzow WF, Csintalan RP, Phelan D, et al. Prospective trial of a treatment algorithm for the management of the anterior cruciate ligament-injured knee. Am J Sports Med. mars 2005;33(3):335-46.

15. Netgen. Reconstruction du ligament croisé antérieur : indications et techniques. Rev Médicale Suisse Vol 4 2744-2748. 2008;

16. Maletis GB, Chen J, Inacio MCS, Funahashi TT. Age-Related Risk Factors for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Cohort Study of 21,304 Patients From the Kaiser Permanente Anterior Cruciate Ligament Registry. Am J Sports Med. févr 2016;44(2):331-6.

17. Muaidi QI, Nicholson LL, Refshauge KM, Herbert RD, Maher CG. Prognosis of conservatively managed anterior cruciate ligament injury: a systematic review. Sports Med Auckl NZ. 2007;37(8):703-16.

18. Curado J, Hulet C, Hardy P, Jenny J-Y, Rousseau R, Lucet A, et al. Very long-term osteoarthritis rate after anterior cruciate ligament reconstruction: 182 cases with 22-year' follow-up. Orthop Traumatol Surg Res OTSR. 1 févr 2020;

19. Laboute E, Verhaeghe E, Ucay O, Minden A. Evaluation kinaesthetic proprioceptive deficit after knee anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction in athletes. J Exp Orthop. 7 févr 2019;6.

20. Lawhorn KW, Howell SM. Principles for using hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Sports Med. oct 2007;26(4):567-85.

21. Castoldi M, Batailler C, Gunst S, Neyret P, Lustig S, Servien E. A prospective study of bone-tendon-bone ACL reconstruction with and without lateral extra-articular tenodesis: 19-year clinical and radiological follow-up. Orthop J Sports Med [Internet]. 30 mai 2019 [cité 31 août 2020];7(5 suppl3). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6543781/

22. Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Schneider T, Brüggemann G-P, Koebke J. Biomechanical testing of quadriceps tendon-patellar bone grafts: an alternative graft source for press-fit anterior cruciate ligament reconstruction? Arch Orthop Trauma Surg. mai 2006;126(4):265-70.

23. DeAngelis JP, Fulkerson JP. Quadriceps tendon--a reliable alternative for reconstruction of the anterior cruciate ligament. Clin Sports Med. oct 2007;26(4):587-96.

24. Busam ML, Rue J-PH, Bach BR. Fresh-frozen allograft anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Sports Med. oct 2007;26(4):607-23.

25. Xiang X, Qu Z, Sun H, Ma X, Wang W, Huang L. Single-tunnel anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction has the same effectiveness as double femoral, double tibial tunnel: A prospective randomized study. Medicine (Baltimore). mars 2019;98(11):e14851.

26. Beasley LS, Weiland DE, Vidal AF, Chhabra A, Herzka A, Feng MT, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction: A literature review of the anatomy, biomechanics, surgical considerations, and clinical outcomes. Oper Tech Orthop. janv 2005;15(1):5-19.

27. Bangsbo J, Iaia FM, Krustrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. Sports Med Auckl NZ. 2008;38(1):37-51.

28. Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Ferrari Bravo D, Tibaudi A, et al. Validity of a repeated-sprint test for football. Int J Sports Med. nov 2008;29(11):899-905.

29. Mandrino A, Gal C. PROTOCOLE DE RÉÉDUCATION ACCÉLÉRÉE APRÈS RECONSTRUCTION SOUS ARTHROSCOPIE DI LIGAMENT CROISÉ ANTÉRIEUR SANS LÉSION ASSOCIÉE. 2006;4.

30. King E, Richter C, Jackson M, Franklyn-Miller A, Falvey E, Myer GD, et al. Factors Influencing Return to Play and Second Anterior Cruciate Ligament Injury Rates in Level 1 Athletes After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: 2-Year Follow-up on 1432 Reconstructions at a Single Center. Am J Sports Med. mars 2020;48(4):812-24.

31. Rambaud AJM, Semay B, Samozino P, Morin J-B, Testa R, Philippot R, et al. Criteria for Return to Sport after Anterior Cruciate Ligament reconstruction with lower reinjury risk (CR'STAL study): protocol for a prospective observational study in France. BMJ Open [Internet]. 30 juin 2017 [cité 28 mars 2020];7(6). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5734254/

32. Lecoq F-A, Parienti J-J, Murison J, Ruiz N, Bouacida K, Besse J, et al. Graft Choice and the Incidence of Osteoarthritis After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Causal Analysis From a Cohort of 541 Patients. Am J Sports Med. 2018;46(12):2842-50.

33. Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. Br J Sports Med. mars 2005;39(3):127-31.

34. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. Br J Sports Med. juin 2011;45(7):596-606.

35. Ashigbi EYK, Banzer W, Niederer D. Return to Sport Tests' Prognostic Value for Reinjury Risk after ACL Reconstruction. Med Sci Sports Exerc. 31 déc 2019;

36. Brophy RH, Schmitz L, Wright RW, Dunn WR, Parker RD, Andrish JT, et al. Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in soccer athletes from the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) group. Am J Sports Med. nov 2012;40(11):2517-22.

37. Webster KE, Feller JA. Clinical Tests Can Be Used to Screen for Second Anterior Cruciate Ligament Injury in Younger Patients Who Return to Sport. Orthop J Sports Med. août 2019;7(8):2325967119863003.

38. Noyes FR, Barber Westin SD. Anterior cruciate ligament injury prevention training in female athletes: a systematic review of injury reduction and results of athletic performance tests. Sports Health. janv 2012;4(1):36-46.

39. Barber-Westin SD, Noyes FR. Objective criteria for return to athletics after anterior cruciate ligament reconstruction and subsequent reinjury rates: a systematic review. Phys Sportsmed. sept 2011;39(3):100-10.

40. Czuppon S, Racette BA, Klein SE, Harris-Hayes M. Variables associated with return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. Br J Sports Med. mars 2014;48(5):356-64.

41. Welling W, Benjaminse A, Seil R, Lemmink K, Zaffagnini S, Gokeler A. Low rates of patients meeting return to sport criteria 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective longitudinal study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. déc 2018;26(12):3636-44.

42. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. Am J Sports Med. avr 2005;33(4):492-501.

43. 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 Sports Med. janv 2014;2(1):2325967113518305.

44. Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. Br J Sports Med. août 2016;50(15):946-51.

45. van Melick N, van Cingel REH, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. Br J Sports Med. déc 2016;50(24):1506-15.

46. Barfod KW, Feller JA, Hartwig T, Devitt BM, Webster KE. Knee extensor strength and hop test performance following anterior cruciate ligament reconstruction. The Knee. janv 2019;26(1):149-54.

