



Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et Réadaptation des
Pays de la Loire.

54, rue de la Baugerie - 44230 SAINT- SÉBASTIEN SUR LOIRE

**Sollicitation des muscles ischio-jambiers en phase initiale
de rééducation post-ligamentoplastie de genou ayant
nécessité le prélèvement du *semi-tendinosus***

Damien REBOULLEAU

Mémoire UE28
Semestre 8

Année scolaire : 2019-2020

AVERTISSEMENT

Les mémoires des étudiants de l'Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et de la Réadaptation (IFM3R) sont réalisés au cours de la dernière année de formation de masso-kinésithérapie.

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

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier mon directeur de mémoire puisque le sujet même de ce mémoire avait fait l'objet de discussions entre nous lors de mon stage effectué sous sa tutelle et avait contribué à nourrir toute ma réflexion, alimentant ce travail d'initiation à la recherche. Merci de m'avoir permis de pouvoir entrer en contact avec d'autres professionnels de santé, notamment des chirurgiens orthopédistes, et de m'avoir donné la chance de leur présenter ces travaux. Enfin, bien sûr, merci pour les relectures et les échanges que nous avons pu avoir autour de ce sujet, et les conseils prodigués, notamment sur toutes les prises de recul nécessaires à avoir, et dont j'essaierai de m'inspirer tout au long de ma pratique professionnelle.

Je tiens également à remercier le chirurgien orthopédiste qui a accepté d'échanger avec moi au sujet de ce travail, m'a apporté son aide pour l'élaboration d'un des deux questionnaires et m'a permis d'assister à plusieurs ligamentoplasties de genou au bloc opératoire, une journée qui fut riche d'enseignements et d'expérience.

Je remercie les masseur-kinésithérapeutes et les chirurgiens orthopédistes qui ont accepté de participer aux différentes enquêtes, ainsi qu'à la SOTEST pour avoir accepté la diffusion de l'une d'elles.

Je tiens à remercier mes camarades de promotion de masso-kinésithérapie, au-delà de ce travail de mémoire, pour leur super accueil au cours de ces années de formation, en tant que doyen (ou « papa ») de promotion, leur solidarité et le dynamisme communicatif qui émane de ce groupe. Merci notamment au « groupe DDM », pour nos échanges et relectures.

Un grand merci à deux de mes relectrices, qui se reconnaîtront car aiment compter de trois en trois, qui ont partagé cette aventure avec moi, là aussi au-delà de ce travail de mémoire, parce que la réorientation, c'est une sacrée aventure, mais ça se réalise, et surtout, se réussit !

Merci aux formatrices et formateurs de l'IFM3R qui m'ont accompagné au cours de ces quatre années, ainsi qu'à la documentaliste, qui a toujours été très disponible et réactive.

Enfin je souhaite remercier mon amie, pour son soutien et sa présence, qui a été extrêmement compréhensive tout au long de ces dernières années d'études, et a réussi à me supporter même dans les moments les plus stressants.

Résumé

Introduction : Les reconstructions chirurgicales de ligament croisé antérieur de genou sont aujourd'hui réalisées en proportion importante par prélèvement du muscle *semi-tendinosus*. Il est fréquent d'objectiver un déficit de force des muscles ischio-jambiers au cours de la rééducation post-opératoire et à long terme. Les recommandations en vigueur abordent pourtant peu la prise en soins spécifique des ischio-jambiers, la rééducation étant centrée sur l'appareil extenseur. Nous avons souhaité savoir s'il était possible d'optimiser la régénération du *semi-tendinosus*, prélevé lors de l'intervention, et ce qui est réalisé sur le terrain par les professionnels de santé, qu'ils soient chirurgiens orthopédistes ou masseur-kinésithérapeutes. Un moyen étudié est la sollicitation excentrique précoce en phase initiale de rééducation.

Matériel et méthodes : Une étude de la littérature, à l'aide de moteurs de recherche tels que *Pubmed*, nous a permis de réaliser un état des lieux des connaissances actuelles, sous forme de revue narrative. Deux questionnaires élaborés sur la plate-forme *LimeSurvey*® ont ensuite été diffusés pour recueillir l'avis des chirurgiens orthopédistes et des masseur-kinésithérapeutes.

Résultats : Les résultats structurels obtenus suite des sollicitations excentriques dans différents domaines, tels que le traitement des lésions myoaponévrotiques, semblent en faveur d'une utilisation précoce de ce type de contraction. Si les recommandations françaises la contre-indiquent de façon isolée en phase initiale de rééducation post-opératoire de ligamentoplastie de genou, certains auteurs s'appuient sur ces résultats pour l'appliquer précocement, tout comme une partie des praticiens interrogés dans notre enquête, y compris des chirurgiens orthopédistes préconisant son utilisation.

Discussion : D'un point de vue biomécanique, ce type de contraction ciblée sur les ischio-jambiers médiaux permettrait d'optimiser la régénération du *semi-tendinosus* afin d'améliorer à long terme le contrôle dynamique du genou. Cette régénération ne se limitant pas aux premières semaines, la prise en soins spécifique continue, par sélection d'exercices spécifiques au cours de la rééducation. Il semble malgré tout nécessaire de respecter certains paramètres tels que le type exact d'intervention chirurgicale réalisée, les différences interindividuelles entre les patients, leurs objectifs, et donc leur possible non-adhésion, pour adapter la prise en soins.

Mots-clés :

- *Semi-tendinosus*
- Régénération
- Ischio-jambiers
- Rééducation
- Excentrique

Abstract

Introduction: Surgical reconstructions of the anterior cruciate ligament of the knee are nowadays carried out in significant proportion by removal of the *semi-tendinosus* muscle. It is common to objectify a deficit in hamstring strength during post-operative rehabilitation and subsequently in the long term. However, current recommendations do not address a specific care for hamstrings, as rehabilitation is focused on the extension chain. We wanted to find out whether it was possible to optimise the regeneration of the *semi-tendinosus*, which was removed during the operation, and what was done in the field by healthcare professionals, whether orthopaedic surgeons or physiotherapists. One means studied is early eccentric solicitation in the initial phase of rehabilitation.

Materials and methods: A study of the literature, using research databases such as Pubmed, allowed us to carry out an inventory of current knowledge, in the form of a narrative review. Two questionnaires developed on LimeSurvey® platform were then distributed to collect the opinions of orthopedic surgeons and physiotherapists.

Results: The structural results obtained following eccentric stresses in various areas, such as the treatment of acute hamstring injury, seem to favor an early use of this type of contraction. If the French recommendations do not recommend it in isolation in the initial phase of post-operative knee ligamentoplasty rehabilitation, some authors rely on these results to apply it as early as possible, as do some of the practitioners questioned in our survey, including orthopedic surgeons advocating its use.

Discussion: From a biomechanical point of view, this type of targeted contraction on the medial hamstrings would optimize the regeneration of the semi-tendinosus in order to improve long-term dynamic control of the knee. As this regeneration is not limited to the first weeks, the specific care continues, by selection of specific exercises during rehabilitation. Nevertheless, it seems necessary to respect some parameters such as the exact type of surgical intervention performed, the interindividual differences between patients, their objectives, and therefore their possible non-adherence, in order to adapt the treatment.

Keywords :

- *Semi-tendinosus*
- Regeneration
- Hamstrings
- Rehabilitation
- Eccentric

Index des abréviations

AMI : *Arthogenic Muscle Inhibition*

BF : *Biceps femoris*

CCF : Chaîne cinétique fermée

CCO : Chaîne cinétique ouverte

CNIL : Commission National Informatique et Liberté

DIDT : Droit interne – Droit tendineux

DOMS : *Delayed Onset Muscle Soreness*

DT4 : Droit tendineux 4

EMG : Electromyographie

HAS : Haute Autorité de Santé

IFM3R : Institut régional de formation aux métiers de rééducation et de réadaptation

IRM : Imagerie par résonnance magnétique

IJ : Ischio-jambiers

IJ/Q : ratio Ischio-jambiers/*Quadriceps*

IKDC : *International Knee Documentation Committee*

KJ : *Kenneth-Jones*

LCA : Ligament croisé antérieur

LCP : Ligament croisé postérieur

LMA : Lésion myoaponévrotique

MeSH : *Medical Subject Heading*

MK : Masseur-Kinésithérapeute

NH : Nordic hamtring

RGPD : Règlement général de la protection des données

SM : *Semi-mendinosus*

SNC : Système nerveux central

SOTEST : Société d'Orthopédie et Traumatologie de l'Est

ST : *Semi-tendinosus*

Sommaire

1- Introduction	1
2- Cadre théorique	2
2.1 Rappels anatomiques et biomécaniques	2
2.2 Lésion du ligament croisé antérieur	5
2.3 Reconstruction du LCA par ligamentoplastie suite à une rupture isolée	6
2.4 Recommandations pour la rééducation.....	9
2.5 Les lésions myoaponévrotiques	12
3- Problématique de recherche	14
4- Méthodologie de recherche	15
4.1 Moteurs et équations de recherche	16
4.2 Matériel et méthode des enquêtes par questionnaire	17
5- Résultats et Analyse	19
5.1 Synthèse de littérature.....	19
5.2 Résultats aux enquêtes par questionnaire	26
6- Discussion	30
6.1 Interprétation des résultats.....	31
6.2 Analyse critique de la méthodologie	38
6.3 Axes de réflexion et perspectives professionnelles	39
7- Conclusion	42

Références

Annexes

1- Introduction

La rééducation en post-opératoire immédiat suite à une ligamentoplastie de genou est aujourd'hui relativement courante en cabinet libéral, notamment grâce aux progrès chirurgicaux, comme l'intervention sous arthroscopie, permettant une prise en charge du patient en ambulatoire pour un retour à domicile rapide. Lors de nos différents stages de masso-kinésithérapie, il nous est arrivé à de nombreuses reprises de prendre en soins des patients dans ce type de situation, souhaitant souvent reprendre leur activité sportive le plus tôt possible. Nous avons en parallèle eu la chance d'assister à des interventions chirurgicales au bloc opératoire, permettant de découvrir le déroulement de ce type d'opération sur plusieurs patients. La découverte des différentes techniques chirurgicales existantes, leurs avantages et inconvénients, nous avait notamment amené à se questionner sur l'intérêt de prélever un des muscles ischio-jambiers, le *semi-tendinosus*, pour former un néo-ligament, alors que nos connaissances biomécaniques de base nous apprennent son rôle protecteur du pivot central.

Le fait de voir nos tuteurs de stage utiliser précocement la contraction de type excentrique a également nourrit cette réflexion, alors même que toute sollicitation isolée contre résistance est contre-indiquée dans les recommandations françaises dans les trois premières semaines (1). Enfin, lors d'un enseignement spécifique sur ce type de prise en soins, une phrase issue d'un article de référence de 2010 (2) nous a convaincu d'approfondir ce questionnement : « *Les données sont inexistantes quant à l'évolution des propriétés mécaniques du site donneur* ».

Dès lors, l'absence ou le peu de considération de l'évolution du site donneur en cas de greffe réalisée aux dépens du muscle *semi-tendinosus* dans les recommandations officielles nous a interloqué. Compte tenu de la proportion à priori grandissante de ce type de greffe ces vingt dernières années (3–5), nous nous sommes demandés pourquoi les recommandations apportent si peu de solutions pour tenter d'améliorer la régénération du site donneur, connaissant le rôle primordial des muscles ischio-jambiers, en particulier médiaux, dans le contrôle du genou.

L'apport de connaissances récentes, via les différents enseignements dont nous avons bénéficié, notamment sur l'optimisation de la régénération musculaire suite à une lésion myoaponévrotique en utilisant l'excentrique, nous ont amené à effectuer cette démarche d'initiation à la recherche sur ce thème. L'objectif est alors de faire un état des lieux des connaissances actuelles sur le domaine très documenté de la ligamentoplastie de genou, et tenter de trouver des moyens d'optimiser la régénération du *semi-tendinosus*. Le but est de trouver un moyen de favoriser sa cicatrisation, pour idéalement retrouver ses propriétés structurales et mécaniques, et à plus long terme d'améliorer le contrôle de son genou. Cela aiderait probablement le patient à remplir ses objectifs personnels en retrouvant le niveau sportif souhaité ou proche de celui-ci, et éventuellement réduire les risques de re-rupture.

Il nous a semblé intéressant de recueillir les avis des professionnels de santé, afin de savoir ce qui est concrètement fait en pratique. Nous avons ainsi interrogé, aussi bien les chirurgiens orthopédistes que les masseur-kinésithérapeutes, via des questionnaires en ligne, permettant de confronter leur pratique à la théorie, comme aux recommandations en vigueur.

Dans un premier temps, nous détaillons dans le cadre théorique les éléments anatomiques et biomécaniques impliqués dans ce thème, les mécanismes de rupture du ligament croisé antérieur et différentes interventions chirurgicales existantes. Nous détaillons ensuite les recommandations actuellement en vigueur pour ce type de rééducation, et les connaissances actuelles sur la prise en soins des lésions myoaponévrotiques, notamment via des sollicitations musculaires sur le mode de contraction excentrique.

Nous précisons dans un second temps la méthode utilisée pour mener cette démarche d'initiation à la recherche, au niveau de la recherche bibliographique, et concernant la façon d'interroger les professionnels de santé afin de recueillir leurs avis. Les résultats sont présentés puis interprétés avant d'apporter enfin des axes de réflexion sur les nombreux éléments collectés, et tenter de répondre au mieux à la problématique posée.

2- Cadre théorique

2.1 Rappels anatomiques et biomécaniques

2.1.1 Le complexe articulaire du genou

Intercalé entre la cheville et la hanche, le complexe du genou forme l'articulation intermédiaire du membre inférieur et se compose de deux articulations : l'une trochléenne, entre la patella et la trochlée fémorale, et l'autre bicondylienne entre les condyles fémoraux et les plateaux tibiaux, par l'intermédiaire des ménisques. Présentant un valgus physiologique, le genou doit continuellement s'adapter aux mouvements des articulations sus et sous-jacentes afin de maintenir à la fois son intégrité et l'équilibre du corps qu'il supporte (6). Pour pallier à cette vulnérabilité, la stabilisation tridimensionnelle du genou s'opère grâce à des structures passives (osseuses, ligamentaires, fibrocartilagineuses, capsulaires) et actives (musculaires). A cause de sa faible congruence, le genou nécessite notamment un système ligamentaire efficace pour allier à la fois mobilité et stabilité lors des mouvements de flexion, d'extension et de rotation. Ceci permet d'effectuer des activités simples telles que la marche, ou complexes telles que des sauts et réception de sauts comme en gymnastique, la course ou les changements rapides de direction comme nous en retrouvons dans les sports avec pivot/contact (football, basket-ball, rugby, etc.).

Hormis les structures osseuses, les éléments responsables de la stabilisation passive du genou sont : sa capsule articulaire, commune aux articulations fémoro-patellaire et fémoro-tibiale, les ménisques médiaux et latéraux auxquels la capsule est reliée (7), et les ligaments. Parmi ces

derniers nous distinguons les ligaments collatéraux, latéral et médial, extra-articulaires, et les ligaments croisés, antérieur (LCA) et postérieur (LCP), intra-articulaires et extrasynoviaux (8), qui forment le pivot central. En plus d'assurer en partie la stabilité rotatoire et antéro-postérieure du genou, par leur mise en tension lors de la flexion et de l'extension, les ligaments croisés provoquent des mouvements de glissement et de roulement des condyles fémoraux, en synergie avec les ligaments collatéraux, permettant un mouvement harmonieux du genou (9).

Le complexe articulaire du genou bénéficie également de la présence d'un système musculaire lui procurant à la fois sa mobilité et sa stabilité. Cette dernière est à la fois active par contraction musculaire, et passive par raideur des structures tendineuses et myoaponévrotiques insérées localement. Ces muscles périarticulaires sont présents sur les différentes faces du genou (7) : le *quadriceps* et le *sartorius* dans la loge antérieure de cuisse, le *gracilis* dans la loge médiale, le tractus ilio-tibial qui est l'expansion tendineuse du *Musculus Tensor Fascia Latae* dans la loge latérale, et au sein de la loge postérieure : les *gastrocnemius*, le *plantaris*, le *popliteus* et les muscles ischio-jambiers (IJ). Les IJ sont régulièrement cités dans la littérature comme étant les seuls muscles agonistes des ligaments croisés (10).

2.1.2 Le ligament croisé antérieur

Le LCA s'insère en avant des épines tibiales jusqu'à la face médiale du rebord postérieur du condyle fémoral latéral. Il présente ainsi un trajet oblique vers le haut, l'arrière et le dehors (2). Longtemps décrit comme étant constitué de deux faisceaux, un antéromédial et un autre postérolatéral, il a plus récemment été démontré qu'il n'y avait qu'un unique faisceau plat enroulé comme un ruban, et dont la position varie en fonction de l'angle de flexion du genou (8,11). Constitué principalement de fibres de collagène de type I entourées de liquide synovial, le LCA mesure environ 38millimètres de longueur et 10mm de largeur (9). Mais ces valeurs peuvent varier en fonction du mouvement sollicitant le genou, notamment par les forces de traction du ligament (12). Il peut résister à un allongement de 4 à 10% avant rupture (8).

La vascularisation du LCA est assurée par les artères géniculées moyenne et inférieure (8,13) tandis que son innervation vient du nerf tibial livrant des informations notamment proprioceptives au système nerveux central (SNC). Les différents récepteurs impliqués (corpuscules de Ruffini et de Pacini, terminaisons nerveuses libres) renseignent ainsi le SNC sur la position de l'articulation dans l'espace (14).

Grâce à son orientation spécifique, le LCA est le frein principal à la translation antérieure du tibia sous le fémur en limitant à 85% ce mouvement (2). Il contrôle également la rotation médiale du segment jambier par rapport au fémur dans une position proche de l'extension. Les forces de traction s'exerçant sur le LCA sont maximales lors de l'hyperextension et dans les amplitudes extrêmes de flexion. Nous notons cependant que la rotation médiale automatique du

tibia augmente également la tension exercée sur le ligament en tout début de flexion, favorisant ainsi la stabilité de l'articulation. Les ligaments croisés ont également un rôle secondaire dans le plan frontal en limitant le valgus et le varus dans tous les degrés de flexion (9).

2.1.3 Les muscles ischio-jambiers

Les trois muscles ischio-jambiers, que sont le *biceps femoris* (BF), le *semi-mendinosus* (SM) et le *semi-tendinosus* (ST), s'insèrent en proximal sur la tubérosité ischiatique. Ils sont extenseurs de hanche et fléchisseurs de genou. En postérolatéral, le BF est composé de deux chefs, l'un long et l'autre court, d'innervation distincte, et ayant une insertion distale commune principale sur la tête de la fibula. En postéro-médial, le SM s'insère distalement en trois points : sur le condyle latéral du fémur (faisceau récurrent), sur la face postéro-médiale du tibia (faisceau direct) et en face médiale du tibia (faisceau réfléchi). Également en postéro-médial mais plus superficiel, le ST vient s'insérer distalement au niveau de la patte d'oie. Il présente une architecture fusiforme avec de longues fibres parallèles, tandis que le BF et le SM sont uni et bipennés (15). Le SM et le ST sont des rotateurs médiaux de genou et limitent le *genu valgum* en formant un hauban médial. A l'inverse, le BF est rotateur latéral et limite le *genu varum*, formant avec le tractus ilio-tibial un hauban latéral. Le rôle « anti-valgisant » des IJ médiaux est notamment décrit lors de la réception de sauts verticaux : l'amortissement de la chute au niveau du genou favorise une augmentation de la compression du compartiment latéral et un bâillement médial justement limité par les ischio-jambiers médiaux (16).

Au cours d'activités quotidiennes telles que la marche, ou sportives comme la course, les IJ sont majoritairement activés en fin de phase oscillante, avant que le pied avant vienne prendre contact avec le sol. Davantage visible lors du sprint (17), cette activité de type excentrique et en chaîne cinétique ouverte a un rôle de décélération de l'avancée du segment jambier par rapport au fémur. Il apparaît important de garder en tête ces modalités de contractions fonctionnelles lors d'une rééducation ciblée des muscles IJ suite à la ligamentoplastie de genou.

Les muscles ischio-jambiers, par leurs insertions distales, limitent la translation antérieure du tibia par rapport au fémur. En ce sens ils sont décrits comme ayant une action agoniste aux ligaments croisés, protégeant ces derniers lors de leur contraction (2,10). Un mauvais contrôle du genou lors de la réception de saut par exemple est prédictif de risque de rupture du LCA selon Hewett *et al.*, notamment chez les athlètes féminines (18). Cette protection nécessite en réponse une vitesse de contraction et une force suffisamment élevée des IJ. Elle demeure cependant insuffisante lorsque le genou est en extension face à la force importante de traction antérieure du tibia produite par le *quadriceps* (8). L'action excentrique des muscles ischio-jambiers est communément mise en rapport avec la force de contraction en concentrique du

quadriceps, sous la forme d'un « ratio fonctionnel » IJ/Q (19). Un faible ratio IJ/Q associé à un déficit d'activation des IJ médiaux augmente le risque de lésion du LCA (20).

2.2 Lésion du ligament croisé antérieur

2.2.1 Epidémiologie

Il est difficile d'estimer le nombre de ruptures du LCA puisque cela nécessiterait que la blessure soit systématiquement référencée. L'intervention chirurgicale est notifiée et actée dans les registres officiels mais une lésion n'est pas toujours suivie d'une reconstruction chirurgicale, le traitement pouvant être alors dit « conservateur ». On estime cependant qu'il y a par exemple plus de 120.000 ruptures du LCA chaque année aux Etats-Unis (21). L'incidence annuelle moyenne est comprise entre 0,03% et 0,04% pour la plupart des pays ayant un registre de blessures (22). Elle est plus importante (entre 0,15% et 3,67%) chez les sportifs pratiquant un sport collectif à risque parmi le football, le rugby, le handball, le basket-ball et le football américain. D'autres sports comme le ski alpin présentent également un risque augmenté de rupture du LCA (8,23). Le risque de rupture est par ailleurs vingt fois plus élevé en compétition qu'à l'entraînement (24), et plus élevé chez les femmes que chez les hommes (25).

Au niveau chirurgical, en 2018 en France, on dénombrait 49 240 interventions (26), une tendance à la hausse puisqu'il y en avait environ 15 000 en 1996 et 35 000 en 2010 (2). Aux Etats-Unis, environ 150.000 reconstructions du LCA sont réalisées tous les ans (27). L'âge moyen des patients opérés est peu élevé et la population en majorité sportive (2), pourtant les résultats ne semblent pas excellents. En effet, suite à une première rupture du LCA, 35% des sportifs opérés ne parviennent pas à retrouver leur niveau de performance antérieur à la blessure (25). Une nouvelle rupture du LCA, peut par ailleurs survenir dans l'année qui suit une ligamentoplastie (14), concernant le LCA opéré pour 3 à 22% des athlètes et une le LCA controlatéral pour 3 à 24% (25). Une reconstruction du LCA représente par ailleurs un facteur de risque important pour l'apparition d'une lésion myoaponévrotique au niveau des IJ du côté opéré (28). En ce qui concerne l'évaluation subjective du genou (symptômes et évaluation fonctionnelle) par les patients à deux ans post-opératoires, plus de 50% d'entre eux ont un score IKDC (*International Knee Documentation Committee*) de C ou D quel que soit le type de greffe. Une valeur encore à hauteur d'environ 30% huit ans après la ligamentoplastie (29).

2.2.2 Mécanismes de lésion et conséquences

Les quatre mécanismes lésionnels du LCA communément décrits (30,31) sont :

- Un mouvement de valgus associé à une flexion de genou et une rotation externe représentant 50% des lésions,
- Un varus associé à une flexion et une rotation interne de genou, pour 9% des lésions,

- Une hyperextension en cas par exemple de shoot dans le vide au football ou de réception de saut en gymnastique, concernant 6% des ruptures,
- 35% des lésions sont liées à des mécanismes lésionnels imprécis.

Les contraintes sur le LCA sont majoritairement augmentées lorsque la contraction importante du *quadriceps* est associée à un valgus excessif avec une compression de l'articulation, comme lors d'une réception de saut (10). Près d'un tiers des ruptures se produisent sur une action en pivot, le reste lors d'actions de réception de saut, de décélération ou de changement de direction en course (21). Dans 80% des cas la rupture intervient en l'absence de contact (14).

Une rupture du LCA bouleverse l'équilibre entre moyens de stabilisation passifs et actifs, entraînant une forte instabilité du genou, avec secondairement de possibles atteintes méniscales et cartilagineuses (9,32). Suite au traumatisme, la phase inflammatoire aiguë, les douleurs ressenties, et l'épanchement articulaire sont fréquemment à l'origine d'une sidération musculaire quadricipitale, appelée « *Arthogenic Muscle Inhibition* » (AMI) par D.Rice et P. McNair (33). Cette inhibition du *quadriceps* par le système nerveux central, est associée à la perte du rôle stabilisateur essentiel que représente le LCA, et augmente l'instabilité du genou.

Il n'existe pas actuellement d'argument factuel pour recommander une intervention chirurgicale de manière systématique à un patient présentant une lésion du LCA (23). En ayant connaissance des recommandations apportées par le corps médical, suivant ses caractéristiques individuelles et fonctionnelles, et ses objectifs personnels, notamment sportifs, le choix du traitement incombe au patient. Ce choix dépendra également des éventuelles autres lésions associées, qu'elles soient méniscales, cartilagineuses ou par atteintes des ligaments collatéraux. Le traitement peut être conservateur, l'objectif étant de restaurer les capacités fonctionnelles du genou pour la réalisation des activités de la vie quotidienne et professionnelle. Il peut par ailleurs être chirurgical, par ligamentoplastie, afin de diminuer la laxité du genou, sans augmenter la pression intra-articulaire ni mettre trop en tension le transplant.

2.3 Reconstruction du LCA par ligamentoplastie suite à une rupture isolée

2.3.1 Techniques chirurgicales

La reconstruction chirurgicale anatomique du LCA s'effectue par arthroscopie, en fixant un greffon d'un tunnel osseux tibial à l'autre fémoral, et en respectant les sites d'insertion du ligament natif lésé, donc son orientation et sa longueur. En France, seules les autogreffes sont autorisées, le greffon étant issu du patient lui-même (1). Plusieurs techniques existent, dont deux principalement utilisées (34), qui diffèrent suivant le site de prélèvement :

- Les prélèvements antérieurs, s'effectuant aux dépens de l'appareil extenseur du genou sont réalisés, soit sur le 1/3 central du tendon patellaire, permettant d'obtenir un greffon

tendineux avec deux extrémités osseuses selon la technique type *Kenneth Jones* (KJ), soit sur le tendon quadricipital plus rarement utilisé en première intention.

- Les prélèvements réalisés en postéro-médial sont exclusivement tendineux et se font aux dépens des muscles *semi-tendinosus* et *gracilis*. Ils donnent le nom à la technique du « Droit Interne – Droit Tendineux » (DIDT), ou du *semi-tendinosus* seul, dans le cas d'un « DT4 », permettant d'épargner le *gracilis*. Le tendon du *semi-tendinosus* est, dans les deux cas, prélevé à l'aide d'un « stripper » sur 20 à 25cm de longueur. Chaque extrémité est suturée afin de tracter le greffon pour le mettre en tension puis le replier sur lui-même et obtenir une épaisseur d'au moins 7 à 9mm. La greffe est ensuite mise en place à l'aide de fils de guidage pour relier les deux tunnels osseux préalablement formés (35).

