

Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2017

THESE

**POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(décret du 16 janvier 2004)**

présentée et soutenue publiquement
le 3 novembre 2017 à Poitiers
par **Monsieur ROLLAND Nicolas**

Evaluation musculaire isocinétique après reconstruction du LCA du genou chez
les sportifs amateurs : Quels sont les bénéfices d'une évaluation isocinétique
à 3-4 mois post-opératoires ?

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Louis-Etienne GAYET

Membres : Monsieur le Professeur Frédéric KHIAMI
Monsieur le Professeur Xavier DROUOT

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Ludovic HUMETZ



Le Doyen,

Année universitaire 2017 - 2018

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
- ALLAL Joseph, thérapeutique
- BATAILLE Benoît, neurochirurgie
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CARRETIER Michel, chirurgie générale
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GAYET Louis-Etienne, chirurgie orthopédique et traumatologique
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HADJADJ Samy, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- HOUETO Jean-Luc, neurologie
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique t cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, oncologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en détachement**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques (**surnombre jusqu'en 12/2017**)
- MACCHI Laurent, hématologie
- MARECHAUD Richard, médecine interne (**émérite à/c du 25/11/2017**)
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBERT René, réanimation
- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SILVAIN Christine, hépato-gastro- entérologie
- SOLAU-GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- WAGER Michel, neurochirurgie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- COUDROY Rémy, réanimation
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FEIGERLOVA Eva, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- LAFAY Claire, pharmacologie clinique
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- SAPANET Michel, médecine légale
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe
- GOMES DA CUNHA José

Maître de conférences des universités de médecine générale

- BOUSSAGEON Rémy (**disponibilité d'octobre à janvier**)

Professeurs associés de médecine générale

- BIRAULT François
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- VICTOR-CHAPLET Valérie

Enseignants d'Anglais

- DEBAIL Didier, professeur certifié
- LOVELL Brenda Lee, maître de langue étrangère

Professeurs émérites

- EUGENE Michel, physiologie (08/2019)
- GIL Roger, neurologie (08/2020)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2020)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2020)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (16/02/2019)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (**émérite à/c du 25/11/2017 – jusque 11/2020**)
- POURRAT Olivier, médecine interne (08/2018)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2018)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2020)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2018)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- MAGNIN Guillaume, gynécologie-obstétrique (ex-émérite)
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- VANDERMARCOQ Guy, radiologie et imagerie médicale

Remerciements

Bon, on m'avait dit que la partie la plus dure serait la discussion... Et bien non. Me voici devant ce titre et je ne sais pas par où commencer. Des remerciements, des excuses, la limite est proche pour moi. Je vais essayer de structurer tout ça. Heureusement les traditions sont là et cela va m'aider à commencer.

Tout d'abord, je tiens à remercier tout particulièrement le Pr Louis-Etienne Gayet, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier et Chef de Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique au CHU de Poitiers, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ma thèse. Soyez assuré de ma profonde reconnaissance et de mon profond respect à votre égard.

Ensuite, je voudrais remercier le Pr Frédéric KHIAMI, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier du Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique au CHU de la Pitié Salpêtrière à Paris. Merci de me faire l'honneur de siéger parmi les membres de ce jury et un grand merci d'avoir accepté de te déplacer jusqu'à Poitiers. J'ai eu le privilège de travailler à tes côtés au laboratoire d'anatomie, quand je n'étais encore qu'un petit bébé médecin, mais cela m'a vraiment marqué et j'en garde de merveilleux souvenirs.

Je voudrais également remercier le Pr Xavier DROUOT, Professeur des Universités, Praticien Hospitalier du Service de Neurophysiologie Clinique au CHU de Poitiers, d'avoir accepté de faire partie de mon jury même si ma demande a été un peu tardive. Soyez assuré de ma profonde reconnaissance et de mon profond respect à votre égard.

Je me dois de clôturer ces remerciements professionnels par mon directeur de thèse, le Docteur Ludovic HUMETZ, Médecin de Médecine Physique et Réadaptation, et Médecin du Stade Rochelais de Rugby. Quelle aventure ! ça n'a pas toujours été facile de trouver du temps pour se voir, pour se poser devant cette thèse, mais finalement, nous sommes quand même arrivés à finir ce qu'on a commencé. En tout cas, sache que même si ma thèse ne représente pas tout le travail que j'ai fourni à cause de toutes les difficultés que tu connais, sache que j'ai été vraiment très heureux et enchanté d'avoir travaillé à tes côtés. Je sais que la période était difficile pour toi, avec ce changement de cadre professionnel, et j'espère ne pas t'avoir trop fatigué avec toutes mes demandes. En tout cas, j'espère sincèrement que l'on pourra continuer à travailler ensemble dans l'avenir. Et puis... maintenant que j'ai pris l'habitude de te harceler, je ne pourrais m'arrêter comme ça !

Au Professeur Pascal ROBLOT, Doyen de la Faculté de Médecine et Pharmacie de l'Université de Poitiers, Chef de service de Médecine Interne du CHU de Poitiers, un grand merci pour votre soutien et un grand merci d'avoir pris du temps pour relire ma thèse. Je sais que je vous ai beaucoup sollicité cette dernière année, mais vous avez toujours été là pour m'écouter et me conseiller. Merci pour votre soutien, merci pour tout.

Au Docteur Pascal EDOUARD, spécialiste de l'isocinétisme, Service de Physiologie Clinique et de l'Exercice, Unité de Médecine du sport, au CHU de Saint Etienne. Merci d'avoir pris du temps pour me conseiller, m'aiguiller, merci pour votre sincérité, votre rapidité de réponse et surtout, un grand merci d'avoir accepté de relire toute ma thèse.

Au Docteur FAUCHIER Thomas, Chef de Clinique du Service de Santé Publique au CHU de Poitiers, pour avoir accepté de m'aider à réaliser mes statistiques. Je sais que nous vivons dans deux univers différents, mais après de multiples mails et entretiens nous avons quand même réussi à nous comprendre. Merci pour tout.

Au Docteur Soazig RAPINEL, Chef de Service de Santé au Travail du CHU de Poitiers. Merci de m'avoir libéré du temps pour ma thèse, pour mes consultations et pour toutes mes activités extra-Médecine du Travail. Et surtout, un immense merci à toute l'équipe de médecine du travail du CHU. Vous êtes génialissime, grâce à vous j'ai passé un semestre inoubliable, je vous adore.

Au Docteur Farnam FARANPOUR, Chef du Service des Urgences du CH de Niort. Merci de croire en moi, merci de ton soutien et de ta bonne humeur. J'ai hâte de venir travailler « officiellement » dans ton service, hâte de monter ce projet qui nous tient à cœur tous les 3 avec Cédric. Merci pour tout.

Au Docteur TOUQUET Cédric, Chef de Service de Traumatologie et Médecine du Sport du CH de Niort. A cette rencontre improbable entre 2 chauves dans un service d'urgences, à cette année de consultation, à tous ces sportifs mais surtout ces sportives, à ce fameux weekend sur l'Ile de Ré, à nos sorties trail, mais surtout, à nos projets futurs. Sache que je suis très heureux et très fier de partager ces moments avec toi. J'espère sincèrement qu'on arrivera à concrétiser nos multiples projets.

Au Docteur Vincent GUILLARD, Médecin du Sport, qui m'a appris tant de chose. Tu es et tu resteras pour moi un exemple. Je suis très fier d'avoir été ton élève et j'espère encore pouvoir l'être longtemps, car malheureusement, tu ne te débarrasseras pas de moi comme ça. Même si tu me dis toujours que tu n'as plus rien à m'apprendre, je sais que tu as encore tant de chose à m'enseigner. Je pense que je ne te le dirai jamais assez mais merci pour tout. Je suis également très heureux d'avoir pu découvrir l'homme qui se cache derrière le médecin. Je garde en mémoire notre petit incruste à cette fameuse soirée privée du Sofitel, un grand moment.

A Frédéric SIMONDET, Kinésithérapeute du Sport au Centre de rééducation du Grand Feu à Niort, merci d'avoir pris le temps de me former à l'isocinétisme, merci pour ta patience et ta gentillesse.

A Julien LESPORT, Enseignant en Activités Physiques Adaptées au Centre de rééducation du Grand Feu à Niort, merci pour ton investissement dans ce projet de thèse. Malheureusement, notre partie n'a pu aboutir mais je garde espoir que l'on finisse ce que l'on a commencé.

A mes amis, ma famille !

A Stéphane, mon ami, mon frère, je sais que ces quelques lignes ne vont pas signifier grand-chose pour toi mais il est important pour moi de te remercier. Tu ne t'en rends probablement pas compte mais grâce à toi j'ai réussi à passer bien des épreuves. Ta bonne humeur, ta joie de vivre, ton ignorance de la vie, ta simplicité et bien entendu tes milliers de gâteaux et cookies que tu m'as faits pendant toutes ces années. C'est ça qui m'a permis d'avancer et de passer toutes les épreuves qui ont été difficiles durant ces années de médecine. Cela fait bientôt 10 ans que l'on se connaît et tu as toujours été là quand j'en avais besoin. Tu es ma stabilité, mon moyen de décompression, tu es mon frère tout simplement. Ne change jamais, je t'aime comme tu es et je serai toujours là pour toi.

A Eve, à toi qui partage ma vie depuis tant d'années, à toi qui me supporte depuis tout ce temps, à toi qui essaie de canaliser mon hyperactivité quotidienne, un simple merci ne suffirait pas pour exprimer tout ce que je ressens pour toi. Même si nous avons vécu des moments difficiles, même si nous avons été éloigné longtemps, notre couple à su tenir et cela fera notre force. Merci de me supporter au quotidien, merci de me dire quand je dois aller dormir, merci de me permettre de vivre ma passion, mon travail, un grand merci pour ta présence qui m'apaise et qui me permet de vivre autrement.

A ma petite Maman. Que dire après toutes ces années ? Un Pardon ? Un Merci ? Je ne sais pas vraiment. Pardon de ne pas avoir été là plus souvent, de ne pas t'avoir invitée plus souvent, de ne pas avoir pris plus de temps pour toi. Pardon d'avoir été aussi dur avec toi, mais merci d'avoir accepté le choix que j'ai fait, et merci de toujours croire en moi. Les choix n'ont pas toujours été faciles mais comme je te l'ai toujours dit, j'ai dû sacrifier beaucoup de choses dans ma vie pour réussir mes projets. Ça n'a pas été facile pour moi non plus, mais j'espère sincèrement que dorénavant, j'aurais le plaisir de te voir plus souvent.

A ma sœur, à qui je dois des excuses également. Pardon de ne pas avoir été beaucoup disponible. Pardon de ne pas avoir été là pour les anniversaires, pour tes filles, pour les moments passés en famille. J'espère sincèrement me rattraper un jour.

A Marina, toi la petite blonde qui sortait fumer toutes les 5 minutes, toi qui a éveillé ma curiosité, ça fait maintenant 10 ans qu'on se connaît et on n'a pas pris une ride. On a réussi à tenir toutes ces années, le cul assis sur ces putains de chaises de BU, à boire des millions de café, à se voir quasiment tous les jours, 10h par jour, 6 jours sur 7, à se supporter mutuellement, mais finalement, c'est grâce à tout ça que j'ai tenu et que je suis là aujourd'hui. Tu as été mon pilier pendant toute ces années et je ne te remercierai jamais assez.

A mes co-internes de Médecine du Travail, Hélène, Romain, Manon, Stéphan, Sophie, Vincent, Christelle, Mélanie, Lucie, Tity, Alain, Damien, Clémence, Margaux. A nos moments inoubliables passés dans ces gîtes de luxe à base de piscine, jacuzzi, billard, baby-foot, à nos heures passées en cours à jouer à des jeux complètement débiles, à ces soirées à picoler des millions de bières, enfin... à tous ces moments passés en votre compagnie. Vous êtes tous géniaux !

A mon Parrain, merci d'avoir pris du temps pour relire ma thèse. Merci à toi et à Jean Claude pour tout ce que vous avez fait pour moi. Je suis vraiment heureux d'avoir pu vous servir ce fameux repas à « la bonne franquette », repas peut être un peu long à vos yeux mais repas qui m'a permis de vous retrouver ! Et ça, ça n'a pas de prix. Ça fait partie des plus belles choses qui me soient arrivées dans ma petite vie. Certes, nous ne nous voyons pas souvent, et heureusement vous allez me dire ! Mais, sachez que vous êtes dans mon cœur et que je ne vous oublie pas.

A Nyl, Vinvin et Théa. A notre rencontre lors de mon arrivé sur Poitiers, à nos soirées complètement déjantés, jamais alcoolisées et toujours habillées, à Otcho, à notre hangar, à nos vacances dans le Jura, à notre périple en 403, à ce ptit bout'chou dont vous m'avez fait le plus beau des cadeaux en me nommant parrain, enfin... à notre amitié tout simplement.

A Chouchoune, toi avec qui tout a commencé, toi qui a dû me supporter dans mes débuts, toi qui a subi le changement, je te dois beaucoup. Je suis vraiment heureux que tu sois arrivée à trouver le bonheur, tu le mérites vraiment. Tu es et tu resteras ma Chouchoune. Merci pour tout.

A Clémence, à tes multiples déménagements, à ta Ka, à tes clés oubliées chez tes parents, à nos déguisements, à nos soirées, et à toutes nos péripéties.

A Raf, ma GangstaGirl, à nos moments détentes, à nos cafés, à nos confidences, merci pour ton amitié, merci pour ton calme et ta sérénité. Je t'adore.

A Denise et René, cela fait maintenant 10 ans que nous nous connaissons et vous faites partie de ma vie. Merci d'être là, merci pour votre gentillesse, merci de toujours avoir cru en moi et merci pour votre soutien.

A la belle famille, Pierre, Stéphanie, Léa, Anne, Arnaud, Claudette, Jean Pierre, Alex, Marie Alice... Je suis fier de faire partie de votre famille.

Aux copains, Andréa, Ben, Max, Julie, Luigi, Alice, Perrine, Adrien et tous les autres... à votre rencontre, ancienne ou récente, à nos vacances, à nos fou-rires, à vos exploits en bicyclette, à ma golf, au Touran et à tous ces moments passés en votre compagnie. Merci pour cette amitié.

A mon petit Pascal, ami et partenaire de castagne. A nos entraînements, à nos voyages en Thaïlande, en Israël, à nos stages de Krav-Maga, de Penchak, à nos gants, à nos paos, à nos bleus, et à tous ces moments passés à nous entraîner. Merci pour tout. J'ai hâte de te retrouver.

A toi, Papa qui me regarde et me surveille de la haut. Tu me manques.

Et pour finir, au Professeur Michel SCEPI, vous qui m'avez transmis votre passion de la médecine et de l'anatomie, vous qui avez toujours cru en moi, vous avez été mon premier Maître et vous resterez mon Maître à jamais. Vous nous avez malheureusement quitté bien trop tôt, c'est donc avec tristesse mais avec fierté que je vous dédis ce travail.
Merci pour tout.