47. Palmieri-Smith RM, Lepley LK. Quadriceps Strength Asymmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Alters Knee Joint Biomechanics and Functional Performance at Time of Return to Activity. Am J Sports Med. juill 2015;43(7):1662-9.

48. Cristiani R, Mikkelsen C, Forssblad M, Engström B, Stålman A. Only one patient out of five achieves symmetrical knee function 6 months after primary anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2019;27(11):3461-70.

49. Webster KE, Nagelli CV, Hewett TE, Feller JA. Factors Associated With Psychological Readiness to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. Am J Sports Med. 2018;46(7):1545-50.

50. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. A systematic review of the psychological factors associated with returning to sport following injury. Br J Sports Med. nov 2013;47(17):1120-6.

51. Sadeqi M, Klouche S, Lefevre N, Herman S, Bohu Y, Gerometta A. Évolution du score psychologique ACL-RSI et retour au sport après reconstruction du ligament croisé antérieur. Étude prospective chez 681 sportifs au recul de 2 ans. J Traumatol Sport. 1 mars 2018;35(1):64.

52. Bohu Y, Klouche S, Lefevre N, Webster K, Herman S. Translation, cross-cultural adaptation and validation of the French version of the Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury (ACL-RSI) scale. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. avr 2015;23(4):1192-6.

53. Calmels P, Ribinik P, Barrois B, Le Moine F, Yelnik A-P. Physical and rehabilitation medicine (PRM) care pathways: « patients after knee ligament surgery ». Ann Phys Rehabil Med. nov 2011;54(8):501-5.

54. Dauty M, Tortellier L, Rochcongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. Int J Sports Med. sept 2005;26(7):599-606.

55. Undheim MB, Cosgrave C, King E, Strike S, Marshall B, Falvey É, et al. Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. Br J Sports Med. oct 2015;49(20):1305-10.

56. Rambaud AJM, Ardern CL, Thoreux P, Regnaux J-P, Edouard P. Criteria for return to running after anterior cruciate ligament reconstruction: a scoping review. Br J Sports Med. nov 2018;52(22):1437-44.

57. Stastny P, Lehnert M, Tufano JJ. Muscle Imbalances: Testing and Training Functional Eccentric Hamstring Strength in Athletic Populations. J Vis Exp JoVE. 01 2018;(135).

58. Maffiuletti, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. Clin Physiol Funct Imaging. nov 2007;27(6):346-53.

59. Muff, Dufour , Meyer, Severac, Favret , Geny, Lecocq , Isner-Horobeti. Comparative assessment of knee extensor and flexor muscle strength measured using a hand-held vs. isokinetic dynamometer. J Phys Ther Sci. sept 2016;28(9):2445-2451.

60. Zvijac J, Toriscelli TA, Merrick WS, Papp DF, Kiebzak GM. Isokinetic concentric quadriceps and hamstring normative data for elite collegiate American football players participating in the NFL Scouting Combine. J Strength Cond Res. avr 2014;

61. Maurelli, Bernard, Dubois, Ahmaidi, Prioux. Effects of the Competitive Season on the Isokinetic Muscle Parameters Changes in World-Class Handball Players. J Strength Cond Res. oct 2019;

62. Brown, Brughelli M, Bridgeman LA. Profiling Isokinetic Strength by Leg Preference and Position in Rugby Union Athletes. Int J Sports Physiol Perform. mai 2016;11(4):500-7.

63. Katayama M, Higuchi H, Kimura M, Kobayashi A, Hatayama K, Terauchi M, et al. Proprioception and performance after anterior cruciate ligament rupture. Int Orthop. oct 2004;28(5):278-81.

64. MESSNER K, GAO J. The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and a rationale for clinical treatment. J Anat. août 1998;193(Pt 2):161-78.

65. Sha L, Xie G, Zhao S, Zhao J. A morphologic and quantitative comparison of mechanoreceptors in the tibial remnants of the ruptured human anterior cruciate ligament. Medicine (Baltimore) [Internet]. 3 févr 2017 [cité 24 mars 2020];96(5). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5293483/

66. Nayak M, Nag HL, Gaba S, Nag TC, Sharma S. Quantitative correlation of mechanoreceptors in tibial remnant of ruptured human anterior cruciate ligament with duration of injury and its significance: an immunohistochemistry-based observational study. J Orthop Traumatol Off J Ital Soc Orthop Traumatol [Internet]. déc 2018 [cité 24 mars 2020];19(1). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6123315/

67. Martins GC, Camanho G, Rodrigues MI. Immunohistochemical analysis of the neural structures of the posterior cruciate ligament in osteoarthritis patients submitted to total knee arthroplasty: an analysis of thirty-four cases. Clinics. févr 2015;70(2):81-6.

68. Kholinne E, Lee H-J, Lee Y-M, Lee S-J, Deslivia MF, Kim G-Y, et al. Mechanoreceptor profile of the lateral collateral ligament complex in the human elbow. Asia-Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol. 18 mai 2018;14:17-21.

69. Krenn V, Hofmann S, Engel A. First description of mechanoreceptors in the corpus adiposum infrapatellare of man. Acta Anat (Basel). 1990;137(2):187-8.

70. Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg Am. févr 1987;69(2):243-7.

71. Çabuk H, Kuşku Çabuk F. Mechanoreceptors of the ligaments and tendons around the knee. Clin Anat N Y N. sept 2016;29(6):789-95.

72. Laboute E, Verhaeghe E, Puig PL, Blanquet X, Geneve T, Goudal B, et al. Spécificité et évaluation de la proprioception du genou. /data/revues/0762915X/v33i1/S0762915X16000036/ [Internet]. 2 mars 2016 [cité 24 mars 2020]; Disponible sur: https://www.em-consulte.com/en/article/1036599

73. Grigg P, Hoffman AH. Properties of Ruffini afferents revealed by stress analysis of isolated sections of cat knee capsule. J Neurophysiol. janv 1982;47(1):41-54.

74. Grigg P, Hoffman AH. Ruffini mechanoreceptors in isolated joint capsule: responses correlated with strain energy density. Somatosens Res. 1984;2(2):149-62.

75. Johansson H, Sjölander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. Clin Orthop. juill 1991;(268):161-78.

76. Pitman MI, Nainzadeh N, Menche D, Gasalberti R, Song EK. The intraoperative evaluation of the neurosensory function of the anterior cruciate ligament in humans using somatosensory evoked potentials. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc. 1992;8(4):442-7.