D'autres techniques existent (34), telles que le prélèvement du *fascia lata* (Technique Macintosh), la plastie à double faisceau, mais aussi la plastie unifasciculaire ou la technique « SAMBBA » (36) en cas de rupture partielle du LCA. Selon certaines indications, il est par ailleurs possible de procéder à l'ajout d'un renforcement latéral en extra-articulaire en complément de la reconstruction articulaire du LCA pour pallier à une laxité rotatoire résiduelle. Ce renfort latéral peut être issu de la ténodèse du *fascia lata* (Opération de Lemaire) ou en utilisant le ligament antéro-latéral (37) ayant connu une effervescence récente au sein la bibliographie internationale en anatomie et chirurgie (38). Le contrôle rotatoire par ce renfort en périphérie de genou permet en outre de protéger la plastie intra-articulaire (37). La technique DT4 par greffe courte dite « *Tape Locking Screw* » est également décrite avec des bandelettes textiles fixées à chaque extrémité pour favoriser l'ancrage du transplant aux tunnels osseux (34). L'essor de nouvelles technologies de fixation s'observe également par l'utilisation devenue plus fréquente des « *endobuttons* » apportant plus de solidité au montage.

Réputée « plus solide » (32), la technique *Kenneth-Jones* a longtemps été considérée comme la technique chirurgicale de référence pour la reconstruction du LCA, majoritairement utilisée avant 2000 (5). Les extrémités osseuses permettent une meilleure fixation dans les tunnels tibial et fémoral. Cependant le prélèvement antérieur génère des douleurs antérieures séquellaires de genou (1) et une certaine fragilité de l'appareil extenseur (32).

D'avantage utilisées aujourd'hui (3,4,39), les techniques type DIDT et DT4 ont montré l'avantage de diminuer les douleurs antérieures de genou et de présenter une plus faible morbidité du site donneur, en plus de préserver l'appareil extenseur (40,41). La résistance du greffon à la traction apparaît supérieure lorsqu'on augmente le nombre de brins, d'où une diminution de la laxité pour un DT4 par rapport à un DIDT (32). Cependant, cette greffe n'est pas sans conséquences néfastes. Une faiblesse de force des muscles ischio-jambiers a d'une part été démontrée à long terme (41) alors que les IJ constituent l'agoniste actif principal du

transplant limitant la translation antérieure du tibia. D'autre part, la fixation tendon-os pour les ischio-jambiers, constitue un point faible pour cette technique (34), mais les progrès récents des types de fixation (*endobuttons*), s'ils tendent à repousser les délais d'ancrage du greffon à la paroi du tunnel osseux (2), semblent améliorer la résistance à la traction (32).

Il n'existe pas de supériorité entre les différentes techniques (42,43) concernant la douleur post-opératoire, la restauration fonctionnelle postopératoire, la laxité antéro-postérieure (44) ni de différence du taux de re-rupture ou de retour au sport (45). Ainsi aucun consensus n'existe aujourd'hui sur le choix du type de greffe (46).

Comme la technique du KJ induit une perte de force quadricipitale à 5 mois, le prélèvement aux dépens du *semi-tendinosus* conduit également logiquement à un manque de force en flexion de genou (46). Ce déficit de force des IJ en flexion de genou en cas de DIDT ou DT4 perdure à 9 mois, et est même observable 3 à 5 ans après l'opération (47). L'activité musculaire mesurée par électromyographie (EMG) est plus faible au niveau des IJ médiaux et présente un délai d'activation plus long (48). Ce dernier n'étant pas observé au niveau du *quadriceps*, participe à un retard de contraction lors d'un mouvement de réception de saut par exemple, compromettant la protection de l'articulation. D'autres nombreuses publications font état du manque de force des muscles ischio-jambiers en flexion de genou évalué par mesures isocinétiques, quel que soit le type de contraction (isométrique, concentrique ou excentrique), ceci étant notamment dû à une atrophie du *semi-tendinosus* malgré la rééducation (4).

Comme le suggère l'équipe dirigée par N. Maffiuletti, il semble donc indispensable de consacrer plus d'attention aux fléchisseurs de genou lors de la rééducation suite à des greffes aux dépens des IJ (46). Selon les recommandations (1,25,27), il sera cependant nécessaire de respecter certains délais afin de favoriser la cicatrisation du transplant et du site donneur.

2.3.2 Evolution histologique du transplant

L'intervention chirurgicale par arthroscopie au niveau des tunnels osseux va provoquer une inflammation de la synovie (14). La membrane synoviale forme alors un « manchon » autour du greffon, facilitant cette cicatrisation. Celle-ci se déroule en 3 phases (2,7) :

- Une phase de cicatrisation précoce d'environ 3 semaines, où seule l'architecture collagénique résiste à l'afflux de cellules inflammatoires qui envahissent le transplant, les cellules d'origine ayant disparu. L'intégrité de la greffe est maintenue mais elle est avasculaire, empêchant tout remodelage.
- Une phase de prolifération du transplant, ayant lieu de la 4^e à la 12^e semaine postopératoire. Le remodelage est alors maximal grâce à une importante prolifération vasculaire et un apport de cellules et facteurs de croissance, modifiant la structure

collagénique, ce qui altère les propriétés biomécaniques du greffon. Une nouvelle matrice extracellulaire se met en place, une synthèse importante de collagène de type III s'effectue remplaçant peu à peu celles de type I, qui étaient pourtant plus résistantes à la traction notamment grâce à leur calibre plus important. En fin de phase, vers le 3^e mois post-opératoire, un pic de fibroblastes s'accompagne d'une dégénérescence importante et une augmentation de cellules inflammatoires.

- La phase de « ligamentisation » (ou maturation) du transplant débute alors et correspond à la poursuite du remodelage jusqu'à plus de 2 ans post-opératoire (49), avec une augmentation de la résistance du néo-ligament et de sa revascularisation. Les propriétés de la greffe semblent être maximales à 1 an (2) même si le néo-ligament n'est pas parfaitement identique au ligament natif.

La charge en rééducation doit donc être prudente, à la fois suffisante pour stimuler l'activité cellulaire de remodelage mais aussi raisonnable pour respecter l'intégrité du néo-ligament (2).

2.3.3 Cicatrisation du site de prélèvement

Nous nous intéresserons ici uniquement aux greffes tendineuses de type DIDT et DT4, il s'agit donc de l'évolution du muscle *semi-tendinosus* suite au prélèvement du greffon. Sa cicatrisation va également s'effectuer en 3 phases : l'une inflammatoire, une seconde de remodelage, et enfin une phase de récupération des propriétés mécaniques (2).

Deux semaines après l'opération, un œdème post-traumatique se forme et entoure la zone de prélèvement (50). On assiste à l'afflux de néo-fibroblastes produisant du collagène dont les fibres vont notamment s'organiser en fonction du stress mécanique auxquelles elles sont soumises (49). A 6 semaines, la structure tendineuse réapparaît (lorsqu'elle régénère) du proximal vers le distal en s'étendant très progressivement le long de l'aponévrose jusqu'au fascia poplité médial, toutes les fibres ayant régénéré à 12 mois (50). Il semble malgré tout que les sections transversales du *semi-tendinosus* et du *gracilis* soient significativement diminuées par rapport aux mesures effectuées en controlatéral ou en préopératoire, et que l'alignement des fibres de collagène ne soit pas identique au tendon initial (49,51).

2.4 Recommandations pour la rééducation

2.4.1 Recommandations générales

La rééducation préopératoire semble améliorer les résultats obtenus à 2 ans post-ligamentoplastie (25) selon les patients. Une force quadricipitale importante en préopératoire est positivement corrélée à la force développée par le *quadriceps* lors du retour à l'activité sportive. *A contrario*, un défaut d'extension complète non corrigé en préopératoire présente un risque élevé d'être rencontré également en post-opératoire. Ceci entraîne un défaut de

renforcement du *quadriceps* dans toute son amplitude et des désordres biomécaniques des articulations du genou conduisant à une boiterie à la marche.

En ce qui concerne la rééducation post-opératoire, la HAS distingue la phase aigüe de la phase secondaire (1). L'enjeu est dans un premier temps de retrouver un genou sec et indolore tout en retrouvant les amplitudes complètes de flexion et d'extension.

Dès J1 l'appui complet est autorisé, et même conseillé (1,25,27), sous couvert de l'utilisation de deux cannes anglaises et du port d'une attelle type *Zimmer®* pour verrouiller le genou en extension. En phase aigüe, la rééducation a pour priorité de diminuer les douleurs, restaurer les amplitudes en extension et flexion de genou de 0 à 90°, prévenir les troubles circulatoires et trophiques en diminuant l'épanchement articulaire (10), et obtenir un verrouillage actif du genou, condition indispensable pour envisager le sevrage des cannes anglaises. En ce sens, s'assurer d'une mobilité passive totale de la patella à ce stade est une étape primordiale pour la suite du traitement (27). La sollicitation du réveil quadricipital pour lever la sidération musculaire, ou AMI (« *Arthrogenic Muscle Inhibition* »), peut s'effectuer par contractions isométriques jambe tendue, ce qui permet d'aligner les lignes de forces de traction du *quadriceps* à l'axe du fémur, donc sans danger pour la plastie (2). Une fois la sidération levée, l'électrostimulation en phase précoce fait partie des moyens ayant démontré leur efficacité sur le gain de force quadricipital (1,25). A ce stade, les exercices en chaîne cinétique fermée (CCF) peuvent débuter, par co-contraction du *quadriceps* et des muscles ischio-jambiers. En plus de la coaptation favorisée par cette co-contraction, l'action des IJ vient s'opposer à la traction antérieure du *quadriceps* sur l'extrémité proximale du tibia, protégeant ainsi la plastie. Globalement il s'agit de ne pas soumettre la plastie à des contraintes délétères pour l'ancrage, mais suffisantes pour favoriser la cicatrisation et l'organisation collagénique (2).

La rééducation en phase secondaire (1) se déroule lorsque la flexion de genou est d'au moins 120° permettant notamment l'utilisation du cycloergomètre. Les objectifs sont de restaurer des amplitudes passives similaires au côté sain, améliorer la stabilité active fonctionnelle du genou, renforcer les deux membres inférieurs et rester vigilants sur les douleurs et les troubles trophiques et circulatoires. Le patient est donc guidé vers du renforcement musculaire, du réentraînement cardiovasculaire, et des exercices neuromusculaires fonctionnels bipodaux puis unipodaux en s'assurant du contrôle du valgus dynamique lors de leur réalisation. Il débute ensuite progressivement le travail en pliométrie, et la reprise de la course à pied, d'abord sur tapis. La reprise d'une activité sportive se fait en accord avec le chirurgien, en fonction des objectifs et des caractéristiques personnelles du patient (1). Le genou doit être sec et indolore, la mobilité complète (0 à 140°), la récupération de force musculaire évaluée par isocinétisme supérieure ou égale à 90% par rapport au côté sain et une laxité résiduelle inférieure à 3mm (1).

Cette récupération musculaire n'est ici pas décrite de façon précise, mais est couramment abordée sous la forme d'un ratio IJ/Q, où la force excentrique des ischio-jambiers est rapportée à la force concentrique du *quadriceps* afin d'être au plus proche de la réalité fonctionnelle (52). De nombreux débats internationaux ont lieu afin de déterminer les critères validant le retour du patient à la pratique sportive, mais ils ne seront pas abordés ici.

2.4.2 Recommandations spécifiques aux muscles ischio-jambiers en cas de greffe type DIDT ou DT4

Selon la HAS (1), toute sollicitation isolée en chaîne cinétique ouverte (CCO) contre résistance est contre-indiquée jusqu'à J21 pour les ischio-jambiers et jusqu'à J45 pour le *quadriceps*. Seules les contractions des IJ en CCF sont possibles à partir de la deuxième semaine. L'ensemble des études examinées pour avancer ces recommandations, datant de 2008, ne précisent pas le type de greffe utilisée. Lors de la publication de ces études, entre 1993 et 2005, la grande majorité des reconstructions de LCA étaient réalisées selon la technique KJ. Seule l'étude de 2003 du Dr Salvator-Vitwoet *et al.* citée par la HAS mentionne les greffes de tendons de la patte d'oie, invitant à contre-indiquer tout renforcement des IJ contre résistance avant J21.

Pourtant plus récent, le consensus multidisciplinaire européen publié par VanMelick *et al* en 2016 présente 9 items principaux, tous focalisés essentiellement sur le *quadriceps* et non les muscles ischio-jambiers (25). Un guide de bonnes pratiques américain récemment publié par Wilk & Arrigo en 2017 (27) n'aborde quasiment pas les greffes prélevant le *semi-tendinosus*, sauf pour contre-indiquer le renforcement des muscles ischio-jambiers de façon isolée avant 8 semaines si le prélèvement est réalisé aux dépens du *semi-tendinosus*, afin de respecter les délais de cicatrisation du site de prélèvement.

Dans le traité EMC publié par Quelard *et al* en 2010 (2), le renforcement et les étirements des muscles ischio-jambiers sont également mentionnés à partir de la troisième ou quatrième semaine, dans le cas d'une greffe issue des tendons de la patte d'oie afin de protéger la cicatrisation du site donneur. Le travail musculaire en CCF est encouragé car moins contraignant, l'action des muscles ischio-jambiers induisant une diminution de la translation antérieure du tibia et une augmentation de la coaptation. Les auteurs mentionnent toutefois la possibilité de réaliser des mobilisations activo-passives en flexion de genou et une « flexion active prudente entre J1 et J8 », sans pour autant préciser l'intensité.

Dans la littérature, certains auteurs mentionnent cependant une sollicitation excentrique précoce des muscles ischio-jambiers (53,54), s'appuyant sur les avantages que présente cette modalité de contraction sur la prise en soins des lésions myoaponévrotiques chez le sportif.

2.5 Les lésions myoaponévrotiques

2.5.1 Epidémiologie et description

Les lésions myoaponévrotiques (LMA) sont très fréquentes en milieu sportif et touchent préférentiellement des muscles polyarticulaires tels que les ischio-jambiers (55). Plus de 80% des LMA au niveau des IJ concernent la longue portion du *biceps femoris*. La plupart se produisent en sprint en fin de phase oscillante, le BF étant à son pic d'étirement alors que son rôle est de freiner l'avancée de la jambe, en excentrique (56). 79% des récurrences de blessures, concernant le même muscle et la même localisation (57), ce qui a conduit de nombreuses structures à mettre au point des programmes de prévention pour éviter ces récurrences.

Selon la conférence internationale de consensus de Munich en 2012 (58), une LMA est une blessure musculaire structurelle avec lésion anatomique. La fibre musculaire est lésée, tout comme le tissu conjonctif, dont la capacité d'allongement (30%) est inférieure à celle des fibres musculaires (130-150%). On a alors une désinsertion des protéines de liaison (desmine, titine, protéoglycanes, dystrophines) qui assurent la liaison entre les fibres musculaires et les cloisons myoaponévrotiques, créant un espace de décollement.

Une fibre lésée ne se répare pas, elle est peu à peu détruite pour être remplacée par une nouvelle myofibrille. Ce sont les cellules satellites de Mauro qui vont se différencier en myoblastes puis former des myotubes pour obtenir par maturation une nouvelle fibre musculaire. Ce processus se réalise seulement si ces fibres peuvent être à la fois innervées, vascularisées et avec une orientation correcte. L'innervation, est permise et favorisée par le mouvement volontaire (avec conscientisation), la vascularisation par la prolifération myoblastique et l'orientation par la traction longitudinale. L'un des principes est également de favoriser la création de nouvelles liaisons myoaponévrotiques, via la synthèse de protéines de liaison.

En pratique, plusieurs moyens existent à disposition du masso-kinésithérapeute (MK) pour favoriser cette régénération musculaire, dont la sollicitation musculaire de type excentrique.

2.5.2 Effets de la sollicitation excentrique sur la régénération musculaire

Lors d'une contraction musculaire excentrique, la force appliquée au muscle est supérieure à la force qu'il produit entraînant un éloignement des points d'insertion. Ainsi le muscle se contracte tout en s'allongeant, freinant ainsi le mouvement comme le font par exemple les muscles antigravitaires lors de la réception d'un saut. Ce type de sollicitation génère une tension supérieure aux contractions de type isométrique ou concentrique (59), c'est pourquoi elle est souvent utilisée de manière prudente en rééducation. Le mode de contraction excentrique présente deux propriétés déterminantes : un potentiel élevé de production de force et un coût énergétique environ quatre fois plus faible que le mode concentrique (59,60). Moins d'unités

motrices sont recrutées, et moins d'oxygène et d'énergie sont consommées pour la même production de force si l'on compare l'excentrique au concentrique (59,61).

Sur muscle sain, la force et la tension générée par une sollicitation de type excentrique induisent des adaptations structurales (62). Celles-ci se traduisent par une augmentation de l'angle de pennation (63), de la longueur des fascicules et du nombre de sarcomères en série (64). Le nouvel agencement des fibres musculaires permet d'avoir davantage de fibres sur une même section. La section transversale d'un muscle est en effet augmentée suite à un renforcement excentrique, notamment en distal (63). La contraction excentrique induit en parallèle des adaptations neuromusculaires telles qu'une augmentation du potentiel d'action et de la vitesse d'activation des unités motrices (60). L'ensemble des adaptations musculaires permettent à terme d'augmenter potentiellement la capacité à produire de la force.

Lorsque l'architecture musculaire est lésée, comme dans le cas d'une LMA, la sollicitation par contraction excentrique peut être utilisée en réduisant les différents paramètres (60) : diminution de la charge, de la durée ou de la vitesse d'exécution. Ce type de contraction induit une destruction de certaines liaisons protéiques pour les reconstruire en plus grande quantité et meilleure qualité (65). En plus d'augmenter la résistance des tissus conjonctifs de soutien des fibres musculaires (59), elle permet surtout de stimuler et de faire proliférer les cellules satellites de Mauro (66,67), cellules qui sont à l'origine des nouvelles fibres. Enfin, comme sur muscle sain, il est démontré que l'augmentation de la longueur des fascicules (62,68) est préventive de récidives de LMA. Ceci intéresse particulièrement le muscle *semi-tendinosus* dont les fascicules sont les plus longs des muscles de la cuisse (20cm environ).

La contraction excentrique, lorsqu'elle est réalisée à une charge supérieure aux capacités de musculaires du patient peut cependant entraîner des dommages tissulaires, notamment sous la forme de courbatures, ou DOMS (« *Delayed Onset Muscle Soreness* »). Celles-ci se traduisent par des dommages fonctionnels sous forme de microlésions au sein des myofibrilles (58). En plus de la sensation désagréable ressentie pendant quelques jours par le patient pouvant le décourager pour la poursuite d'activités physiques, le risque de blessure augmente si des exercices intenses sont effectués lors d'épisodes de DOMS (59). La diminution d'amplitude et de force pouvant ainsi être observés en cas de dommages tissulaires invitent à la prudence et au respect de la progressivité des paramètres lors des sollicitations de type excentrique.

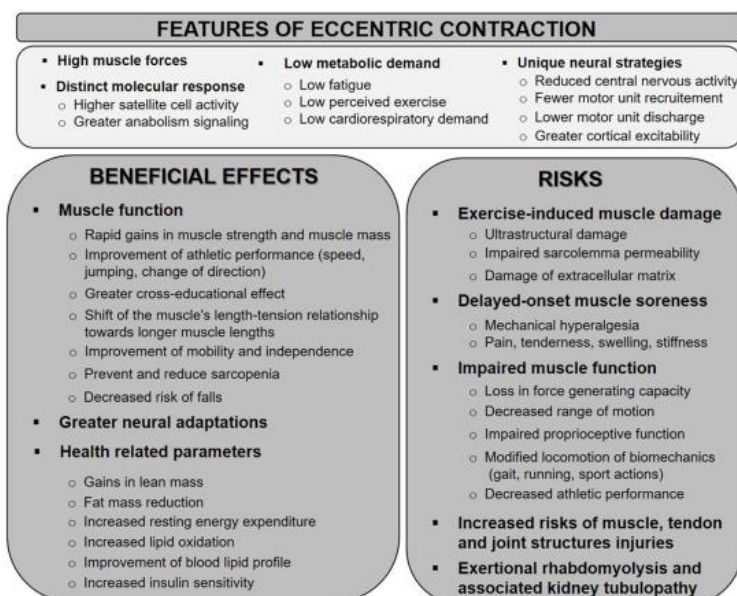


Figure 1: Caractéristiques de la contraction excentrique : effets bénéfiques et risques (Hody *et al.* 2019)

L'ensemble des apports et risques du type de contraction excentrique (Figure 3) est donc à prendre en compte même s'il semble présenter un intérêt certain dans les différents domaines de la rééducation (59), et notamment pour la reconstruction myo-aponévrotique, s'il est réalisé de façon précoce (69), à faible vitesse et intensité.

3- Problématique de recherche

Le rôle des ischio-jambiers pour la protection du LCA et donc du transplant apparaît comme évident selon la littérature. Les reconstructions chirurgicales de LCA par prélèvement du *semi-tendinosus* ont depuis vingt ans connu un essor important, privilégiées notamment pour la plus faible morbidité du site donneur. Les déficits objectivés au niveau des ischio-jambiers à court et long terme suite à une ligamentoplastie de ce type montrent pourtant une fragilisation des seuls muscles agonistes du LCA, compromettant la stabilité du genou à long terme. D'un point de vue biomécanique, il apparaîtrait intéressant de focaliser une partie de la rééducation sur les IJ pour une récupération optimale de leurs capacités motrices, en particulier celles du ST. Cependant, les différentes recommandations, françaises et internationales, n'abordent que très peu ce sujet, notamment dans la phase initiale de rééducation où la sollicitation des IJ est largement contre-indiquée. Les recommandations françaises s'appuient sur des travaux datant de 15 à 20 ans, à une période où le *Kenneth-Jones* était le « *gold standard* » en ligamentoplastie de genou. Au vu des avancées de la recherche et des nombreuses études publiées depuis dans le domaine du LCA, de l'activation des ischio-jambiers et des LMA, nous avons souhaité approfondir ce thème dans le but espéré d'apporter des pistes d'amélioration pour la rééducation des patients opérés du LCA, notamment en utilisant les sollicitations excentriques précoces.

De cette réflexion ont alors émergé plusieurs questions :

- Quelles sont les répercussions anatomiques et fonctionnelles de l'intervention chirurgicales sur le *semi-tendinosus* sur lesquelles il serait ultérieurement possible d'intervenir en rééducation ?
- Au vu des quelques déficits objectivés suite à ce type de greffe, est-il possible selon les avancées récentes de la littérature d'entreprendre des sollicitations actives des muscles ischio-jambiers dès la phase précoce de rééducation ?
- Celles-ci pourraient-elles par exemple s'effectuer de façon excentrique au vu des apports de cette modalité de contraction dans différents domaines tels que les LMA ?
- Comment les chirurgiens et les masso-kinésithérapeutes abordent concrètement cette thématique dans leur pratique clinique quotidienne à ce jour ? Quelles sont les préconisations transmises par les uns et actions réalisées par les autres en rééducation ? Enfin, les réponses à ces questions diffèrent-elles selon l'âge du professionnel de santé ou son niveau de spécialisation dans ce domaine précis ?

La réponse à ces différentes questions permettrait ainsi de répondre à la problématique de recherche centrale suivante : « **Est-il possible d'optimiser la régénération musculaire du *semi-tendinosus* en phase initiale de rééducation suite à une ligamentoplastie de genou ayant nécessité le prélèvement de ce muscle ?** ».

Il est par ailleurs nécessaire de noter que les délais d'une régénération musculaires, d'un point de vue physiologique, sont supérieurs à ceux de la phase initiale. La régénération se poursuit donc au-delà de celle-ci. En ce sens, nous avons également tenté de savoir s'il était possible, par les types d'exercice choisis, d'adapter la prise en charge, en la rendant moins focalisée sur le *quadriceps*, telle qu'elle est largement décrite dans les recommandations, et solliciter préférentiellement les muscles ischio-jambiers médiaux pour poursuivre leur régénération.

4- Méthodologie de recherche

Pour ce travail de mémoire, plusieurs axes de recherche sont utilisés, dans des domaines bien différents et denses de littérature scientifique : Rééducation post-ligamentoplastie, contraction excentrique, LMA, exercices spécifiques aux IJ. Par ailleurs il n'existe pas ou peu d'articles étudiant spécifiquement la phase initiale de la rééducation. L'utilisation d'équations de recherche trop restreintes amènerait un silence documentaire privant ce travail d'accès aux références internationales traitant du sujet très documenté qu'est la prise en soins post-opératoire dans le cas d'une reconstruction du LCA. C'est pourquoi ces recherches se présentent sous la forme d'une revue narrative à laquelle viennent s'adosser deux enquêtes par questionnaire, l'une auprès des MK, l'autre adressée aux chirurgiens orthopédistes. Un travail

de synthèse de la littérature a ainsi d'abord été nécessaire pour permettre de définir le cadre théorique, puis pour tenter de répondre aux interrogations soulevées par la problématique de recherche. Enfin les enquêtes par questionnaire viennent apporter un éclairage sur ce qui est effectué actuellement en pratique clinique par les acteurs concernés par la rééducation post-opératoire d'une reconstruction de LCA.

4.1 Moteurs et équations de recherche

Plusieurs moteurs de recherche ont été utilisés au cours des recherches tels que *Pubmed*, *PEDRO* pour cibler davantage la kinésithérapie, et quelques sites internet soit incontournables (HAS), soit détaillant bien, par exemple, les techniques chirurgicales. Pour des raisons de redondance entre les différents sites, et d'exhaustivité retrouvée dans l'importante base de données *Pubmed*, c'est principalement celle-ci qui a été utilisée.

Plusieurs mots clés ont été utilisés pour formuler les équations de recherche, avec l'aide du site du *Medical Subject Heading* (MeSH) pour la traduction anglo-saxonne. Des opérateurs booléens (AND, OR, NOT) ont permis de préciser des équations de recherche, dont certaines sont détaillées en Annexe 1.

Mots-clés (Français)	Keywords (Anglais)
Ligament croisé antérieur, LCA	<i>Anterior Cruciate Ligament, ACL</i>
Ligamentoplastie	<i>Anterior Cruciate Ligament reconstruction, ACLR, ACL reconstruction, Ligamentoplasty</i>
DIDT, DT4	<i>Hamstring Graft, DIDT, DT4</i>
Ischio-jambiers	<i>Hamstrings</i>
<i>Semitendinosus, Semi-tendinosus</i>	<i>Semitendinosus, Semi-tendinosus</i>
Régénération	<i>Regeneration</i>
Valgus dynamique	<i>Dynamic valgus</i>
Rééducation	<i>Rehabilitation</i>
Lésion myoaponévrotique des IJ, LMA	<i>Hamstring injury, Acute hamstring injury</i>
Contraction	<i>Contraction</i>
Activation	<i>Activation</i>
EMG	<i>EMG</i>
Excentrique	<i>Eccentric</i>
Rotation, Rotation du pied, Rotation tibiale	<i>Rotation Foot rotation, Tibial rotation</i>
Exercice	<i>Exercise</i>
Renforcement musculaire	<i>Strengthening exercise</i>

Le volume de publications dans le domaine de la ligamentoplastie du LCA étant très important, nos premières sélections d'articles ont pris en compte l'année de publication, afin que celle-ci ne soit pas antérieure à 2010. Mais la découverte de publications de référence, en étudiant la bibliographie de certaines revues nous ont incité à les inclure dans les résultats. De même, certains articles traitant du travail excentrique précoce dans la prise en soins des muscles ischio-jambiers en post-opératoire sont antérieurs à 2010 et ont dû être inclus dans ces résultats.