Abréviations

LCA : Ligament Croisé Antérieur

DIDT : Droit Interne Demi-Tendineux

DT4 TLS : Demi-Tendineux en 4 faisceaux Tape Locking Screw

KJ : Keneth-Jones

Q : Quadriceps

IJ : Ischio-Jambiers

mm : Millimètre

min : Minute

°/s : Degré par seconde

ms : Milliseconde

Nm : Newton-mètre

MFM : Moment de Force Maximum

Conc : Concentrique

Exc : Excentrique

MPR : Médecine Physique et Réadaptation

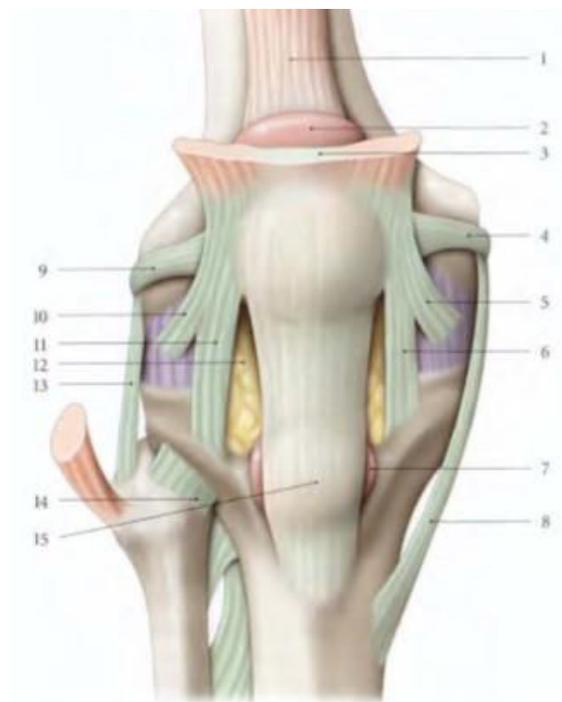
SOMMAIRE

1. Généralité	p. 10
1.1 Anatomie	p. 10
1.1.1 Le genou	
1.1.2 Le ligament croisé antérieur	
1.2 Physiologie de la rupture.....	p. 13
1.3 Traitement	p. 14
1.4 Principales techniques chirurgicale.....	p. 15
1.5 Reprise sportive.....	p. 18
1.6 Test isocinétisme	p. 19
1.6.1 La contraction musculaire.....	p. 19
1.6.2 Caractéristiques de l'évaluation musculaire isocinétique	p. 22
1.6.2.1 Avantage et inconvénients	
1.6.2.2 Les domaines d'application de l'isocinétisme	
1.6.2.3 Contre indications	
1.6.2.4 Les dynamomètres	
1.6.3 Modalité de réalisation.....	p. 25
1.6.3.1 Paramètre mesurés	
1.6.3.2 Reproductibilité	
1.6.3.3 Quelques valeurs normatives	
1.6.4 Interprétation.....	p. 30
1.6.4.1 En pratique pour le genou	
2. Introduction	p. 31
3. Matériel et Méthodes	p. 33
4. Résultats	p. 37
4.1 Diagramme des flux	p. 37
4.2 Description des patients à l'inclusion	p. 38
4.3 Résultats des tests isocinétiques.....	p. 40
5. Discussion	p. 43
6. Conclusion.....	p. 52
7. Annexes.....	p. 53
8. Bibliographie.....	p. 56
9. Résumé	p. 61
10.Serment d'Hippocrate	p. 62

1. Généralités

1.1 Anatomie

1.1.1 Le genou



1. M. articulaire du genou
2. Bourse suprapatellaire
3. M. quadriceps
4. Rétinaculum patellaire médial (fx transversal)
5. Rétinaculum patellaire médial (fx oblique)
6. Rétinaculum patellaire médial (fx vertical)
7. Bourse infrapatellaire profonde
8. Ligament collatéral tibial
9. Rétinaculum patellaire latéral (fx transversal)
10. Rétinaculum patellaire latéral (fx oblique)
11. Rétinaculum patellaire latéral (fx vertical)
12. Corps adipeux infrapatellaire
13. Ligament collatéral fibulaire
14. Ligament antérieur de la tête de la fibula
15. Ligament patellaire

Image 1. Anatomie ligamentaire
Kamina. Tome 1 Anatomie générale – Membres [1]

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

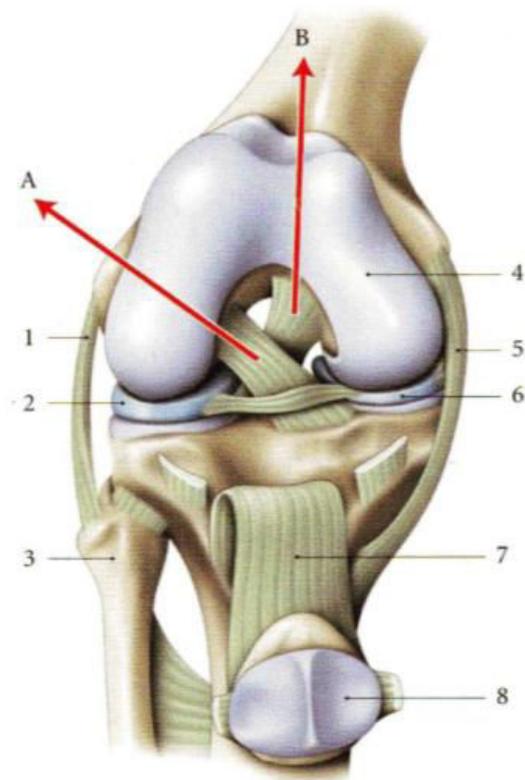
La stabilité du genou est assurée par des éléments passifs, les surfaces articulaires, les ménisques et les ligaments, ainsi que des éléments actifs, tel que les muscles.

Les ligaments du genou sont au nombre de quatre, deux périphériques (le ligament collatéral médial et le ligament collatéral fibulaire), et deux centraux (le ligament croisé Antéro Externe et le ligament croisé Postéro Interne), appelé également « le pivot central ».

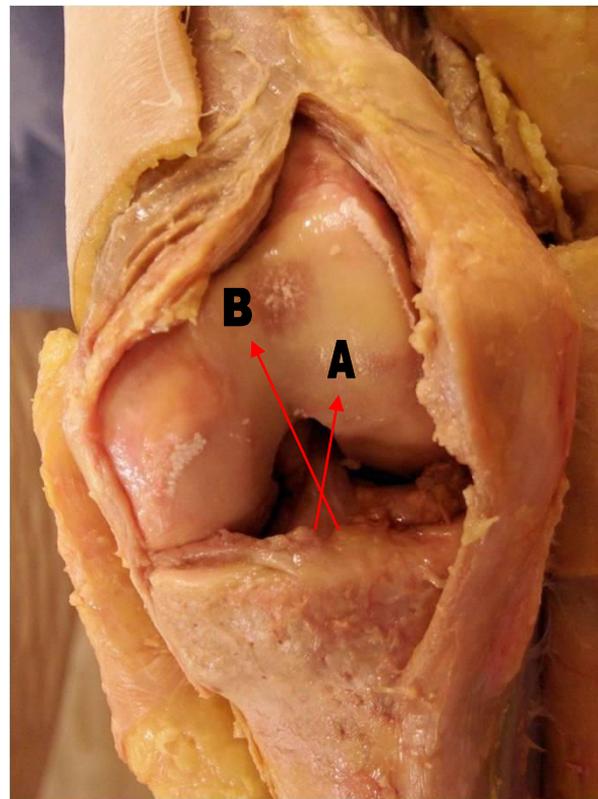
Le muscle fléchisseur principal du genou est le quadriceps, tandis que les muscles extenseurs du genou sont composés principalement des ischio-jambiers (la longue portion du muscle biceps fémoral, le muscle semi-tendineux et le muscle semi-membraneux).

Les muscles ischio-jambiers sont principalement fléchisseurs de la jambe et accessoirement extenseurs de la cuisse. Lors de la marche ou de la course, ils sont également antagonistes du quadriceps, en freinant l'avancée de la jambe à la fin du pas et en empêchant l'extension brutale et complète du genou. Ils s'insèrent en haut sur la tubérosité ischiatique et en bas sur le tibia (Patte d'oie) et sur la tête de la fibula.

1.1.2 Le ligament croisé antérieur



*Image 1. Anatomie ligamentaire d'un genou droit.
Kamina. Tome 1 Anatomie générale – Membres(1)*



*Image 2. Coude anatomique d'une dissection d'un genou gauche.
Photo de ROLLAND Nicolas (2011)*

- A.** Direction du ligament croisé antérieur.
- B.** Direction du ligament croisé postérieur.
- 1.** Ligament Collatéral fibulaire.
- 2.** Ménisque.
- 3.** Fibula.

- 4.** Condyle fémoral médial.
- 5.** Ligament collatéral tibial.
- 6.** Ménisque médial.
- 7.** Tendon patellaire.
- 8.** Patella réclinée.

Insertion :

Au niveau du tibia, le LCA s'insère sur la surface pré-spinale, en avant des épines tibiales, en arrière de la corne antérieure du ménisque médial.

Au niveau du fémur, le LCA s'insère sur la face axiale du condyle fémoral latéral selon un axe sensiblement vertical, très postérieur en forme de haricot avec un bord antérieur rectiligne.

L'insertion tibiale est plus étendue que l'insertion fémorale : le LCA s'élargit du fémur au tibia et présente une torsion de ses fibres. Cette torsion permet au bord antérieur du LCA d'être rectiligne et concave vers le haut échappant ainsi au bord antérieur de l'échancrure intercondylienne en extension totale.

Constitution :

Le LCA est formé de plusieurs faisceaux de fibres dont les deux plus importants sont le faisceau antéro-médial et le faisceau postéro-latéral.

Le faisceau antéro-médial est défini de telle façon que ses fibres tibiales les plus antérieures deviennent les plus postérieures sur le fémur.

Le faisceau postéro-latéral a une insertion tibiale en arrière et en dehors du faisceau antéro-médial; plus court et plus vertical il s'insère plus bas sur la face axiale du condyle externe.

Physiologie:

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

Le genou en extension : Le LCA vertical vient au contact de l'échancrure intercondylienne.

Les 2 faisceaux principaux sont tendus. L'hyper extension et le recurvatum accentuent la tension sur ces 2 faisceaux.

Le genou en flexion : Le LCAE devient horizontal. Sa tension varie selon le contingent de fibres considéré. Le faisceau antéro-médial se relâche, le faisceau postéro-latéral reste tendu.

En hyper flexion, les 2 faisceaux se retendent.

Fonction :

Le LCA assure la stabilité antérieure et rotatoire du genou.

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

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

1.2 Physiopathologie de la rupture

La cause la plus fréquente de la rupture du LCA est l'accident de sport au cours duquel survient un mouvement de pivot, ou un contact direct, ou encore, lors d'une réception de saut. Le genou subit alors une torsion par la combinaison d'un valgus, d'une flexion et d'une rotation externe. D'autres mécanismes et d'autres circonstances peuvent également engendrer une rupture mais sont moins fréquents (accident du travail, de la route, accident domestique). Le plus souvent il s'agit d'un traumatisme violent et dans ce cas, il faudra redouter des lésions associées des ligaments latéraux, des ménisques et du cartilage.

Cette rupture entraîne une instabilité mécanique et fonctionnelle par une augmentation de la translation tibiale antérieure. Le LCA constitue en effet le frein principal à cette translation en charge. Le quadriceps, lors de sa contraction, développe une force qui peut être décomposée en une force de translation tibiale antérieure et une force de coaptation fémoro-tibiale. Le frein primaire à la translation tibiale antérieure est le ligament croisé antérieur. En cas de rupture de celui-ci, c'est la corne postérieure du ménisque interne et les formations postéro-internes (PAPI) qui limitent cette translation tibiale antérieure, il s'agit du frein secondaire.

Mécanismes lésionnels

Le mouvement de valgus-flexion-rotation-externe (VFE) : Atteinte du plan capsulo-ligamentaire interne (point d'angle postéro-interne et LLI), du ménisque interne et du ligament croisé antérieur (LCA).

Le mouvement de varus-flexion-rotation interne : atteinte du LCA, du plan capsulo-ligamentaire externe (point d'angle postéro externe et LLE) et du ménisque externe.

Le mouvement de rotation interne pied fixé au sol (mauvaise réception de saut, changement de direction) : rupture isolée du LCA.

Hyperextension (shoot dans le vide) : rupture isolée du LCA.

Lors du passage d'une position hyper fléchie en contraction isolée du quadriceps, on peut observer également une lésion du croisé antérieur, c'est la fameuse « **position à cul** » des skieurs de compétition. Ce mécanisme demeure cependant exceptionnel.

1.3 Traitement

Deux possibilités :

- **Rééducation fonctionnelle :**

Elle permet de pallier l'absence du ligament croisé antérieur. Elle est centrée sur une rééducation musculaire et proprioceptive pour stabiliser le genou. La rééducation développe la force musculaire des muscles du genou (quadriceps en avant et ischio-jambier en arrière), ainsi que l'équilibre et la stabilité du genou sur les situations de la vie courante (debout, saut, course).

- **Reconstruction chirurgicale du LCA**

Les facteurs influençant le choix thérapeutique

- **L'âge :** Plus le patient est jeune, plus grande est la nécessité de reconstruire son ligament croisé antérieur. Mais l'intervention reste possible quel que soit l'âge si les capacités de récupérations sont présentes et si le patient est motivé.
- **Le sport pratiqué et le niveau de compétition :** Un jeune joueur de football de 20 ans est considéré comme plus accessible à cette chirurgie qu'un cycliste de 50 ans. Les sports avec pivot nécessitent un ligament croisé antérieur intact. Le risque d'un ligament rompu chez un patient qui pratique des sport pivots, serait la survenue de nouvelles entorses dont la répétition risquerait d'entraîner d'autres lésions ligamentaires, des ruptures méniscales voire des lésions cartilagineuses pouvant conduire ultérieurement à l'arthrose.
- **Le métier :** Les métiers physiques avec mécanisme de pivot central, à risque de chute, sur terrain non régulier ou avec port de charges régulier (exemple d'un menuisier charpentier qui travaille en hauteur) nécessite d'avoir un genou stable et solide.
- **Le degré de laxité initiale : Facteur important.** L'examen clinique et les tests dynamiques permettent d'apprécier cette laxité, variable d'un sujet à l'autre. Les tests du Lachman et du tiroir antérieur, toujours comparatifs, sont des tests facilement réalisables avec une sensibilité et une spécificité très importantes. On retrouve ainsi, pour le tiroir antérieur, une sensibilité à 62% et spécificité à 88%, et pour le Lachman, une sensibilité à 86% et une spécificité à 91%, d'après une méta-analyse de C.G. Van De Plas et al. (2007)[2].