77. Valeriani M, Restuccia D, Di Lazzaro V, Franceschi F, Fabbriciani C, Tonali P. Clinical and neurophysiological abnormalities before and after reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee. Acta Neurol Scand. mai 1999;99(5):303-7.

78. Nematollahi M, Razeghi M, Tahayori B, Koceja D. The role of anterior cruciate ligament in the control of posture; possible neural contribution. Neurosci Lett. 17 2017;659:120-3.

79. Webster KE, McPherson AL, Hewett TE, Feller JA. Factors Associated With a Return to Preinjury Level of Sport Performance After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. Am J Sports Med. 2019;47(11):2557-62.

80. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ishikawa M, Shinomiya R. Temporal change of joint position sense after posterior cruciate ligament reconstruction using multi-stranded hamstring tendons. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. janv 2007;15(1):2-8.

81. Pap G, Machner A, Nebelung W, Awiszus F. Detailed analysis of proprioception in normal and ACL-deficient knees. J Bone Joint Surg Br. sept 1999;81(5):764-8.

82. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ryoke K, Kuriwaka M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. Acta Orthop Scand. juin 2002;73(3):330-4.

83. Cerulli G, Benoit DL, Caraffa A, Ponteggia F. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. J Orthop Sports Phys Ther. nov 2001;31(11):655-60; discussion 661.

84. Iwasa J, Ochi M, Adachi N, Tobita M, Katsube K, Uchio Y. Proprioceptive improvement in knees with anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Orthop. déc 2000;(381):168-76.

85. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, Mroczek K, Abulencia A, Stroud CC, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc. janv 2003;19(1):2-12.

86. Sport et latéralité par le docteur Guy AZEMAR - Revue EP&S.

87. Alexandre Rambaud, Astrid Chazal, Stéphane Moret, Pascal Edouard. Place des tests fonctionnels dans l'évaluation de la force musculaire du membre inférieur : Utilisation des hop tests. Kinésithér Sci. 10 oct 2015;

88. Bley Correa , Dos Reis, Rabelo, Marchetti, Lucareli. Propulsion phase of the single leg triple hop test in women with patellofemoral pain syndrome: a biomechanical study. -. PLoS One [Internet]. mai 2014 [cité 27 mars 2020];15;9(5):e97606. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=bley+as+propulsion+phases

89. Witchalls J, Newman P, Waddington G, Adams R, Blanch P. Functional performance deficits associated with ligamentous instability at the ankle. J Sci Med Sport. mars 2013;

90. Marshall BM1, Franklyn-Miller AD, Moran KA, King EA, Strike SC, Falvey ÉC. Can a Single-Leg Squat Provide Insight Into Movement Control and Loading During Dynamic Sporting Actions in Patients With Athletic Groin Pain. J Sport Rehabil. mai 2016;25(2).

91. Noyes, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. Am J Sports Med. oct 1991;19(5):513-8.

92. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, Tsepis E, Werner S, Wondrasch B, Witvrouw E. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. nov 2011;

93. Davies WT, Myer GD, Read PJ. Is It Time We Better Understood the Tests We are Using for Return to Sport Decision Making Following ACL Reconstruction? A Critical Review of the Hop Tests. Sports Med Auckl NZ. mars 2020;50(3):485-95.

94. Almosnino, Stevenson JM, Day AG, Bardana DD, Diaconescu ED, Dvir Z. Differentiating between types and levels of isokinetic knee musculature efforts. J Electromyogr Kinesiol. déc 2011;

95. Hefti F, Müller W, Jakob RP, Stäubli HU. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. 1993;1(3-4):226-34.

96. Nunes R, Páscoa Pinheiro J. Évaluation fonctionnelle du genou ligamentaire: Une analyse des échelles d'évaluation fonctionnelle post-chirurgie du ligament croisé antérieur. J Traumatol Sport. 1 mars 2004;21(1):26-33.

97. Higgins LD, Taylor MK, Park D, Ghodadra N, Marchant M, Pietrobon R, et al. Reliability and validity of the International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Form. /data/revues/1297319X/00740006/07002266/ [Internet]. 27 déc 2007 [cité 2 avr 2020]; Disponible sur: https://www.em-consulte.com/en/article/68606

98. Hartigan EH, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Time line for noncopers to pass return-to-sports criteria after anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Sports Phys Ther. mars 2010;40(3):141-54.

99. Ornetti P, Parratte S, Gossec L, Tavernier C, Argenson J-N, Roos EM, et al. Cross-cultural adaptation and validation of the French version of the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) in knee osteoarthritis patients. Osteoarthritis Cartilage. avr 2008;16(4):423-8.

100. Higgins LD, Taylor MK, Park D, Ghodadra N, Marchant M, Pietrobon R, et al. Fiabilité et validité du questionnaire d'évaluation subjective du genou de l'IKDC (Comité international de documentation du genou). /data/revues/11698330/00740012/07003791/ [Internet]. 26 déc 2007 [cité 30 mars 2020]; Disponible sur: https://www.em-consulte.com/en/article/68501

101. Anderson AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ, International Knee Documentation Committee. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: normative data. Am J Sports Med. janv 2006;34(1):128-35.

102. Gobbi A, Francisco R. Factors affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: a prospective clinical investigation. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. oct 2006;14(10):1021-8.

103. Logerstedt D, Grindem H, Lynch A, Eitzen I, Engebretsen L, Risberg MA, et al. Single-legged Hop Tests as Predictors of Self-reported Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Am J Sports Med. oct 2012;40(10):2348-56.

104. Young SW, Valladares RD, Loi F, Dragoo JL. Mechanoreceptor Reinnervation of Autografts Versus Allografts After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Orthop J Sports Med [Internet]. 20 oct 2016 [cité 23 août 2020];4(10). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5076746/

105. Dhillon MS, Bali K, Prabhakar S. Proprioception in anterior cruciate ligament deficient knees and its relevance in anterior cruciate ligament reconstruction. Indian J Orthop. 2011;45(4):294-300.