Plusieurs critères d'exclusion ont été sélectionnés : les études portant sur les animaux, celles qui traitent des allogreffes et greffes synthétiques, ou celles étudiant exclusivement les résultats préopératoires. Les articles s'intéressant exclusivement à d'autres greffes que celles prises aux dépens du *semi-tendinosus* ont également été exclues. Ce travail de mémoire n'a pas non plus pour objectif de s'intéresser de façon spécifique au public adolescent ou à la population féminine. Un axe spécifique de recherche a concerné les recommandations actuelles pour la rééducation post-ligamentoplastie de LCA, comprenant le site de l'HAS, permettant de connaître le cadre légal de prise en charge et les mesures préconisées par les experts internationaux du domaine.

4.2 Matériel et méthode des enquêtes par questionnaire

Les résultats de ce travail de recherche questionnent notamment l'apport de la sollicitation musculaire excentrique précoce des muscles ischio-jambiers en cas de ligamentoplastie type DIDT ou DT4. La prise en compte des recommandations actuelles issues de la bibliographie est essentielle, mais il a néanmoins semblé intéressant d'étudier ce qui est réalisé en pratique, lors de la rééducation, que ce soit en cabinet libéral, en centre de rééducation, ou toute autre structure permettant de prendre en soins ce type de patient. Pour cela, deux questionnaires ont été élaborés, l'un dans le but d'interroger des chirurgiens orthopédistes, si possible assez spécialisés dans la reconstruction de type LCA afin de connaître leurs préconisations post-opératoires, et l'autre adressé aux MK. Ces questionnaires ont été élaborés via la plate-forme « Lime Survey ® », garantissant la protection des données des participants, conformément au Règlement général de la protection des données (RGPD), et permettant d'exploiter les résultats obtenus en les exportant. En respect de la réglementation en vigueur, une déclaration simplifiée « MR003 » a également été transmise le 17/03/2020 à la Commission Nationale de l'Information et des Libertés (CNIL).

4.2.1 Questionnaire adressé aux chirurgiens orthopédistes

Le questionnaire adressé aux chirurgiens orthopédistes comporte 10 questions et est organisé en 3 thèmes : les informations générales, celles relatives à l'acte chirurgical et enfin les préconisations qu'ils transmettent pour la rééducation en cas de greffe tendineuse. Les deux premiers thèmes permettent d'obtenir un « profil » de participant, en fonction de son type

d'activité (hospitalière ou privée), de son âge, de son niveau de spécialisation pour la reconstruction de LCA, et s'il privilégie ou non les greffes tendineuses aux dépens des IJ en première intention. Le niveau de spécialisation est estimé en fonction du nombre moyen annuel de ligamentoplasties de genou réalisées. Ces questions permettent de cibler davantage la population en n'autorisant l'accès aux questions suivantes qu'aux chirurgiens orthopédistes effectuant des reconstructions de LCA aux dépens des tendons de la patte d'oie. Le dernier thème s'intéresse aux préconisations transmises aux MK pour ce type de reconstruction, si elles abordent les muscles ischio-jambiers, et le cas échéant quels types de recommandations sont données concernant leur prise en soins spécifique (Annexe 5). Parmi l'ensemble des recommandations listées dans le questionnaire, seules celles concernant la sollicitation des ischio-jambiers sont analysées. L'intérêt est ici de ne pas introduire de biais en orientant en premier lieu le questionnaire vers les IJ mais bien d'aborder la question de façon générale. Ainsi, en listant cette prise en soins des muscles ischio-jambiers parmi l'ensemble des recommandations issues de la littérature de référence (1,25,27,42), il sera possible de savoir si cette prise en soins est mentionnée ou non de premier abord par les chirurgiens.

Ce questionnaire a fait l'objet d'un échange au préalable avec un chirurgien orthopédiste spécialiste du genou, afin d'optimiser la présentation des questions, celui-ci n'ayant pas été intégré dans les répondants. Le questionnaire a ensuite été diffusé par le biais de sociétés savantes telles que la Société d'Orthopédie et Traumatologie de l'Est (SOTEST), via le réseau de chirurgiens orthopédistes de la Région Pays-de-la-Loire et en contactant directement les différents hôpitaux et cliniques de chirurgie orthopédique en France.

4.2.2 Questionnaire adressé aux masso-kinésithérapeutes

Le second questionnaire s'adresse aux MK et comporte 9 questions, structuré en 4 parties : les informations générales, celles relatives aux types de ligamentoplasties de genou qu'ils rencontrent au quotidien, la rééducation post-opératoire telle qu'ils la pratiquent, et le contenu des préconisations transmises par les chirurgiens. Les deux premières parties permettent de catégoriser le MK participant. Afin d'évaluer son niveau de spécialisation dans la prise en charge de patients opérés d'une reconstruction de LCA, il est demandé aux MK d'évaluer le nombre moyen annuel de ce type de patient qu'ils suivent en rééducation. La troisième partie s'intéresse à la prise en charge spécifique des muscles ischio-jambiers dans la phase initiale de la rééducation. Comme pour le précédent questionnaire, seul le champ musculaire est analysé ici. Enfin, la dernière question permet de savoir ce qui est concrètement transmis aux MK à propos de cette spécificité des ischio-jambiers (Annexe 6).

La diffusion de ce second questionnaire, afin qu'elle puisse se faire au plus grand nombre, a été effectuée via les réseaux sociaux (Groupes Facebook de MK exclusivement) et en contactant

l'ensemble des professionnels constituant le réseau français de lieux de stage de l'Institut régional de formation aux métiers de rééducation et de réadaptation (IFM3R).

5- Résultats et Analyse

5.1 Synthèse de littérature

Cette synthèse présente les résultats obtenus suite aux recherches bibliographiques selon 4 axes. Elle s'intéresse en premier lieu aux répercussions que peut avoir l'intervention chirurgicale de type DIDT ou DT4 au niveau du *semi-tendinosus*, d'un point de vue biomécanique mais aussi au niveau musculaire. Un second temps est consacré à cet équilibre musculaire perturbé et les récurrences de LMA au niveau des muscles ischio-jambiers. La prise en charge spécifique des IJ est enfin abordée, d'abord au cours de la phase initiale via le possible apport d'une sollicitation excentrique, puis dans la suite de la rééducation en ciblant préférentiellement les IJ médiaux.

5.1.1 Répercussions de l'intervention chirurgicale sur le *semi-tendinosus*

5.1.1.1 Au niveau biomécanique

Suite à l'intervention chirurgicale de type DIDT ou DT4, et au prélèvement d'une partie du muscle *semi-tendinosus* à l'aide d'un stripper, l'aponévrose est refermée par le chirurgien, la cicatrisation du site donneur se faisant naturellement. Plusieurs études mentionnent la réinsertion naturelle du tendon distal suite à l'opération.

L'étude publiée par Ferretti *et al.* en 2008 mentionne une réinsertion distale située 3 à 4cm au-dessus de la patte d'oie, fusionnée avec le *fascia* poplité médial ou le *gastrocnemius medialis* (70). Quelard *et al.* en 2010 la localisent à 1 à 2cm au-dessus de son insertion initiale (2), confirmant que la structure du tissu néoformé est quasiment identique au tendon normal. Selon Barthelemy *et al.* en 2010, le tendon du ST subit par ailleurs une rétraction et une amyotrophie à un an post-opératoire (54). Ces derniers, tout comme A. Ferretti, supposent que le manque de force des ischio-jambiers en flexion de genou et en rotation interne serait en partie causé par la réinsertion distale plus haute du ST. Selon Arnason *et al.* en 2013, la migration proximale de la jonction myotendineuse du *semi-tendinosus* est associée à une atrophie musculaire pour expliquer le déficit de force musculaire (71). L'ensemble de ces paramètres (amyotrophie, rétraction musculaire et réinsertion non anatomique du néo-tendon) conduirait ainsi d'un point de vue biomécanique à une perte de force du ST. Plus récemment, Messer *et al.* retrouvent également une activation du ST significativement plus faible par rapport au membre ipsilatéral lors d'une contraction excentrique un à six ans après ligamentoplastie de ce type (72).

5.1.1.2 Au niveau des compensations musculaires

Janssen *et al.* en 2013 confirment que structurellement le néo tendon est quasiment identique à sa forme initiale à un an post-ligamentoplastie (50), mais qu'il n'y a pas de corrélation avec la

force produite en flexion de genou. Concernant la structure, plusieurs études mentionnent une atrophie du ST objectivée par imagerie par résonnance magnétique (IRM). Konrath *et al.* en 2017 comparent ainsi le membre opéré au membre sain deux ans après une intervention de type DIDT et constatent qu'elle semble être compensée par une hypertrophie du BF et du SM (51). Janssen *et al.* avaient déjà constaté ce contraste compensatoire par IRM à un an post-opératoire dans des travaux antérieur (49), une hypertrophie qui semblait davantage prononcée si le tendon du ST ne se régénérait pas correctement. En 2018, Huber *et al.* confirment, en citant plusieurs études, la diminution de section du *semi-tendinosus* et du *gracilis* alors que le *semi-mendinosus* et le *biceps femoris* semble compenser ce déficit (46). La régénération tendineuse du ST encore souvent incomplète à six mois semble favoriser cette compensation. Timmins *et al.* retrouvent en 2016 un déficit de force excentrique des muscles ischio-jambiers qui freinent l'extension de genou, et focalisent leur attention sur l'architecture du *biceps femoris* en comparant le membre opéré au membre ipsilatéral (73). Ils observent une diminution de la longueur des fascicules du BF et une augmentation de l'angle de pennation, des déficits architecturaux qui sont similaires à ceux retrouvés après une lésion myoaponévrotique des ischio-jambiers.

5.1.2 Lésions myoaponévrotiques des muscles ischio-jambiers

Les modifications structurales observées sur le *biceps femoris* (diminution de force excentrique, augmentation de l'angle de pennation, diminution de longueur des fascicules) sont des facteurs qui vont contribuer à surexposer le BF à une lésion musculaire (68). Les études de Bourne *et al.* et Lynn *et al.* rappellent que le BF est le muscle le plus souvent touché (80%) dans les blessures aux ischio-jambiers (56,74), pouvant notamment s'expliquer par l'innervation différente des deux chefs produisant un asynchronisme de contraction suite à une LMA. Selon Croisier *et al.*, l'asymétrie de force entre le BF et les IJ médiaux suite à une reconstruction du LCA contribue à diminuer la force produite en flexion de genou et représente un facteur de risque pour une future blessure aux IJ (75). Un déficit de force des IJ déséquilibre le ratio IJ/Q, déjà diminué significativement par une récupération quadricipitale souvent plus rapide. Selon Opar *et al.*, un faible ratio IJ/Q associé à un délai d'activation trop long des IJ favorise une récurrence de LMA (76). Il semblerait donc que les modifications architecturales subies par le BF, et l'asymétrie de force des IJ diminuent le ratio IJ/Q et surexposent le BF à une LMA.

Si une LMA au niveau du BF survient, Bourne *et al.* précisent qu'elle amène une phase d'atrophie prolongée et d'inhibition neuromusculaire (56). Ceci favorise la survenue d'une nouvelle blessure au BF dont les fascicules se sont rétrécis, même de nombreux mois après la rééducation. Selon la méta-analyse de Maniar *et al.*, une persistance d'un déficit de force des IJ en concentrique comme en excentrique est observée à long terme après une première LMA (77). Les inadaptations qui apparaissent favorisent la récurrence : formation de tissu cicatriciel,

flexibilité réduite, déficit de résistance, atrophie sélective de l'IJ lésé, changement dans la relation couple-angle articulaire, diminution du volume musculaire, de l'activité EMG et de l'endurance (78). Ainsi, selon Opar *et al.*, les sportifs ayant eu une LMA aux IJ utilisent par compensation des stratégies d'anticipation inadaptées (76), le contrôle neuro-musculaire étant bouleversé. Autrement dit, une LMA qui surviendrait au niveau du *biceps femoris* pénaliserait le patient à long terme au niveau de l'utilisation des IJ et donc du contrôle de son genou opéré.

5.1.3 Application de la sollicitation musculaire excentrique en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie type DT4

Selon Lastayo *et al.* et Hoppeler *et al.*, l'exercice excentrique à charge modérée, nécessite moins d'énergie par comparaison à la sollicitation concentrique à charge identique (60,61). Cela rend ce type d'exercice intéressant dans des conditions médicales avec des réserves énergétiques limitées au niveau musculaire, comme dans le cas d'un patient en rééducation post-ligamentoplastie. LaStayo *et al.* estiment qu'il est nécessaire de mettre en place une première phase d'adaptation, en sollicitant à faible charge le patient lors des deux premières semaines (60). Ceci permet de mieux préparer le muscle mais aussi d'obtenir l'adhésion du patient. Par la suite, le protocole est poursuivi normalement seulement si deux conditions sont réunies : respect de la non-douleur exprimée par le patient d'une part, et régularité des sessions en excentriques d'autre part. Si l'une de ces deux conditions n'est pas respectée, le programme est ralenti, voire momentanément mis en pause.

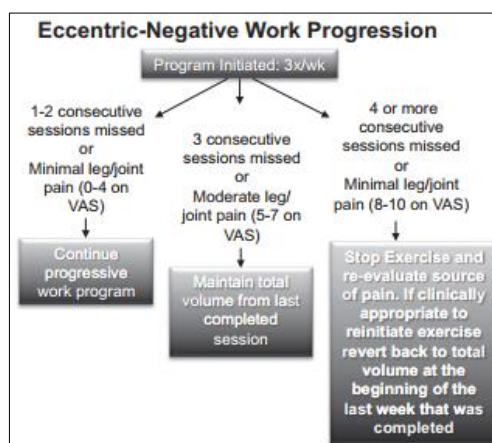


Figure 2 : Adaptation du programme progressif excentrique en fonction de la régularité des sessions et du respect de la non-douleur (LaStayo *et al.* 2014). VAS : Visual Analogic Scale (Echelle visuelle analogique).

Gerber *et al.* rappellent cependant que pour des raisons structurelles, aucun travail excentrique n'est souhaitable dans les 3 premières semaines (79), conformément aux recommandations de 2008 de la HAS (1). Celles-ci s'appuient sur une publication de 2003 du Dr Salvator-Vitwoet qui met en avant la possible apparition de « pseudo-claquage » de la troisième à la sixième semaine, au niveau du site myotendineux prélevé en cas de tractions trop précoces et

importantes. Ainsi, le *semi-tendinosus* s'étant réinséré de façon anarchique sur les tendons voisins suite à l'opération sont exposés à une nouvelle désinsertion myoaponévrotique.

Cependant, plusieurs auteurs soutiennent l'apport bénéfique que représenterait une sollicitation excentrique précoce en phase initiale. Ainsi Croisier *et al.* estiment qu'il peut être débuté dès la première semaine via des contractions d'intensité sous-maximales pour contribuer à la restauration de la qualité tissulaire et à l'orientation des fibres (69). Cette application précoce doit cependant être réalisée à faible intensité (séries et répétitions à adapter en respectant la non-douleur) et à vitesse très lente (10 à 30°/sec). Fabri *et al.*, dans une étude monocentrique prospective publiée en 2007 sur 56 patients opérés d'une ligamentoplastie de type DIDT, décrivent un protocole excentrique utilisé par leur équipe en rééducation (53). Celui-ci débute dès J1 à faible intensité et se prolonge quotidiennement et de façon progressive jusqu'à J43, dans le but d'obtenir un réveil musculaire et de prévenir la survenue de LMA au niveau des muscles ischio-jambiers. Malgré deux épisodes de « pseudo-claquages », ils obtiennent une diminution du nombre d'épisodes douloureux (12,6% contre 20% décrit dans la littérature), et une diminution du déficit de force des IJ à 4,6 mois post-opératoire en moyenne.

Barthelemy *et al.* s'appuient notamment en 2010 sur ces deux précédents travaux pour encourager la sollicitation précoce en excentrique des ischio-jambiers (dès J1) « à visée cicatricielle » suite à une intervention de type DIDT (54). Ils rappellent que la mise au repos des IJ favorise leur rétraction et leur amyotrophie, alors que le travail excentrique permet de travailler le contrôle moteur assez rapidement, pour mieux doser l'effort, devenant plus qualitatif, et déclenchant moins de compensations. Les contraintes répétées de façon régulière doivent cependant être de faible intensité, indolores et progressivement croissantes. Ils proposent ainsi de travailler dès J1 les mouvements au niveau du genou en freinant l'extension contre résistance (soit représentée par la pesanteur, soit manuelle), en ajoutant une flexion dorsale du pied afin de placer les *gastrocnemius* en insuffisance musculaire fonctionnelle passive. A partir de J5, des étirements permettraient d'aligner les fibres néosynthétisées. A J10 les sollicitations isocinétiques en excentrique et indolores à faible vitesse (5, 10, 15°/sec) peuvent être débutées, celles-ci ne devant pas déclencher de DOMS. Enfin, à partir de J30, les sollicitations en rotation peuvent débiter en plus du réentraînement cardio-respiratoire, et des exercices classiques de rééducation. Selon Napini et Lagniaux, dans le cadre de la prise en soins des LMA, la sollicitation en excentrique permet de lutter contre l'inhibition neuromusculaire qui survient après une blessure aux IJ (78), d'où un intérêt de son utilisation précoce.

5.1.4 Cibler préférentiellement les muscles ischio-jambiers médiaux lors des exercices

Dans l'ensemble des recommandations, qu'elles soient françaises (1) ou internationales (25,27), il est majoritairement conseillé d'effectuer une co-contraction des ischio-jambiers et du

quadriceps lors de la réalisation des exercices. La contraction des IJ s'oppose ainsi à la traction antérieure du segment jambier par le *quadriceps*, tout en favorisant une coaptation articulaire qui protège la plastie. Dans une méta-analyse de Dedinsky *et al.*, nous pouvons cependant remarquer que la plupart de ces exercices, lorsqu'ils sont réalisés en CCF activent préférentiellement le *quadriceps* (80). L'ensemble des recommandations privilégie ainsi l'appareil extenseur, mentionnant peu les prises en soins des IJ, notamment en cas de DIDT ou DT4, ce qui contribue à diminuer le ratio IJ/Q. Zebis *et al.* affirment même qu'en dehors de l'activité quadricipitale supérieure, les exercices classiques tels que le squat ou la presse sollicite davantage le BF que les IJ médiaux (16). Au cours de la phase initiale, et pour la suite de la rééducation post-opératoire, si le rééducateur souhaite solliciter spécifiquement les IJ médiaux, cela nécessite alors de sélectionner certains exercices et d'adapter leur réalisation. Les différents exercices mentionnés dans les paragraphes suivants sont illustrés en Annexe 2.

5.1.4.1 Exercices ciblant les muscles ischio-jambiers

Selon Barthelemy *et al.*, des mobilisations actives du genou de la flexion vers l'extension sont envisageables dès les premiers jours de la phase initiale (54), avec contraction volontaire des IJ pour freiner le mouvement. Celle-ci se doit cependant d'être de faible intensité, très progressive et indolente. Le maintien du pied en flexion dorsale permet de placer les *gastrocnemius*, fléchisseurs accessoires de genou, en insuffisance musculaire fonctionnelle passive. A partir de J10 la sollicitation excentrique isolée des IJ peut être débutée en isocinétique, en restant dans le plan sagittal à des vitesses angulaires faibles (5, 10 et 15°/seconde). Les auteurs précisent l'importance du respect de la non-douleur, l'apparition d'une douleur pendant ou après une séance faisant reprendre le protocole à l'étape antérieure avec une progression plus lente.

Au-delà de cette phase initiale, dès que le verrouillage quadricipital est obtenu, plusieurs exercices, notamment en CCF, semblent permettre de cibler plus spécifiquement les ischio-jambiers, favorisant théoriquement une augmentation du ratio IJ/Q. Plusieurs auteurs dont Tsaklis *et al.* (81) ont classé certains exercices utilisés en rééducation selon le niveau d'activation requis (évalué par EMG) pour leur réalisation (Annexe 3), dans le but ultérieur de faciliter le choix d'un exercice en fonction du stade de rééducation. Globalement, les exercices demandant une faible intensité d'activation seraient en CCF alors que ceux nécessitant une forte intensité sont en CCO. Khaiyat *et al.* et Dedinsky *et al.* montrent que des exercices comme le squat ou la fente avant (« *Forward lunge* ») activent préférentiellement le *quadriceps* (80,82), favorisant une diminution du ratio IJ/Q. Dans ce même cas, Begalle *et al.* citent également les autres types de fentes (83), latérales ou réalisées en diagonale (Annexe 2). A l'inverse, des exercices comme les sauts latéraux et transverses sur une jambe (« *One-leg side/transverse hop* ») et le « *One-leg romanian deadlift T-drop* » semblent activer plus spécifiquement les

muscles IJ. La marche latérale contre résistance élastique (« *Lateral band walk exercise* ») est par exemple un exercice fréquemment utilisé pour la sollicitation des *gluteus maximus*, mais semble favoriser une augmentation du ratio IJ/Q en plus d'être un exercice de faible intensité, donc réalisable dans les premières semaines suite à la phase initiale (83). Ces derniers auteurs rappellent l'intérêt de combiner une inclinaison du tronc lors de la réalisation de ces exercices, de façon à mettre en position d'étirement les IJ pour les solliciter plus spécifiquement. Mettant également en tension le *gluteus maximus*, pour une meilleure répartition des forces de l'appareil extenseur, l'inclinaison du tronc est donc « largement préconisée » (1). Dedinsky *et al.* rapportent par ailleurs qu'une amplitude comprise entre 42 et 72° de flexion de genou semble optimale pour améliorer le ratio IJ/Q tout en protégeant le transplant (80).

Dans la phase plus tardive incluant la reprise de la course à pied, et dans le contexte de prévention des LMA des IJ chez les sportifs, des protocoles utilisant l'excentrique ont été mis au point et ont prouvé leur efficacité pour diminuer le taux de récurrences de LMA. C'est le cas du L-Protocole d'Askling *et al.* (55) comportant des exercices nommés « *Extender* », « *Glider* » et « *Diver* » (Annexe 2). Severini *et al.* ont cependant montré que ces trois exercices ne sollicitaient pas de façon spécifique un des muscles ischio-jambiers, mais le « *Diver* » et le « *Glider* » sont ceux pour lesquels l'activation des IJ est la plus importante (84). L'étude de Petersen *et al.* sur 942 footballeurs rapportent également qu'un exercice comme le « *Nordic hamstring* » permet de diminuer le nombre de récurrences de blessures aux ischio-jambiers (85).

5.1.4.2 Exercices ciblant préférentiellement le compartiment médial

- Par la sélection des exercices

Comme le soulignent Dedinsky *et al.*, l'importante diversité des exercices existants et les différentes façons de les réaliser compliquent toute analyse de littérature pour identifier ceux qui solliciteraient spécifiquement les IJ médiaux (80). Cependant certains auteurs montrent des résultats similaires concernant la spécificité des exercices. Tous ici mesurent l'activation musculaire par EMG, en utilisant des électrodes de surface. C'est pourquoi l'activation du ST est mesurée pour les ischio-jambiers médiaux, le SM se situant dans un plan plus en profondeur. Selon Zebis *et al.*, le « *Romanian dead lift* » active préférentiellement le *semi-tendinosus* (16), ce qui semble être le cas pour le « *Two-hands kettlebell swing* » (16,81), le « *One-leg romanian deadlift T-drop* » (74,81), le « *Supine pelvis lift* » (56) et le « *Good morning exercise* » dans sa phase excentrique (86). Il semblerait également que le « *Prone leg curl* » réalisé avec une seule jambe soit spécifique du ST dans la phase concentrique de flexion de genou (56,86). Par ailleurs, les résultats divergent concernant certains exercices simples comme la fente avant, sollicitant davantage les IJ médiaux pour certains (81), ou le *biceps femoris* pour d'autres (56).

Un exercice à plus haute intensité comme le « *Nordic hamstring* » (NH) semble solliciter spécifiquement les IJ médiaux (56,87), et des variantes existent dans sa réalisation pour diminuer le niveau d'activation musculaire requis selon Van den Tillaar *et al.* (87). Ce qui permettrait de l'adapter aux différentes phases de rééducations lors de la reprise des activités sportives et ainsi utiliser ce type d'exercice plus tôt. Tous les auteurs ne retrouvent cependant pas cette significativité du *semi-tendinosus* dans l'exécution du NH (4,16,81). Le « *Standing kick* », autre exercice demandant une forte intensité semble (87) recruter préférentiellement le ST. Un tableau synthétise l'ensemble de ces résultats en Annexe 4.

Selon Zebis *et al.*, l'entraînement neuromusculaire des ischio-jambiers de façon globale conduit à une amélioration significative de la précontraction du *semi-tendinosus* lors de la réception d'un saut, alors qu'aucun changement significatif n'est observé sur le *biceps femoris* et le *quadriceps* (88). Ceci témoignerait d'un recrutement anticipé pour stabiliser le genou, ce qui intéresse notamment le contrôle du valgus dynamique connaissant le rôle anti-valgisant du ST.

Par ailleurs, Zebis *et al.* et Hegyi *et al.* sont du même avis pour affirmer que le « *Hip extension* » active préférentiellement le BF (16,86), résultats que reprennent et confirment Bourne *et al.* par EMG et IRM (56). Le « *Supine one-leg curl* » sollicite également selon Zebis *et al.* le BF (16). Tsaklis *et al.* ne mettent pas en évidence de spécificité significative pour ce dernier, mais font du « *Fitball flexion* » un exercice sollicitant préférentiellement le BF (81). Ces trois exercices semblent donc à déconseiller si le rééducateur souhaite cibler les ischio-jambiers médiaux.

- Par la rotation du segment jambier

Selon une étude publiée par Lynn *et al.* en 2009 sur 13 patients sains, toujours par EMG, il semblerait qu'il soit possible d'activer sélectivement le compartiment médial ou latéral en ajoutant une rotation du pied lors de la réalisation d'un exercice (74). Ce que confirment Jonasson *et al.* suite à des tests réalisés en flexion isométrique de genou avec la jambe placée activement en rotation médiale ou latérale (89). Le ratio d'activation IJ médiaux/BF est augmenté lorsque la jambe est placée en rotation médiale, et diminuée lorsqu'elle est en rotation latérale. Selon Lynn *et al.*, ce ratio augmente si la jambe est activement placée en rotation médiale lors de la réalisation du « *Supine pelvis lift* » ou du « *Prone leg curl* » (à deux jambes), permettant ainsi de cibler les ischio-jambiers médiaux en associant cette rotation (74). Beuchat et Maffiuletti confirment ces résultats pour le « *Prone leg curl* » réalisé avec une jambe, mais n'observent pas de différence significative pour le NH ou le « *Supine pelvis lift* » (4). Selon ces derniers, la rotation active lorsque le pied est libre en CCO sollicite plus spécifiquement les IJ médiaux que lors d'un exercice en CCF où le pied est simplement prépositionné en adduction maximale. Cela permettrait ainsi, à différents stades de la rééducation, de pouvoir cibler le compartiment médial des muscles ischio-jambiers, en utilisant cette rotation volontaire.