- **L'état des ménisques :** L'existence d'une lésion méniscale constitue un argument en faveur d'une réparation du ligament croisé antérieur. La conservation des ménisques est toujours recherchée car ils favorisent la stabilité du genou. Il est également le meilleur moyen de prévenir le risque d'arthrose ultérieure.
- **La constitution du sujet :** La tolérance d'une rupture du LCA est très individu dépendant. Chez un sujet musclé, raide et en léger varus, la rupture du LCA peut être longtemps tolérée. Chez la jeune fille laxo au genu valgum recurvatum, la rupture du LCA risque d'entraîner une instabilité rapidement gênante, même dans la vie quotidienne, en dehors de tout exercice physique.
- **L'état du genou avant l'accident :** Les conséquences d'une rupture du LCA ne sont pas les mêmes si le genou blessé était indemne avant l'accident, ou s'il présentait déjà une pathologie ou même une opération antérieure. L'indication d'une éventuelle intervention doit tenir compte de cet état.

1.4 Principales techniques chirurgicale[3]

Mac-Intosh

Technique utilisant le fascia lata comme greffe en prélevant une bandelette large pour qu'elle soit suffisamment résistante. L'arthroscopie permet de réduire l'agressivité relative de la technique de Mac-Intosh au fascia lata. La zone de prélèvement de la future greffe ligamentaire nécessite quand même un abord à ciel ouvert.

Dans un premier temps, une arthroscopie du genou permet de faire le bilan lésionnel. Puis, on pratique le prélèvement de la greffe à la face externe de la cuisse et du genou par une incision cutanée longitudinale d'une longueur de 10 à 15 cm de hauteur. Pour l'incision du fascia lata, le transplant doit être de 4 cm de largeur à sa partie proximale et de 1 cm à sa partie distale sur le tubercule de Gerdy sur lequel il reste inséré. La bandelette de fascia lata prélevée est ensuite tubulée. La préparation du tunnel fémoral se fait à 1 cm en arrière du LLE. Le point de sortie correspond à la surface postérieure d'insertion condylienne du LCA. Le point de sortie du tunnel tibial se fait à la hauteur du pied du LCA natif. Le transplant est alors passé grâce à un fil tracteur dans le tunnel fémoral puis à travers le tunnel tibial. On fixe ensuite la greffe grâce à une vis résorbable sur la tubérosité tibiale interne puis une vis d'interférence dans le tunnel fémoral.

KJ : Keneth-Jones

Il s'agit du remplacement du LCA rompu par une autogreffe os tendon os prélevée sur le tendon rotulien. Une incision de 5 à 8 cm est réalisée sur la face antérieure du genou. Le prélèvement se fait sur le 1/3 central du tendon rotulien, avec une baguette osseuse à chaque extrémité. La greffe doit faire environ 10 cm de longueur et 9 à 10 mm de diamètre. Les diamètres des tunnels osseux sont de 9 et 10 mm pour permettre le passage de la greffe au niveau du tibia et du fémur. La greffe est fixée par deux vis résorbables ou métalliques (titane) sous contrôle arthroscopique.

DIDT : Droit Interne Demi-Tendineux

Cette technique utilise une autogreffe du droit interne et du demi tendineux.

Les tendons du droit interne et du demi tendineux sont fins (3 à 4mm de diamètre) et long (environ 25 cm). Ils sont la terminaison de deux muscles ischio-jambiers se terminant sur la patte d'oie. L'intervention chirurgicale se réalise totalement sous arthroscopie.

Le prélèvement s'effectue par une courte incision de 2 cm environ à la face interne du tibia, puis prélèvement par un « stripper » du tendon droit-interne et demi-tendineux (en totalité). Ces deux tendons sont fins mais très résistants. Ils sont pliés en deux pour obtenir une greffe de LCA de 4 faisceaux ou 4 brins dont le diamètre est de 7 à 9 mm en moyenne et une longueur moyenne de 12cm. L'arthroscopie est réalisée par deux petites incisions de 5 mm de part et d'autre de la rotule. Le premier temps opératoire fait un bilan lésionnel complet. Les tunnels osseux sont percés dans le tibia et le fémur afin d'y placer la greffe. La greffe est passée de bas en haut dans les deux tunnels par un fil tracteur. La fixation de la greffe est la dernière étape de l'opération et probablement la plus importante car elle permet de caler la greffe jusqu'à la cicatrisation et l'intégration biologique de celle-ci à l'os. Il existe différents procédés : vis d'interférence, endobouton, agrafes ou broches.

DT4 TLS

La méthode DT4 TLS utilise un seul tendon ischio-jambier en greffe courte, le tendon demi Tendineux. Il est l'un des deux tendons ischio-jambiers (DIDT). Ce tendon, fin (3 à 4 mm de diamètre) et long (environ 25 cm) sera plié en quatre (DT4 TLS) pour obtenir une greffe de LCA de 4 faisceaux ou 4 brins dont le diamètre en moyenne est de 7 à 9 mm.

Tendon Quadricipital

Le principe de cette technique est le même que le KJ ou DIDT, seul le type de greffe change.

La réparation du LCA par le tendon quadricipital est rarement utilisée en première intention. Le plus souvent, il s'agit de réintervention pour échec ou nouvelle rupture d'une ligamentoplastie. Le prélèvement de la greffe est réalisé par une incision de 6 à 8 cm verticale sus-rotulienne ou par deux courtes incisions horizontales, l'une sus-rotulienne et l'autre 8 cm au-dessus. Il faut prendre un pavé osseux rotulien et ne pas prélever le tendon crural afin de ne pas fragiliser le tendon quadricipital. L'intervention est ensuite réalisée sous arthroscopie de façon classique et la greffe est fixée par les vis, agrafe ou broches.

Allogreffe

L'utilisation d'allogreffe n'est pas autorisée en France. Il n'y a pas de spécificité technique liée aux allogreffes. Les suites immédiates sont plus simples et il n'y a aucune morbidité liée à la prise de greffe. En revanche, l'intégration de la greffe est plus longue, cela nécessite de rallonger les délais de reprise sportive. Aux Etats Unis, une grande majorité des ligamentoplasties de première intention sont réalisées avec des allogreffes.

1.5 Reprise sportive

La reprise du sport après une ligamentoplastie est le but recherché par tout sportif. Malheureusement, la reprise n'est pas très bien codifiée et très aléatoire en fonction du chirurgien. Si l'on se base sur les recommandations de l'HAS (HAS 2008) [4], les critères de reprise du sport sont loin d'être consensuels et dépendent du type d'activité.

Ardern et al. [5] ont réalisé une méta-analyse sur 48 études et 5770 sportifs ayant subi une ligamentoplastie. Il en ressort que 82% reprennent le sport, 63% à un niveau antérieur à la rupture et seulement 44% reprennent la compétition.

Barber et Noyes [6] ont fait une analyse de la littérature sur les facteurs utilisés pour autoriser la reprise sportive. 264 études ont été analysées. 40% des articles ne fournissent aucun critère de reprise sportive, 32% donnent comme seul critère le délai postopératoire, 15% l'associe à des critères subjectifs et seulement 13% à des critères objectifs. Les critères objectifs utilisés sont les amplitudes articulaires et l'existence d'un épanchement dans 6% des cas, le déficit musculaire dans 9% et le saut monopodal dans 4% des cas.

P.-L. Puig et al. [7] ont réalisés une revue de la littérature sur 10 ans et proposent plusieurs critères pour juger de la date de reprise du sport : les délais post-chirurgicaux, les critères d'examen clinique, la force musculaire, la force isométrique, le taux de développement de la force isométrique maximale, les tests isocinétiques, l'évaluation des capacités neuromusculaires, les épreuves fonctionnelles, le saut monopodal, le test d'agilité modifié, le test de Vail, les questionnaires validés et les analyses multifactorielle fonctionnelles du genou. Ils ont également mis en avant les principaux critères cliniques tels que la douleur, l'absence d'hydarthrose, la laxité clinique, la mobilité et les amplitudes articulaires complètes. Ils proposent également des questionnaires fonctionnels (IKDC et l'échelle de KOOS), ainsi que l'évaluation du contrôle moteur par stabilométrie, test monopodal en longueur, SEBT (The Star Excursion Balance Test), test isocinétique et test laximétrique au GNrB.

1.6 Test isocinetique

Partie réalisé à l'aide du Guide d'isocinétisme du Dr Pascal Edouard [8], et de l'étude du Pr Croisier « exploration isocinétique : analyse des courbes » [9].

1.6.1 La contraction musculaire

Pour comprendre les principes d'isocinétismes, il faut bien comprendre la mécanique de la contraction musculaire. *Figure 1.*

- **La force musculaire** se définit comme étant la tension qu'un muscle peut opposer à une résistance au cours d'un effort. Cette force dépend des aspects structurels et trophiques du muscle, de la transmission des forces, des conditions mécaniques de la contraction musculaire et du contrôle nerveux.
- **La relation tension longueur.** Après stimulation du muscle, le niveau de tension dépend de la longueur à laquelle se trouve le muscle au moment de son activation. Au repos, plus le muscle est étiré, plus la tension est importante. À force isométrique maximale, la tension maximale est développée pour une longueur optimale correspondant à la longueur de repos. La relation tension-longueur du muscle strié squelettique peut varier en fonction de la typologie musculaire. Dans le cadre de l'évaluation musculaire isocinétique, cette relation tension-longueur est importante au moment de l'interprétation de l'allure de la courbe isocinétique force-angle articulaire.
- **La relation force vitesse.** La vitesse maximale à laquelle un muscle peut se raccourcir dépend de la force qui lui est opposée. À l'inverse, la force maximale qu'un muscle peut développer dépend de la vitesse à laquelle il se contracte. Dans le cadre de l'évaluation musculaire isocinétique, cette relation force-vitesse a une grande importance pour justifier de l'utilisation de plusieurs vitesses angulaires lors de l'évaluation, et ensuite dans l'interprétation des valeurs obtenues de moment de force maximum en fonction de chaque vitesse angulaire

- **Le mode de contraction.**

- **Mode statique ou isométrique** : Pas de déplacement du segment de membre. La longueur du complexe tendinomusculaire ne se modifie pas. La résistance opposée au mouvement est égale à la force développée par le muscle.
- **Mode isotonique ou contraction dynamique à charge constante** : Le segment de membre se déplace à vitesse variable mais à charge constante.
- **Mode isocinétique** : Contraction dynamique avec déplacement du segment de membre. Déplacement à vitesse constante sur toute l'amplitude du mouvement avec une résistance autoadaptée variable. Possibilité d'obtenir un effort maximal tout au long du mouvement.
- **Mode concentrique** : Les points d'insertion musculaire se rapprochent et le muscle se raccourcit, la résistance opposée au mouvement est inférieure à la force développée par le muscle. Il s'agit d'une activité musculaire mobilisatrice.
- **Mode excentrique** : Les points d'insertion musculaire s'éloignent et le muscle s'allonge. La résistance opposée au mouvement est supérieure à la force développée par le muscle. Il s'agit d'une activité musculaire frénatrice.

Globalement, la contraction musculaire isométrique intervient dans la stabilité, la contraction musculaire concentrique dans la performance motrice, et la contraction musculaire excentrique dans la protection musculaire et articulaire. Ces différents modes sont donc complémentaires.

Dans le cadre de l'évaluation musculaire isocinétique, le choix du mode de contraction aura donc son importance dans la compréhension des capacités de force du muscle.

- **Le mouvement articulaire.** C'est le mouvement de rotation entre deux segments corporels adjacents par rapport à l'articulation commune. Le déplacement angulaire est mesuré en degrés ou en radians. La vitesse angulaire est calculée à partir des variations de l'angle articulaire en fonction du temps, elle est donc exprimée en degré par seconde ou en radians/seconde.

Dans le cadre de l'évaluation musculaire isocinétique, la vitesse de mouvement définie et exécutée sera donc une vitesse angulaire. Il conviendra de choisir des vitesses angulaires permettant d'appréhender les capacités du muscle selon la relation force-vitesse, mais en faisant en sorte que ces vitesses soient atteignables et réalisables par le sujet, afin qu'il demeure en mode isocinétique.

- **La chaîne musculaire.** C'est l'ensemble des muscles et articulations mis en jeu dans un mouvement. On en distingue 2 types :
 - La chaîne cinétique fermée, lorsque l'extrémité distale est fixe (squat)
 - La chaîne cinétique ouverte, lorsque l'extrémité distale est libre (shoot au football).

Les contraintes articulaires sont plus importantes lors d'un mouvement en chaîne cinétique ouverte car la co-contraction des agonistes et antagonistes ne permet pas une stabilisation maximale de l'articulation.

Dans le cadre de l'évaluation musculaire isocinétique, le mouvement est réalisé en chaîne cinétique ouverte, ce qui correspond à la majorité des gestes de la vie quotidienne et sportive pour les membres supérieurs, mais qui est moins fréquent pour les membres inférieurs.

- **La course de travail musculaire.** C'est le débattement parcouru au cours du mouvement par une articulation où un muscle est appelé course. La course de travail caractérise le secteur angulaire d'activité que l'on souhaite privilégier au cours des exercices. Elle se définit par rapport aux points d'insertion du muscle. On en distingue 3 types :
 - La course interne, lorsque les points d'insertion sont rapprochés (muscle en position de raccourcissement maximal).
 - La course externe, lorsque les points d'insertion sont éloignés (muscle en position d'étirement maximal).
 - La course intermédiaire (moyenne), entre les deux positions extrêmes.