**Annexes**

**Annexe 1 : Questionnaire d'indice de latéralité validé en Français de Guy AZEMAR**

IDENTIFICATION : Nom : ..... Prénom : ..... Sexe : .....
Taille : ..... Poids : ..... Date de naissance : .....
Adresse : .....
.....
Spécialité sportive : ..... Niveau atteint : .....

| QUESTIONS | Encercler la réponse retenue | Ne pas répondre ici |
|---|---|---|
| a) Quel *œil* utilisez-vous pour viser en tir ? ..... (1) → | G D | |
| b) Quel œil joue un rôle directeur (effectuer ces tests avec les deux yeux ouverts et les répéter trois fois) : | | |
| – Pour pointer l'index de votre main préférentielle vers un objet éloigné (après avoir visé, fermer alternativement un œil pour savoir lequel est aligné sur l'objectif) ? ..... (2) → | G D | Œ : ( . ) . |
| – Pour lire à travers un orifice de 1 cm de diamètre (tenir une feuille blanche, perforée en son centre, à bout de bras très près d'un texte pour lire à travers le trou, s'arrêter sur un mot et approcher la feuille du visage : vers quel œil est placé l'orifice ? ..... (3) → | G D | |
| c) Quelle *main* utilisez-vous de préférence | | |
| – Pour lancer (poids, disque, javelot, basket-ball, handball, etc.) ? ..... (4) → | G D | |
| – Pour frapper (volley-ball, boxe, etc.) ? ..... (5) → | G D | Ma : ( . ) . |
| – Pour pratiquer le tennis, l'escrime ? ..... (6) → | G D | |
| d) Quel *pied* utilisez-vous de préférence | | |
| – Pour frapper un ballon (foot, rugby) ? ..... (7) → | G D | |
| – Pour prendre un appel de saut (hauteur ou longueur), (préciser si le pied diffère selon le type de saut) ? ..... (8) → | D G | |
| e) Quel est votre sens de rotation préféré pour effectuer une pirouette (saut vertical pour un tour complet) avec appel simultané des deux pieds et les yeux fermés ? ..... (9) → | D G | Pi : ( . ) . |
| f) Quelle est votre main préférentielle pour écrire et dessiner (indiquer si la main diffère pour ces deux tâches) ? ..... (10) → | G D | Éc : ( . ) . |
| g) Si vous utilisez des lentilles ou des verres correcteurs, indiquez l'acuité visuelle (en dixièmes) | G : D : | Formule : |
| sans correction : | | |
| avec correction : | | Indice : |

Ajoutez ci-après, si vous le jugez utile, des observations personnelles ou d'éventuelles indications complémentaires :

Merci d'avoir bien voulu répondre attentivement à ces questions.

**Annexe 2 : Fiche de 1ère consultation pour les patients de l'étude pro-ACL**

## Etude Pro ACL 1ère consultation

**Nom du Médecin**

**Date de la consultation**

**Identification du patient**

Nom : Prénom : Sexe : DDN : Profession / Niveau d'étude

**Vérification des critères d'inclusion**

- Patient de 18-50 ans présentant une rupture isolée et primaire du ligament croisé antérieur et candidat pour une ligamentoplastie du LCA au CHU de CAEN.
- Sportifs quelques soit leur niveau et type de pratique sportive
- Patients ayant signés le consentement
- Patient ayant un accès à internet pour le suivi

**Vérification des critères de non inclusion**

- Chirurgie ligamentaire des membres inférieurs préalable
- Lésion ligamentaire complexe (ligaments latéraux, ligament croisé postérieur LCP)
- Lésions musculaires récentes
- Antécédent de lésion sur le genou sain
- Récidive de rupture du LCA
- Patient non inclus dans le parcours de soins du sportif post ligamentoplastie
- Femme enceinte ou allaitante
- Antécédents neurologiques ou vestibulaires avec séquelles.
- Prise de traitements altérant la vigilance (exemples : neuroleptiques ou sédatifs)

**Bilan de la 1ère consultation**

| | |
|---|---|
| **Poids en Kg** | |
| **Taille en cm** | |
| **Côté lésé** | |
| **Côté dominant** | |
| **ATCD médicaux** | |
| **ATCD chirurgicaux** | |
| **Tabac** | |

| | |
|---|---|
| **Traitements** | |
| **Mécanisme de l'accident** | Pas de traumatisme / traumatisme allégué / traumatisme certain |
| **Date de l'accident** | |
| **Circonstance de l'accident** | Activité sportive / AVP / AT /Autre |
| **Niveau d'activité** | |
| **Volume horaire / semaine** | |
| **Type d'activité** | |
| **Sport principal** | |

**Examen clinique IKDC objectif**

| | |
|---|---|
| **Laxité constitutionnelle** | Aucune / raide / laxe |
| **Morphotype** | Normal / Varus / Valgus |
| **Position de rotule** | Baja / normale / alta |
| **Subluxation de rotule** | Centrée / subluxée / luxée / non |
| **Amplitudes articulaires (recurvatum / flexum / flexion) coté sain** | |
| **Amplitudes articulaires ( recurvatum / flexum / flexion) coté lésé** | |
| **Valeur KT 1000 en mm** | Coté lésé / Coté sain delta |
| **Epanchement articulaire** | aucun / trace / moyen / très important |
| **test de Lachman** | arrêt dur / arrêt mou |
| **pivot shift** | égal / glissement / ressaut / ressaut explosif |
| **reverse pivot shift** | égal / glissement / ressaut / ressaut explosif |
| **recherche de laxité dans le plan frontal** | |
| **recherche de douleur en regard des interlignes articulaires :**<br>- espace antérieur | aucune / discrète / douleur > disctète |

| | | |
|---|---|---|
| - espace fémoro tibial interne<br>- espace fémorotibial externe | | |
| **Recherche de pathologies en regard des sites de prélèvement de greffe** | | |
| **périmètres de cuisse mesurés à +10cm et +15cm de la pointe de la rotule** | Coté lésé | Coté sain |

**Recherche de complications :**

thrombolembolique

hydarthrose

douleur (EVA)

**Indicateurs fonctionnels :**

Instabilité à la marche

Montée d'escalier

Sauts

Périmètre de marche

**Prise en charge pré opératoire :**

Prescription de séances de kinésithérapie en préopératoire

Nombre de séances par semaine :

Lieu de rééducation : SSR, centre de médecine du sport, MKL

Traitement antalgique :

**Questionnaires** ACL RSI / IKDC/ KOOS

**Bilan proprioceptif**

| | **Coté lésé** | **Coté sain** |
|---|---|---|
| **JPSE1** | -<br>- | -<br>- |
| **JPSE2** | -<br>- | -<br>- |
| **TDPM** | -<br>- | -<br>- |

**Bilan d'imagerie**

Bilan radiologique standard bilatéral et comparatif : clichés de face, profil, schuss:

- Une fracture du condyle latéral
- Une avulsion de la capsule antéro-externe (fracture de Segond)
- Fracture du rebord postérieur du plateau tibial latéral

IRM de genou (côté lésé) :