5.2 Résultats aux enquêtes par questionnaire

Suite à leur diffusion, les questionnaires adressés aux chirurgiens orthopédistes et aux MK (Annexes 5 et 6) ont été analysés, les résultats sont présentés en annexes 7 et 8.

5.2.1 Résultats du questionnaire adressé aux chirurgiens (Annexe 7)

45 chirurgiens orthopédistes ont participé à ce questionnaire en ligne. Le nombre de réponses incomplète est mentionné ci-dessous (Tableau I). Ceux qui ne réalisent aucune intervention de type reconstruction du LCA du genou ne sont pas invités à répondre aux questions Q5 à Q10.

Tableau I : Participation au questionnaire adressé aux chirurgiens orthopédistes

Questions	Nombre de réponses	Absence de réponse	Participation
Inscrits	45	-	100 %
Q1	41	4	91,1 %
Q2	41	4	91,1 %
Q3	40	5	88,9 %
Q4	38	7	84,4 %
Q5	37	8	82,2 %
Q6	37	8	82,2 %
Q7	30	15	66,7 %
Q8	29	16	64,4 %
Q9	26	19	57,8 %
Q10	26	19	57,8 %

5.2.1.1 « Profil » des participants

Une majorité des chirurgiens orthopédistes participant au questionnaire (80,5%) exercent dans une structure libérale, le reste évoluant au sein d'une structure hospitalière. 26,8% ont moins de 10 ans d'exercice, 34,1% entre 10 et 20 ans, 29,3% entre 21 et 30 ans et 9,8% ont plus de 30 ans d'expérience en tant que chirurgien. Les réponses aux questions 3 et 4 permettent d'exclure les chirurgiens ne pratiquant pas de reconstruction du LCA. Parmi ceux qui pratiquent ce type d'intervention, 32,4% en réalisent moins de 50 en moyenne par an, 16,2% entre 50 et 100, 29,7% entre 100 et 200, et 21,6% en effectuent plus de 200 annuellement.

5.2.1.2 Proportion de greffes aux dépens des tendons de la patte d'oie

89,2 % des chirurgiens interrogés à ce stade du questionnaire privilégient les tendons de la patte d'oie en première intention dans le cas d'une rupture totale de LCA, 8,1% choisissent le *fascia lata*, tandis que 2,7% des participants utilisent le tendon rotulien ou quadricipital (Tableau II).

Tableau II : Types de greffes réalisées en première intention

Type de greffe	Total	%
Tendons de la patte d'oie	33	89,2
Tendon quadricipital ou rotulien	1	2,7
<i>Fascia lata</i>	3	8,1
TOTAL	37	100

Selon les 30 chirurgiens interrogés, les types de fixation privilégiés sont les « *endobuttons* » (46,7% en premier choix) et les vis d'interférence (33,3% en premier choix et 40% en second), alors que 20% privilégient les bandelettes d'ancrage en premier choix (Annexe 7).

5.2.1.3 Place des muscles ischio-jambiers dans les recommandations pour la rééducation post-opératoire en phase initiale

Parmi l'ensemble des recommandations que peuvent préconiser les chirurgiens orthopédistes dans les trois premières semaines post-opératoires (présentées dans la question Q8), 24,1% d'entre eux mentionnent la sollicitation active des IJ de façon isolée, et 27,6% la citent seulement si une co-contraction quadricipitale y est associée. La co-contraction est davantage mentionnée (41,4%) si la sollicitation quadricipitale est mise en avant, associée à celle des IJ.

Lorsque nous nous intéressons plus spécifiquement aux ischio-jambiers, la majorité des chirurgiens préfèrent les étirements prudents de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré (61,5%) à ceux ciblant seulement la cuisse (34,6%). 23,1% préconisent de mobiliser passivement le membre inférieur sans y adjoindre de massages tandis que 50% les mentionnent en plus des mobilisations, à visée cicatricielle. 15,4% des chirurgiens interrogés contre-indiquent en phase initiale les sollicitations actives des IJ, et sont 42,3% à soutenir cette même idée si elles sont effectuées contre résistance, contre seulement 7,7% qui ne voient pas d'inconvénient à la préconiser (Tableau III). La sollicitation active des IJ dans des secteurs d'amplitudes sécuritaires est recommandée par 57,7% des chirurgiens s'il s'agit d'une contraction isométrique, 26,9% si celle-ci est en mode concentrique, et 42,3% la préconisent en excentrique. Nous pouvons notamment constater que les chirurgiens ayant un niveau de spécialisation élevé en reconstruction de LCA préconisent davantage la sollicitation de type excentrique, alors que l'âge du praticien ne semble par ailleurs pas avoir d'influence.

Tableau III : Préconisations chirurgicales en phase initiale en cas de greffes type DIDT ou DT4

Champ "Musculaire" : Préconisations	Oui	Non	Proportion « Oui » (%)
Pas de sollicitation musculaire active	4	22	15,4
Pas de sollicitation musculaire active contre résistance	11	15	42,3
Sollicitation musculaire active possible en isométrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	15	11	57,7
Sollicitation musculaire active possible en concentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	7	19	26,9
Sollicitation musculaire active possible en excentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	11	15	42,3
Sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	2	24	7,7
Autre	1	25	3,8

Ces préconisations sont, pour la majorité (57,7%) des chirurgiens interrogés, communes à toutes les ligamentoplasties de genou qu'ils effectuent, tandis que 38,5% affirment les adapter personnellement au profil du patient et/ou au type d'opération.

5.2.2 Résultats du questionnaire adressé aux masso-kinésithérapeutes (Annexe 8)

149 MK ont participé à cette enquête, une partie des réponses étant incomplètes (Tableau IV).

Tableau IV : Participation au questionnaire adressé aux MK

Questions	Nombre de réponses	Absence de réponse	Participation
Inscrits	149	-	100 %
Q1	140	9	94 %
Q2	140	9	94 %
Q3	127	22	85,2 %
Q4	122	27	81,9 %
Q5	102	47	68,5 %
Q6	102	47	68,5 %
Q7	102	47	68,5 %
Q8	98	51	65,8 %
Q9	98	51	65,8 %

Pour l'analyse de la question Q4, 120 réponses ont été prises en compte, 2 ayant été jugées absurdes, donc écartées. Concernant l'analyse des réponses au sujet de la prise en charge des muscles ischio-jambiers en phase initiale de rééducation (Q5 à Q7), l'analyse a été focalisée sur les 102 réponses obtenues. Enfin, nous avons restreint l'analyse des questions en lien avec les préconisations chirurgicales (Q8 et Q9) aux 98 répondants concernés.

5.2.2.1 « Profil » des participants

Une majorité des participants à ce questionnaire exerce en structure libérale (85,7%), les autres évoluant en centre de rééducation (9,3%) et en structure hospitalière (4,3%). Un MK exerce au sein d'un club professionnel de rugby (« Autre » : 0,7%), mais ses réponses ne sont pas prises en compte dans l'analyse, sa seule participation étant insuffisante pour être représentative du monde sportif professionnel. La majorité des répondants (55%) a moins de 10 ans d'exercice professionnel, 30% ayant 10 à 20 ans d'expérience, 8,6% ont 20 à 30 ans cumulés d'exercice tandis que 6,4% des répondants sont MK depuis plus de 30 ans. Parmi les 127 ayant répondu à la troisième question, 33,1% des MK prennent en charge entre 0 et 5 patients en rééducation post-ligamentoplastie de LCA par an, 40,9% en accompagnent 5 à 15 dans l'année, alors que 26% en prennent en soins plus de 15 par an.

5.2.2.2 Proportion de greffes DIDT/DT4 rencontrées en pratique

Les résultats présentés dans le tableau V montrent qu'une proportion importante de greffes de type DIDT ou DT4, avec ou sans renfort latéral, est rencontrée en pratique par les MK. Le

nombre d'interventions de type Kenneth-Jones rencontrées en rééducation est plus faible, ce qui est d'autant plus le cas pour les interventions type Macintosh ou celles réalisées à partir d'un prélèvement aux dépens du tendon quadricipital.

Tableau V : Proportion des types d'interventions chirurgicales rencontrées par les MK

Type d'intervention	Jamais	1-40%	40-60%	60-100%	TOTAL
MacIntosh	85,8	13,3	0,8	0,0	100
Kenneth-Jones	30,0	55,0	11,7	3,3	100
Tendon Quadricipital	75,0	23,3	0,8	0,8	100
DIDT avec/sans Renfort latéral	7,5	16,7	35,8	40,0	100
DT4 avec/sans Renfort latéral	30,0	30,8	24,2	15,0	100
Autre	94,2	5,8	0,0	0,0	100

5.2.2.3 Prise en charge spécifique des muscles ischio-jambiers en phase initiale

En cas de prélèvement aux dépens des tendons de la patte d'oie, les MK déclarent effectuer des massages à visée cicatricielle (70%) plutôt que de s'en abstenir (28%) (Tableau VI). Une proportion importante (46,1%) privilégie les étirements doux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré, tandis que 30,4% ne réalisent pas d'étirements. Au cours de ces trois premières semaines, la sollicitation active des muscles IJ dans des secteurs d'amplitude sécuritaire est pratiquée en rééducation, en privilégiant le travail isométrique (69,6%), mais aussi l'excentrique (46,1%) et le concentrique (36,3%). 32,4% des MK s'opposent à l'ajout d'une résistance, tandis que 10,8% déclarent l'utiliser, dans des secteurs d'amplitude sécuritaire. La CCF est davantage privilégiée (60,8%) que la CCO (29,4%). Une faible proportion de MK s'oppose à ces deux types de sollicitations (respectivement 4,9% et 20,6%).

Tableau VI : Actions réalisées par les MK en phase initiale en cas de greffes type DIDT ou DT4

Champ "Musculaire" : Action réalisées	Oui	Non	Proportion « Oui » (%)
Pas de sollicitation musculaire active	9	93	8,8
Sollicitation musculaire active possible en isométrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	71	31	69,6
Sollicitation musculaire active possible en concentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	37	65	36,3
Sollicitation musculaire active possible en excentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	47	55	46,1
Pas de sollicitation musculaire active contre résistance	33	69	32,4
Sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	11	91	10,8
Pas de sollicitation musculaire en CCO	21	81	20,6
Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Ouverte (CCO)	30	72	29,4
Pas de sollicitation musculaire en CCF	5	97	4,9
Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Fermée (CCF)	62	40	60,8

Les avis des MK sont partagés en ce qui concerne le délai à partir duquel sont sollicités les IJ en pratique. Ainsi, 29,4% le font dès J3 et 30,4% à J7, alors que 29,4% attendent J21, et J42 pour 3,9% d'entre eux (Tableau VII). D'autres délais ont été mentionnés de façon isolée (J0, J1, J10 et J15), tout comme le fait de s'appuyer sur des arguments cliniques plutôt qu'en termes de délais post-opératoires (obtention de l'extension complète de genou, lésions associées, etc.).

Tableau VII : Délai au-delà duquel les MK sollicitent les muscles ischio-jambiers suite à une ligamentoplastie type DIDT ou DT4

Délai	Nombre de réponses	%
J3	30	29,4
J7	31	30,4
J21	30	29,4
J42	4	3,9
Autre	7	6,9
TOTAL	102	100

5.2.2.4 Préconisations chirurgicales

Selon 57,1% des MK, les préconisations chirurgicales n'abordent pas la sollicitation ou l'étirement des IJ. Ils ne sont ainsi que 9,2% à baser leur rééducation uniquement sur celles-ci. La majorité (65,3%) les adaptent à leur niveau de connaissances, tandis que 25,5% se fient avant tout à ces dernières pour adapter la rééducation. L'expérience du MK semble avoir une influence sur cette prise de décision, et de façon plus prononcée, le niveau de spécialisation. En effet, 71,4% des MK ayant entre 21 et 30 ans d'expérience estiment surtout se fier à leurs connaissances, une différence de proportion qui ne concerne que cette tranche d'âge parmi les MK interrogés. En revanche, il semblerait que plus les MK ont de l'expérience en termes de patients suivis pour ce type de rééducation annuellement, plus ils ont tendance à adapter la rééducation selon leur niveau de connaissances.

6- Discussion

L'interprétation des résultats permet de répondre aux différentes questions préalablement présentées et ayant fait émerger notre problématique de recherche. Si l'intervention chirurgicale amène des répercussions importantes au niveau musculaire, différentes stratégies semblent exister pour essayer d'optimiser la régénération du *semi-tendinosus* et réduire ces répercussions. Une analyse critique de la méthodologie de recherche sera ensuite présentée. Enfin, différents axes de réflexion permettront d'ouvrir et nuancer la discussion, avant de détailler les perspectives individuelles professionnelles que nous apportent ce travail.

6.1 Interprétation des résultats

6.1.1 Répercussions de l'intervention chirurgicale : Entrée dans un cercle vicieux de compensations musculaires

Suite à l'intervention chirurgicale ayant occasionné un prélèvement du *semi-tendinosus* à l'aide d'un stripper, plusieurs auteurs (2,70) mentionnent une réinsertion distale située plus haut par rapport au site de la patte d'oie, et répartie de façon anarchique sur l'aponévrose des muscles environnants. L'insertion n'est donc plus osseuse ni ponctiforme mais diffuse. Selon les concepts biomécaniques (6) cela se traduit par une diminution de la transmission de force. Une insertion distale plus élevée entraîne en parallèle une diminution du bras de levier, pour le mouvement de flexion de genou, donc une diminution de la force à transmettre. Cette baisse de force, mais aussi de capacité de transmission, nous amènent logiquement à un déficit de force produite par le *semi-tendinosus*.

Une immobilisation pendant plusieurs semaines des IJ conduirait à une rétraction et un raccourcissement des fibres musculaire (53,70). L'absence de sollicitation de ces muscles ralentit la régénération musculaire, avec notamment moins de stimulation des cellules satellites et d'orientation des fibres. Le muscle étant moins structuré, produit moins de force. Le déficit du ST et plus globalement des IJ est en effet largement décrit dans la littérature suite à ce type de greffe. Nous retrouvons ainsi un ST déficitaire, avec une activité EMG plus faible et décalée dans le temps (48,72,88) et une amyotrophie visible à l'IRM (46,54,71). Ce déficit semble compensé par l'activité du SM et du BF, deux muscles étant conservés intacts en post-opératoire (46,49,51). Le BF, par ses insertions osseuses, limite le *genu varum*. Il n'a donc aucun rôle dans le contrôle du valgus dynamique lors de la réception d'un saut. Au contraire, une activité plus importante de celui-ci favoriserait un *genu valgum* et une rotation latérale du tibia par rapport au fémur, mouvement caractérisant la forme la plus commune de rupture du LCA.

Dans le cas d'une rééducation suite à une reconstruction du LCA aux dépens des tendons de la patte d'oie, les exercices sont classiquement axés sur la régénération quadricipitale (16,80). En dehors des exercices en co-contraction *quadriceps*-IJ, certains ciblent les IJ, mais sans privilégier spécifiquement les médiaux. La compensation musculaire initiée en phase précoce se poursuit donc avec une surexposition du BF lors de certains de ces exercices (Annexe 4). Pour rappel, selon Timmins *et al.*, suite à la ligamentoplastie, le BF a subi des déficits architecturaux similaires à ceux rencontrés dans les LMA (73), ce qui le rend vulnérable. Chez des individus sains, il s'agit du muscle ischio-jambier le plus souvent touché dans le cadre d'activités sportives (56,74). Dans le cas d'une rééducation post-opératoire de ligamentoplastie de genou, le BF devient ici surexposé lors des exercices de rééducation puisqu'il compense notamment le ST. Si une lésion du *biceps femoris* apparaît au cours de la rééducation, cela

occasionnerait alors, en plus du temps perdu pour le patient, un déficit de force produite par les ischio-jambiers, donc une diminution du ratio IJ/Q. Or nous savons dans les LMA qu'une telle diminution représente, à nouveau, un facteur de risque de blessure aux ischio-jambiers (75,76).

A partir d'un *semi-tendinosus* déficitaire au départ, nous retrouvons donc une compensation des autres muscles ischio-jambiers, en particulier du *biceps femoris*. Dans un contexte de LMA, ceci l'exposerait à un risque de lésion, dont les répercussions sont à la fois sur le court et le long terme (17). Il est en effet démontré, dans le cadre des lésions myoaponévrotiques, que lorsqu'une première blessure apparaît au niveau des ischio-jambiers (ici cela concerne le ST et le BF), un déficit de force en excentrique et concentrique est observé après le « retour au jeu » (77) (« *Return-To-Play* »), le taux de récurrence étant élevé (17,76).

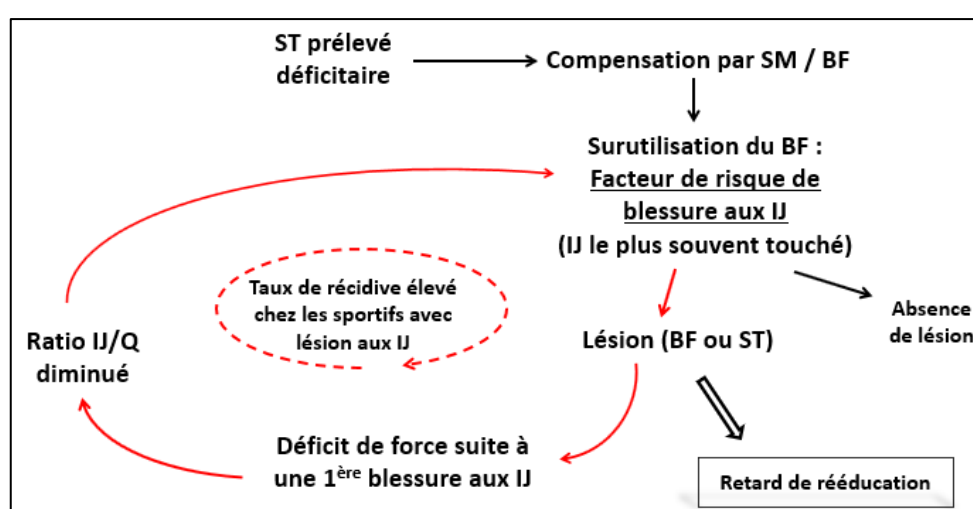


Figure 3: Cercle vicieux de compensation musculaire suite à une ligamentoplastie avec prélèvement du *semi-tendinosus*

Il semblerait alors qu'une prise en soins plus ciblée sur les IJ médiaux, et en particulier du *semi-tendinosus*, puisse permettre de réduire les risques d'entrée dans un tel cercle vicieux (Figure 3), dont le déficit du ST pourrait être l'origine. Optimiser la régénération du ST pourrait permettre de réduire le déficit de force de ce dernier, en réduisant certains paramètres tels que l'amyotrophie, le délai d'activation ou l'intensité de celle-ci. Cela participerait consécutivement à la protection du BF et du SM en réduisant leur exposition. Enfin, le but serait à terme, de façon plus globale, de sauvegarder l'intégrité sur le long terme des IJ, seuls muscles agonistes du LCA, donc favoriser la protection du transplant et la stabilité de l'articulation du genou.

6.1.2 Sollicitation excentrique des ischio-jambiers dès la phase initiale de rééducation

Les recommandations française (1,2) et internationales (25,27,42) abordent peu la prise en soins des ischio-jambiers, contre-indiquant le plus souvent dans les premières semaines une sollicitation en CCO contre résistance, en cas de greffe effectuée aux dépens des IJ. Ceci a pour

but de respecter les délais de cicatrisation du site donneur, la HAS mentionnant la possible survenue de « pseudo-claquages » entre la troisième et sixième semaine post-opératoire.

D'un point de vue biomécanique, une contraction isolée des IJ induit une translation postérieure du tibia par rapport au fémur (6). Il n'y aurait donc aucun danger apparent pour la plastie qui ne serait pas mise en tension dans une amplitude de flexion sécuritaire pour le greffon, c'est-à-dire entre 30 et 90° de flexion. C'est en revanche plus délicat au niveau du site donneur, lieu de prélèvement dont la cicatrisation sera dépendante de ce type de traction.

La sollicitation des IJ demeure pourtant autorisée en CCF, à partir de la seconde semaine de rééducation., de même que les co-contractions de type isométrique qui sont largement privilégiées dans les recommandations (1). Nous constatons qu'il s'agit en pratique du mode de contraction privilégié des professionnels de santé, autant au sein des préconisations chirurgicales (Tableau III) qu'en pratique clinique dans les cabinets de MK (Tableau VI). Les contractions de type isométrique diminuent les contraintes articulaires et favorisent la protection du transplant comme du site prélevé, mais demeurent malgré tout peu fonctionnelles.

Si Quelard *et al.* mentionnent des flexions actives prudentes possibles entre J1 et J8 (2), d'autres auteurs comme Barthelemy *et al.* estiment également qu'il est possible de débiter dès J1, par des mobilisation actives douces et infra douloureuses (54). La non-contraction de ces muscles pendant ces premières semaines favoriserait en effet leur rétraction (53,54). Au contraire, les solliciter précocement aurait de multiples avantages : limiter les adhérences et l'amyotrophie, éviter la diminution de résistance à l'étirement et la production d'un tissu cicatriciel trop anarchique, faciliter la pénétration et la bonne orientation des fibres musculaires ou encore faciliter la vascularisation (53,54). Il est intéressant de constater que le Dr Salvator-Vitwoet, dont les travaux ont été largement repris par la HAS au sujet de la non-sollicitation précoce des IJ, revient sur ses précédentes conclusions en 2010 (5) en citant justement les travaux de Barthelemy *et al.*, et admettant qu'il serait en effet intéressant de les solliciter avant J21.

Les études sur lesquelles s'appuie la HAS en 2008 sont majoritairement antérieure à 2000, lorsque le KJ était le gold standard pour la reconstruction de LCA. La greffe aux dépens des IJ, nécessitant le prélèvement du *semi-tendinosus*, est aujourd'hui largement utilisée (3,4,39). Les résultats des deux questionnaires confirment de façon claire cette tendance. Or les recommandations françaises n'ont depuis 2008 pas connu d'actualisation. Si certains auteurs (53,54,75) évoquent la contraction de type excentrique comme moyen de rééducation précoce, nous remarquons que c'est également ce qui se fait en pratique clinique par les professionnels de santé interrogés. Ainsi, 42,3% des chirurgiens préconisent des sollicitations excentriques des IJ en phase précoce (Tableau III), une proportion qui augmente chez les chirurgiens le plus spécialisés du domaine (Annexe 7). De même, 46,1% des MK interrogés déclarent utiliser ce

type de contraction (Tableau VI), là aussi de façon plus importante chez les MK prenant en charge un nombre élevé de patients en post-ligamentoplastie immédiate (Annexe 8). Pour environ deux tiers d'entre eux, la sollicitation est effectuée avant J21 et même dès J3 pour 29,4% des MK (Tableau VII). Il semble donc que les professionnels de santé aient adapté leur prise en soins, en l'absence d'actualisation des recommandations françaises.

Les connaissances portant sur les contractions de type excentrique ont beaucoup évolué ces quinze à vingt dernières années. Certains auteurs s'appuient toujours sur l'HAS pour contre-indiquer toute contraction excentrique avant J21 (79,90). D'autres vont l'utiliser dès J1 à faible intensité, de façon indolore et progressivement croissante (54), parfois quotidiennement mais s'exposant en l'occurrence à de rares épisodes de « pseudo-claquages » (53). La différence entre ces auteurs provient probablement des paramètres choisis pour la contraction excentrique. A charge importante, comme souvent utilisée chez le sportif sain en prévention de blessure, elle peut-être est génératrice de DOMS et de dommages tissulaires (59). *A contrario*, à charge modérée, elle présente de nombreux avantages tout en demandant moins d'énergie par rapport aux sollicitations de type concentrique ou isométrique. Utilisée de façon précoce, elle permet de lutter contre l'inhibition musculaire (75,78) et l'atrophie, et de restaurer la qualité tissulaire et l'orientation correcte des fibres (75). Selon Barthelemy *et al.*, elle permettrait également d'améliorer le contrôle moteur (54). Ces derniers l'utilisent précocement en demandant de freiner activement l'extension de genou en décubitus ventral, les IJ étant alors en contraction excentrique en CCO, ce qui correspond à leur activité principale lors de la marche. Il semble malgré tout important en tant que MK, de réaliser ces contractions à faible vitesse et faible intensité, en prenant soin de s'assurer d'un retour à la position initiale grâce à une aide extérieure (soutien manuel du MK ou pied controlatéral du patient) pour éviter toute contraction concentrique à charge équivalente (poids du segment jambier) (60).

Ces sollicitations précoces semblent présenter comme autre avantage de mieux préparer le muscle et le patient, via son adhésion au programme de rééducation, aux phases de rééducations suivantes et exercices plus contraignants qui la composent (59,60). Fabri *et al.* observent ainsi, suite à leur protocole excentrique précoce, une diminution des épisodes douloureux et du déficit de force des muscles IJ en flexion de genou (53). Cependant, afin d'éviter les rares épisodes de « pseudo-claquages », il serait intéressant de s'inspirer de la balance entre bénéfices et risques de la contraction excentrique présentée par Hody *et al.* (59) et espacer les séances d'au moins un jour plutôt que le faire quotidiennement (53), et ainsi réduire le risque de DOMS. Le risque de blessure aux ischio-jambiers lors des sollicitations à venir diminuerait également.

En phase précoce, cette sollicitation excentrique représente l'un des moyens dont dispose le MK notamment pour la régénération du ST. Il en existe cependant d'autres, qu'il est possible

d'associer aux contractions excentriques, et qui sont recommandés (1,25,27) lors de cette phase, tels que les exercices en co-contraction *quadriceps*-IJ ou l'électrostimulation. Dans le but de lever la sidération quadricipitale, étape essentielle de la phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie (1), Sonnery-Cottet *et al.* mentionnent par ailleurs que le fait de fatiguer les muscles ischio-jambiers en les sollicitant précocement permettrait de réduire ce réflexe inhibiteur, favorisant la flexion de genou et inhibant l'extension, à l'origine de l'« AMI » (91).

6.1.3 Poursuivre la régénération du *semi-tendinosus* en ciblant les muscles ischio-jambiers médiaux lors des phases de rééducation suivantes

Tout comme la régénération du néo-ligament croisé, celle du *semi-tendinosus* ne se limite pas à la phase initiale, mais prend plusieurs mois d'un point de vue physiologique. Limiter la prise en charge spécifique du *semi-tendinosus* aux premières semaines de la phase précoce apparaît inadapté. Comme le soulignent Lastayo *et al.*, une fois la phase d'adaptation aux sollicitations excentriques passée au cours des premières semaines, un programme sur plusieurs semaines doit être entamé afin de bénéficier des apports structurels décrits (60). Il s'agit bien sûr de veiller au respect de la non-douleur et la régularité des séances, tout en augmentant progressivement la charge et la durée des sessions. La charge ne doit cependant pas excéder ce que le patient peut mobiliser en excentrique, notamment lors des premières semaines.