Dans le cadre de l'évaluation musculaire isocinétique, cette notion est pertinente pour la détermination de l'amplitude articulaire qui sera réalisée lors de l'évaluation

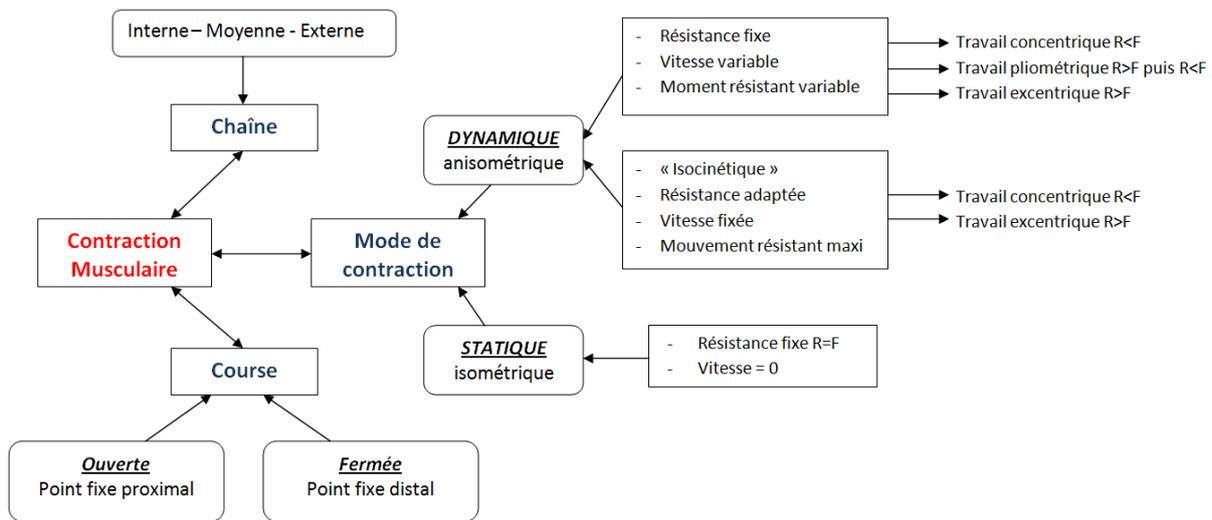


Figure 1. Schéma de la contraction musculaire

1.6.2 Caractéristiques de l'évaluation musculaire isocinétique

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

1.6.2.1 Avantages et inconvénients

- **Avantages :**
 - Mesure objective, fiable, quantitative et qualitative, reproductible, dynamique de la force musculaire.
 - Contrôle de la trajectoire, de l'amplitude articulaire, de la vitesse angulaire.
 - Maîtrise et détermination de la vitesse angulaire
 - Exercice musculaire, et notamment développement de la force maximale, en sécurité par l'adaptation de la résistance opposée à la force produite (auto-adaptation de la résistance).
 - Feedback visuel de la contraction musculaire effectuée.

○ **Inconvénients :**

- Le mode de contraction isocinétique n'est pas un mode de contraction physiologique
- Le mouvement réalisé n'est pas véritablement fonctionnel, mais il n'est pas non plus analytique car il mesure une fonction ou un groupement musculaire.
- La reproductibilité est discutable pour certains paramètres, la zone de mode de contraction isocinétique est parfois faible, l'utilisation des filtres doit être standardisée, des artefacts liés aux phases d'accélération et de décélération existent (*overshoot*).
- Le coût d'investissement de l'équipement est élevé, une formation du personnel est nécessaire et l'évaluation peut être longue.

1.6.2.2 Les domaines d'application de l'isocinétisme

- En évaluation, pour le diagnostic pathologique, le suivi thérapeutique ou sportif, pour la prévention des lésions musculaires ou articulaires, en médecine légale dans le cadre d'expertises, voire même pour le recrutement sportif.
- En rééducation, par la diversité des possibilités techniques et l'adaptation des protocoles, pour un renforcement musculaire actif ou passif, contrôlé, sécurisé, progressif, personnalisé et en variant les modes de contraction utilisés (concentrique, excentrique), les vitesses de contraction, voire les charges, cela pouvant s'appliquer dans le programme rééducatif de nombreuses affections : ostéoarticulaires, neurologiques, cardiovasculaires, etc.
- En pratique de préparation sportive, dans l'établissement et le suivi de programmes d'entraînements sportifs, le dépistage de facteurs de risque de blessures et la prévention des accidents.
- En recherche scientifique, par la possibilité d'une évaluation et d'une quantification de la fonction musculaire, en dynamique pour la compréhension de la physiologie du système musculaire, et physiopathologie des phénomènes pathologiques pouvant toucher le système musculosquelettique.

1.6.2.3 Contre-indications relatives et absolues de l'isocinétisme,

- D'après l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES) en 2001.
 - o **Contre-indications relatives :** Douleur invalidante, hydarthrose importante ou récidivante, lésion ligamentaire récente, épilepsie, lésion cutanée, incontinence urinaire d'effort, éventration et grossesse.
 - o **Contre-indications absolues :** Processus pathologique évolutif, fracture non consolidée et pathologie cardiovasculaire non équilibrée (angor, hypertension artérielle) contre-indiquant tout effort.

1.6.2.4 Les dynamomètres

Ils permettent d'assurer la vitesse constante et la mesure de la force, ont un logiciel d'exploitation des données mesurées et un système de positionnement des sujets. Ils peuvent différer sur leur technologie isocinétique, leurs panels de possibilités et de capacités en termes de modes de contraction, d'articulations et de positions, de paramètres mesurés, et d'autres fonctionnalités.



Dynamomètre Biodex® (photo CRRF Le Grand Feu)

1.6.3 Modalité de réalisation

- **L'échauffement.** Un échauffement standardisé avant l'évaluation musculaire isocinétique est indispensable. Il doit être général pour préparer l'appareil cardio-respiratoire, et spécifique pour une préparation des groupes musculaires évalués.



*Echauffement sur ergocyclomètre
(photo CRRF Le Grand Feu)*

- **L'installation.** La position doit mettre le sujet dans une position de confort, de confiance, indolore, et sans risque de lésion et/ou d'aggravation d'une éventuelle pathologie durant l'effort, tout en étant au plus proche des positions physiologiques d'utilisation de l'articulation, du membre ou des groupements musculaires évaluées. Une position et une installation identique sont indispensables pour que les évaluations soient reproductibles et comparables.
- **La stabilisation** est importante pour un bon alignement de l'axe articulaire et pour le développement de la force maximale. Elle permet aussi une limitation des compensations, afin d'être le plus analytique possible. Les protocoles sont variables, du maintien simple du segment évalué à un sanglage complet du tronc et des membres.



*Stabilisation pour test isocinétique du genou
(photo CRRF Le Grand Feu)*

- **Protocole d'évaluation.**

- Choix de la course angulaire. La course angulaire doit être suffisante pour que le sujet atteigne la vitesse angulaire demandée, réalise un mouvement à vitesse constante et atteigne son moment de force maximum.
- Choix du mode de contraction. Le mode de contraction concentrique apporte une information sur la performance motrice, le mode excentrique apporte des informations sur la notion de prévention articulaire et musculaire (prévention des blessures), et le mode isométrique sur la stabilité.
- Choix des vitesses. Il est conseillé d'utiliser une vitesse dite « lente » et une dite « rapide ». En mode concentrique de 60°/s à 180°/s, voire 240°/s, et en mode excentrique de 30°/s à 90°/s.
- Choix du nombre de répétitions. Il a été conseillé de réaliser 3 répétitions pour les vitesses lentes, 5 pour celles intermédiaires et 10 pour celles rapides, et en excentrique de 3 à 5 répétitions.



*Course angulaire pour test isocinétique du genou
(photo CRRF Le Grand Feu)*

1.6.3.1 Paramètres mesurés.

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

1.6.3.1.1 Paramètres quantitatifs

- *Moment de force maximum*, en Nm. Représente la force maximale du sujet.
- *Ratio agonistes/antagonistes*, en %. Reflet de la balance musculaire articulaire agoniste-antagoniste.
- *Ratio mixte exc/conc*, en %. Le plus proche du geste sportif.
- *Angle de survenue du moment de force maximum*, en degré. Il détermine l'angle précis où le muscle est capable développer le moment de force maximum.
- *Travail total*, en joule. Aire sous la courbe, Force 3 distances
- *Puissance moyenne et pic*, en Watt. Travail produit par unité de temps, moins utilisé que le moment de force maximum
- *Temps de développement de la tension maximale*, en seconde. Délai pour atteindre le moment de force maximum
- *Force explosive*, En N/m. Moment de force développé par le muscle après 125 ms suivant le début du mouvement

1.6.3.1.2 Paramètres qualitatifs : les courbes

La courbe obtenue lors de l'effort isocinétique illustre l'efficacité de la contraction musculaire au cours du mouvement. L'analyse globale de la courbe permet de déceler d'éventuelles anomalies ne s'accompagnant pas de modification systématique des paramètres chiffrés (Crosier et al 1999)(9).

- Aspect normal

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

Au niveau du genou, l'allure générale de la courbe isocinétique concentrique rappelle une parabole, avec un moment de force maximal intermédiaire, alors que le mode excentrique se caractérise par un développement progressif. *Figure 2.*

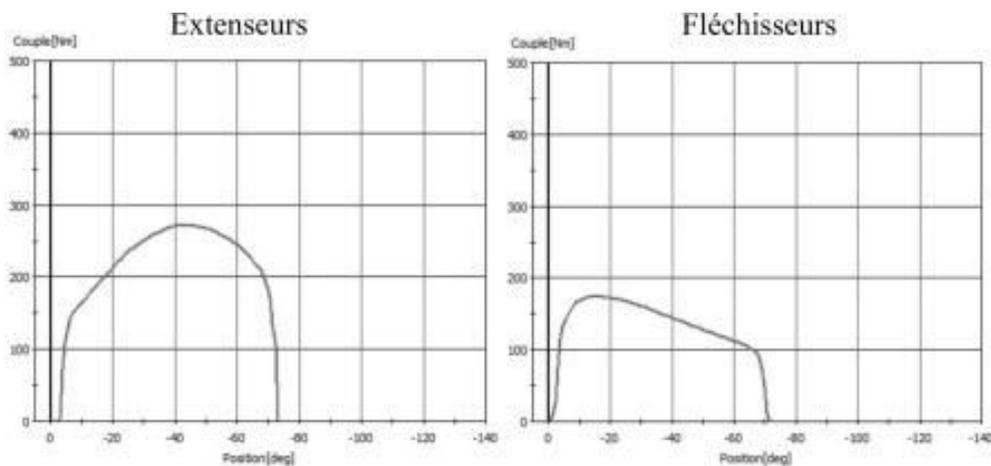


Figure 2 : Courbe normale d'un test isocinétique du genou en vitesse concentrique pour les extenseurs et les fléchisseurs. [9]

- **Anomalie de courbes**

○ **Non superposition de courbes.**

- *Dispersion aléatoire* : manque de compréhension ou collaboration insuffisante
- *Augmentation progressive* : apprentissage inadapté, échauffement incomplet ou levée progressive de mécanismes d'inhibition.
- *Réduction progressive* : pathologie subaiguë réveillant la douleur ou fatigabilité anormale ou physiologique.

○ **Accident transitoire** : incurvation significative et reproductible de la courbe, témoignant d'une inhibition nociceptive de la contraction musculaire dans un secteur angulaire précis.

○ **Courbe disharmonieuses** : Modification du tracé sur plus de 40% de l'amplitude du mouvement.

- *Concavité à la montée* : Déficit du temps de développement de tension maximum, du début de contraction au pic de force.
- *Concavité à la descente* : Incapacité à maintenir la contraction maximum durant le mouvement

○ **Aspect linéaire (méplat)** : Diminution majeure de la force sur l'amplitude complète du mouvement ce qui correspond à un déficit musculaire global.

○ **Tracé irrégulier et saccadé** : Amyotrophie majeure ou pathologie neurologique caractérisée par un tremblement essentiel ou une spasticité.

1.6.3.2 Reproductibilité

- **Coefficient de variation :**

Il indique la reproductibilité des courbes de répétition d'une série. Si toutes les courbes ont exactement le même aspect, la valeur est 0, si elles n'ont aucun rapport la valeur est 100. On considère qu'une valeur en dessous de 10 est excellente, jusqu'à 15 ou 20 acceptable, au-delà de 20 inacceptable.

1.6.3.3 Quelques valeurs normatives

- **Moment de force maximum :**

		Quadriceps	Ischios
Homme	sportif	220 Nm	110 Nm
	non-sportif	180 Nm	90 Nm
Femme	sportive	140 Nm	70 Nm
	non-sportive	100 Nm	50 Nm

- **Le ratio IJ/Q concentrique :**

La valeur normale est de 0,6 à 90°/s

- **Le ratio mixte IJ exc 30°/s / Q conc 240°/s :**

Si ce ratio est supérieur à 1,4 il y a équilibre musculaire et peu de risque de lésion musculaire.

Si le ratio est inférieur à 0,8 il y a un risque lésionnel et notamment sur les IJ.

1.6.4 Interprétation

L'interprétation est essentielle, elle doit se baser sur le contexte clinique, les caractéristiques du sujet, la variabilité de la mesure et la différence des deux côtés. Elle doit être qualitative et quantitative.

On considère une variation inférieure à 7 % non significative, dû à la variabilité des méthodes. Pour le dynamomètre isocinétique de type Con-Trex[®], cela peut être ajusté à une variation inférieure à 4 %.

Ainsi, dans l'interprétation des résultats, il faudra que la différence entre les deux paramètres (entre les deux côtés, par rapport à des valeurs de référence, ou par rapport à la normalité) soit supérieure à 7 % pour pouvoir être considérée comme significative.

1.6.4.1 En pratique pour le genou :

- Faire une consultation médicale avant le test pour s'assurer de la non contre indication au test, pour effectuer un examen clinique et pour établir le protocole du patient.
- Revoir le patient après le test pour avoir son ressenti et discuter des résultats.
- Vérifier que le coefficient de variance soit au moins inférieur à 20%.
- Vérifier de nombre de répétition minimum pour valider le test.
- Vérifier que toutes les vitesses ont été réalisées.
- Comparer le moment de force maximum isocinétique pour les fléchisseurs et extenseurs du genou en comparant par rapport au côté controlatéral (différence entre les deux côtés qui doit être inférieur à la variabilité de la mesure (4-7 %) et/ou au pourcentage lié à la latéralité (entre 5 et 10 % d'après Perrin [10]). Comparer également avec les valeurs de référence si le patient a déjà eu un ou plusieurs tests antérieurs.
- Comparer les ratios fléchisseurs/extenseurs par rapport aux valeurs normatives mais en tenant compte de la grande variabilité inter-individus. Comparer également avec les valeurs antérieures si elles existent.

2. Introduction

L'entorse du genou est une pathologie très courante, notamment chez les sportifs. La rupture du ligament croisé antérieur (LCA) qui en décours fait partie des lésions ligamentaires les plus fréquentes du sportif. Et, elle est généralement lourde de conséquences. On compte 2 millions de ruptures/an au niveau mondial. La prise en charge initiale reste assez bien codifiée avec une immobilisation, une rééducation précoce et l'objectif de retrouver un genou sec. La prise en charge chirurgicale est quant à elle proposée principalement aux patients jeunes et/ou actifs. Aux Etats-Unis, la fréquence est de 200 000 LCA/an dont 100 000 LCA opérés. En France, 75000 ruptures du LCA ont été opérées en 2015 [11].

La rééducation post-opératoire est très importante, elle peut se faire dans un cabinet de kinésithérapie en libéral ou dans un centre de rééducation suivi par un médecin spécialisé en MPR. Les objectifs musculaires précoces sont la levée de la sidération, puis le renforcement et la proprioception au vu du contrôle actif du genou, tout en suivant le processus naturel de cicatrisation ligamentaire.

La chirurgie du LCA est pourvoyeuse d'une perte de force considérable (-30 à -40%) en particulier du quadriceps et des ischio-jambiers [12]. L'évaluation clinique ne permet pas d'apprécier un déficit de cette valeur. Or, un important déficit musculaire entraîne une instabilité du genou et donc, une fragilisation de l'implant. Le moyen le plus objectif de donner des informations qualitatives et quantitatives de ce déficit est l'évaluation musculaire des extenseurs et des fléchisseurs par un test isocinétique.