- signes directs de rupture du LCA : Horizontalisation du LCA, signe de l'échancrure vide
  - Rupture en plein corps
  - Désinsertion fémorale
  - Désinsertion tibiale
  - Atteinte d'un ou de deux faisceaux
  - Hémarthrose à la phase aigue
- Signes indirects de rupture du LCA : témoignant d'une entorse grave
  - Contusion osseuse (bone bruise) : elles siègent sur le bord postérieur des plateaux tibiaux, surtout le plateau tibial latéral. Des images en miroir sont retrouvées sur le condyle fémoral
  - Simple œdème
  - Fracture sous chondrale : fracture sous chondrale
- Signes indirects de rupture du LCA témoigant d'une hyperlaxité ligamentaire antérieure :
  - Subluxation antérieure du tibia sous le fémur
  - Signe de la découverture de la corne postérieure du ménisque latéral.
- De signes associés à la rupture du LCA
  - Lésions du ménisque interne : désinsertion postérieure du mur méniscal, anse de sceau.
  - Lésions du ménisque externe
  - Lésion du ligament croisé postérieur
  - Lésions cartillagineuses
  - Lésions ostéochondrales
  - Lésions ligamentaires périphériques

**Annexe 3 : Fiche de 2ème consultation pour les patients de l'étude pro-ACL**

**<u>Etude Pro ACL 2ème consultation à 6 semaines post opératoire</u>**

**Nom du Médecin**

**Date de la consultation**

**Identification du patient**

**Compte rendu opératoire :**

- la date de l'opération
- le nom du Chirurgien
- le type d'opération réalisée :
- le temps de garrot
- Compte rendu d'arthroscopie :
    - atteinte cartillagineuse
        - défilé fémoro patellaire
        - compartiment fémoro tibial interne
        - compartiment fémoro tibial et externe.
    - Recherche de lésions méniscales
    - Evaluation du pivot central ( LCA et LCP )

**Conduite automobile : autorisée à partire du J45**

**Durée d'arret de travail prescrite**

**Examen clinique IKDC objectif**

| | |
|---|---|
| **Amplitudes articulaires (recurvatum / flexum / flexion) coté sain** | |
| **Amplitudes articulaires ( recurvatum / flexum / flexion) coté lésé** | |
| **Valeur KT 1000 en mm** | Coté lésé / Coté sain delta |
| **Epanchement articulaire** | aucun / trace / moyen / très important |
| **test de Lachman** | arrêt dur / arrêt mou |

| | | |
|---|---|---|
| **Cicatrice** | propre non inflammatoire / inflammatoire / douloureuse / retard de cicatrisation | |
| **recherche de laxité dans le plan frontal** | | |
| **recherche de douleur en regard des interlignes articulaires :**<br>- espace antérieur<br>- espace fémoro tibial interne<br>- espace fémorotibial externe | aucune / discrète / douleur > disctète | |
| **Recherche de pathologies en regard des sites de prélèvement de greffe** | | |
| **périmètres de cuisse mesurés à +10cm et +15cm de la pointe de la rotule** | Coté lésé | Coté sain |

**Recherche de complications :**

- thrombolembolique
- hydarthrose
- douleur (EVA)

**Indicateurs fonctionnels :**

- aides techniques
- Port d'attelle
- Instabilité à la marche
- Montée d'escalier
- Station debout unipodale
- Périmètre de marche

**Rééducation post opératoire :**

- Nombre de séances par semaine :
- Lieu de rééducation : SSR, centre de médecine du sport, MKL
- Traitement antalgique :

**Questionnaires** ACL RSI / IKDC/ KOOS

**Bilan proprioceptif**

| | Coté lésé | Coté sain |
|---|---|---|
| **JPSE1** | -<br>- | -<br>- |
| **JPSE2** | -<br>- | -<br>- |
| **TDPM** | -<br>- | -<br>- |

**Annexe 4 : Fiche de 3ème et 4ème consultations pour les patients de l'étude pro-ACL**

**Etude Pro ACL 3ème consultation à 3 mois post opératoire**

**Etude Pro ACL 4ème consultation à 7 mois post opératoire**

**Nom du Médecin**

**Date de la consultation**

**Identification du patient**

**Conduite automobile :**

**Durée d'arret de travail prescrite**

**Examen clinique IKDC objectif**

| | |
|---|---|
| **Amplitudes articulaires (recurvatum / flexum / flexion) coté sain** | |
| **Amplitudes articulaires (recurvatum / flexum / flexion) coté lésé** | |

| | | |
|---|---|---|
| **Valeur KT 1000 en mm** | Coté lésé / Coté sain delta | |
| **Epanchement articulaire** | aucun / trace / moyen / très important | |
| **test de Lachman** | arrêt dur / arrêt mou | |
| **Cicatrice** | propre non inflammatoire / inflammatoire / douloureuse / retard de cicatrisation | |
| **recherche de laxité dans le plan frontal** | | |
| **recherche de douleur en regard des interlignes articulaires :**<br>- espace antérieur<br>- espace fémoro tibial interne<br>- espace fémorotibial externe | aucune / discrète / douleur > disctète | |
| **Recherche de pathologies en regard des sites de prélèvement de greffe** | | |
| **périmètres de cuisse mesurés à +10cm et +15cm de la pointe de la rotule** | Coté lésé | Coté sain |

**Recherche de complications :**

- thrombolembolique
- hydarthrose
- douleur (EVA)

**Indicateurs fonctionnels :**

- aides techniques
- Port d'attelle
- Instabilité à la marche
- Montée d'escalier
- Station debout unipodale
- Périmètre de marche

**Rééducation post opératoire :**

- Nombre de séances par semaine :
- Lieu de rééducation : SSR, centre de médecine du sport, MKL
- Traitement antalgique :

**Questionnaires** ACL RSI / IKDC/ KOOS

**Bilan proprioceptif**

| | **Coté lésé** | **Coté sain** |
|---|---|---|
| **JPSE1** | -<br>- | -<br>- |
| **JPSE2** | -<br>- | -<br>- |
| **TDPM** | -<br>- | -<br>- |

**Bilan fonctionnel : Hop Tests**

| | **Coté lésé** | **Coté sain** | **LSI** |
|---|---|---|---|
| **Simple saut** | -<br>- | -<br>- | |
| **Triple saut** | -<br>- | -<br>- | |
| **Saut croisé** | -<br>- | -<br>- | |

**Bilan musculaire isocinétique**

| | **Coté lésé** | **Coté sain** | **Ratio** |
|---|---|---|---|
| **Concentrique V60**<br>- Couple max ext<br>- Couple max Flex | | | |
| **Concentrique V240**<br>- Couple max ext<br>- Couple max Flex | | | |
| **Excentrique**<br>- Couple max ext | | | |

Interprétation bilan isocinétique :