Les exercices composant les protocoles décrits par la HAS sont tous focalisés sur la récupération du *quadriceps* (1). Dans les recommandations internationales actuelles (25,27,42), les ischio-jambiers continuent d'être délaissés au profit de l'appareil extenseur, malgré la proportion devenue majoritaire de greffes aux dépens des IJ. Si les patients souhaitent reprendre leur activité sportive, une demande fonctionnelle et non plus simplement anatomique, cela nécessite une récupération optimale des muscles périarticulaires, et pas uniquement du *quadriceps*. Une méta-analyse de Pappas *et al.* confirment que la plupart des études utilisent des variables focalisées sur l'activation quadricipitale (92). La recherche est très limitée concernant la corrélation entre l'efficacité des programmes de préventions de blessures utilisés classiquement et leur impact sur la réduction du risque de rupture des LCA (92). Selon d'autres auteurs (16,80,82,83) les exercices classiquement utilisés tels que le squat, le travail sur presse, ou les différents types de fentes activent préférentiellement le *quadriceps* et de façon élevée, diminuant le rapport IJ/Q. Même les exercices en co-contraction montrent une activité plus importante des IJ latéraux (BF) par rapport aux IJ médiaux (SM et ST), un rapport qui ne favorise pas le contrôle du valgus dynamique (16). Les muscles ischio-jambiers médiaux, via leur composante de rotateurs médiaux du segment jambier, freinent pour rappel la rotation latérale de ce dernier lors de mouvements lésionnels en valgus, associé à une flexion et rotation

latérale. La co-activation IJ médiaux-*quadriceps* contribue ainsi à la protection du transplant en diminuant son élongation (93).

L'intérêt n'est pas d'activer uniquement les ischio-jambiers, puisque quasiment tous les exercices en CCF activent de toutes façon préférentiellement le *quadriceps* (80,92). L'objectif est de choisir ceux pour lesquels le ratio IJ/Q est davantage en faveur des IJ, si possible médiaux, et ainsi de les cibler afin que le ratio soit plus équilibré et le contrôle du valgus dynamique amélioré (92). Ceci permettrait de poursuivre la régénération du ST, et de réduire le risque de blessure aux IJ (75) en diminuant notamment la compensation des autres ischio-jambiers.

Solliciter les ischio-jambiers permet par ailleurs de modifier les programmes moteurs existants, liés aux afférences proprioceptives du LCA rompu, et ainsi « mettre à jour » les réactions de stabilisation du genou (16). Cela permettrait par exemple de retrouver une vitesse de contraction optimale du ST, faisant défaut du côté opéré (48). Le ST est un muscle de type fusiforme, avec des fibres n'ayant pas ou peu d'angle de pennation. Ce n'est donc pas un muscle spécialisé dans la production de force mais dans la vitesse de contraction, d'où l'intérêt d'optimiser celle-ci.

Pour cela nous pouvons nous inspirer de la classification des exercices, en fonction d'une part de l'intensité d'activation requise pour leur réalisation (Annexe 3), et d'autre part selon les muscles qu'ils activent préférentiellement (Annexe 4), pour proposer certains exercices à sélectionner lors de la rééducation (Tableau VIII).

Tableau VIII : Exercices ciblant spécifiquement les ischio-jambiers en fonction de l'intensité d'activation requise et mention des exercices favorisant une activation du ST (*Semi-tendinosus*).

Intensité	Exercice	ST
Faible	<i>Lateral band walk exercise</i>	
	<i>Romanian dead lift</i>	X
	<i>Two-hands kettlebell swing</i>	X
	<i>One-leg romanian dead lift</i>	X
	<i>Supine pelvis lift</i>	X
Moyenne	<i>Prone leg curl</i>	X
	<i>Diver</i>	
	<i>Glider</i>	
	<i>Side/Transverse hop</i>	
Forte	<i>Standing kick</i>	X
	<i>Nordic hamstring</i>	

La rotation médiale active du segment jambier semble permettre d'augmenter l'activation préférentielle des IJ médiaux, ce qui est le cas pour le « *Supine pelvis lift* » (74) et le « *Prone leg curl* » (4,74). Cet exercice sollicite préférentiellement les muscles IJ médiaux en phase concentrique (56,86), alors que l'ajout d'une rotation médiale permet de les solliciter en

excentrique également. Cet effet de la rotation du tibia semble plus important lorsque l'exercice est en CCO (4). Les différents paramètres (endurance, puissance, vitesse) pourront être travaillés lors de ces exercices, notamment la vitesse de réalisation, afin de mieux préparer le patient à la reprise de la course à pied où le ST sera activé en excentrique à haute vitesse.

Il semble également essentiel d'inclure des séquences sur appareil isocinétique pour mesurer les améliorations des différents paramètres au cours de la rééducation. En effet, des différents types de modalités de travail excentrique (isocinétique, isotonique, iso-inertiel), il s'agit de la seule option valide pour reproduire de façon standardisée et contrôlée les contractions excentriques rencontrées en temps réel, en dehors de tout exercice fonctionnel (94).

Il est bien sûr nécessaire de respecter les étapes de rééducation détaillées dans les recommandations, désormais moins temporelles que fonctionnelles, la rééducation étant basée sur des objectifs à atteindre avant de passer à la phase suivante (25,27). De même que la charge doit être nécessairement adaptée au profil du patient et de son niveau de pratique sportive (53).

L'intervention chirurgicale aux dépens des muscles ischio-jambiers semble donc avoir des répercussions importantes à court et long terme sur le ST, et par voie de conséquences, sur les autres ischio-jambiers, mettant en péril la stabilisation du genou à plus long terme. Les avis divergent sur une sollicitation précoce des IJ suite à ce type de greffe. Les recommandations font appel à la prudence vis-à-vis de la cicatrisation du site donneur. Si les recommandations françaises ne datent que de 2008, il n'existe pas d'études récentes ayant étudié structurellement l'impact d'une sollicitation précoce des muscles ischio-jambiers. Ainsi certaines pistes sont évoquées par des auteurs comme Barthelemy *et al.* (54), publiant un « plaidoyer » en faveur d'une sollicitation précoce de type excentrique. Bien connu dans les domaines des tendinopathies ou des LMA, les connaissances sur les effets de l'excentrique ont évolué depuis le début des années 2000. Son utilisation à charge modérée semble être bénéfique. Le prélèvement du *semi-tendinosus* lors de la ligamentoplastie demeure néanmoins un mécanisme de rupture différent de celui d'une lésion myoaponévrotique, davantage amené par un excès de traction. Le néo-tendon reste fragile et peu fonctionnel (95), l'intérêt d'une prise en charge précoce serait plus d'orienter la cicatrisation que d'effectuer véritablement un renforcement musculaire lors de cette phase initiale. Le type de contraction excentrique semble pouvoir être utilisable pour optimiser la régénération du *semi-tendinosus*, tout comme les autres techniques officiellement recommandées. Ceci permettrait de réduire les possibles compensations musculaires et améliorer la stabilisation du genou sur le plus long terme. En ce sens, une sélection de plusieurs exercices permet de pouvoir cibler le compartiment médial des IJ au-delà de la phase initiale, afin de poursuivre cette régénération, et optimiser la rééducation.

6.2 Analyse critique de la méthodologie

6.2.1 Synthèse de littérature

Le travail de synthèse de littérature a ici été présenté sous la forme de revue narrative. Il s'agit d'un format utilisé en temps normal pour publier un avis d'expert du domaine, ce que nous ne sommes pas. Comme expliqué dans la partie « 4- Méthodologie de recherche », il est cependant difficile de cibler un seul domaine dans ce travail d'initiation à la recherche, au vu de la densité de la littérature sur ce sujet et de la spécificité de la sollicitation en phase précoce de rééducation, peu étudiée de façon isolée dans la littérature. Il apparaît donc ici impossible de réaliser une véritable synthèse correspondant au modèle de revue de littérature, même si celle-ci aurait permis de bénéficier d'une force méthodologique supérieure.

Le type de greffe (KJ, DIDT ou autre) n'est par ailleurs pas toujours précisé dans les études rencontrées, de même qu'il existe un manque de standardisation des exercices décrits, compliquant toute comparaison entre les différents résultats obtenus. Par ailleurs, les études retenues utilisent quasiment exclusivement l'électromyographie. Il s'agit d'un moyen de mesure parmi d'autres, critiquable puisque plusieurs facteurs peuvent affecter l'interprétation des résultats obtenus (96). Il aurait donc été également intéressant de pouvoir retenir des études, se basant sur d'autres moyens de mesures comme par exemple l'élastographie.

6.2.2 Questionnaire

Les deux questionnaires créés pour ce travail d'initiation à la recherche sont de type qualitatifs et non quantitatifs. Si l'aspect quantitatif présente des perspectives plus robustes en termes de possibilité d'exploitation statistique des résultats, il a semblé impossible à mettre en place ici.

Nous avons fait le choix d'avoir des questionnaires courts pour faciliter leur remplissage par rapport au temps imparti pour les différents professionnels de santé et ainsi obtenir le plus de réponses complètes possibles. L'utilisation de questions les plus fermées possibles a pour but de faciliter l'analyse (97). Le format de réponse a été choisi afin de faciliter la participation, que ce soit via un ordinateur ou une tablette numérique. Cependant ce format a compliqué, voire rendu parfois impossible toute exploitation rigoureuse des résultats. A titre d'exemple, les réponses aux questions à choix multiples qui concernent les préconisations (Annexe 5) ou actions réalisées (Annexe 6), sont par défaut « Non ». Si un participant n'est pas pleinement concentré ou répond rapidement à ce questionnaire, il peut ne pas cocher certaines réponses (« Oui ») qui demeure laissées par défaut en « Non », compliquant la comparaison de réponses entre deux items. Par ailleurs, le type de réponse « Autre » représente une autre limite méthodologique à ce genre de questionnaire caractéristique d'un questionnaire qualitatif. Elle permet malgré tout de laisser un accès de réponse au cas où celle-ci n'aurait pas été anticipé. Les listes de réponses sont pour cela les plus exhaustives possibles, issues de la littérature de

référence, afin de minimiser le nombre de réponses « Autre ». De façon plus globale, ce travail nous a permis de nous familiariser avec l'outil fourni par la plate-forme *LimeSurvey*®, dont le potentiel n'a très sûrement pas dû être exploité au maximum ici.

Enfin, il apparaît difficile d'éviter les biais de diffusion (97) dans le cadre d'un travail d'initiation à la recherche, ne bénéficiant pas par exemple de l'encadrement d'une équipe de recherche labellisée pour faciliter sa diffusion de façon efficace et rigoureuse. Néanmoins, celle-ci a été effectuée en évitant les réseaux personnels ou restreints géographiquement, mais plutôt en favorisant la diffusion via les réseaux nationaux, ou en contactant les établissements de différentes régions et sociétés savantes à l'échelle nationale. L'utilisation d'une interface numérique nous a en outre permis d'interroger plus facilement un plus grand nombre de professionnels de santé, et ceci à moindre coût (97).

6.3 Axes de réflexion et perspectives professionnelles

Au-delà des résultats obtenus dans ce travail, plusieurs axes de réflexion amènent à les nuancer ou simplement à ouvrir une discussion dépassant les limites de la problématique de recherche.

6.3.1 Techniques chirurgicales

Pouvoir nous rendre dans un bloc opératoire pour assister à une reconstruction de LCA a permis de nous rendre compte du déroulement de l'intervention, selon les techniques utilisées par le chirurgien. Cela a notamment permis de constater que selon certaines indications chirurgicales (36), l'extrémité distale du ST était conservée et servait de point d'ancrage du néo-ligament pour faciliter sa fixation et sa vascularisation. Dans ce contexte, et sans « tuteur » distal, une régénération du ST pour retrouver ses caractéristiques initiales paraît illusoire. Cette technique a notamment été développée dans le but d'utiliser le même tendon pour ajouter un renfort externe en face latérale de genou (37), afin de protéger au mieux le greffon en limitant la rotation médiale du segment jambier le mettant en tension. Mais prélever un des rotateurs médiaux actifs du genou et ajouter un renfort latéral passif contribue à priver le patient d'un contrôle actif du valgus dynamique lors du mouvement en valgus, flexion et rotation latérale. Cela donne encore davantage d'importance à la rééducation post-opératoire ciblée du ST, à condition de connaître, pour le MK, les différents types de techniques chirurgicales pratiquées.

Ferretti *et al.* apportent une vision originale à ce sujet, en proposant une technique où le *semi-tendinosus* serait sectionné quatre centimètres au-dessus de la patte d'oie, laissant une « souche » tendineuse insérée sur le tibia (70). Celle-ci est suturée au *fascia* du *sartorius* dans le but de conserver la direction initiale du tendon. Le reste du ST est remis en face de cette souche restante, dans le but de favoriser l'union entre le muscle prélevé et son site initial d'insertion. Idéalement, ceci pourrait faciliter une éventuelle régénération myotendineuse.

6.3.2 Les sollicitations musculaires ne se limitent pas au genou

Barthelemy *et al.* sollicitent les muscles ischio-jambiers de façon précoce en demandant de freiner par contraction excentrique la descente du segment jambier vers l'extension (54). Il serait également intéressant d'agir sur la composante d'extension de hanche, d'autant plus que la partie proximale du *semi-tendinosus* est la moins touchée suite à l'intervention. En décubitus ventral, jambes en dehors de la table, avec l'aide du MK pour aider à gérer le poids du membre inférieur, il serait alors possible, à faible intensité, de demander de freiner la flexion de hanche, puis faire varier les bras de levier, suivant la flexion passive de genou permise.

La rééducation post-opératoire n'est bien entendu pas restreinte aux seuls ischio-jambiers ou au *quadriceps*, puisque la stabilisation dans l'espace s'effectue également grâce à d'autres muscles tels que ceux du pied, bassin et du tronc. Si la stabilité n'est pas correcte au niveau des articulations sus et sous-jacentes, cela augmenterait les contraintes que doit supporter le genou lors d'exercices instables de rééducation. Le programme doit donc être global, comprenant la stabilité du bassin et du tronc (82,98,99). 34,5% des chirurgiens interrogés préconisent d'ailleurs une sollicitation des articulations sus et sous-jacentes. Ainsi des exercices de gainage ou le pont fessier semblent essentiels à inclure dans un tel programme pour solliciter les muscles *abdominis* (*transversus* et *obliquus*), le *gluteus medius* et *gluteus maximus* ou encore les *erector spinae*, muscles posturaux à dominance tonique. De même dans cette approche plus globale, un exercice comme le squat unipodal, même s'il sollicite davantage le *quadriceps*, permet de travailler la stabilité en sollicitant notamment le *gluteus medius* (99). LaStayo *et al.* évoquent même des pratiques telles que le Tai-chi pour la sollicitation globale en excentrique des muscles, notamment posturaux, pour freiner les mouvements à vitesse lente (60).

Nous pouvons enfin mentionner l'intérêt que représente également la sollicitation excentrique du membre non opéré, en phase précoce, qui produirait d'importants gains de force en controlatéral au niveau du membre opéré (100). Ceci introduit notamment l'implication de la commande motrice et plus globalement du système nerveux central et de son implication dans la rééducation. Suite à la perte du rôle proprioceptif du LCA d'origine, le patient opéré développe de nouvelles stratégies d'apprentissage, délaissant les stratégies sensori-motrices au profit des stratégies visuo-motrices (101). Il serait alors intéressant pour le MK de perturber par exemple la prise d'information visuelle afin de stimuler de nouvelles stratégies sensori-motrices proprioceptives, et ainsi « mettre à jour » les réactions de stabilisation du genou (16).

6.3.3 Variabilité interindividuelle face à la rééducation

Comme évoqué précédemment, la rééducation va dépendre du profil du patient et notamment de ses objectifs de rééducation. L'utilisation de la sollicitation précoce excentrique demande une certaine appréciation des bénéfices et risques en jeu pour chaque prise en charge

individualisée. Ainsi, les attentes d'un patient plus âgé, chez qui les effets de l'excentrique sont moins significatifs (59), et qui ne souhaite pas reprendre d'activité sportive, sont différentes d'un sportif de haut niveau qui souhaite retrouver son niveau sportif pré-rupture, et pour lequel une optimisation précise de la rééducation peut être associée à une certaine prise de risques. Il existe également des différences interindividuelles entre les patients, ne répondant pas forcément positivement aux moyens à disposition du MK que nous avons présentés dans ce mémoire pour tenter d'optimiser la régénération du ST. Hug *et al.* évoquent ainsi des signatures individuelles d'activation musculaire, expliquant que non seulement les stratégies d'activation musculaire varient entre individu, mais semblent propres à chacun (102). Ceci pousse notamment à nuancer les résultats retrouvés par EMG sur l'activation préférentielle des ischio-jambiers médiaux par rapport au BF, en conservant l'idée que cela dépendra également du patient lui-même. Il sera enfin important de prendre en compte un aspect plus subjectif qu'est le ressenti du patient et faire en sorte de lui redonner confiance en la stabilité de son genou.

6.3.4 Adhésion du patient

La rééducation post-ligamentoplastie doit être guidée par le respect de la non-douleur (1). Nous avons vu que celle-ci pouvait avoir un impact sur l'adaptation d'un programme de sollicitation excentrique des ischio-jambiers, notamment en phase initiale. En effet, l'apparition de douleur via la survenue de DOMS peut entraîner un retard de rééducation, favorisant la non-adhésion du patient au programme. La douleur entraîne un mécanisme d'inhibition neuro-musculaire dans le but de protéger l'articulation. Ce mécanisme bien décrit par D. Rice et P. McNair (33) survient notamment en post-opératoire immédiat sur le *quadriceps*. L'inhibition entraîne un déficit de force, réduit l'endurance musculaire et altère ainsi le contrôle musculaire (103). L'apparition d'une douleur au cours des sollicitations de type excentriques pourrait amener le patient à être réticent à la réalisation de certains exercices, modifiant la définition de ses objectifs personnels et son adhésion au programme. C'est pourquoi il paraît essentiel de respecter toutes les recommandations sur l'aspect infradouloureux de la prise en soins.

6.3.5 Perspectives professionnelles

La reconstruction de LCA ne semble pas apporter d'excellents résultats lorsqu'on se fie aux chiffres épidémiologiques (2,14,25,29). Ce travail a permis de mettre en avant le fait qu'il pourrait être intéressant de solliciter précocement, selon un mode excentrique les muscles ischio-jambiers, et de cibler le *semi-tendinosus* afin d'optimiser sa régénération. Cela va à contresens des recommandations officielles françaises. Cependant nous avons pu voir qu'en dépit d'un manque d'actualisation récente de celles-ci, une majorité de MK adaptent la rééducation en se fiant principalement à leurs connaissances. Au vu des connaissances récentes présentées dans ce travail, il semble en effet qu'en respectant certains paramètres indispensables

tels que la non-douleur, la progressivité et la sécurité du patient, il soit envisageable de solliciter aussi tôt les ischio-jambiers, d'abord à visée cicatricielle. Cela nécessite de bien doser chaque séance, en fonction des différents paramètres (charge, vitesse, amplitude) pour tenter d'apporter tous les bénéfices structurels connus, et ne pas induire de risques, également connus. Les bienfaits structurels des sollicitation précoce de type excentrique s'étendent au-delà des LMA ou des tendinopathies, et ont été démontrés pour le traitement de diverses pathologies (59,60), tant qu'elles sont prudemment réalisées à charge modérée. Il semble donc vraiment intéressant de s'en inspirer en clinique pour notre future pratique, et surveiller la publication d'éventuels travaux scientifiques ultérieurs sur les répercussions de ce type de sollicitation sur le ST. Ce travail d'initiation à la recherche a toutefois été centré sur la rééducation en cas d'atteinte isolée du LCA. Les conclusions apportées sont à nuancer et la rééducation à adapter en cas d'atteintes associées, notamment méniscales et au niveau des ligaments collatéraux. L'adaptation du traitement et le dosage font partie intégrante du rôle du MK, s'agissant d'une des plus-values qu'il apporte en tant que professionnel de santé lors de l'accompagnement du patient.

Obtenir l'adhésion du patient au programme de rééducation, respecter ses objectifs et ressentis, est essentiel au sens où la rééducation est un partenariat entre lui et le MK et aboutit à la construction commune d'un projet de soins. Les différences interindividuelles et stratégies développées par chaque patient, qu'elles soient plus ou moins visuomotrices par exemple, invitent à adapter chaque rééducation, et ce même si la technique opératoire est la même d'un patient à l'autre. En réalité, comme nous avons pu le constater au bloc opératoire, aucune intervention chirurgicale n'est semblable à une autre. Aucun patient ne sera comme un autre, non seulement dans les suites physiques de l'opération, mais également dans la façon de réagir et d'accepter ce traumatisme physique pour retrouver confiance en son genou. Bien prendre en considération la douleur comme nous avons pu l'évoquer et globaliser la rééducation selon un modèle bio-psycho-social paraît essentiel.

7- Conclusion

En tant que futur professionnel de santé prenant en soins un patient en post-opératoire immédiat suite à une reconstruction du ligament croisé antérieur, ce travail nous a permis en premier abord de faire un état des lieux des connaissances actuelles sur la phase initiale de rééducation. Nous avons pu, à partir d'un questionnement initial, nous référer aux connaissances actuelles au sein de la profession et plus globalement dans la littérature scientifique, mêmes issues de domaines différents de la ligamentoplastie de genou. La familiarisation avec les différents outils et bases de recherches, nous permettra à l'avenir une utilisation correcte de ces moyens pour garantir, si possible, une actualisation régulière de notre future pratique professionnelle. Nous avons pu par exemple nous rendre compte que même s'il existe des recommandations, il est

toujours essentiel de maintenir une veille scientifique dans le domaine de santé en question. L'apport de connaissance des différents domaines comme celui des lésions myoaponévrotiques, ou même de l'application du mode contraction excentrique, hors du contexte de la ligamentoplastie de genou, a été riche d'enseignements. La synthèse de tout cela permet d'orienter notre action professionnelle en fonction des résultats obtenus, en l'adaptant au patient, à ses caractéristiques et à ses objectifs personnels. De façon plus globale cela nourrit notre raisonnement clinique dans une démarche basée sur les évidences scientifiques (« *Evidence Based Practice* »).

La mise en place de moyens d'échange et de discussion entre les différents acteurs de santé afin d'optimiser au mieux la rééducation du patient nous a également paru essentiel. Solliciter les muscles ischio-jambiers en chaîne cinétique ouverte ou fermée, par une contraction excentrique ou non relève du choix du rééducateur. Selon la HAS, « *l'indication du renforcement musculaire en chaîne cinétique fermée et/ou ouverte repose sur un accord commun entre le chirurgien et le rééducateur* ». En pratique clinique, la majorité des chirurgiens transmettent leurs préconisations au masseur-kinésithérapeutes, sans les adapter au profil du patient ou type d'intervention, celles-ci étant souvent communes à toutes les ligamentoplasties réalisées. Comme l'un des participants l'a mentionné en commentaire, il est nécessaire de garder en tête que beaucoup de chirurgiens utilisent préférentiellement un type de technique par rapport à un autre. Donc adresser une préconisation commune est moins surprenant lorsque la technique utilisée est majoritairement la même. Si peu de masseur-kinésithérapeutes estiment suivre à la lettre les préconisations chirurgicales, la majorité les adaptent et une partie d'entre eux ne s'appuient pas dessus pour la rééducation, notamment les plus spécialisés dans ce domaine. Si chaque professionnel de santé place le patient au centre d'un projet commun, comme le préconise la HAS (104), il semblerait malgré tout qu'un tel « accord commun » entre les acteurs ne soit pas réalisé en pratique clinique.

Ce travail de mémoire a permis d'engager des échanges interprofessionnels très enrichissants, notamment avec des chirurgiens orthopédistes et de nombreux masso-kinésithérapeutes. Il nous semble aujourd'hui essentiel d'inclure ce type de collaboration dans la pratique quotidienne, afin d'échanger les idées et points de vue sur des thématiques communes pour faire évoluer nos connaissances et améliorer le parcours de soins du patient. Cela permet d'affiner notre accompagnement, d'être donc plus efficaces et au-delà du fait de s'intéresser à différents domaines proches de la masso-kinésithérapie, il s'agit d'apporter un bénéfice final au patient en optimisant son suivi. Si cela est illustré ici lors dans le cadre d'une ligamentoplastie de genou, les échanges multidisciplinaires nous paraissent ainsi aussi riches qu'indispensables à toute rééducation.

Références

1. Haute Autorité de Santé. Critères de suivi en rééducation et d'orientation en ambulatoire ou en soins de suite ou de réadaptation après ligamentoplastie du croisé antérieur du genou [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 8 dec 2019]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_639105/fr/criteres-de-suivi-en-reeducation-et-d-orientation-en-ambulatoire-ou-en-soins-de-suite-ou-de-readaptation-apres-ligamentoplastie-du-croise-anterieur-du-genou
2. Quelard B, Rachet O, Sonnery-Cottet B, Chambat P. Rééducation postopératoire des greffes du ligament croisé antérieur. EMC - Kinésithérapie - Médecine Phys - Réadapt. janv 2010;6(3):1-16.
3. Lind M, Menhert F, Pedersen AB. The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 year follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. févr 2009;17(2):117-24.
4. Beuchat A, Maffiuletti NA. Foot rotation influences the activity of medial and lateral hamstrings during conventional rehabilitation exercises in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. Phys Ther Sport. sept 2019;39:69-75.
5. Salvator Witvoet V. Récupération musculaire après chirurgie du LCA: « ... le muscle vous dis-je ? ». Lett Médecine Phys Réadapt. mars 2010;26(1):3-4.
6. Dufour M, Langlois K, Pillu M. Biomécanique fonctionnelle: Membres - Tête - Tronc. Elsevier Masson; 2017. 569 p.
7. Noyes FR. Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes E-Book. Elsevier Health Sciences; 2016. 1312 p.
8. Prodromos C. The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science E-Book. Elsevier Health Sciences; 2017. 812 p.
9. Micheo W, Hernández L, Seda C. Evaluation, management, rehabilitation, and prevention of anterior cruciate ligament injury: current concepts. PM R. oct 2010;2(10):935-44.
10. Logerstedt DS, Scalzitti D, Risberg MA, Engebretsen L, Webster KE, Feller J, et al. Knee Stability and Movement Coordination Impairments: Knee Ligament Sprain Revision 2017: Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability and Health From the Orthopaedic Section of the American Physical Therapy Association. J Orthop Sports Phys Ther. nov 2017;47(11):A1-47.
11. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Cizek B, Cizkowska-Łysoń B, Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. nov 2015;23(11):3143-50.
12. Tashiro Y, Sundaram V, Thorhauer E, Gale T, Anderst W, Irrgang JJ, et al. In Vivo Analysis of Dynamic Graft Bending Angle in Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Knees During Downward Running and Level Walking: Comparison of Flexible and Rigid Drills for Transportal Technique. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg. juill 2017;33(7):1393-402.