Durant la phase de rééducation, la Sécurité Sociale rembourse 3 tests isocinétiques dans le cadre du suivi d'un programme de rééducation validé par la Société Française de Médecine Physique et de Réadaptation (SOFMER) (Annexe 1). Ces tests sont réalisés principalement chez des sportifs et permettent d'orienter la rééducation et la réathlétisation jusqu'à la reprise du sport. Actuellement, les recommandations de la SOFMER vont vers une réalisation de ces tests à 3 ou 4 mois, puis à 6 mois (Recommandation SOFMER 2009) [12].

Le premier test est réalisé à 3 ou 4 mois suivant le protocole du chirurgien et du type de greffe réalisée. Après ce test, une adaptation du programme de rééducation et une reprise du sport de type course à pied ou vélo sont envisagées au vu des résultats.

Quelques études ont travaillé sur l'effet de la course à pied, du vélo ou du travail dans les escaliers, pour l'amélioration de la récupération de la force isocinétique entre le 3^e et le 6^e mois post-opératoire. Mais aucune efficacité sur la récupération de la force musculaire à 6 mois sur les extenseurs et les fléchisseurs du genou n'a été rapportée (Dauty et al.) [13].

Notre hypothèse est que la cinétique de récupération musculaire après plastie du LCA se caractérise par une grande variabilité interindividuelle et que le processus de cicatrisation naturelle des 6 premiers mois est difficilement adaptable. De ce fait, l'évaluation musculaire préconisée à 3 ou 4 mois post-opératoire nous paraît trop précoce.

L'objectif de cette étude est donc de comparer les bénéfices d'une évaluation isocinétique à 3-4 mois post-opératoires d'une ligamentoplastie dans la rééducation des sportifs amateurs, afin de proposer un meilleur suivi pour les sportifs, et notamment après un an de la chirurgie. En effet, nous savons qu'il n'est pas rare qu'il persiste un déficit musculaire post-opératoire à plus d'un an de la chirurgie [14–17]. Pour cela, nous avons comparé les résultats des tests isocinétiques à 6 mois d'une ligamentoplastie de deux groupes : l'un ayant eu un test à 3 ou 4 mois et un autre groupe n'ayant pas eu ce test.

3. Matériel et Méthode

Type d'étude :

Il s'agissait d'une étude rétrospective quasi expérimentale, monocentrique et comparative. Les inclusions ont été réalisées sur la période de février 2014 à juin 2017.

Objectifs :

L'objectif principal était de comparer les bénéfices d'une évaluation isocinétique à 3-4 mois post-opératoires d'une ligamentoplastie dans la rééducation des sportifs amateurs, en comparant à 6 mois deux groupes ayant eu ou non ces évaluations au 3^e ou 4^e mois après la chirurgie.

L'objectif secondaire était de comparer les résultats de ces évaluations sur une analyse en sous groupe de chaque vitesse en différenciant les deux dynamomètres afin de diminuer le biais de comparaison.

Critères de jugements:

Le critère de jugement principal était les objectifs de reprise sportive à 6 mois de la ligamentoplastie en fonction des résultats des tests isocinétiques.

Les critères de jugements secondaires étaient le moment de force maximal de chaque vitesse en pourcentage de déficit entre jambe saine et jambe opérée, et le calcul des ratios mixtes.

Critères d'inclusion :

Ils comprenaient tous les patients de 16 ans ou plus, sportif amateur tout niveau, ayant subi une rupture du LCA (complète ou partielle) avec traitement chirurgical par ligamentoplastie et ayant réalisé un test isocinétique à 3 mois, 4 mois et/ou 6 mois post-opératoire. Une atteinte méniscale avec ou sans réparation chirurgicale était acceptée.

Critères de non inclusion :

Ils comprenaient tous les patients de moins de 16 ans, sportif professionnel, ayant subi une reprise chirurgicale, non sportif et/ou ayant réalisé un test isocinétique hors délai.

Population :

L'étude a été réalisée au Centre de Rééducation et de Réadaptation Fonctionnelles MELIORIS Le Grand Feu, situé à Niort, dans les Deux Sèvres.

Nous avons étudié tous les patients pris en charge pour une rééducation, ou pour un test isocinétique seul, après ligamentoplastie du LCA. Au total, 71 patients ont été inclus entre février 2014 à juin 2017. Deux groupes ont été comparés en fonction du nombre de tests isocinétiques réalisés. Nous avons décidé de comparer les groupes sur le critère des tests isocinétiques à 6 mois et ainsi rechercher une différence significative sur l'amélioration de la force musculaire entre les 2 groupes.

- Le groupe 1 était composé de 35 patients. Il représentait les patients ayant réalisé qu'un seul test isocinétique à 6 mois post-opératoire, donc sans adaptation de protocole de rééducation à 3 mois.

- Le groupe 2 était composé de 36 patients. Il représentait les patients ayant réalisé deux tests isocinétiques, leur premier à 3 ou 4 mois de la chirurgie, avec adaptation du protocole de rééducation en fonction des résultats, suivi d'un deuxième test isocinétique à 6 mois post-opératoire.

Les interventions chirurgicales ont été réalisées par différents chirurgiens répartis sur le territoire français, avec une majorité sur la région Nouvelle Aquitaine. La rééducation post-opératoire a été réalisée soit en libéral soit au CRRF MELIORIS Le Grand Feu à Niort.

Test isocinétique de genou :

Ils ont été réalisés sur 2 dynamomètres différents, un dispositif Con-Trex® et un dispositif Biodex®, aléatoirement en fonction de la disponibilité, par une seule kinésithérapeute formée spécifiquement à l'isocinétisme et un médecin spécialisé en Médecine Physique et Réadaptation.

Un échauffement était réalisé avant le test, sur cycloergomètre pendant 10 min à 80 Watts en gardant un rythme de 60 à 70 tours de pédale par minutes. Ensuite, le patient était assis sur le siège du dynamomètre avec une inclinaison postérieure du tronc de 15° par rapport à la verticale, sanglé au niveau du tronc et du pelvis. L'axe du dynamomètre était aligné de manière à ce que son centre de rotation corresponde à celui du centre articulaire moyen de flexion-extension du genou, et ce, tout au long du mouvement de flexion-extension du genou. Le membre testé était fixé à l'aide d'une sangle au niveau de la cuisse et un contre-appui par le dynamomètre était placé sur le segment jambier juste au dessus du coup de pied. Le membre controlatéral était laissé libre mais avec un contre appui résistif distal.

L'installation était réglée selon un protocole strict, sur un secteur angulaire de 0 à 90° à vitesse constante, analysant les extenseurs et les fléchisseurs du genou dans un plan sagittal.

Un apprentissage de 3 mouvements d'extension-flexion à la vitesse sélectionnée était réalisé avant chaque test, afin de diminuer l'appréhension et améliorer la fiabilité du test.

Le protocole établi était un test bilatéral à 3 vitesses pour les quadriceps et les ischio-jambiers. 6 répétitions étaient réalisées en concentrique à 60 ou 90 °/s, 12 répétitions en concentrique à 240 °/s et 5 répétitions en excentrique à 30°/s, avec 1 min 30' de repos entre chaque série. Le test était réalisé d'abord sur le genou sain puis sur le genou lésé. L'encouragement vocal était préconisé pendant le test. Les courbes s'affichaient sur l'écran et permettaient au praticien de s'assurer de la bonne participation du patient.

Pour les résultats des tests isocinétiques, deux méthodes ont été utilisées.

- La première, sur le critère de jugement principal, en fonction de l'objectif de reprise sportive à 6 mois, séparée en 3 catégories. Les catégories étaient réparties en fonction du chiffre le plus élevé du pourcentage de déficit, entre la jambe pathologique et la jambe saine, calculé sur le moment de force maximal, sur les différents groupes musculaires et les différentes vitesses, ainsi qu'en fonction des objectifs sportifs que l'on peut appréhender à 6 mois post-opératoire. La première catégorie correspondait à un pourcentage inférieur ou égal à 20%, qui était un très bon résultat à 6 mois, avec comme objectif la reprise des sports pivots sans contact. La deuxième catégorie correspondait à un pourcentage compris entre 20 et 31%, qui représentait un résultat moyen avec comme consigne de continuer la course à pied mais pas d'autorisation à la reprise du sport pivot. La troisième catégorie correspondait à un pourcentage de déficit supérieur ou égal à 31%, qui était un très mauvais résultat, car à très haut risque de blessure. Le conseil était de continuer le vélo mais pas de course à pied ni de sports pivots.

- La deuxième, sur un des critères de jugements secondaires, en fonction de chaque vitesse enregistrée, par le pourcentage de déficit entre la jambe pathologique et la jambe saine, calculé sur le moment de force maximal.

Pour finir, les ratio-mixtes ont également été calculés (excentrique ischio-jambiers 30°/concentrique quadriceps 240°).

Tests statistiques :

Les variables qualitatives étaient exprimées en effectifs (n) et pourcentages (%), les variables quantitatives en moyennes et intervalles de confiance (IC95%). L'analyse comparative a utilisé le test du Chi-deux (Fisher si les effectifs théoriques étaient inférieurs à 5) pour les variables qualitatives et le test t pour les variables quantitatives.

Pour les objectifs secondaires où les effectifs étaient inférieurs (n=22, 33 et 13, 13 respectivement), nous avons utilisé les tests non paramétriques de Wilcoxon bilatéral.

Les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel SAS 9.4 (Intersystem (C)). Les analyses ont été conduites en équivalence (bilatéral). L'hypothèse posée était qu'il n'y avait pas de différence statistique significative en bilatéral ($p > 0,05$), entre les résultats des tests isocinétiques à 6 mois, des patients ayant eu un test ou non à 3 mois.

Concernant les objectifs secondaires, nous avons effectué des analyses de sous groupes en comparant les deux dynamomètres sur chaque vitesse. Les effectifs étant inférieurs mais comptant pour au moins 2/3 de l'effectif (n=22 et 23) pour le dispositif Contrex® et 1/3 de l'effectif (n=13 et 13) pour le dispositif Biodex®, le risque alpha a été rapporté à 0,03 et 0,02.

4. Résultats

4.1 Diagramme des flux

Le diagramme des flux est présenté *Figure 3*. 148 tests ont été réalisés en post-opératoire d'une ligamentoplastie du LCA du genou. Sur les 148 tests post-ligamentoplastie, 41 tests ont été exclus dont 19 correspondent à des sportifs professionnels, 17 ont été réalisés hors délai pour l'étude et 5 sont des reprises chirurgicales. Les 107 tests inclus pour l'étude correspondaient à 71 patients, 35 patients ayant réalisé un seul test isocinétique à 6 mois et 36 ayant réalisé un test à 3 mois puis un test à 6 mois.

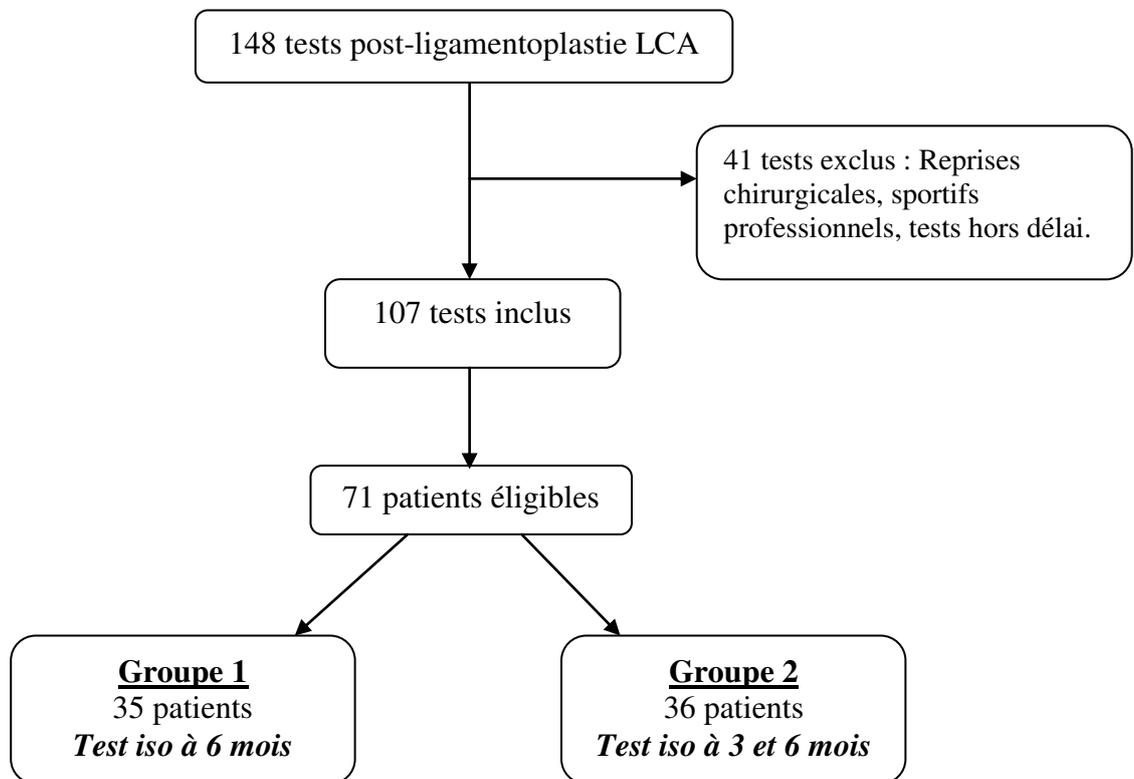


Figure 3. Diagramme des flux de l'étude

4.2 Description des patients à l'inclusion.

Le Tableau 1 montrait les principales variables des patients inclus dans l'étude.