    - Reprise de la course à pied dans l'axe
        - si déficit concentrique
            - Q 60°/s ≤35%
            - IJ 60°/s ≤10%
        - Si déficit excentrique IJ 30°/s ≤10%
    - Reprise du sport, des activités normales d'entrainement si
        - si déficit concentrique
            - Q 60°/s ≤10%
            - IJ 60°/s ≤10%
        - Si déficit excentrique IJ 30°/s ≤10%
        -

- ≥ 70% : reprise des actvités légères type course à pied
- ≥ 80% : reprise des actvités normales d'entrainements
- ≥ 90-95% : reprise des activités en compétition

**Indice de Croisier**

**Annexe 5 : Questionnaire ACL-RSI**

# Echelle ACL-RSI
**- Version française -**

Patient : ……Date de naissance ____ / ____ /____

Côté concerné: Gauche □ Droit □

Date de l'évaluation____ / ____ /____ Date opératoire ____ / ____ /____

**Instructions:**

**Merci de répondre aux questions suivantes concernant le sport principal que vous pratiquiez avant l'accident. Pour chaque question, cochez la case entre les deux extrêmes selon ce qui vous parait correspondre le mieux à la situation actuelle de votre genou.**

**1. Pensez-vous pouvoir pratiquer votre sport au même niveau qu'auparavant?**

| Pas du tout sûr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Totalement sûr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**2. Pensez-vous que vous pourriez vous blesser de nouveau le genou si vous repreniez le sport?**

| Extrêmement probable | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Pas du tout probable |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**3. Êtes-vous inquiet à l'idée de reprendre votre sport?**

| Extrêmement inquiet | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Pas du tout inquiet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**4. Pensez-vous que votre genou sera stable lors de votre pratique sportive ?**

| Pas du tout sûr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Totalement sûr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**5. Pensez-vous pouvoir pratiquer votre sport sans vous soucier de votre genou ?**

| Pas du tout sûr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Totalement sûr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

Y Bohu, S Klouche, N Lefevre, K Webster, S Herman. *Translation, cross-cultural adaptation and validation of the French version of the Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury (ACL-RSI) scale.*
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2014. DOI 10.1007/s00167-014-2942-4

**6. Etes-vous frustré de devoir tenir compte de votre genou lors de votre pratique sportive ?**

| Extrêmement frustré | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Pas du tout frustré |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**7. Craignez-vous de vous blesser de nouveau le genou lors de votre pratique sportive ?**

| Crainte extrême | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Aucune crainte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**8. Pensez-vous que votre genou peut résister aux contraintes ?**

| Pas du tout sûr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Totalement sûr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**9. Avez-vous peur de vous reblesser accidentellement le genou lors de votre pratique sportive ?**

| Très peur | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Pas du tout peur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**10. Est-ce que l'idée de devoir éventuellement vous faire réopérer ou rééduquer vous empêche de pratiquer votre sport ?**

| Tout le temps | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | A aucun moment |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**11. Etes-vous confiant en votre capacité à bien pratiquer votre sport ?**

| Pas du tout confiant | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Totalement confiant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

**12. Vous sentez-vous détendu à l'idée de pratiquer votre sport?**

| Pas du tout détendu | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Totalement détendu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | ❑ | |

## Score ACL-RSI (Total x 100) / 120 = ____%

Y Bohu, S Klouche, N Lefevre, K Webster, S Herman. *Translation, cross-cultural adaptation and validation of the French version of the Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury (ACL-RSI) scale.*
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2014. DOI 10.1007/s00167-014-2942-4

**Annexe 6 : Questionnaire KOOS**



# QUESTIONNAIRE DE GENOU KOOS

DATE: _____ DATE DE NAISSANCE: _____

NOM: _____

## INSTRUCTIONS

Ce questionnaire vous demande votre opinion sur votre genou. Il nous permettra de mieux connaître ce que vous ressentez et ce que vous êtes capable de faire dans votre activité de tous les jours.
Répondez à chaque question. Veuillez cocher une seule case par question. En cas de doute, cochez la case qui vous semble la plus adaptée à votre cas.

### Symptomes

Ces questions concernent vos symptômes au cours des **huit derniers jours.**

S1. Est-ce que votre genou gonfle?

| Jamais | Rarement | Parfois | Souvent | Tout le temps |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

S2. Ressentez-vous des ou entendez-vous des craquements ou n'importe quel autre type de bruit en bougeant le genou?

| Jamais | Rarement | Parfois | Souvent | Toujours |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

S3. Est-ce que votre genou accroche ou se bloque en bougeant?

| Jamais | Rarement | Parfois | Souvent | Toujours |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

S4. Pouvez-vous étendre votre genou complètement?

| Toujours | Souvent | Parfois | Rarement | Jamais |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

S5. Pouvez-vous plier votre genou complètement?

| Toujours | Souvent | Parfois | Rarement | Jamais |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

### Raideur

Ces questions concernent la raideur de votre genou au cours des **huit derniers jours**.
La raideur est la sensation d'avoir du mal à bouger le genou.

S6. Le matin au réveil, la raideur de votre genou est:

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

S7. Après être resté(e) assis(e), couché(e), ou au repos pendant la journée, la raideur de votre genou est:

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

## Douleur

P1. Avez-vous souvent mal au genou?

| Jamais | Une fois par mois | Une fois par semaine | Tous les jours | Tout le temps |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

Au cours des **huit derniers jours,** quelle a été l'importance de votre douleur du genou en faisant les activités suivantes?

P2. En tournant, pivotant sur votre jambe

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

P3. En étendant complètement le genou

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

P4. En pliant complètement le genou

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

P5. En marchant sur un terrain plat

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

P6. En montant ou en descendant les escaliers

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

P7. Au lit la nuit

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

P8. En restant assis(e) ou couché(e)

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

P9. En restant debout

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

## Fonction, vie quotidienne

Les questions suivantes concernent ce que vous êtes capable de faire. Au cours des **huit derniers jours**, quelle a été votre difficulté pour chacune des activités suivantes?

A1. Descendre les escaliers

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A2. Monter les escaliers

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A3. Vous relever d'une position assise

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A4. Rester debout

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A5. Vous pencher en avant pour ramasser un objet

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A6. Marcher sur un terrain plat

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A7. Monter ou descendre de voiture

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A8. Faire vos courses

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A9. Mettre vos chaussettes ou vos collants

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A10. Sortir du lit

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A11. Enlever vos chaussettes ou vos collants

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A12. Vous retourner ou garder le genou dans la même position en étant couché(e)

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A13. Entrer ou sortir d'une baignoire

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A14. Rester assis(e)

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A15. Vous asseoir ou vous relever des toilettes

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A16. Faire de gros travaux ménagers (déplacer des objets lourds, récurer les sols,…)

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

A17. Faire des petits travaux ménagers (faire la cuisine, faire la poussière,…).