13. Markatos K, Kaseta MK, Lalloos SN, Korres DS, Efsthathopoulos N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* oct 2013;23(7):747-52.
14. Murray MM, Vavken P, Fleming B, éditeurs. *The ACL Handbook: Knee Biology, Mechanics, and Treatment* [Internet]. New York: Springer-Verlag; 2013 [cité 12 dec 2019]. Disponible sur: <https://www.springer.com/gp/book/9781461407591>
15. Woodley SJ, Mercer SR. Hamstring Muscles: Architecture and Innervation. *Cells Tissues Organs.* 2005;179(3):125-41.
16. Zebis MK, Skotte J, Andersen CH, Mortensen P, Petersen HH, Viskær TC, et al. Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications. *Br J Sports Med.* déc 2013;47(18):1192-8.
17. Morin J-B, Gimenez P, Edouard P, Arnal P, Jiménez-Reyes P, Samozino P, et al. Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Front Physiol* [Internet]. 24 déc 2015 [cité 27 dec 2019];6. Disponible sur: <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fphys.2015.00404/abstract>
18. 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.
19. Stastny P, Lehnert M, Tufano JJ. Muscle Imbalances: Testing and Training Functional Eccentric Hamstring Strength in Athletic Populations. *J Vis Exp.* 1 mai 2018;(135):57508.
20. Bencke J, Aagaard P, Zebis MK. Muscle Activation During ACL Injury Risk Movements in Young Female Athletes: A Narrative Review. *Front Physiol.* 15 mai 2018;9:445.
21. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med.* janv 2017;36(1):1-8.
22. Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic Review: Annual Incidence of ACL Injury and Surgery in Various Populations. *Res Sports Med.* juill 2012;20(3-4):157-79.
23. Seil R, Mouton C, Lion A, Nührenbörger C, Pape D, Theisen D. La rupture du ligament croisé antérieur n'est pas univoque : définition de profils individuels. *Rev Chir Orthopédique Traumatol.* févr 2016;102(1):67-73.
24. Waldén M, Häggglund M, Magnusson H, Ekstrand J. ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *Br J Sports Med.* juin 2016;50(12):744-50.
25. 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.

26. Contenu des bases PMSI MCO 2018 | Publication ATIH [Internet]. [cité 3 fev 2020]. Disponible sur: <https://www.atih.sante.fr/contenu-des-bases-pmsi-mco-2018>
27. Wilk KE, Arrigo CA. Rehabilitation Principles of the Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Knee. *Clin Sports Med.* janv 2017;36(1):189-232.
28. De Visser H, Reijman M, Heijboer M, Bos P. Risk factors of recurrent hamstring injuries: a systematic review. *Br J Sports Med.* févr 2012;46(2):124-30.
29. Barenius B, Nordlander M, Ponzer S, Tidermark J, Eriksson K. Quality of Life and Clinical Outcome After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Patellar Tendon Graft or Quadrupled Semitendinosus Graft: An 8-Year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* août 2010;38(8):1533-41.
30. Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okado T, Shimizu T, et al. Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes. :7.
31. Rodineau J. Les mécanismes de rupture du ligament croisé antérieur. *J Traumatol Sport.* sept 2014;31(3):149-52.
32. Li S, Su W, Zhao J, Xu Y, Bo Z, Ding X, et al. A meta-analysis of hamstring autografts versus bone–patellar tendon–bone autografts for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *The Knee.* oct 2011;18(5):287-93.
33. Rice DA, McNair PJ. Quadriceps Arthrogenic Muscle Inhibition: Neural Mechanisms and Treatment Perspectives. *Semin Arthritis Rheum.* déc 2010;40(3):250-66.
34. Site chirurgiedusport.com. Traitements - GENOU - Ligament - Ligamentoplastie du LCA : les techniques actuelles : DIDT, KJ, DT4 TLS, Macintosh au fascia Lata, tendon quadricipital, double faisceau, Lemaire, rupture partielle, navigation, allogreffe [Internet]. [cité 3 fev 2020]. Disponible sur: http://chirurgiedusport.com/___ligamentoplastie_du_lca___les_techniques_actuelles___didt_kj_dt4_tls_macintosh_au_fascia_lata_tendon_quadricipital_double_faisceau_lemaire_rupture_partielle_navigation_allogreffe-f-4-c-2336-sc-16-a-760193.html
35. Vinagre G, Kennedy NI, Chahla J, Cinque ME, Hussain ZB, Olesen ML, et al. Hamstring Graft Preparation Techniques for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Tech.* déc 2017;6(6):e2079-84.
36. Sonnerly-Cottet B, Freychet B, Murphy CG, Pupim BHB, Thaumat M. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Preservation: The Single–Anteromedial Bundle Biological Augmentation (SAMBBA) Technique. *Arthrosc Tech.* déc 2014;3(6):e689-93.
37. Sonnerly-Cottet B, Daggett M, Lutz C, Imbert P, Thaumat M. Outcomes After Combined ACL and ALL Reconstruction: Response. *Am J Sports Med.* juill 2015;43(7):NP17-8.
38. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat.* oct 2013;223(4):321-8.
39. Raoul T, Klouche S, Guerrier B, El-Hariri B, Herman S, Gerometta A, et al. Are athletes able to resume sport at six-month mean follow-up after anterior cruciate ligament

- reconstruction? Prospective functional and psychological assessment from the French Anterior Cruciate Ligament Study (FAST) cohort. *The Knee*. janv 2019;26(1):155-64.
40. Bottoni CR, Smith EL, Shaha J, Shaha SS, Raybin SG, Tokish JM, et al. Autograft Versus Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized Clinical Study With a Minimum 10-Year Follow-up. *Am J Sports Med*. oct 2015;43(10):2501-9.
 41. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Hamstring Strength Recovery After Hamstring Tendon Harvest for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Comparison Between Graft Types. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. avr 2010;26(4):462-9.
 42. Meuffels DE, Poldervaart MT, Diercks RL, Fievez AW, Patt TW, Hart CP van der, et al. Guideline on anterior cruciate ligament injury: A multidisciplinary review by the Dutch Orthopaedic Association. *Acta Orthop*. août 2012;83(4):379-86.
 43. Samuelsen BT, Webster KE, Johnson NR, Hewett TE, Krych AJ. Hamstring Autograft versus Patellar Tendon Autograft for ACL Reconstruction: Is There a Difference in Graft Failure Rate? A Meta-analysis of 47,613 Patients: *Clin Orthop*. oct 2017;475(10):2459-68.
 44. Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz PJ, Nizard RS. Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis. *BMJ*. 29 avr 2006;332(7548):995-1001.
 45. The MARS Group, Wright RW, Huston LJ, Haas AK, Spindler KP, Nwosu SK, et al. Effect of Graft Choice on the Outcome of Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort. *Am J Sports Med*. oct 2014;42(10):2301-10.
 46. Huber R, Viecelli C, Bizzini M, Friesenbichler B, Dohm-Acker M, Rosenheck T, et al. Knee extensor and flexor strength before and after anterior cruciate ligament reconstruction in a large sample of patients: influence of graft type. *Phys Sportsmed*. 2 janv 2019;47(1):85-90.
 47. Ageberg E, Thomeé R, Neeter C, Silbernagel KG, Roos EM. Muscle strength and functional performance in patients with anterior cruciate ligament injury treated with training and surgical reconstruction or training only: A two to five-year followup. *Arthritis Rheum*. 15 déc 2008;59(12):1773-9.
 48. Ristanis S, Tsepis E, Giotis D, Stergiou N, Cerulli G, Georgoulis AD. Electromechanical Delay of the Knee Flexor Muscles Is Impaired After Harvesting Hamstring Tendons for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. nov 2009;37(11):2179-86.
 49. Janssen RPA, van der Wijk J, Fiedler A, Schmidt T, Sala HAGM, Scheffler SU. Remodelling of human hamstring autografts after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. août 2011;19(8):1299-306.
 50. Janssen RPA, van der Velden MJF, Pasmans HLM, Sala HAGM. Regeneration of hamstring tendons after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. avr 2013;21(4):898-905.

51. Konrath JM, Saxby DJ, Killen BA, Pizzolato C, Vertullo CJ, Barrett RS, et al. Muscle contributions to medial tibiofemoral compartment contact loading following ACL reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon grafts. Woloschak GE, éditeur. PLOS ONE. 19 avr 2017;12(4):e0176016.
52. Croisier JL, Crielaard JM. Expérience de l'isocinétisme dans l'encadrement sportif. J Traumatol Sport. déc 2004;21(4):238-43.
53. Fabri S, Lacaze F, Roussenque A, Marc T. La rééducation d'emblée des ischiojambiers après chirurgie du DIDT. J Traumatol Sport. déc 2007;24(4):193-9.
54. Barthelemy Y, Ferret J-M. Plaidoyer pour une prise en charge précoce des ischiojambiers après DIDT. Lett Médecine Phys Réadapt. mars 2010;26(1):20-7.
55. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. Br J Sports Med. oct 2013;47(15):953-9.
56. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. Br J Sports Med. juill 2017;51(13):1021-8.
57. Wangenstein A, Tol JL, Witvrouw E, Van Linschoten R, Almusa E, Hamilton B, et al. Hamstring Reinjuries Occur at the Same Location and Early After Return to Sport: A Descriptive Study of MRI-Confirmed Reinjuries. Am J Sports Med. août 2016;44(8):2112-21.
58. Mueller-Wohlfahrt H-W, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. Br J Sports Med. avr 2013;47(6):342-50.
59. Hody S, Croisier J-L, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. Front Physiol. 3 mai 2019;10:536.
60. LaStayo P, Marcus R, Dibble L, Frajacomio F, Lindstedt S. Eccentric exercise in rehabilitation: safety, feasibility, and application. J Appl Physiol. 1 juin 2014;116(11):1426-34.
61. Hoppeler H. Moderate Load Eccentric Exercise; A Distinct Novel Training Modality. Front Physiol [Internet]. 16 nov 2016 [cité 22 fev 2020];7. Disponible sur: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2016.00483/full>
62. Timmins RG, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Architectural adaptations of muscle to training and injury: a narrative review outlining the contributions by fascicle length, pennation angle and muscle thickness. Br J Sports Med. déc 2016;50(23):1467-72.
63. Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal Muscle Remodeling in Response to Eccentric vs. Concentric Loading: Morphological, Molecular, and Metabolic Adaptations. Front Physiol. 4 juill 2017;8:447.
64. Hedayatpour N, Falla D. Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. BioMed Res Int. 2015;2015:1-7.

65. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Med.* avr 2017;47(4):663-75.
66. Cermak NM, Snijders T, McKAY BR, Parise G, Verdijk LB, Tarnopolsky MA, et al. Eccentric Exercise Increases Satellite Cell Content in Type II Muscle Fibers: *Med Sci Sports Exerc.* févr 2013;45(2):230-7.
67. Hyldahl RD, Olson T, Welling T, Groscost L, Parcell AC. Satellite cell activity is differentially affected by contraction mode in human muscle following a work-matched bout of exercise. *Front Physiol* [Internet]. 11 déc 2014 [cité 22 fev 2020];5. Disponible sur: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2014.00485/abstract>
68. Timmins RG, Ruddy JD, Presland J, Maniar N, Shield AJ, Williams MD, et al. Architectural Changes of the Biceps Femoris Long Head after Concentric or Eccentric Training: *Med Sci Sports Exerc.* mars 2016;48(3):499-508.
69. Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players: A Prospective Study. *Am J Sports Med.* août 2008;36(8):1469-75.
70. Ferretti A, Vadalà A, De Carli A, Argento G, Conteduca F, Severini G. Minimizing Internal Rotation Strength Deficit After Use of Semitendinosus for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Modified Harvesting Technique. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* juill 2008;24(7):786-95.
71. Árnason SM, Birnir B, Guðmundsson TE, Guðnason G, Briem K. Medial hamstring muscle activation patterns are affected 1–6 years after ACL reconstruction using hamstring autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* mai 2014;22(5):1024-9.
72. Messer DJ, Shield AJ, Williams MD, Timmins RG, Bourne MN. Hamstring muscle activation and morphology are significantly altered 1–6 years after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* mars 2020;28(3):733-41.
73. Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Biceps Femoris Architecture and Strength in Athletes with a Previous Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: *Med Sci Sports Exerc.* mars 2016;48(3):337-45.
74. Lynn SK, Costigan PA. Changes in the medial–lateral hamstring activation ratio with foot rotation during lower limb exercise. *J Electromyogr Kinesiol.* juin 2009;19(3):e197-205.
75. Croisier J-L, Codine P. Exercice musculaire excentrique [Internet]. [cité 8 fev 2020]. Disponible sur: <https://www.unitheque.com/exercice-musculaire-excentrique/pathologie-locomotrice-medecine-orthopedique/elsevier-masson/Livre/28382>
76. 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.
77. Maniar N, Shield AJ, Williams MD, Timmins RG, Opar DA. Hamstring strength and flexibility after hamstring strain injury: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* août 2016;50(15):909-20.

78. Nappini T, Lagniaux F. Prévention de la récurrence des lésions myoaponévrotiques des ischio-jambiers chez le footballeur. *Kinésithérapie Sci.* 10 déc 2017;(0593):47-53.
79. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC. Effects of Early Progressive Eccentric Exercise on Muscle Size and Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A 1-Year Follow-up Study of a Randomized Clinical Trial. *Phys Ther.* 1 janv 2009;89(1):51-9.
80. Dedinsky R, Baker L, Imbus S, Bowman M, Murray L. Exercises that facilitate optimal hamstring and quadriceps co-activation to help decrease ACL injury risk in healthy females : A systematic review of the literature. *Int J Sports Phys Ther.* févr 2017;12(1):3-15.
81. Tsaklis P, Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Korakakis V, Pyne D, Malliaras P, et al. Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access J Sports Med.* juin 2015;209.
82. Khaiyat OA, Norris J. Electromyographic activity of selected trunk, core, and thigh muscles in commonly used exercises for ACL rehabilitation. *J Phys Ther Sci.* 2018;30(4):642-8.
83. Begalle RL, DiStefano LJ, Blackburn T, Padua DA. Quadriceps and Hamstrings Coactivation During Common Therapeutic Exercises. *J Athl Train.* juill 2012;47(4):396-405.
84. Severini G, Holland D, Drumgoole A, Delahunt E, Ditroilo M. Kinematic and electromyographic analysis of the Askling L-Protocol for hamstring training. *Scand J Med Sci Sports.* déc 2018;28(12):2536-46.
85. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Budtz-Jørgensen E, Hölmich P. Preventive Effect of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries in Men's Soccer: A Cluster-Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* nov 2011;39(11):2296-303.
86. Hegyi A, Csala D, Péter A, Finni T, Cronin NJ. High-density electromyography activity in various hamstring exercises. *Scand J Med Sci Sports.* janv 2019;29(1):34-43.
87. Van den Tillaar R, Solheim JAB, Bencke J. Comparison of hamstring muscle activation during high-speed running and various hamstring strengthening exercises. *Int J Sports Phys Ther.* oct 2017;12(5):718-27.
88. Zebis MK, Bencke J, Andersen LL, Døssing S, Alkjær T, Magnusson SP, et al. The Effects of Neuromuscular Training on Knee Joint Motor Control During Sidecutting in Female Elite Soccer and Handball Players: *Clin J Sport Med.* juill 2008;18(4):329-37.
89. Jónasson G, Helgason A, Ingvarsson Þ, Kristjánsson AM, Briem K. The Effect of Tibial Rotation on the Contribution of Medial and Lateral Hamstrings During Isometric Knee Flexion. *Sports Health Multidiscip Approach.* mars 2016;8(2):161-6.
90. Frizziero A, Trainito S, Oliva F, Nicoli Aldini N, Masiero S, Maffulli N. The role of eccentric exercise in sport injuries rehabilitation. *Br Med Bull.* 1 juin 2014;110(1):47-75.

91. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Quelard B, Daggett M, Borade A, Ouanezar H, et al. Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. *Br J Sports Med.* mars 2019;53(5):289-98.
92. Pappas E, Nightingale EJ, Simic M, Ford KR, Hewett TE, Myer GD. Do exercises used in injury prevention programmes modify cutting task biomechanics? A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* mai 2015;49(10):673-80.
93. Serpell BG, Scarvell JM, Pickering MR, Ball NB, Newman P, Perriman D, et al. Medial and lateral hamstrings and quadriceps co-activation affects knee joint kinematics and ACL elongation: a pilot study. *BMC Musculoskelet Disord.* déc 2015;16(1):348.
94. Franchi MV, Maffiuletti NA. Distinct modalities of eccentric exercise: different recipes, not the same dish. *J Appl Physiol.* 1 sept 2019;127(3):881-3.
95. Perrot B. La ligamentisation à l'épreuve de la laximétrie gnr®. *Kinésithérapie Sci.* 10 mars 2018;(0596):35-43.
96. Hug F. Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography? *J Electromyogr Kinesiol.* févr 2011;21(1):1-12.
97. Fenneteau H. Enquête : entretien et questionnaire [Internet]. 2020 [cité 28 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.dunod.com/entreprise-economie/enquete-entretien-et-questionnaire>
98. Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, Tuite MJ, Hetzel SJ, Heiderscheid BC. Clinical and Morphological Changes Following 2 Rehabilitation Programs for Acute Hamstring Strain Injuries: A Randomized Clinical Trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* mai 2013;43(5):284-99.
99. Boren K, Conrey C, Coguic J, Paprocki L, Voight M, Robinson K. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *Int J Sports Phys Ther.* sept 2011;6(3):206-23.
100. Tseng W-C, Nosaka K, Tseng K-W, Chou T-Y, Chen TC. Contralateral Effects by Unilateral Eccentric versus Concentric Resistance Training: *Med Sci Sports Exerc.* févr 2020;52(2):474-83.
101. Bruchard A. Le point sur le LCA [Internet]. KINESPORT : Formations continues en kinésithérapie du sport et thérapie manuelle. [cité 28 dec 2019]. Disponible sur: https://www.kinesport.info/LE-POINT-SUR-LE-LCA_a4898.html
102. Hug F, Vogel C, Tucker K, Dorel S, Deschamps T, Le Carpentier É, et al. Individuals have unique muscle activation signatures as revealed during gait and pedaling. *J Appl Physiol.* 1 oct 2019;127(4):1165-74.
103. Fyfe JJ, Opar DA, Williams MD, Shield AJ. The role of neuromuscular inhibition in hamstring strain injury recurrence. *J Electromyogr Kinesiol.* juin 2013;23(3):523-30.
104. Haute Autorité de Santé - Démarche centrée sur le patient [Internet]. [cité 8 mars 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2015-06/demarche_centree_patient_web.pdf

Table des annexes

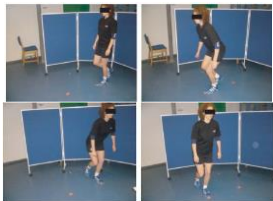
Annexe 1 : Exemples d'équations de recherche utilisées pour la synthèse de littérature.....	I
Annexe 2 : Tableau illustrant et expliquant les différents exercices de renforcement.....	II
Annexe 3 : Répartition des exercices de rééducations en fonction du niveau d'activation musculaire des muscles ischio-jambiers.....	IV
Annexe 4 : Tableau présentant les activations préférentielles des muscles ou groupes musculaires en fonction des exercices de rééducation réalisés.....	V
Annexe 5 : Questionnaire adressé aux chirurgiens orthopédistes.....	VI
Annexe 6 : Questionnaire adressé aux masso-kinésithérapeutes.....	IX
Annexe 7 : Résultats et Analyse du questionnaire adressé aux chirurgiens orthopédistes.....	XI
Annexe 8 : Résultats et Analyse du questionnaire adressé aux masso-kinésithérapeutes....	XIV

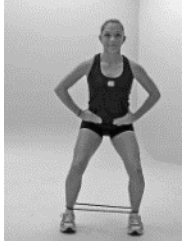
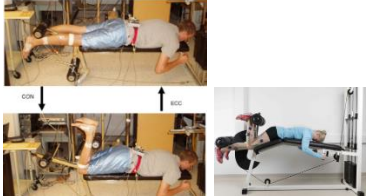
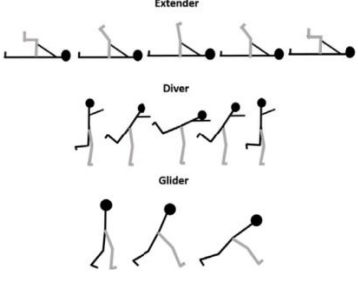
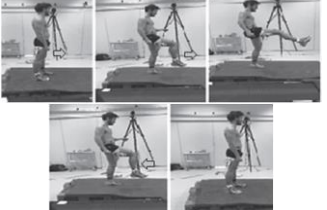
Annexe 1 : Exemples d'équations de recherche utilisées pour la synthèse de littérature

- (*'anterior cruciate ligament reconstruction'* OR ACLR OR *'ACL reconstruction'* OR *ligamentoplasty*) AND *rehabilitation* AND (*semitendinosus* OR *semi-tendinosus* OR *hamstring* OR *hamstrings*) AND *eccentric*
- (*'hamstring graft'* OR DIDT OR DT4) AND *rehabilitation* AND *eccentric*
- (*'hamstring graft'* OR DIDT OR DT4) AND *regeneration*
- (*'hamstring strain injury'* OR *'acute hamstring injury'*) AND *eccentric* AND *rehabilitation*
- (*Semitendinosus* OR *semi-tendinosus* OR *hamstring* OR *hamstrings*) AND *exercise* AND (*activation* OR *contraction*) AND EMG AND *rehabilitation*
- (*Semitendinosus* OR *semi-tendinosus* OR *hamstring* OR *hamstrings*) AND *'strengthening exercise'* AND *rehabilitation* AND (*'anterior cruciate ligament reconstruction'* OR ACLR OR *'ACL reconstruction'* OR *ligamentoplasty*)
- (*'anterior cruciate ligament'* OR ACL) AND *hamstring* AND *'dynamic valgus'*

Annexe 2 : Tableau illustrant et expliquant les différents exercices de renforcement

(Illustrations issues des articles de Zebis et al 2013, Tsaklis et al 2015, Begalle et al 2012, Lynn et al 2009, Beauchat et al 2019, Van den Tillaar et al 2017, Hegyi et al 2018 et Severini et al 2018)

« One-leg bridge » (Ou « Supine pelvis lift »)		En décubitus dorsal, avoir un genou fléchi avec le pied posé à plat sur sol non-glissant. Le pied opposé est posé sur le genou fléchi. Réaliser une extension de hanche pour soulever le bassin et aligner la cuisse du membre en appui avec le tronc jusqu'aux épaules. Freiner ensuite la descente pour le retour à la position initiale.
« Hamstring bridge » (Ou « Bent-knee bridge »)		En décubitus dorsal, poser les talons sur un support (type chaise ou banc) et réaliser une extension de hanche afin de soulever le bassin et aligner les épaules avec le bassin et les genoux. Freiner ensuite la descente pour un retour à la position initiale.
« Supine one leg curl » (Ou « Slide leg »)		En décubitus dorsal, avoir un genou fléchi avec pied à plat reposant sur un objet glissant (type serviette). L'autre jambe est levée et tendue. La jambe fléchie va freiner l'extension de genou produite par le glissement du pied, tout en maintenant l'extension de hanche.
« Squat » / « Single-leg squat » (Ou « Single limb squat »)		Se tenir debout, pieds espacés de la largeur des épaules, puis descendre en reculant le bassin vers l'arrière et en fléchissant les genoux qui ne dépassent pas la verticale passant par les orteils. Remonter pour retourner à la position initiale, le dos restant bien droit. Lors de l'exécution en unipodal, la jambe libre doit rester tendue en avant, le dos toujours droit.
« Romanian Deadlift »		Se tenir debout, pieds espacés de la largeur des épaules, en tenant une barre (lestée ou non). Descendre lentement la barre le long des jambes en conservant le dos droit, en reculant le bassin et pliant légèrement les genoux. Puis remonter en position initiale.
« One-leg Romanian deadlift T-drop »		Se placer debout en appui sur un pied, genou légèrement fléchi. Effectuer un mouvement de balancier (l'axe de rotation étant la hanche du membre inférieur en appui) en penchant le buste vers l'avant tandis que la jambe tendue opposée s'élève en respectant l'alignement jambe-tronc. Freiner la descente, puis remonter de façon synchrone. Un poids peut être ajouté pour la progression.
« Good morning exercise »		Se tenir debout, pieds espacés de la largeur des épaules, en tenant une barre (lestée ou non). Descendre lentement la barre le long des jambes en conservant le dos droit, en reculant le bassin et déverrouillant les genoux. Puis remonter en position initiale. Par comparaison avec le « Romanian dead lift », la flexion de genou est moins prononcée et l'effort plus ciblé sur l'extension de hanche.
« (Two hands) Kettlebell Swing » (Ou « Hip Hinge »)		Débuter en position de squat, pieds espacés, bassin en arrière, genoux fléchis et placés à la verticale des orteils. Les mains tiennent un poids type Kettlebell. Effectuer une extension combinée de genou et de hanche en soulevant le poids devant soi bras tendus, puis freiner la descente lors du retour à la position initiale.
« Hip Extension » (Ou « 45° Hip Extension »)		La position de départ est à une flexion de hanche comprise entre 45 et 90°. Les pieds sont fixés soit par le rééducateur, soit à l'aide d'un matériel spécifiquement prévu pour ce type d'exercice. Mains croisées sur le torse, remonter le thorax en effectuant une extension de hanche contre le poids du corps, puis revenir à la position initiale en freinant la descente.
« Forward/Lateral/Transverse Lunge »		De la position debout, mains sur les hanches, venir en fente vers l'avant (ou le côté/en diagonale) poser le pied à plat. Le buste reste droit, les genoux fléchissent à 90° sans contact avec le sol. Puis revenir à la position initiale.
« Front/Lateral/Transverse Hop » (Ou « Jump »)		D'une position unipodale, effectuer un saut vers l'avant (ou le côté/en diagonale) en se stabilisant quelques secondes au moment de la réception du saut, sans oscillations du tronc. Il est possible de demander au patient de garder les mains sur les hanches pour éviter de s'équilibrer avec les bras.