Variables	Distrib n= 71	Groupe 1 n=35	Groupe 2 n=36	P-value (bilat)
Sexe				0.04
Femme	17	12 (34.29)	5 (13.89)	
Homme	54	23 (65.71)	31 (86.11)	
Age (m ; écart type)		23.45 (8.26)	24.45 (6.17)	0.27
Latéralité				0.28
Droite (n ; %)	36	20 (57.14)	16 (44.44)	
Gauche (n ; %)	35	15 (42.86)	20 (55.56)	
Technique chir				0.93
DIDT (n ; %)	62	31 (88.57)	31 (86.11)	
KJ (n ; %)	7	3 (8.57)	4 (11.11)	
Macintosh (n ; %)	2	1 (2.86)	1 (2.78)	
Ménisque (n ; %)	22	10 (28.57)	12 (33.33)	0.66
Dynamomètre				0.92
Contrex®	45	22 (62.85)	23 (65.71)	
Biodex®	26	13 (37.14)	13 (36.11)	

Tableau 1. Variables des patients inclus dans l'étude

On retrouvait une différence significative sur la répartition hommes/femmes entre les deux groupes ($p=0.04$). Dans le groupe 1, on notait 12 femmes (34,29%) et 23 hommes (65,71%) et dans le groupe 2, 5 femmes (13,89%) pour 31 hommes (86,11%). *Figure 4.*

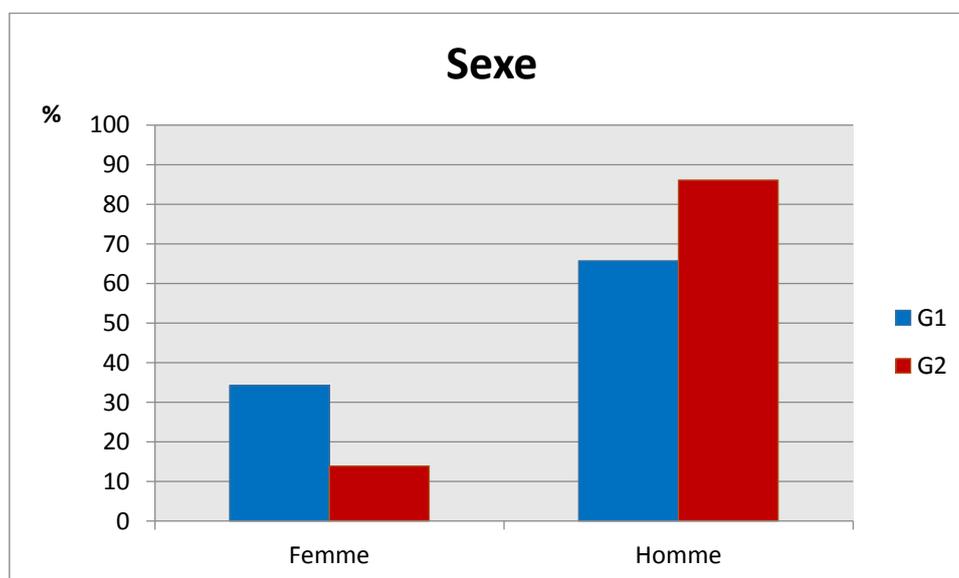


Figure 4. Répartition hommes/femmes dans les deux groupes

Pour le reste des variables, toutes les données comparées entre les deux groupes n'avaient pas de différence significative. La moyenne d'âge du groupe 1 était de 23 ans et celle du groupe 2

de 24 ans ($p = 0.27$). La latéralité droite ou gauche de la ligamentoplastie avait également été prise en compte. Dans le groupe 1 on retrouvait 20 genoux droits (57%) et 15 genoux gauches (43%), alors que pour le groupe 2 on retrouvait 16 genoux droits (44%) pour 20 genoux gauches (56%) ($p= 0,28$).

Dans notre étude, la technique chirurgicale de ligamentoplastie la plus représentative était la technique du DIDT, qui correspondait à 62 patients sur 71 (87%). On notait cependant une bonne répartition entre les 2 groupes comme nous pouvions le noter dans la *Figure 5* ($p=0.93$), avec 31 DIDT dans chaque groupe, 3 KJ dans le groupe 1 et 4 KJ dans le groupe 2 et, 1 Macintosh dans chaque groupe.

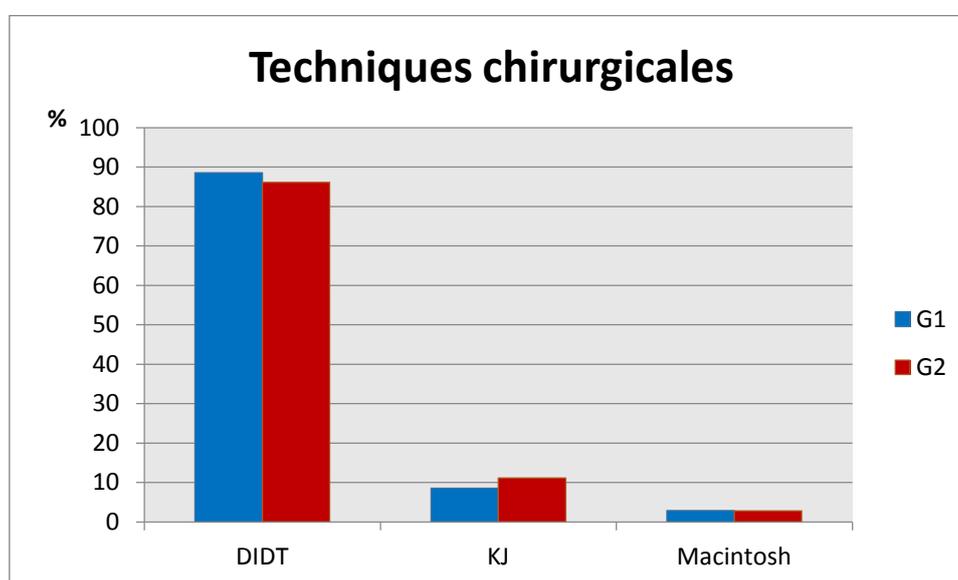


Figure 5. Répartition des techniques chirurgicales dans les deux groupes

Dans notre étude, nous avons autorisé l'inclusion des ligamentoplasties avec atteinte méniscale avec ou sans réparation méniscale. Il n'y avait pas de différence significative dans la répartition des deux groupes ($p=0,66$), avec 10 atteintes méniscales dans le groupe 1 (28%) et 12 dans le groupe 2 (33%).

Pour la réalisation des tests isocinétiques, deux dynamomètres ont été utilisés. 45 tests ont été fait avec le dynamomètre type Contrex® et 26 tests avec le dynamomètre type Biodex®. La répartition entre les deux groupes était homogène avec pour le Contrex®, 22 tests dans le groupe 1 (62,85%), et 23 tests dans le groupe 2 (65,71%), et pour le Biodex®, 13 tests dans le groupe 1 (37,14%), et 13 tests dans le groupe 2 (36,11%). On ne retrouvait pas de différence significative entre les deux groupes ($p= 0.92$).

4.3 Résultats des tests isocinétiques

Dans un premier temps, nous avons divisé les résultats des deux groupes en 3 catégories. La première catégorie correspondait à un pourcentage de déficit inférieur ou égal à 20%, qui était un très bon résultat à 6 mois, avec comme objectif la reprise des sports pivots sans contact. Dans le groupe 1, on retrouvait 12 patients (34 %) de cette catégorie et dans le groupe 2, 12 patients également (33%). La deuxième catégorie correspondait à un pourcentage compris entre 20 et 31%, qui représentait un résultat moyen avec comme consigne de continuer la course a pied mais pas d'autorisation à la reprise du sport pivot. Dans le groupe 1, 11 patients étaient concernés (31%) et 13 dans le groupe 2 (36%). Pour finir, la troisième catégorie correspondait à un pourcentage de déficit supérieur ou égal à 31%, qui était un très mauvais résultat, car à très haut risque de blessure. Le conseil était de continuer le vélo mais pas de course a pied ni de sports pivots. Dans le groupe 1, le nombre était de 12 patients (34%) et dans le groupe 2, 11 patients (31%).

Ces résultats confortaient l'hypothèse posée qu'il n'y avait pas de différence statistique significative, entre les résultats des tests à 6 mois sans tests à 3 ou 4 mois, et les résultats des tests à 6 mois avec tests à 3 ou 4 mois ($p=0,90$). Tableau 2.

Variable	Distrib n= 71	Groupe 1 n=35	Groupe 2 n=36	P-value (bilat)
Test iso 6 mois				0.90
≤20% (n ; %)	24	12 (34.29)	12 (33.33)	
20%<x<31% (n ; %)	24	11 (31.43)	13 (36.11)	
≥31% (n ; %)	23	12 (34.29)	11 (30.56)	

Tableau 2. Variables des tests isocinétiques à 6 mois

Dans un second temps, le moment de force maximal de chaque vitesse à été analysée. Le pourcentage de déficit entre jambe saine et jambe opérée à été utilisé pour établir la moyenne et l'intervalle de confiance. Les données récoltées allaient en faveur de notre hypothèse comme nous pouvions le voir dans le Tableau 3. En analyse bilatérale, seule la vitesse rapide en concentrique du quadriceps avait une différence statistique significative entre les deux groupes ($p=0,02$). Toutes les autres vitesses n'avaient pas de différence significative entre les deux groupes. Tableau 3.

Variable	Groupe 1 n=35	Groupe 2 n=36	P-value (bilat)
Conc Vit Lent Q (m ; IC95)	0.19 [0.13 ; 0.24]	0.13 [0.08 ; 0.19]	0.16
Conc Vit Lent IJ (m ; IC95)	0.07 [0.02 ; 0.12]	0.07 [0.03 ; 0.12]	0.81
Conc Vit Rapide Q (m ; IC95)	0.19 [0.15 ; 0.23]	0.12 [0.08 ; 0.16]	0.02
Conc Vit Rapide IJ (m ; IC95)	0.07 [0.03 ; 0.12]	0.08 [0.04 ; 0.12]	0.82
Exc 30°/s Q (m ; IC95)	0.15 [0.09 ; 0.21]	0.10 [0.04 ; 0.16]	0.24
Exc 30°/s IJ (m ; IC95)	0.10 [0.06 ; 0.15]	0.11 [0.06 ; 0.15]	0.88

Tableau 3. Variables détaillées des tests isocinétiques à 6 mois

Afin de diminuer le biais de comparaison entre les 2 groupes, dû aux deux dynamomètres différents, nous avons établi en objectifs secondaires, une analyse en sous groupe de chaque vitesse pour les deux machines. Tableau 4.

La encore, il n'y avait pas de différence significative entre les 2 groupes, sauf pour les vitesses lentes en concentrique du Quadriceps sur Biodex ($p=0.01$) et pour les vitesses rapides en concentrique du Quadriceps sur Biodex ($p=0.00$).

Variable	Groupe 1 n=35	Groupe 2 n=36	P-value (bilat)
<u>Dynamomètre Contrex</u>			
Conc Vit Lent Q (m ; IC95)	0.14 [0.06 ; 0.21]	0.12 [0.04 ; 0.20]	0.91
Conc Vit Lent IJ (m ; IC95)	0.08 [0.01 ; 0.15]	0.07 [0.01 ; 0.14]	0.82
Conc Vit Rap Q (m ; IC95)	0.17 [0.11 ; 0.22]	0.13 [0.07 ; 0.19]	0.33
Conc Vit Rap IJ (m ; IC95)	0.10 [0.04 ; 0.15]	0.11 [0.06 ; 0.16]	0.67
Exc 30°/s Q (m ; IC95)	0.10 [0.05 ; 0.16]	0.07 [0.00 ; 0.15]	0.24
Exc 30°/s IJ (m ; IC95)	0.13 [0.08 ; 0.18]	0.09 [0.03 ; 0.14]	0.25
<u>Dynamomètre Biodex</u>			
Conc Vit Lent Q (m ; IC95)	0.27 [0.20 ; 0.35]	0.15 [0.08 ; 0.23]	0.01
Conc Vit Lent IJ (m ; IC95)	0.04 [0.04 ; 0.14]	0.08 [0.00 ; 0.16]	0.59
Conc Vit Rap Q (m ; IC95)	0.22 [0.17 ; 0.26]	0.11 [0.06 ; 0.16]	0.00
Conc Vit Rap IJ (m ; IC95)	0.03 [-0.03 ; 0.10]	0.02 [-0.04 ; 0.08]	0.83
Exc 30°/s Q (m ; IC95)	0.22 [0.10 ; 0.35]	0.15 [0.07 ; 0.23]	0.66
Exc 30°/s IJ (m ; IC95)	0.05 [-0.01 ; 0.11]	0.13 [0.07 ; 0.20]	0.10

Tableau 4. Comparaison des vitesses en fonction des dynamomètres.

Une dernière donnée a été analysée, le ratio mixte (excentrique 30°/s Ischio-jambiers / concentrique 240°/s Quadriceps). Tout d'abord, en termes de comparaison entre les deux groupes, là encore, il n'y avait pas de différence significative sur les résultats en moyenne et intervalle de confiance. Le groupe 1 avait une moyenne pour le côté opéré à 1,07 et le groupe 2 à 1,00 ($p=0,23$). Pour le côté sain, le groupe 1 avait une moyenne à 0,95 et le groupe 2 à 0,96 ($p=0,88$). Tableau 5.

Variable	Groupe 1 n=35	Groupe 2 n=36	P-value (bilat)
Ratio mixte coté opéré (m ; IC95)	1.07 [0.98 ; 1.17]	1.00 [0.92 ; 1.08]	0.23
Ratio mixte coté sain (m ; IC95)	0.95 [0.89 ; 1.01]	0.96 [0.87 ; 1.04]	0.88

Tableau 5. Variables ratios mixtes à 6 mois

5. Discussion

- Généralités

Nous savons que la reprise sportive après une chirurgie du LCA chez un sportif est très attendue, mais le retour au sport n'est pas une évidence pour tous les sportifs. Ardern et al. [5] ont réalisé une méta analyse sur le retour au sport de 5770 reconstructions du LCA répertoriées dans 48 articles, avec un recul moyen de 41,5 mois. Le pourcentage de retour au sport était de 82%, 63% des patients avaient retrouvé leur niveau antérieur et seulement 44% reprenaient le sport en compétition.

Beaucoup d'études ont travaillé sur le retour au sport après une ligamentoplastie [18–22] mais rares sont celles qui différencient les délais de reprise en fonction du sport pratiqué (en ligne, pivot, pivot-contact et/ou compétition).

Plus récemment, Gerometta et al. [23] ont analysé 239 sportifs tous niveaux. 88% des athlètes ont repris un sport en ligne type course, natation ou vélo, 69% ont repris leur sport pivot et sur les 61% des athlètes qui étaient compétiteurs avant leur rupture, seulement 38% reprennent leur sport pivot en compétition. Toujours dans cette même étude, le délai de retour à la course était de 7,6 mois, le délai de retour au sport pivot était de 10,2 mois et le délai de retour au sport pivot de compétition était de 10,3 mois.

Comparativement à des sportifs professionnels, Puig P-L et al [24] ont constaté un délai moyen de reprise de sport pivot-contact chez les sportifs de haut niveau à 8.23 mois.

La reprise est le but recherché par les sportifs, mais le délai reste souvent controversé et très dépendant des équipes. Les critères de reprise sportive ont toujours été très hétérogènes d'après l'analyse de la littérature de Barber et Noyes [6]. 40% des articles ne fournissent aucun critère de reprise sportive, 32% donnent comme seul critère le délai post-opératoire, 15% l'associent à des critères subjectifs et seulement 13% à des critères objectifs. Les critères objectifs utilisés sont les amplitudes articulaires et l'existence d'un épanchement dans 6% des cas, le déficit musculaire dans 9% et le saut monopodal dans 4% des cas.