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

## Activités, sport et loisirs

Les questions suivantes concernent ce que vous êtes capable de faire au cours d'autres activités. Au cours des **huit derniers jours**, quelle a été votre difficulté pour les activités suivantes?

SP1. Rester accroupi(e)

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

SP2. Courir

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

SP3. Sauter

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

SP4. Tourner, pivoter sur votre jambe

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

SP5. Rester à genoux

| Absente | Légère | Modérée | Forte | Extrême |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

## Qualité de vie

Q1. Pensez-vous souvent à votre problème de genou?

| Jamais | Une fois par mois | Une fois par semaine | Tous les jours | Tout le temps |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

Q2. Avez-vous modifié votre façon de vivre pour éviter les activités qui pourraient aggraver votre problème de genou?

| Pas du tout | Un peu | Modérément | Beaucoup | Totalement |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

Q3. Est-ce qu'un manque de confiance dans votre genou vous gêne?

| Pas du tout | Un peu | Modérément | Beaucoup | Totalement |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

Q4. Finalement, êtes-vous gêné(e) par votre genou?

| Pas du tout | Un peu | Modérément | Beaucoup | Extrêmement |
|---|---|---|---|---|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

******Merci beaucoup d'avoir répondu à ce questionnaire******

## Annexe 7 : Questionnaire IKDC subjectif

Nom du patient : . . . . . Date de naissance : . . . . / . . . . / . . . . . .

Prénom : . . . . . Date de l'examen : . . . . / . . . . / . . . . . .

# International Knee Documentation Commitee (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)**

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

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

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aucune douleur | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | 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

Nom du patient : . . . . . Date de naissance : . . . . / . . . . / . . . . . .

Prénom : . . . . . Date de l'examen : . . . . / . . . . / . . . . . .

7. Quel est le plus haut niveau d'activité que vous pouvez accomplir sans que votre genou ne se dérobe ?

- ☐ 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 qui se dérobe

**ACTIVITES SPORTIVES**

**8. Quel est le plus haut niveau d'activité que vous pouvez pratiquer régulièrement ?**

- ☐ 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, le ménage ou le jardinage
- ☐ Aucune des activités ci -dessus ne m'est possible à cause de mon genou.

**9. Quelle incidence a votre genou sur votre capacité à... ?**

| | Pas difficile | Légèrement difficile | Très difficile | Impossible |
|---|---|---|---|---|
| Monter les escaliers | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Descendre les escaliers | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| S'agenouiller (appui sur le devant du genou) | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| S'accroupir | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| S'asseoir | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Se lever d'une chaise | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Courir en ligne droite | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sauter avec réception sur la jambe faible | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| S'arrêter et repartir brusquement (marche, ou course à pied si vous êtes un athlète) | ☐ | ☐ | ☐ | |

**FONCTION**

**10. Comment notez-vous la fonction de votre genou sur une échelle de 0 à 10 (10 correspondant au fonctionnement optimal et 0 étant l'incapacité à accomplir les activités de la vie quotidienne et sportives)**

**FONCTION AVANT L'ACCIDENT/LA BLESSURE DU GENOU**

| Performance nulle | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Performance quotidienne optimal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | |

**FONCTION ACTUELLE DU GENOU**

| Performance nulle | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Performance quotidienne optimal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | |

## Annexe 8 : lettre d'information patient pour le protocole Pro ACL

Évaluation instrumentale de la proprioception du genou après ligamentoplastie du ligament croisé antérieur et impact sur la reprise sportive

**LETTRE D'INFORMATION**

Madame, Monsieur

Il vous est proposé de participer à une étude coordonnée par le Dr Joffrey Drigny
Cette étude permettra d'améliorer les connaissances biologiques ou médicales (travaux de recherche ayant une mission d'intérêt public : thèse de médecine, de sciences, articles scientifiques académiques). Cette étude n'aura pas d'incidence sur votre prise en charge

Ce document a pour but de vous expliquer ce que cette étude implique afin de vous permettre de décider si vous voulez y participer.

**Informations Générales**

L'objectif principal de l'étude, à laquelle nous vous proposons de participer, est de préciser l'évolution de la proprioception du genou après chirurgie du ligament croisé antérieur (LCA) et son impact dans la reprise des activités physiques et sportives par rapport à une population de sportifs volontaires sains n'ayant pas eu de blessure récente du genou.

Les objectifs secondaires sont les suivants :
- Étude de la corrélation entre la proprioception, la force musculaire, l'évaluation clinique et le retour au sport après ligamentoplastie du LCA
- Étude des facteurs prédictifs (âge, sexe, délai opératoire, état initial, type de chirurgie) de l'évolution de la proprioception après ligamentoplastie du LCA

La comparaison des paramètres étudiées sur le genou opéré se fera avec le genou sain mais également avec une population de sportif volontaire sain (sans blessure ni opération du genou)

**Déroulement**

La réalisation de cette étude se fait au CHU de Caen dans le service de médecine du sport.
Durée des inclusions= 1 an ; nombre de patients à inclure= 45 participants

Avant de participer à cette étude serez vu lors d'une première visite par un médecin, dans le service de médecine du sport au CHU de Caen, pour vous vous fournir les informations et recueillir votre consentement pour la participation à cette étude et vérifier que votre état correspond aux critères d'éligibilité.

Ensuite, après un délai minimal de 7 jours, vous aurez une consultation où vous aurez un bilan classique avec interrogatoire médical, un examen clinique standard du genou réalisé dans le cadre de la surveillance médicale règlementaire du sportif. Vous aurez également un bilan proprioceptif basé sur la perception du mouvement du genou lors d'un mouvement passif, mais également l'évaluation de la capacité à reproduire un mouvement précisément soit passivement soit activement (repositionner le genou selon la position initiale)

L'intégralité de la consultation durera environ 1h.

Les données recueillies seront les paramètres suivants :

-*Evaluation proprioceptive* : Mesure de la proprioception du genou par la technique de repositionnement passif et actif (JPS, en degrés), ainsi que le seuil de détection du mouvement (TDPM en degrés) sur dynamomètre isocinétique.