« Lateral band walk exercise »		Débuter en position de demi-squat (genoux et hanches légèrement fléchis, bassin vers l'arrière, dos droit), avec un élastique placé entre les chevilles. Effectuer une marche latérale contre la résistance élastique en maintenant un écart minimum entre les pieds (largeur d'épaules). On notera que l'élastique est ici placé au niveau des chevilles dans les articles étudiés, mais pour des raisons de protection du transplant, est préférentiellement placé au-dessus des genoux, notamment à des stades plus précoces de la rééducation post-ligamentoplastie.
« Prone hamstring leg curl » (One/Two legs)		En décubitus ventral, le tronc et le bassin étant maintenu, venir fléchir le genou jusqu'à la verticale, puis freiner la descente lors du retour à la position initiale. La résistance peut être le poids du corps (pesanteur) ou des résistances additionnelles en utilisant du matériel spécifiquement prévu pour ce type d'exercice.
« (Stand) Leg curl »		En position debout face à un espalier, un élastique relie une des chevilles à l'espalier. Se mettre en appui sur l'autre jambe et réaliser une extension de hanche contre résistance du côté relié à l'élastique. Revenir ensuite à la position de départ en freinant ce retour. Le tronc doit rester à la verticale tout au long de l'exercice.
« Extender », « Diver » et « Glider » (Exercices décrits par Askling et al (2013) : « L-protocol »)		« Extender » : En décubitus dorsal, maintenir le genou avec les mains, en position de hanche fléchie à 90°. Effectuer des extensions de genou puis retour à la position de départ à faible vitesse. « Diver » : De façon similaire au « One-leg Romanian deadlift T-drop », effectuer un mouvement de balancier en freinant la descente à vitesse lente. « Glider » : En position debout, le pied arrière est en appui sur un support glissant (type serviette). Tandis que le pied avant reste fixé (membre opéré), se pencher en avant en freinant le recul du pied arrière à faible vitesse. Le retour en position initiale s'effectue avec les bras, par traction (ou en appui) sur un support.
« Standing kick »		En position debout, le patient se place en appui sur un pied tandis qu'il effectue un mouvement de coup de pied vers l'avant avec le pied opposé avant de revenir à la position initiale. Il réalise pour cela une flexion combinée de hanche et de genou avant de réaliser une extension rapide de genou. Le buste doit rester le plus droit possible pour éviter toute compensation du tronc.
« Nordic hamstring »		Agenouillé sur un tapis, le patient a les genoux fléchis à 90° et les chevilles maintenues par le rééducateur. Tout en conservant l'extension de hanche (alignement cuisse-tronc), freiner le plus lentement possible la descente du tronc jusqu'au sol, la réception s'opérant avec les mains.
« TRX exercise »		En décubitus dorsal sur un tapis, placer les pieds, jambes tendues dans les sangles du TRX, puis effectuer une extension de hanche afin de soulever le bassin et l'aligner avec les genoux et les épaules. A partir de cette position de départ, effectuer alternativement des flexions et extension de genou sur une jambe puis l'autre.
« Fitball Flexion »		En décubitus ventral, un ballon de Klein est placé par le rééducateur en appui au niveau du bassin. Venir percuter le ballon avec le talon puis revenir à la position initiale en réalisant des flexion/extension de genou. La vitesse d'exécution et le placement cranio-caudal du ballon peuvent être modifiés pour la progression.

Annexe 3 : Répartition des exercices de rééducations en fonction du niveau d'activation musculaire des muscles ischio-jambiers

	INTENSITE FAIBLE	INTENSITE MOYENNE	INTENSITE FORTE
<i>Tsaklis et al. 2015</i>	<i>Lunge</i> <i>Single Roman deadlift T-drop</i> <i>Kettlebell Swing</i> <i>One-leg Bridge</i>	<i>Hamstring bridge</i> <i>TRX</i> <i>Leg Curl</i>	<i>Fitball flexion</i> <i>Slide leg</i> <i>Nordic hamstring</i>
<i>Begalle et al. 2012</i>	<i>Front/Lateral/Transverse Hop</i> <i>Lateral band walk</i> <i>Single limb squat</i> <i>Forward/Lateral/Transverse Lunge</i>		
<i>Beuchat et al. 2019</i>		<i>Hamstring bridge</i> <i>Leg curl</i>	<i>Nordic hamstring</i>
<i>Bourne et al. 2016</i>	<i>Lunge</i> <i>Kettlebell Swing</i>	<i>Squat</i> <i>Single leg squat</i>	<i>Hamstring bridge</i> <i>Hip extension</i> <i>Leg curl (concentrique)</i> <i>Nordic hamstring</i>
<i>Van den Tillaar et al. 2017</i>			<i>Standing kick</i> <i>Nordic hamstring</i>
<i>Hegyi et al. 2018</i>	<i>Good morning exercise</i> <i>Single Roman deadlift T-drop</i>	<i>45° hip extension</i> <i>One-leg bridge</i> <i>Prone 2-legs curl</i>	<i>Slide leg</i> <i>Stand leg curl</i> <i>Bent-knee bridge</i>
<i>Severini et al. 2018</i>	<i>The « Extender »</i>	<i>The « Diver »</i> <i>The « Glider »</i>	

Annexe 4 : Tableau présentant les activations préférentielles des muscles ou groupes musculaires en fonction des exercices de rééducation réalisés

Publication	Population	Outil de mesure	Lateral band walk exercise	Forward lunge	Lateral lunge	Transverse lunge	Supine pelvis lift	Supine one-leg curl	Romanian dead lift	Good morning exercise	One-leg romanian deadlift T-drop	Two-hands kettlebell swing/ Hip hinge	Squat	Single-leg squat	One leg side jump	Transverse hop	Prone leg curl (Two legs)	Prone leg curl (One leg)	Hip extension	Standing kick	Fitball flexion	Nordic hamstring
			F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	O	F	O	O	F
Zebis <i>et al.</i> 2013	16 sportives saines	EMG					0	BF	ST			ST			0				BF			0
Tsaklis <i>et al.</i> 2015	20 athlètes saines	EMG		ST			0	0			ST	ST									BF	0
Begalle <i>et al.</i> 2012	27 volontaires sains	EMG	IJ	Q	Q	Q					IJ			0	IJ	IJ						
Dedinsky <i>et al.</i> 2016	Méta-analyse	EMG											Q	Q								
Lynn <i>et al.</i> 2009	13 volontaires sains	EMG					STrm				ST						STrm					
Beuchat <i>et al.</i> 2019	20 patients 9-15 mois post-DIDT	EMG					0											STrm				0
Bourne <i>et al.</i> 2017	24 sportifs sains	EMG + IRM		BF			ST				0	0	0					STc	BFc			STe
Khaiyat <i>et al.</i> 2018	20 volontaires sains	EMG		Q									Q									
Van den Tillaar <i>et al.</i> 2017	20 sportifs sains	EMG																		ST		ST
Hegyi <i>et al.</i> 2018	19 athlètes sains	EMG								STe								STc	BFc			

ST : Activation préférentielle du *semi-tendinosus* (p<0,05)

BF : Activation préférentielle du *biceps fémoris* (p<0,05)

0 : Pas de différence significative d'activation entre le ST et le BF

STrm : Activation préférentielle du *semi-tendinosus* si rotation médiale du segment jambier associée (p<0,05)

ST/BFe : Activation préférentielle du muscle lors du mouvement excentrique (p<0,05)

ST/BFc : Activation préférentielle du muscle lors du mouvement concentrique (p<0,05)

IJ : Rapport IJ/Q augmenté

Q : Rapport IJ/Q diminué

"Sains" : sans antécédent de blessure type LMA ou rupture de ligaments croisés

"Sportif"/"Athlète" : Pratiquant un ou des sport(s) de façon régulière

O : Chaîne cinétique ouverte / F : Chaîne cinétique fermée

Annexe 5 : Questionnaire adressé aux chirurgiens orthopédistes

Ligamentoplastie du croisé antérieur de genou

Etudiant en masso-kinésithérapie à l'IFM3R de St-Sébastien s/Loire, je réalise mon travail de mémoire de fin d'études qui s'intéresse à la prise en charge post-opératoire des patients ayant bénéficié d'une reconstruction du ligament croisé antérieur, et comprenant notamment deux questionnaires pour les professionnels de santé. Celui-ci s'adresse aux chirurgiens orthopédistes pratiquant notamment la ligamentoplastie du ligament croisé antérieur de genou.

Anonyme et rapide à remplir, il se compose de 3 parties :

- Informations générales
- L'acte chirurgical en lui-même
- Vos préconisations pour la rééducation post-opératoire.

Il y a au total 10 questions dans ce questionnaire.

Je vous remercie par avance pour le temps que vous y consacrerez.

Q1 / Dans quel(s) type(s) de structure(s) exercez-vous ?

(Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- CH/CHU
- Structure privée
- Autre

Q2 / Depuis combien d'années exercez-vous en tant que chirurgien ?

(Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- 1 à 10 ans
- 11 à 20 ans
- 21 à 30 ans
- Plus de 30 ans

Q3 / Au niveau chirurgical, quelle est la proportion de vos interventions effectuées au niveau du genou par rapport aux autres articulations ?

(Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément)

	Jamais	1-40 %	40-60 %	60-100 %
Genou				
Autres articulations				

Q4 / Concernant les interventions que vous réalisez sur le genou, pourriez-vous estimer la proportion de chacune d'entre elles ?

(Question en accès restreint aux chirurgiens intervenant au niveau du genou)

(Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément)

	Jamais	1-50 %	50-100 %
Chirurgie prothétique de genou			
Ligamentoplastie de croisés			
Autre			

Q5 / A combien estimez-vous le nombre moyen annuel de ligamentoplasties de LC (Ligaments croisés) de genou que vous effectuez ?

(Question en accès restreint aux chirurgiens réalisant des ligamentoplasties de LC)

(Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Moins de 50
- Entre 50 et 100
- Entre 100 et 200
- Plus de 200

Q6 / Dans le cas d'une rupture totale, isolée ou non, du ligament croisé antérieur, quel type de greffe privilégiez-vous en première intention ?

(Question en accès restreint aux chirurgiens réalisant des ligamentoplasties de LC)

(Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Tendon quadricipital ou tendon rotulien
- Tendon(s) de la patte d'oie (DIDT, DT3, Greffe courte)
- Fascia lata
- Autre

Q7 / Quel type de fixation privilégiez-vous pour la greffe de type tendineuse ?

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

(Veuillez sélectionner 3 réponses maximum, dans l'ordre de vos préférences de 1 à 3)

- Vis d'interférence (résorbables ou non)
- Endobuttons
- Implant transversal
- Agrafe
- Bandelette d'ancrage + Vis
- Autre (Si Autre, merci de préciser)

Q8 / En cas de ligamentoplastie nécessitant le prélèvement du semi-tendinosus, quelles sont vos recommandations pour la rééducation post-opératoire au cours des 3 premières semaines ? (Cas d'atteinte isolée du LCA sans autre lésion associée) (Listes non exhaustives)

Champ "Antalgique et Circulatoire" : (Cochez la ou les réponses)

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

- Aucune
- Obtenir un genou sec et indolore
- Cryothérapie et/ou physiothérapie pour le traitement de la douleur
- Port de bas de contention
- Compression active (Pressothérapie) et/ ou passive du membre opéré
- Mise en déclive du membre inférieur opéré
- Autre :

Champ "Articulaire" : (Cochez la ou les réponses)

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

- Aucune
- Retrouver l'extension passive complète, lutter contre le flexum
- Obtenir une flexion passive jusqu'à au moins 70°
- Obtenir une flexion passive jusqu'à au moins 90°
- Obtenir une flexion passive jusqu'à au moins 110-120°
- Mobilisation de la patella
- Mobilisation des articulations sus et sous-jacentes
- Autre :

Champ "Musculaire" : (Cochez la ou les réponses)

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

- Aucune
- Réveil musculaire quadricipital isométrique en chaîne cinétique ouverte
- Réveil musculaire quadricipital isométrique en chaîne cinétique fermée
- Sollicitation active du quadriceps en co-contraction avec les ischio-jambiers
- Sollicitation active isolée des ischio-jambiers
- Sollicitation active des ischio-jambiers uniquement en co-contraction avec le quadriceps
- Electrostimulation pour le début de travail musculaire actif
- Etirement de la chaîne musculaire postérieure
- Sollicitation isométrique des muscles des articulations sus et sous-jacentes
- Sollicitation précoce du membre controlatéral
- Autre :

Champ "Fonctionnel et Moyens kinésithérapiques" :

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

(Cochez la ou les réponses)

- Aucune
- Appui autorisé sous couvert de 2 cannes anglaises
- Port d'une attelle (Type Zimmer)
- Obtenir un verrouillage actif en extension du genou
- Mobilisation passives douces et prudentes
- Mobilisation cutanée prudente au niveau des cicatrices
- Eviter tout mouvement rotatoire du genou en travaillant dans le plan sagittal
- Massages
- Autre :

Q9 / En cas de prélèvement du *semi-tendinosus*, que recommandez-vous concernant la prise en soins des muscles ischio-jambiers lors de ces 3 premières semaines ? (Listes non exhaustives)

Champ "Moyens kinésithérapiques" :

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

(Cochez la ou les réponses)

- Pas de mise en tension via des étirements
- Etirements doux de la face postérieure de cuisse
- Etirements doux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré
- Massage et mobilisation passive à visée cicatricielle
- Mobilisation passive, sans massage
- Autre :

Champ "Musculaire" :

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

(Cochez la ou les réponses)

- Pas de sollicitation musculaire active
- Pas de sollicitation musculaire active contre résistance
- Sollicitation musculaire active possible en isométrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Sollicitation musculaire active possible en concentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Sollicitation musculaire active possible en excentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Autre :

Q10 / Quel type de préconisation transmettez-vous ?

(Question en accès restreint aux chirurgiens privilégiant les tendons de la patte d'oie)

(Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Préconisations personnelles en fonction du profil du patient et/ou type d'opération
- Préconisations communes à toutes les ligamentoplasties effectuées (Atteinte isolée des ligaments croisés)
- Préconisations imposées par l'établissement de santé
- Autre

Annexe 6 : Questionnaire adressé aux masso-kinésithérapeutes

Rééducation post-ligamentoplastie du croisé antérieur de genou

Etudiant en masso-kinésithérapie à l'IFM3R de St-Sébastien s/Loire, je réalise mon travail de mémoire de fin d'études qui s'intéresse à la prise en charge post-opératoire des patients ayant bénéficié d'une reconstruction du ligament croisé antérieur, et comprenant notamment deux questionnaires pour les professionnels de santé. Celui-ci s'adresse aux masso-kinésithérapeutes prenant et/ou ayant pris en soins des patients en rééducation post-ligamentoplastie du ligament croisé antérieur de genou.

Anonyme et rapide à remplir, il se compose de 4 parties :

- Informations générales
- Ligamentoplastie de genou
- Rééducation post-opératoire
- Préconisations chirurgicales et rééducation post-opératoire.

Il y a au total 9 questions dans ce questionnaire.

Je vous remercie par avance pour le temps que vous y consacrerez.

Q1 / Dans quel type de structure exercez-vous ? (Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Structure libérale
- CH / CHU
- Centre de rééducation
- Autre

Q2 / Depuis combien de temps êtes-vous diplômé(e) ? (Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Moins de 10 ans
- 10 à 20 ans
- 21 à 30 ans
- Plus de 30 ans

Q3 / A titre individuel, à combien estimez-vous le nombre de patient, en moyenne par an, que vous prenez en soins directement en post-opératoire immédiat de ligamentoplastie de genou ?

(Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Entre 0 et 5
- Entre 5 et 15
- Plus de 15

Exemple : Si vous débutez la prise en charge de 3 nouveaux patients par mois suite à leur opération, vous multipliez par le nombre de mois d'activités dans l'année, par exemple 10,5. Cela vous permet d'obtenir le nombre annuel : 31,5.

Q4 / Quels types d'interventions chirurgicales rencontrez-vous chez les patients que vous accompagnez et dans quelles proportions ? (Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément)

	Jamais	1-40 %	40-60 %	60-100 %
Mac Intosh				
Os-Tendon-Os type Kenneth-Jones				
Tendon Quadricipital				
DIDT avec ou sans renforcement latéral				
DT4 avec ou sans renforcement latéral				
Autre				

Q5 / Dans le cas d'une ligamentoplastie ayant nécessité le prélèvement du *semi-tendinosus* (essentiellement DIDT et DT4), quelle(s) action(s) réalisez-vous concernant les muscles ischio-jambiers au niveau du genou opéré dans les 3 premières semaines ? (Listes non exhaustive)

Champ "Moyens kinésithérapiques" : (Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent)

- Pas de mise en tension via des étirements
- Étirements doux de la face postérieure de cuisse
- Étirements doux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré
- Étirements posturaux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré
- Mobilisations passives et massages à visée cicatricielle
- Mobilisations passives, sans massages
- Autre :

Champ "Musculaire" : (Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent)

- Pas de sollicitation musculaire active
- Pas de sollicitation musculaire active contre résistance
- Sollicitation musculaire active possible en isométrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Sollicitation musculaire active possible en concentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Sollicitation musculaire active possible en excentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires
- Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Ouverte (CCO)
- Pas de sollicitation musculaire en CCO
- Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Fermée (CCF)
- Pas de sollicitation musculaire en CCF
- Autre :

Q6 / En cas de prélèvement du *semi-tendinosus* (essentiellement DIDT et DT4), à partir de quand commencez-vous à solliciter les ischio-jambiers par une contraction volontaire ?

(Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- J3
- J7
- J21
- J42
- Autre

Q7 / Tenez-vous compte du type de fixation utilisé (Vis résorbable d'interférence, métalliques, endobouton, Implant transversal, etc.) dans le cas d'une greffe tendineuse (DIDT, DT4 notamment) pour adapter votre plan de rééducation ? (Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Oui
- Non

Si non, pour quelle raison ? (Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Aucun intérêt
- Information non délivrée/non accessible
- Autre

Q8 / Dans le cas d'une ligamentoplastie de type DIDT/DT4, les préconisations chirurgicales abordent-elles l'étirement et/ou la sollicitation musculaire des ischio-jambiers ? (Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Oui
- Non

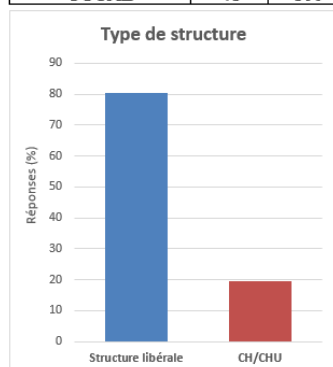
Q9 / En ce qui concerne le traitement des muscles ischio-jambiers, dans les 3 premières semaines post-opératoires d'une ligamentoplastie de type DIDT/DT4, vous : (Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes)

- Suivez les préconisations chirurgicales uniquement
- Suivez les préconisations chirurgicales en adaptant à vos connaissances (acquises et/ou travaux récemment publiés)
- Suivez vos connaissances pour adapter la rééducation (acquises et/ou travaux récemment publiés)
- Suivez le protocole de l'établissement de santé dans lequel vous exercez
- Autre

Annexe 7 : Résultats et Analyse du questionnaire adressé aux chirurgiens orthopédistes

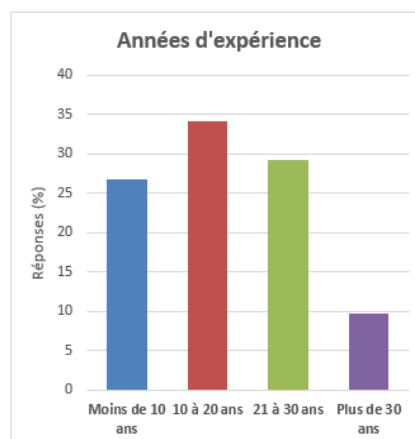
Q1 / (N=41)

Type de structure	Total	%
Structure libérale	33	80,5
CH/CHU	8	19,5
TOTAL	41	100



Q2 / (N=41)

Années d'expérience	Total	%
Moins de 10 ans	11	26,8
10 à 20 ans	14	34,1
21 à 30 ans	12	29,3
Plus de 30 ans	4	9,8
TOTAL	41	100



Q3 / (N=40)

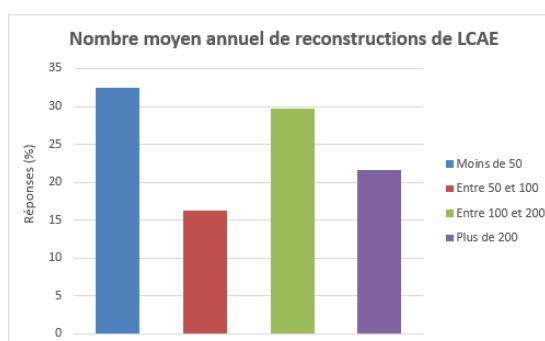
Localisation des interventions réalisées (Nombre de réponses)	Jamais	1-40%	40-60%	60-100%
Genou	1	10	8	21
Autre articulation	7	16	15	2
Localisation des interventions réalisées (Proportion en %)	Jamais	1-40%	40-60%	60-100%
Genou	2,5	25,0	20,0	52,5
Autre articulation	17,5	40,0	37,5	5,0

Q4 / (N=38)

Type d'intervention sur le genou (Nombre de réponses)	Jamais	1-50%	50-100%
Prothèse	0	25	13
Ligamentoplastie	1	25	12
Type d'intervention sur le genou (Proportion en %)	Jamais	1-50%	50-100%
Prothèse	0	65,8	34,2
Ligamentoplastie	2,6	65,8	31,6

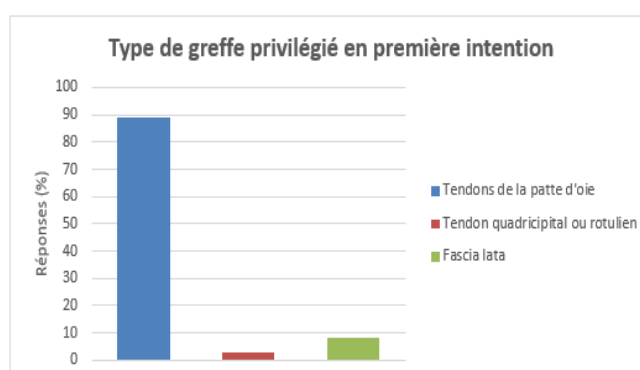
Q5 / (N=37)

Nombre moyen annuel de reconstruction de LCAE réalisées	Total	%
Moins de 50	12	32,4
Entre 50 et 100	6	16,2
Entre 100 et 200	11	29,7
Plus de 200	8	21,6
TOTAL	37	100



Q6 / (N=37)

Type de greffe privilégié en première intention	Total	%
Tendons de la patte d'oie	33	89,2
Tendon quadricipital ou rotulien	1	2,7
Fascia lata	3	8,1
TOTAL	37	100

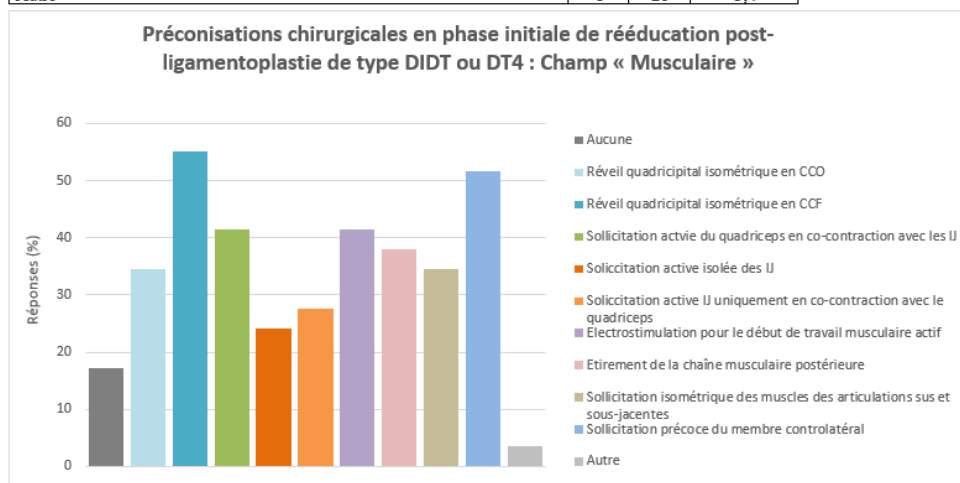


Q7 / (N=30)

Type de fixation privilégié (Nombre de réponses)	Choix 1	Choix 2	Choix 3
Bandelette d'ancrage + Vis	6	1	0
Vis d'interférence	14	12	2
Endobuttons	10	3	0
Agrafe	0	2	2
Autre	0	2	0
Type de fixation privilégié (Proportion en %)	Choix 1	Choix 2	Choix 3
Bandelette d'ancrage + Vis	20	3,3	0
Vis d'interférence	33,3	40	6,7
Endobuttons	46,7	10	0
Agrafe	0	6,7	6,7
Autre	0	6,7	0

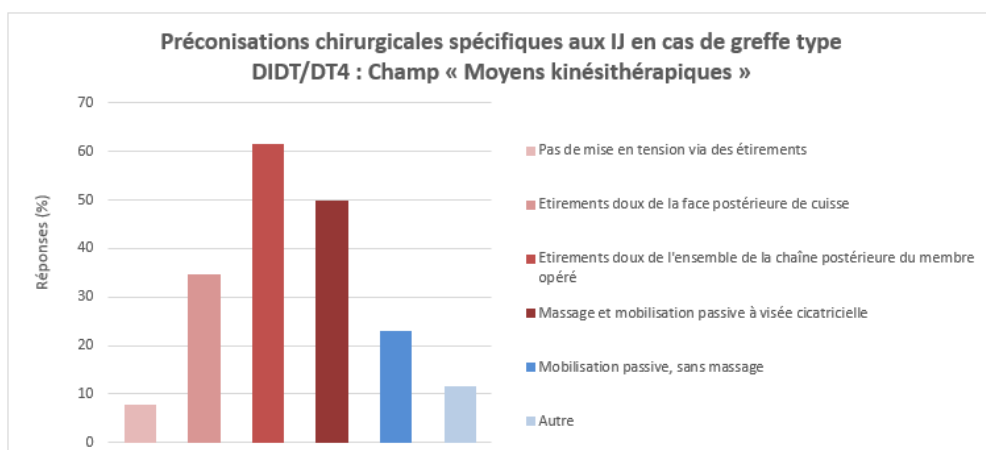
Q8 / (N=29)

Préconisations chirurgicales en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie de type DIDT ou DT4 : Champ « Musculaire »	Oui	Non	Proportion « Oui » (%)
Aucune	5	24	17,2
Réveil quadriceps isométrique en CCO	10	19	34,5
Réveil quadriceps isométrique en CCF	16	13	55,2
Sollicitation active du quadriceps en co-contraction avec les IJ	12	17	41,4
Sollicitation active isolée des IJ	7	22	24,1
Sollicitation active IJ uniquement en co-contraction avec le quadriceps	8	21	27,6
Electrostimulation pour le début de travail musculaire actif	12	17	41,4
Etirement de la chaîne musculaire postérieure	11	18	37,9
Sollicitation isométrique des muscles des articulations sus et sous-jacentes	10	19	34,5
Sollicitation précoce du membre controlatéral	15	14	51,7
Autre	1	28	3,4

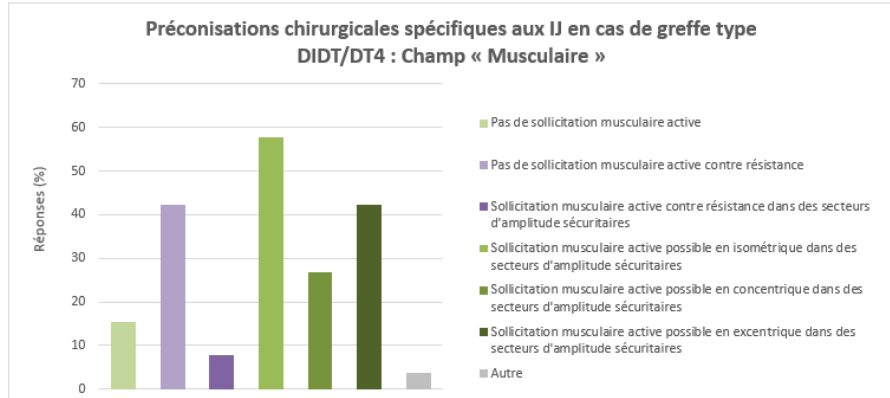


Q9 / (N=26)