Il est pourtant très important de respecter ces critères car le risque de récurrence n'est pas négligeable. En effet, Shelbourne et al. [25] ont étudié 1415 patients sur 5ans post chirurgie du LCA. 5,3% des patients ont eu une blessure au genou controlatéral et 4,3% ont subi une blessure au genou reconstruit. Le risque de blessure à l'un ou l'autre des genoux était de 17% pour les patients de moins de 18 ans, 7% chez les patients âgés de 18 à 25 ans et 4% pour les patients âgés de plus de 25 ans. Selon Paterno et al [26], le risque de nouvelle lésion des genoux est multiplié par 15 par rapport à la population générale.

C'est pour cela qu'il est important de s'intéresser à ces critères de reprise plus objectifs et de permettre un retour sur les terrains avec le risque de récurrence le plus bas.

Nous savons que la ligamentoplastie du LCA génère d'importants déficits musculaires en post-opératoire. L'évaluation musculaire isocinétique est aujourd'hui la gold standard de l'évaluation de la force musculaire. Elle est étudiée dans de multiples domaines et a fait ses preuves depuis longtemps. [10,14,27-31]. Dans la rééducation, elle permet de déterminer l'équilibre agoniste/antagoniste de l'articulation est ainsi d'adapter une rééducation spécifique à chaque patient.

- **Choix des patients, protocole**

Nous avons choisi de cibler les patients sportifs amateurs et/ou compétiteurs mais d'exclure les sportifs professionnels, afin d'éviter un biais en terme d'évaluation musculaire. Nous savons qu'un sportif professionnel dispose de qualité musculaire plus importante qu'un sportif amateur et qu'il suivra une rééducation plus intensive durant la phase de rééducation des 6 premiers mois. De plus, les études sur la différence de force musculaire entre les sportifs professionnels et amateurs sont objet de multiples controverses. Pour Cometti et al. [32], la pratique du football en haut niveau augmente la force des fléchisseurs selon un mode concentrique, Öberg et al. [33] vont jusqu'à dire que cette force est augmentée également en excentrique par rapport aux amateurs. Parallèlement, Dauty et al. [34] et Zakas et al. [35] concluent en disant que la force concentrique et excentrique des fléchisseurs et le ratio conventionnel et mixte sont comparables quel que soit le niveau sportif.

Enfin, malgré ce choix d'exclure les sportifs professionnels, il persiste un biais lié au niveau sportif différent selon les patients, du sportif loisir une fois par semaine, au sportif compétiteur. Mais ce choix a été fait pour une bonne représentation de la population de sportifs rencontrés au quotidien, hors professionnels.

Le protocole a été établi lors de l'achat des dynamomètres en fonction des références de la littérature [12,36–38]. Le choix du dynamomètre pour la réalisation du test isocinétique était fait en fonction de la disponibilité des machines. Bien entendu, un biais de comparaison important est à prendre en compte dans cette étude, et notamment sur le comparatif des vitesses lentes en concentrique avec deux vitesses différentes (60°/s et 90°/s) et surtout, l'utilisation de dynamomètre de marque différente (Con-Trex® [39,40] et Biodex® [41–43]). Afin de diminuer ce biais, et particulièrement pour une étude comparative, il était important qu'il y ait une bonne répartition dans les 2 groupes entre le nombre de sujets ayant utilisé le dynamomètre Biodex® avec vitesse lente à 90°/s et le nombre de sujets ayant utilisé le dynamomètre Contrex® avec une vitesse lente à 60°/s.

- Variables Groupe 1 et Groupe 2

Dans un premier temps, nous pouvons constater que la répartition entre les hommes et les femmes des deux groupes a une différence significative ($p=0,04$). Cela n'a pas de conséquence majeure car si on se rapporte à l'analyse de Shelbourne et al. [26], les femmes n'ont pas subi plus de blessures post-opératoires sur le genou reconstruit (4,3% contre 4,1%; $p=0,555$).

L'âge moyen (23-24 ans) et la latéralité du genou opéré des deux groupes ne présente pas de différence significative.

Une variable importante à prendre en compte dans cette étude, et qui pourrait engendrer un biais de sélection, est la technique chirurgicale. En effet, sur les 71 patients, 87.3% avait subi un DIDT, 9.9% un KJ et 2.8% un Macintosh, mais la répartition des techniques chirurgicale est équilibrée entre les 2 groupes ($p=0,93$).

Ce taux important de DIDT s'explique par le fait qu'une grande partie des patients ont été opérés dans notre région, et notamment à la Clinique du Sport de Bordeaux Mérignac où cette technique est majoritaire. Nous savons que suivant la technique opératoire, la rééducation n'est pas la même car le site du greffon est différent. Le DIDT va fragiliser principalement les fléchisseurs alors que le KJ va fragiliser les extenseurs. Dauty et al. [44] ont rapporté un

déficit de force d'environ 30% pour les extenseurs et 10% pour les fléchisseurs à 6 mois post-opératoire pour une technique type KJ, et environ 17% pour les extenseurs et 15% pour les fléchisseurs pour une technique type DIDT.

Pour finir, nous avons accepté les patients ayant eu une atteinte méniscale, avec ou sans réparation pendant l'intervention, avec leur ligamentoplastie. Là encore, les deux groupes ne présentent pas de différence significative ($p=0,33$).

En sommes, nous pouvons affirmer qu'en fonction des variables choisies, la répartition entre les 2 groupes est homogène.

- **Tests isocinétiques et reprise du sport**

Dans un premier temps, le critère de jugement principal était de comparer les résultats des tests isocinétiques en fonction de l'objectif de reprise sportive à 6 mois post-opératoire, paramètres souvent utilisés lors des évaluations des sportifs. Trois catégories ont été retenues en fonction du pourcentage de déficit le plus élevé entre la jambe saine et la jambe pathologique, calculées sur le moment de force maximal. La bibliographie est pauvre en ce qui concerne les valeurs seuils pour les tests de reprise sportive.

Croisier et al. [35] proposent pour des résultats de tests isocinétiques avec un déficit Q et/ou IJ $\geq 30\%$ un retour sur le terrain différé. Pour un déficit Q et/ou IJ $\leq 20\%$, ils préconisent une reprise de course à vitesse lente, en évitant sauts, pivots et contacts. Pour un déficit Q et/ou IJ $\leq 10\%$, il n'y a pas de restriction pour la pratique sportive.

Pascal Edouard et Francis Degache [8], dans leur ouvrage du Guide d'isocinétique 2016, proposent pour guider la reprise des activités sportives, de s'aider du pourcentage de récupération par rapport au côté opposé. Ainsi, pour un déficit $\leq 30\%$, ils préconisent une reprise des activités légères type course à pied, pour un déficit $\leq 20\%$, une reprise des activités normales d'entraînement, et pour un déficit $\leq 10\%$ une reprise des activités de compétition (adapté de Dvir [14] et Undheim et al. [46]).

Nous avons donc adapté ces propositions à des sportifs amateurs, en diminuant les exigences sur les résultats des déficits pour des tests de 6 mois.

Les résultats de comparaison des tests isocinétiques à 6 mois, en fonction de la reprise des activités sportives, nous indiquent qu'il n'y a pas de différence statistique significative entre les deux groupes ($p=0.90$), Figure 6. Les patients n'ayant pas eu de test isocinétique à 3 ou 4 mois post-opératoire, donc sans orientation de la rééducation en fonction des déficits musculaires, ont des objectifs de reprise de sport équivalents aux patients ayant eu ce test à 3

ou 4 mois de la chirurgie. Ces résultats sont donc intéressants car ils permettent de s'interroger sur les évaluations musculaires par dynamomètre pour la reprise du sport à 6 mois.

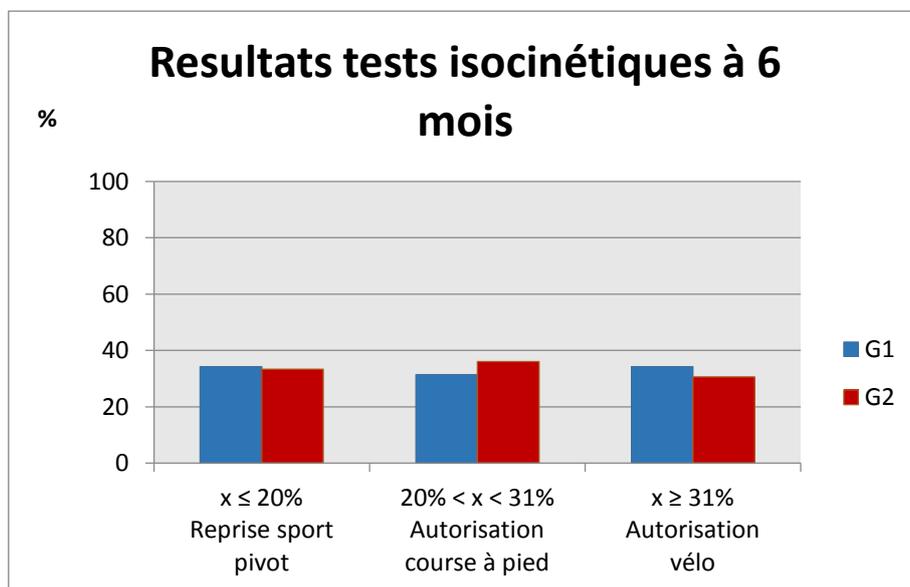


Figure 6. Résultat des tests isocinétiques avec orientation de la reprise sportive

- Tests isocinétiques et vitesses

Dans un deuxième temps, le critère de jugement secondaire était de comparer les moyennes des pourcentages de déficit entre le côté sain et le côté opéré sur les différentes vitesses. Trois vitesses sur deux modes de contractions ont été évaluées lors de notre étude pour les fléchisseurs et les extenseurs. Une vitesse en concentrique lente (60 ou 90°/seconde), une vitesse en concentrique rapide (240°/seconde) et une vitesse en excentrique lente (30°/seconde).

Le biais sur les vitesses évoqué plus haut est à prendre en compte ici. En effet, les vitesses ayant été changées, passant de 90°/seconde à 60°/seconde, nous avons pris la décision de les intégrer toutes les deux dans une même variable pour notre étude, au vu de la faible différence de vitesse entre les deux (30°/seconde) et de la répartition homogène des dynamomètres entre les 2 groupes.

Seule une différence significative entre le groupe 1 et le groupe 2 est à noter sur la vitesse rapide en concentrique du quadriceps ($p=0,02$). Toutes les autres moyennes entre les deux groupes n'ont pas de différence significative.

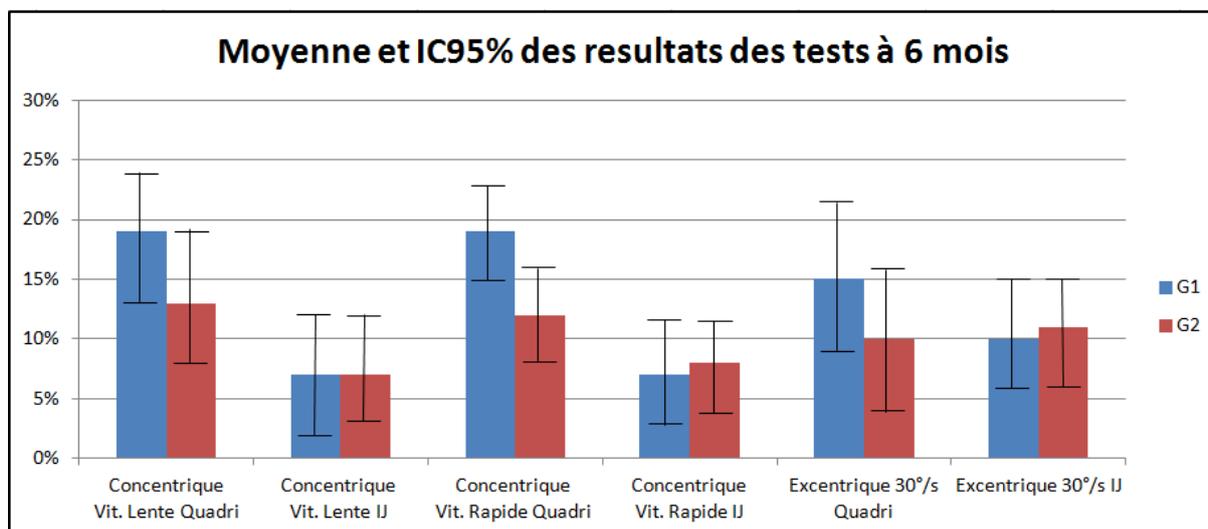


Figure 7. Moyenne et intervalle de confiance des pourcentages de différence entre jambe opérée et jambe saine en fonction des vitesses.

En revanche, en analysant le graphique (Figure 7), nous pouvons voir que les différences entre les deux groupes sur les vitesses des ischio-jambiers (IJ) sont relativement identiques, mais que les différences sur les vitesses des quadriceps sont plus marquées. Même si finalement, seule une vitesse est significativement différente, nous pouvons quand même nous interroger sur l'effet positif, au moins partiel sur le quadriceps, du test à 3 ou 4 mois. La différence de moyenne sur la vitesse lente du quadriceps des deux groupes est de 6% (IC95% [0,13 ; 0,24] vs [0,08 ; 0,19]), celle de la vitesse rapide de 7% (IC95% [0,15 ; 0,23] vs [0,08 ; 0,16]) et celle de la vitesse en excentrique de 5% (IC95% [0,09 ; 0,21] vs [0,04 ; 0,16]). On remarque que ce qui rend significativement différent les 2 groupes sur la vitesse rapide du quadriceps est l'intervalle de confiance.

Afin de diminuer ce biais de comparaison important, nous avons établie un objectif secondaire en analysant des sous groupes et en différenciant chaque vitesse de chaque dynamomètre. Certes, nous avons un défaut de puissance dû à une fluctuation d'échantillonnage, et notamment sur le dynamomètre Biodex® ($n=13$ dans chaque groupe), mais cela à quand même permis de mettre en évidence une bonne équivalence entre les 2 machines sur la plupart des vitesses.

Au vu de notre grande population de patients ayant eu un DIDT (87.3%), il nous paraissait également important de nous intéresser aux chiffres des résultats sur les ischio-jambiers. En effet, le graphique (Figure 6) met en évidence l'équivalence entre les 2 groupes pour les vitesses des IJ. Notre explication la plus plausible est que le site de prélèvement du transplant dans la technique du DIDT, équivaut à une lésion musculaire importante et que le processus de cicatrisation naturel des premiers mois est difficilement modifiable en terme de force musculaire. En effet, l'évolution du site donneur de transplant se fait en 3 étapes d'après Quelard et al. [47]. Une phase inflammatoire avec formation d'une nouvelle trame conjonctive, une phase de remodelage où la structure tendineuse réapparaît, puis une phase de récupération des propriétés mécaniques. Pour le tendon rotulien, les études montrent un épaissement du tendon restant pendant au moins 2 ans post-opératoire et peut perdurer dans le temps [48,49]. Pour les ischio-jambiers, plusieurs études confirment leur régénération complète, avec une progression distale du 6^e au 32^e mois post-opératoire [50–53]. Ainsi, comme l'ont déjà prouvé plusieurs anciennes études, la récupération musculaire se fait progressivement, mais plus rapidement sur les ischio-jambiers que sur les quadriceps [54–56]. Les déficits du quadriceps et des ischio-jambiers sont des conséquences précoces et inévitables de la chirurgie.