*Evaluation de la force musculaire:*
Mesure de la force musculaire sur dynamomètre isocinétique

*Tests fonctionnels monopodaux :*
Single hop for distance
Triple hop for distance
Triple cross over hop for distance

**Participation**
Votre participation à ce projet de recherche est volontaire.

**Traitement des données et droits d'accès**

En accord avec la nécessité de traiter les données à des fins scientifiques, vos données individuelles nécessaires à l'étude, rassemblées sous forme codée (anonymisation), sont transmises au promoteur pour être traitées par informatique afin d'analyser les résultats de la recherche au regard de l'objectif qui vous a été présenté. Sous cette forme, elles peuvent aussi être transmises, aux Autorités de Santé Françaises ou Etrangères.
D'autre part, le représentant du promoteur ou celui des Autorités de Santé, tenu au secret professionnel, peut avoir accès à votre dossier pour contrôle de conformité. Conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique et aux libertés, le fichier a reçu l'autorisation de la CNIL et vous disposez d'un droit d'accès et de rectification que vous pouvez exercer auprès du médecin qui vous suit dans le cadre de la recherche et qui, seul, connaît votre identité.
Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées et traitées dans le cadre de cette recherche.
Vous pouvez également accéder directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de votre choix à l'ensemble de vos données médicales en application des dispositions de l'article L1111-7 du Code de la Santé Publique.

Identité et les coordonnées du responsable du traitement :
Le CHU de Caen Normandie est responsable du traitement de données. Pour toutes questions relatives à ce traitement vous pouvez contacter le délégué à la protection des données : dpd@chu-caen.fr.
Cette étude permettra d'améliorer les connaissances biologiques ou médicales (travaux de recherche ayant une mission d'intérêt public : thèse de médecine, de sciences, articles scientifiques académiques).

Si vous devez vous retirer de l'étude, les données recueillies avant votre retrait pourront encore être traitées avec les autres données recueillies dans le cadre de l'étude, si leur effacement compromet la réalisation des objectifs de l'étude.

Vous avez le droit d'introduire une réclamation auprès d'une autorité de contrôle : en France, la CNIL https://www.cnil.fr

La durée de conservation des données sera de 15 ans

**Aspects légaux**

Conformément aux dispositions de la loi n° 2018-493 du 20 juin 2018 relative à la protection des données personnelles, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification de vos données personnelles ainsi que le droit à l'effacement, à l'oubli et le droit à la portabilité des données. Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées. Ce traitement automatisé de vos données de santé est conforme au règlement Européen du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données.

Vous avez le droit d'être informé des résultats globaux de la recherche

Vous êtes libre de refuser d'y participer sans encourir aucune responsabilité. Vous avez bien entendu la possibilité de réfléchir avec votre entourage, avant de prendre votre décision ou de refuser sans aucun préjudice pour vous.

Vous disposez d'un droit de réclamation auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) : 3, place de Fontenoy – TSA 80715 – 75334 PARIS cedex 07 (01.53.73.22.22)

Le Comité de Protection des Personnes (CPP) Ile-de-France XI a donné un avis favorable à la réalisation de cette étude le 31/07/2019.

Docteur Joffrey DRIGNY

« Par délibération de son Conseil en date du 10 Novembre 1972, l'Université n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ou mémoires. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs ».

VU, le Président de Thèse

VU, le Doyen de l'UFR Santé

VU et permis d'imprimer
en référence à la délibération
du Conseil d'Université
en date du 14 Décembre 1973

Pour le Président
de l'Université de CAEN-NORMANDIE et P.O

Le Doyen

ANNEE DE SOUTENANCE : 2019/2020
NOM ET PRENOM DE L'AUTEUR : ROLLAND Marine

TITRE DE LA THESE EN FRANÇAIS **: Evaluation de la proprioception du genou après chirurgie du ligament croisé antérieur et son impact dans la reprise des activités physiques et sportives**

RESUME DE LA THESE EN FRANÇAIS :

La rupture du ligament croisé antérieur est une blessure fréquente chez les sportifs. Elle entraine de multiples conséquences sur le genou : instabilité, douleur, perte de force musculaire, déficit proprioceptif, modification de la cinématique du genou et développement de gonarthrose au long terme. Chez les sportifs, la majorité de ces blessures sont traitées chirurgicalement par ligamentoplastie. L'objectif principal de ce traitement est la réduction de l'instabilité du genou afin de permettre une reprise du sport, et ce au niveau antérieur à la blessure. Ainsi, le suivi du sportif après la chirurgie est essentiel afin de guider le retour au sport et d'assurer que les capacités sensori-motrices permettent la reprise sportive. Actuellement cette évaluation repose essentiellement sur des tests fonctionnels de terrain et la mesure de la force musculaire.

Nous proposons d'étudier prospectivement l'évolution de la proprioception du genou quantifiée de manière instrumentale sur dynamomètre isocinétique après ligamentoplastie du LCA ainsi qu'une étude des facteurs associés à son évolution favorable et de son impact dans la reprise sportive. Ces données permettront d'évaluer l'intérêt de l'évaluation instrumental isocinétique de la proprioception du genou après ligamentoplastie du LCA dans le but d'améliorer la rééducation du sportif après cette chirurgie, et permettre ainsi un retour au sport dans les meilleures conditions possibles.

Cette étude inclura 30 sportifs présentant une rupture du LCA, et traitée par ligamentoplastie et 20 individus sportifs volontaires sains

MOTS CLES : Ligament croisé antérieur, ligamentoplastie, proprioception, isocinétisme, sport

TITRE DE LA THESE EN ANGLAIS **: Evaluation of knee proprioception after anterior cruciate ligament surgery and its impact on the return to sport**

RESUME DE LA THESE EN ANGLAIS :

The rupture of the anterior cruciate ligament is a frequent athletes's injury. It has multiple consequences on the knee: instability, pain, loss of muscle strength, proprioceptive deficit, modification of the kinematics of the knee and the development of gonarthrosis in the long term. In athletes, the majority of these injuries are treated surgically by ligamentoplasty. The main objective of this treatment is to reduce the instability of the knee in order to allow the return to sport, and this at the same level before the injury. Thus, the follow-up of the athlete after surgery is essential in order to guide the return to sport and to ensure that the sensorimotor capacities allow the return to sport. Currently, this evaluation is essentially based on functional field tests and the measurement of muscle strength.

We propose to prospectively study the evolution of knee proprioception quantified instrumentally on an isokinetic dynamometer after ACL ligamentoplasty as well as a study of the factors associated with its favorable evolution and its impact on sports recovery. With these data we will be able to evaluate the interest of the instrumental isokinetic evaluation of the proprioception of the knee after ACL ligamentoplasty in order to improve the rehabilitation of the athlete after this surgery, in order to allow a return to sport in the best possible conditions. .

This study will include 30 athletes with an ACL tear, and treated by ligamentoplasty and 20 healthy volunteer athletic individuals.

KEY WORDS : Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, proprioception, isokinetic, sport