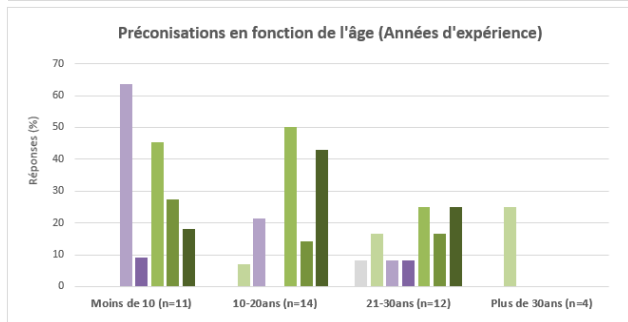
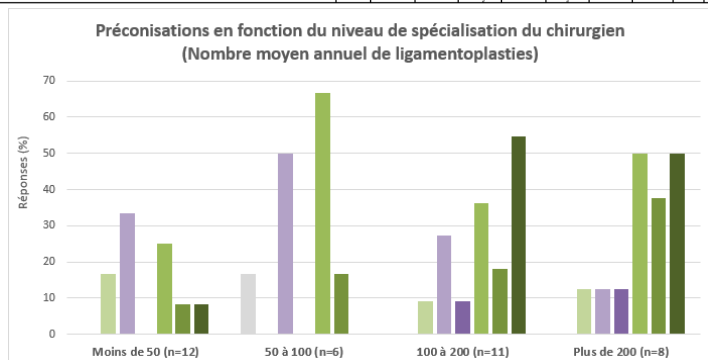
Préconisations chirurgicales spécifiques aux IJ en cas de greffe type DIDT/DT4 : Champ « Moyens kinésithérapiques »	Oui	Non	Proportion « Oui » (%)
Pas de mise en tension via étirements	2	24	7,7
Etirements doux face postérieure de cuisse	9	17	34,6
Etirements doux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré	16	10	61,5
Etirements posturaux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré	13	13	50
Mobilisations passives et massages à visée cicatricielle	6	20	23,1
Mobilisations passives sans massages	3	23	11,5



Préconisations chirurgicales spécifiques aux IJ en cas de greffe type DIDT/DT4 : Champ « Musculaire »	Oui	Non	Proportion « Oui » (%)
Pas de sollicitation musculaire active	4	22	15,4
Pas de sollicitation musculaire active contre résistance	11	15	42,3
Sollicitation musculaire active possible en isométrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	15	11	57,7
Sollicitation musculaire active possible en concentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	7	19	26,9
Sollicitation musculaire active possible en excentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	11	15	42,3
Sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	2	24	7,7
Autre	1	25	3,8

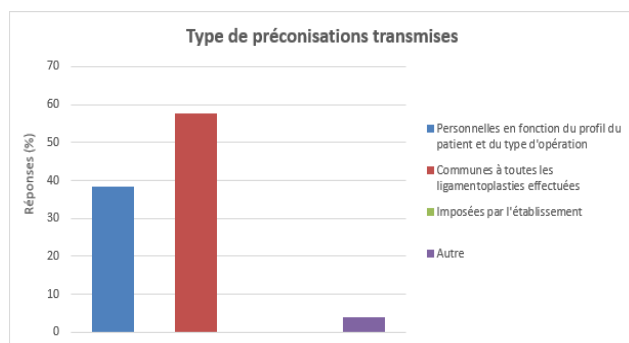


Préconisations chirurgicales spécifiques aux IJ en cas de greffe type DIDT/DT4 : Champ « Musculaire »	Selon le niveau de spécialisation (Nombre annuel moyen de LCA/an)								Selon l'âge du chirurgien (Années d'expérience)							
	Moins de 50 (n=12)		50 à 100 (n=6)		100 à 200 (n=11)		Plus de 200 (n=8)		Moins de 10 (n=11)		10-20ans (n=14)		21-30ans (n=12)		Plus de 30ans (n=4)	
	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%
Pas de sollicitation musculaire active	2	16,7	0	0	1	9,1	1	12,5	0	0	1	7,1	2	16,7	1	25
Pas de sollicitation musculaire active contre résistance	4	33,3	3	50	3	27,3	1	12,5	7	63,6	3	21,4	1	8,3	0	0
Sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	0	0	0	0	1	9,1	1	12,5	1	9,1	0	0	1	8,3	0	0
Sollicitation musculaire active possible en isométrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	3	25	4	66,7	4	36,4	4	50	5	45,5	7	50	3	25	0	0
Sollicitation musculaire active possible en concentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	1	8,3	1	16,7	2	18,2	3	37,5	3	27,3	2	14,3	2	16,7	0	0
Sollicitation musculaire active possible en excentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	1	8,3	0	0	6	54,5	4	50	2	18,2	6	42,9	3	25	0	0
Autre	0	0	1	16,7	0	0,0	0	0	0	0	0	0	1	8,3	0	0



Q10 / (N=26)

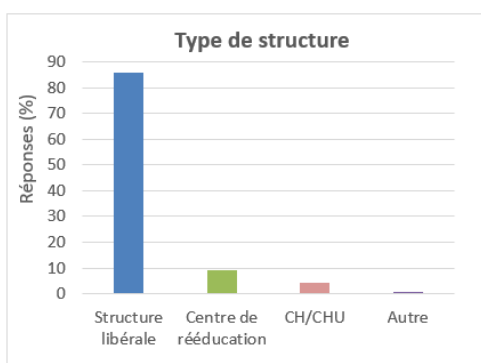
Type de préconisations transmises	Total	%
Personnelles en fonction du profil du patient et du type d'opération	10	38,5
Communes à toutes les ligamentoplasties effectuées	15	57,7
Imposées par l'établissement	0	0,0
Autre	1	3,8
TOTAL	26	100



Annexe 8 : Résultats et Analyse du questionnaire adressé aux masso-kinésithérapeutes

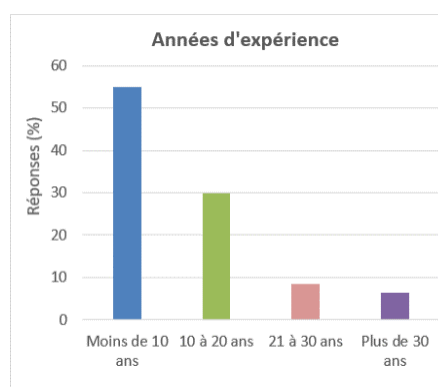
Q1 / (N=140)

Type de structure	Total	%
Structure libérale	120	85,7
Centre de rééducation	13	9,3
CH/CHU	6	4,3
Autre	1	0,7
TOTAL	140	100



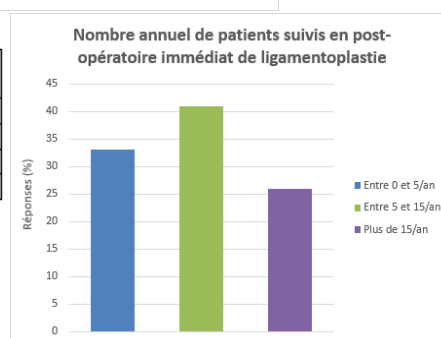
Q2 / (N=140)

Années d'expérience	Total	%
Moins de 10 ans	77	55
10 à 20 ans	42	30
21 à 30 ans	12	8,6
Plus de 30 ans	9	6,4
TOTAL	140	100



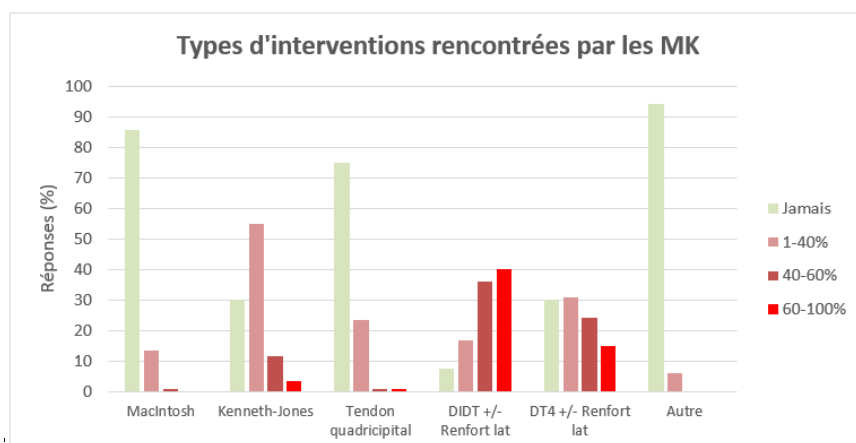
Q3 / (N=127)

Nombre annuel de patients suivis en post-opératoire immédiat de ligamentoplastie de genou	Total	%
Entre 0 et 5/an	42	33,1
Entre 5 et 15/an	52	40,9
Plus de 15/an	33	26
TOTAL	127	100

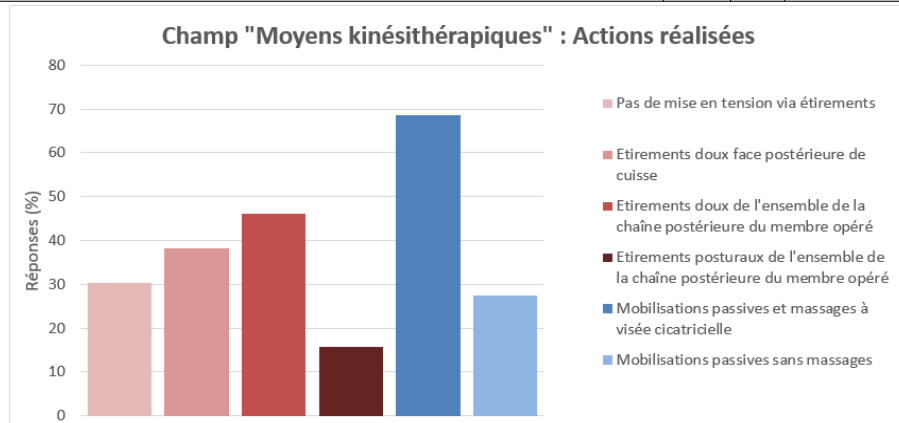


Q4 / (N=120)

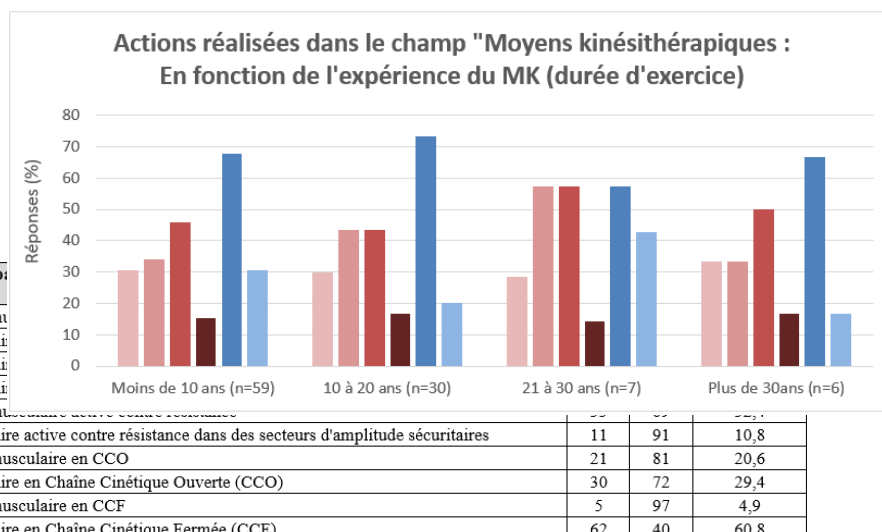
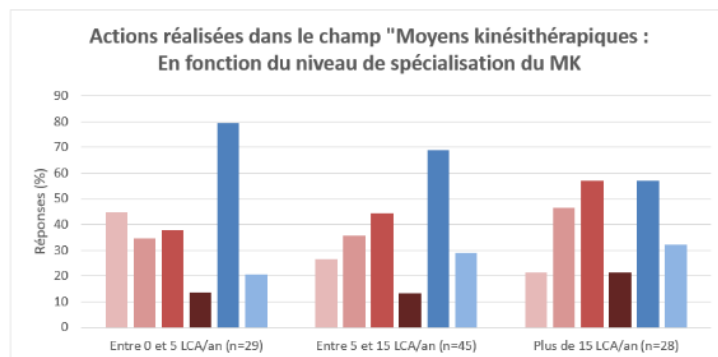
Type d'intervention rencontrée en pratique par les MK	Réponses (%)				TOTAL
	Jamais	1-40%	40-60%	60-100%	
MacIntosh	85,8	13,3	0,8	0,0	100
Kenneth-Jones	30,0	55,0	11,7	3,3	100
Tendon quadricipital	75,0	23,3	0,8	0,8	100
DIDT avec/sans Renfort latéral	7,5	16,7	35,8	40,0	100
DT4 avec/sans Renfort latéral	30,0	30,8	24,2	15,0	100
Autre	94,2	5,8	0,0	0,0	100



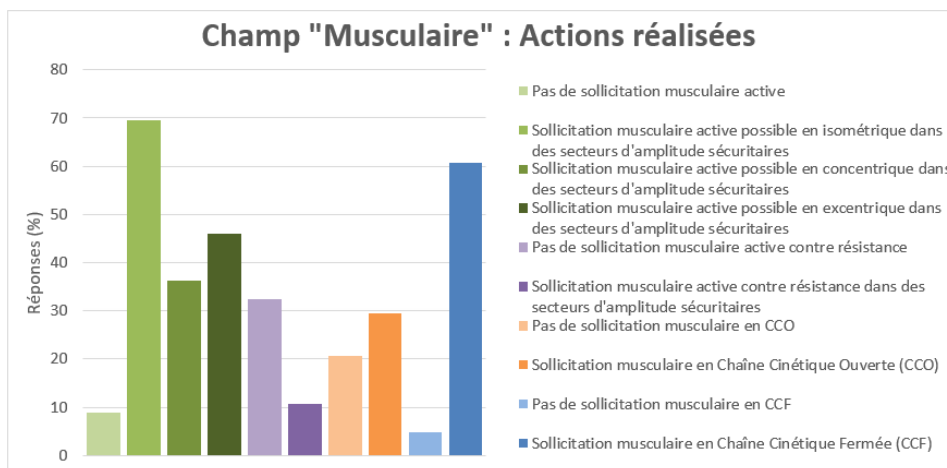
Actions réalisées par les MK en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie de type D1DT ou DT4 : Champ « Moyens kinésithérapiques »	Oui	Non	Proportion « Oui » (%)
Pas de mise en tension via étirements	31	71	30,4
Etirements doux face postérieure de cuisse	39	63	38,2
Etirements doux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré	47	55	46,1
Etirements posturaux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré	16	86	15,7
Mobilisations passives et massages à visée cicatricielle	70	32	68,6
Mobilisations passives sans massages	28	74	27,5



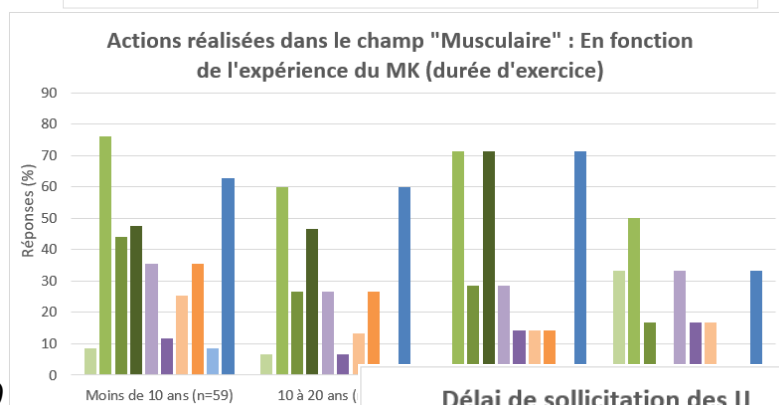
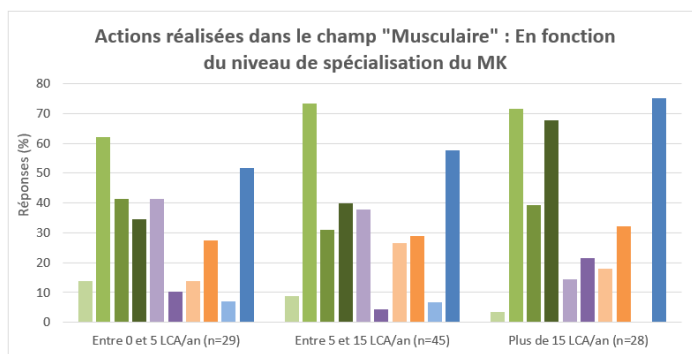
	Selon niveau de spécialisation (Nombre annuel moyen de LCA/an)						Selon l'âge du chirurgien (Années d'expérience)							
Actions réalisées par les MK en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie de type D1DT ou DT4 : Champ « Moyens kinésithérapiques »	0 à 5 (n=29)		5 à 15 (n=45)		Plus de 15 (n=28)		Moins de 10 (n=59)		10-20 (n=30)		21-30 (n=7)		Plus de 30 (n=6)	
	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%
Pas de mise en tension via étirements	13	44,8	12	26,7	6	21,4	18	30,5	9	30	2	28,6	2	33,3
Etirements doux face postérieure de cuisse	10	34,5	16	35,6	13	46,4	20	33,9	13	43,3	4	57,1	2	33,3
Etirements doux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré	11	37,9	20	44,4	16	57,1	27	45,8	13	43,3	4	57,1	3	50
Etirements posturaux de l'ensemble de la chaîne postérieure du membre opéré	4	13,8	6	13,3	6	21,4	9	15,3	5	16,7	1	14,3	1	16,7
Mobilisations passives et massages à visée cicatricielle	23	79,3	31	68,9	16	57,1	40	67,8	22	73,3	4	57,1	4	66,7
Mobilisations passives sans massages	6	20,7	13	28,9	9	32,1	18	30,5	6	20	3	42,9	1	16,7



Actions réalisées par les MK en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie de type D1DT ou DT4 : Champ « Moyens kinésithérapiques »	Oui	Non	Proportion « Oui » (%)
Pas de sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	11	91	10,8
Pas de sollicitation musculaire en CCO	21	81	20,6
Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Ouverte (CCO)	30	72	29,4
Pas de sollicitation musculaire en CCF	5	97	4,9
Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Fermée (CCF)	62	40	60,8

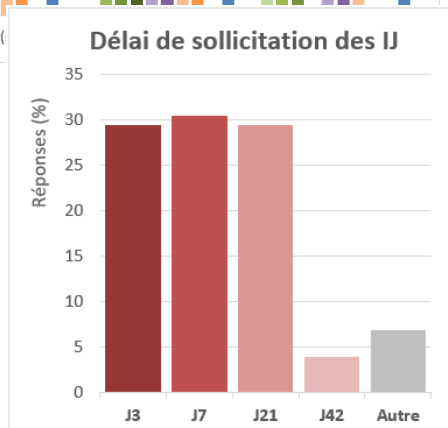


Actions réalisées par les MK en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie de type DIDT ou DT4 : Champ « Musculaire »	Selon niveau de spécialisation (Nombre annuel moyen de LCA/an)						Selon l'âge du chirurgien (années d'expérience)					
	0 à 5 (n=29)		5 à 15 (n=45)		Plus de 15 (n=28)		Moins de 10 (n=59)		10-20 (n=30)		21-30 (n=7)	
	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%
Pas de sollicitation musculaire active	4	13,8	4	8,9	1	3,6	5	8,5	2	6,7	0	0
Sollicitation musculaire active possible en isométrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	18	62,1	33	73,3	20	71,4	45	76,3	18	60	5	71,4
Sollicitation musculaire active possible en concentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	12	41,4	14	31,1	11	39,3	26	44,1	8	26,7	2	28,6
Sollicitation musculaire active possible en excentrique dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	10	34,5	18	40	19	67,9	28	47,5	14	46,7	5	71,4
Pas de sollicitation musculaire active contre résistance	12	41,4	17	37,8	4	14,3	21	35,6	8	26,7	2	28,6
Sollicitation musculaire active contre résistance dans des secteurs d'amplitude sécuritaires	3	10,3	2	4,4	6	21,4	7	11,9	2	6,7	1	14,3
Pas de sollicitation musculaire en CCO	4	13,8	12	26,7	5	17,9	15	25,4	4	13,3	1	14,3
Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Ouverte (CCO)	8	27,6	13	28,9	9	32,1	21	35,6	8	26,7	1	14,3
Pas de sollicitation musculaire en CCF	2	6,9	3	6,7	0	0	5	8,5	0	0	0	0
Sollicitation musculaire en Chaîne Cinétique Fermée (CCF)	15	51,7	26	57,8	21	75	37	62,7	18	60	5	71,4

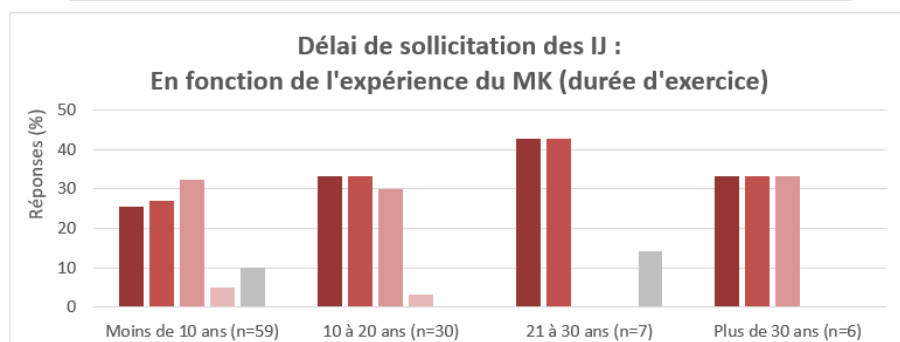
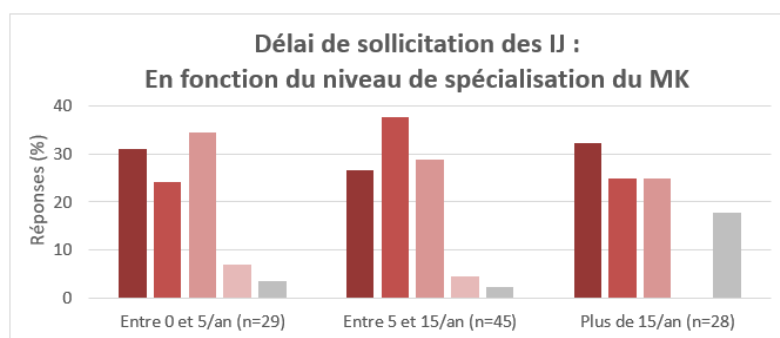


Q6 / (N=102)

Délai de sollicitation des IJ en contraction volontaire dans le cas de greffes type DIDT/DT4	Total	%
J3	30	29,4
J7	31	30,4
J21	30	29,4
J42	4	3,9
Autre	7	6,9
TOTAL	102	100



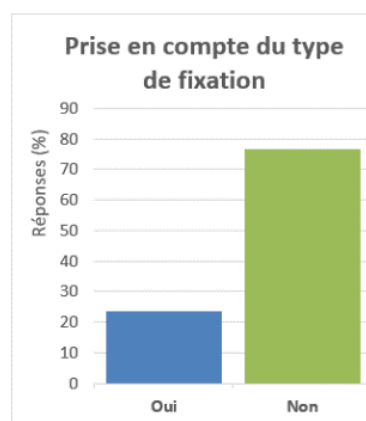
Délai de sollicitation des IJ en contraction volontaire dans le cas de greffes type DIDT/DT4	Selon niveau de spécialisation (Nombre annuel moyen de LCA/an)						Selon l'âge du chirurgien (Années d'expérience)							
	0 à 5 (n=29)		5 à 15 (n=45)		Plus de 15 (n=28)		Moins de 10 (n=59)		10-20 (n=30)		21-30 (n=7)		Plus de 30 (n=6)	
	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%
J3	9	31	12	26,7	9	32,1	15	25,4	10	33,3	3	42,9	2	33,3
J7	7	24,1	17	37,8	7	25	16	27,1	10	33,3	3	42,9	2	33,3
J21	10	34,5	13	28,9	7	25	19	32,2	9	30	0	0	2	33,3
J42	2	6,9	2	4,4	0	0	3	5,1	1	3,3	0	0	0	0
Autre	1	3,4	1	2,2	5	17,9	6	10,2	0	0	1	14,3	0	0



Q7 / (N=102)

Prise en compte du type de fixation pour adapter la rééducation	Nombre de réponses	%
Oui	24	23,5
Non	78	76,5
TOTAL	102	100

Si non :	Total	%
Aucun intérêt	22	28,2
Information non délivrée/accessible	47	60,3
Autre	9	11,5
TOTAL	78	100

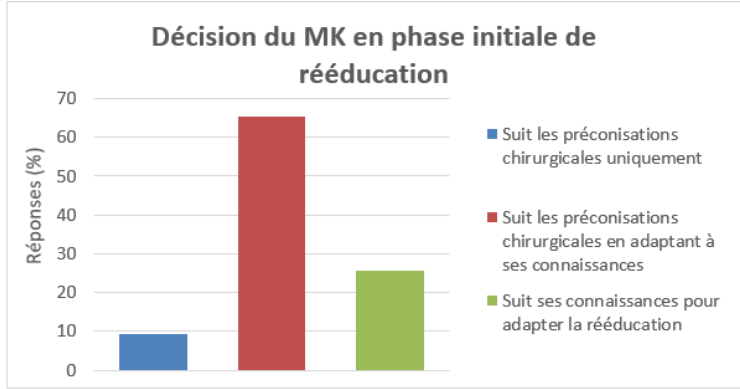


Q8 / (N=98)

IJ abordés ou non dans les préconisations chirurgicales en cas de greffe type DIDT/DT4	Total	%
Oui	42	42,9
Non	56	57,1
TOTAL	98	100

Q9 / (N=98)

Décision du MK en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie type DIDT/DT4	Total	%
Suit les préconisations chirurgicales uniquement	9	9,2
Suit les préconisations chirurgicales en adaptant à ses connaissances	64	65,3
Suit ses connaissances pour adapter la rééducation	25	25,5
TOTAL	98	100



Décision du MK en phase initiale de rééducation post-ligamentoplastie type DIDT/DT4	Selon niveau de spécialisation (Nombre annuel moyen de LCA/an)						Selon l'âge du chirurgien (Années d'expérience)							
	0 à 5 (n=28)		5 à 15 (n=43)		Plus de 15 (n=27)		Moins de 10 (n=57)		10-20 (n=29)		21-30 (n=7)		Plus de 30 (n=5)	
	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%	Oui	%
Suit les préconisations chirurgicales uniquement	5	17,9	4	9,3	0	0	3	5,3	4	13,8	1	14,3	1	20
Suit les préconisations chirurgicales en adaptant à ses connaissances	20	71,4	30	69,8	14	51,9	40	70,2	20	69	1	14,3	3	60
Suit ses connaissances pour adapter la rééducation	3	10,7	9	20,9	13	48,1	14	24,6	5	17,2	5	71,4	1	20