Certes, il y a une amélioration sur le quadriceps sur l'ensemble des résultats des dynamomètres mais cela n'a pas d'impact réel sur la reprise du sport à 6 mois. Les résultats de cette étude ne retrouvent pas de différence statistique significative entre les 2 groupes mais nous avons observé une légère différence sur le quadriceps. Est-ce que cela est dû au faible nombre de sujets des deux bras de cette étude ou est-ce que cela correspond réellement aux résultats attendus ? Bien entendu, cette étude reste une étude pilote qui permet d'ouvrir une porte vers la question du timing idéal pour la réalisation de ces tests. Mais surtout, elle permet de s'interroger sur le suivi du patient, car même si les résultats de la reprise sportive sont les mêmes, cette consultation à 3 ou 4 mois post-opératoire a un effet positif sur les patients car elle permet de suivre l'évolution du genou et surtout de stimuler le patient pour sa rééducation. Il est fréquemment observé une baisse de motivation dans la rééducation après 3-4 mois post-opératoire.

- **Ratios**

Pour finir, le deuxième critère de jugement secondaire était de comparer les ratios mixtes. Actuellement, lors des tests isocinétiques post-opératoires d'une ligamentoplastie du LCA, le ratio mixte est souvent préféré au ratio conventionnel.

Selon de nombreuses études, le ratio conventionnel (MFM conc IJ/conc Q) présente un intérêt discutable [58–60]. Dauty et al [47], dans une étude sur des footballeurs de Ligue 1, ne constatent pas de différence entre les joueurs lésés et non lésés. Pour le ratio fonctionnel (MFM exc IJ/conc Q), il n'existe pas de consensus sur la définition d'une vitesse standard, mais beaucoup d'auteurs utilisent des vitesses homologues [34,57,61]. Croisier et al. [59,60,62,63] proposent sur leurs différentes études un ratio fonctionnel, dit "mixte"(MFM exc IJ (30°/s)/conc Q (240°/s)), qui serait plus discriminant que le ratio conventionnel pour prédire la survenue des lésions musculaires.

Nous avons donc calculé les ratios mixtes sur cette étude afin de comparer les 2 groupes et de rechercher un intérêt dans la rééducation post-opératoire. Dans les études, il est principalement utilisé pour la prédiction de lésion musculaire [59,62,64]. Cordier et al. [62] donnent comme valeur pathologique un ratio <0,80.

Les résultats n'ont pas retrouvé de différence significative entre les 2 groupes, mais sur les 71 patients testés, 25% d'entre eux présentaient un ratio pathologique sur leur jambe saine et 21% sur leur jambe opérée à 6 mois. Nous pouvons donc nous poser la question de l'intérêt de calculer ce ratio après une chirurgie du LCA. En effet, 1 patient sur 4 ayant eu une rupture du LCA présente un ratio pathologique en controlatéral. Il n'est donc pas judicieux de comparer les deux coté après une chirurgie du LCA car la jambe saine a une probabilité importante d'être pathologique. Ces résultats objectivent un taux important de déséquilibre agonistes/antagonistes que ce soit en pré ou en post-opératoire. Un quart de nos patients ayant eu une lésion du LCA ont un résultat de ratio mixte pathologique sur la jambe saine, ce qui pourrait expliquer leurs blessures. Bien entendu, la rupture du LCA est multifactorielle mais certains facteurs peuvent être objectivés.

- **Limites de l'étude.**

Les limites de cette études sont multiples mais elle reste une étude pilote dont le but et d'étudier au mieux la répartition des tests isocinétiques et du suivi des sportifs après une ligamentoplastie. C'est donc une étude rétrospective et monocentrique avec un nombre de sujet limité. La difficulté de faire des études sur des dynamomètres reste la disponibilité, car ce sont des machines très chères et donc peu disponibles sur le territoire. De ce fait, les patients sportifs pouvant être évalués sur dynamomètre sont également limités. D'où notre idée de proposer une évaluation musculaire plutôt fonctionnelle au 3^e ou 4^e mois post-opératoire, comme cela ce fait actuellement au 6^e mois, avec les hop-test. Le biais de comparaison principal de notre étude reste l'utilisation de 2 dynamomètres différents (Con-Trex® et Biodex®), avec 2 vitesses lentes différentes. Afin de diminuer ce biais, nous pouvons dire que nous avons une répartition homogène des machines dans les 2 groupes et que l'analyse en sous groupe a permis de comparer les groupes indifféremment des dynamomètres.

- **Perspectives**

Le but de notre étude était d'objectiver les bénéfices du test isocinétique à 3-4 mois post-opératoire afin de réfléchir au meilleur moment pour réaliser cette première évaluation musculaire et proposer un meilleur suivi pour les sportifs après la chirurgie. Nous savons que la SOFMER propose de réaliser les 2 à 3 tests isocinétiques vers le 3^e ou 4^e mois, puis le 6^e mois et enfin, entre le 8^e et 12^e mois post-opératoire. De ce fait, le suivi de ces sportifs amateurs est pour la plupart, inexistant après 1 an de la ligamentoplastie. Malheureusement, nous savons qu'il n'est pas rare qu'il persiste un déficit musculaire post-opératoire à plus d'un an de la chirurgie [14]–[17]. Ce déficit entraine un déséquilibre des muscle agonistes/antagonistes et peut générer des blessures, en particulier chez les sportifs, demandant des efforts plus intenses et plus techniques à leurs groupes musculaires. Il et donc primordial de les suivre plus longtemps et ainsi adapter leur réathlétisation en fonction de leur sport pratiqué et de leur besoin. Au vu des 3 remboursements possibles par la Sécurité Sociale et au vu de nos résultats, nous proposons de réaliser ces trois tests, plutôt au 6^e, 12^e et entre le 18^e et le 24^e mois post-opératoire. Bien entendu, il ne s'agit pas d'annuler la consultation du 3^e mois post-opératoire mais de l'adapter en proposant une évaluation plutôt clinique ou fonctionnelle.

6. Conclusion

La rupture du ligament croisé antérieur est la blessure la plus fréquente du genou de l'adulte jeune et sportif. La reprise sportive après une ligamentoplastie du LCA est un objectif souvent prioritaire pour les sportifs. La rééducation et le suivi médical sont très importants en post-opératoire. Plusieurs objectifs dans ce suivi sont à prendre en compte. L'évolution clinique et les différents tests (fonctionnels, isocinétiques, psychologiques, etc) dans le but de définir le délai de reprise du sport, le type de sport praticable, et d'orienter une bonne rééducation et une bonne réathlétisation afin d'éviter de nouvelles blessures.

Selon les recommandations de la SOFMER et de la Sécurité Sociale, 3 tests isocinétiques sont pris en charge dans la rééducation suivant une ligamentoplastie du genou, réalisés vers le 3^e ou 4^e mois, puis le 6^e mois et enfin, entre le 8^e et 12^e mois post-opératoire.

Dans notre étude, l'analyse des paramètres isocinétiques permet de remettre en question le test isocinétique du 3^e ou 4^e mois, qui nous paraît être réalisé trop tôt. L'objectif étant de réaliser un meilleur suivi des sportifs amateurs, trop souvent laissé sans suivi après la première année de la ligamentoplastie. Nous proposons donc, afin d'offrir aux sportifs un suivi plus long, de réaliser un premier test plutôt au 6^e mois, un deuxième au 12^e mois et un troisième entre le 18^e et le 24^e mois post-opératoire. Cela permettrait d'améliorer le suivi du sportif amateur, de mieux cadrer la reprise sportive et de révéler des déficits à plus de 12 mois post-opératoire. Bien que le test des 3 mois permettrait d'améliorer légèrement les résultats sur le quadriceps, nous pouvons nous interroger sur le processus de cicatrisation naturelle du transplant et du site donneur afin de savoir si ces paramètres sont possiblement modifiables.

Est-ce qu'une simple consultation de suivi et d'encouragement à la rééducation ne pourrait pas suffire ? Ou, est-ce que ce test pourrait être remplacé par un test plus fonctionnel, réalisable par un médecin, un kinésithérapeute ou un préparateur physique ? Cela fera l'objet d'une prochaine étude.

7. Annexe

1 :

Prise en charge détaillée des tests isocinétiques
par la CCAM

2 :

Exemple d'un résultat d'un test isocinétiques à 6 mois
sur une vitesse en concentrique à 60°/s.

AVIS DE LA HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

Libellé transmis pour évaluation : Mesure de la force, du travail et de la puissance musculaire de 1 ou 2 articulations, par dynamomètre informatisé et motorisé

Classement CCAM : 15.01.05
Date de l'avis : 22/11/2006

Code : PEQP003

Le **service attendu** est considéré suffisant. Par conséquent, **l'avis de la HAS** sur l'inscription de l'acte à la liste prévue des actes par l'article L. 162-1-7 du Code de la sécurité sociale **est favorable** avec les précisions suivantes.

1. Indications principales

Évaluation et quantification des déficiences musculaires en vue de l'objectivation de l'efficacité des traitements et des résultats fonctionnels obtenus au cours de programmes de rééducation dans les déficits musculaires au niveau du genou (instabilité mécanique ou neurologique ou lésion ligamentaire), et de l'épaule (conflits de coiffe et instabilité).

2. Gravité de la pathologie

Handicap fonctionnel et social : incapacités et entrave à la vie quotidienne. Qualité de vie.

3. Caractère préventif, curatif ou symptomatique de la technique

Il s'agit d'un acte de diagnostic fonctionnel qui évalue et quantifie le déficit musculaire.

4. Place dans la stratégie thérapeutique

Acte de seconde intention : complémentaire de l'examen clinique et des autres méthodes manuelles ou instrumentales d'évaluation de la fonction musculaire.

5. Amélioration du service attendu

ASA mineure (IV).

6. Population cible

Entre 35 000 et 60 000 actes par an en France (avis experts).

7. Modalités de mise en œuvre

Un intervalle de 2 mois est recommandé entre les examens.

8. Exigences de qualité et de sécurité

Formation nécessaire : soit formation initiale (3ème cycle médecine physique et réadaptation), soit formation complémentaire et spécifique en isocinétisme.

9. Objectifs des études complémentaires et recueils correspondants d'informations : sans objet.

10. Réalisation de l'acte soumis à l'accord préalable du service médical en application des dispositions prévues par l'art. L. 315-2 :

La HAS ne se prononce pas sur ce point pour cet acte.

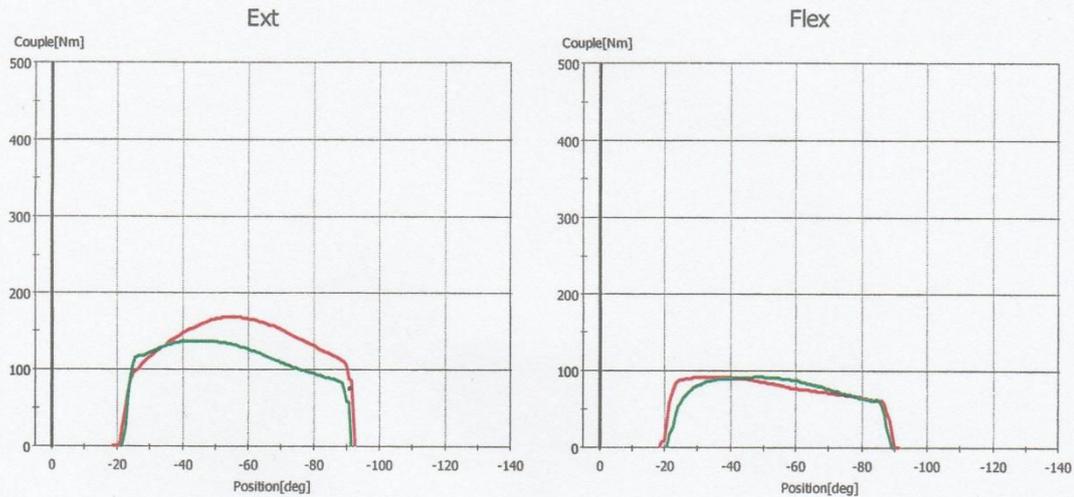
11. Remarque : Sans objet.



Comparaison, Vitesse Controlée

Con-Trex MJ, human kinetics 1.7.5 Filter V 1.7.3

- 10/04/2017 Droite Genou Ext/Flex 500 Nm Isocinétique classique Con/Con 60/60
18:03:40 Test 3 répét. pause 90s, Correction Gravité, Filtre passe-bas
- 10/04/2017 Gauche Genou Ext/Flex 500 Nm Isocinétique classique Con/Con 60/60
17:49:20 Test 3 répét. pause 90s, Correction Gravité, Filtre passe-bas



Description	Unité	1	2	2/1 [%]
Nombre de répétitions Ext	[n]	3	3	
Mouvement Max. Ext	[deg]	-20.4	-21.6	
Mouvement Max. Flex	[deg]	-90.4	-89.1	
Couple max Ext	[Nm]	172.3	136.7	79.3
Couple max Flex	[Nm]	-95.1	-92.0	96.7
Couple max moy. Flex/ Ext	[%]	55.1	69.1	125.4
Couple max moy. Ext/ kg	[Nm/kg]	2.61	2.04	78.2
Couple max moy. Flex/ kg	[Nm/kg]	-1.44	-1.41	97.9
Coeff. de var. du pic de Couple	[%]	2.69	5.05	187.7
Coeff. de var. du pic de Couple	[%]	2.33	2.00	85.8
Puissance moy. Flex/ Ext	[%]	57.1	64.7	113.3
Puissance au pic Ext	[W]	180.8	143.5	79.4
Puissance au pic Flex	[W]	99.1	96.5	97.4
Travail moy. Flex/ Ext	[%]	57.3	67.6	118.0
Travail moy. Ext/ kg	[J/kg]	2.53	1.98	78.3
Travail moy. Flex/ kg	[J/kg]	1.45	1.34	92.4
Travail fatigue Ext	[J/s]	0.17	-2.18	1282.4
Travail fatigue Flex	[J/s]	-0.92	-1.52	165.2

8. Bibliographie

1. KAMINA. Tome 1 - Anatomie générale - Membres. 4e édition. Maloine; 2009:577
2. Van De Plas CG, Opstelten W, Devillé WLJM, Bijl D, Bouter LM, Scholten RJPM. Le Lachman est le plus sensible et le ressaut le plus spécifique des tests diagnostiques de rupture du LCA. Kinésithérapie Rev 2007;7:14.
3. www.chirurgiedusport.com Traitements - GENOU - [Internet] http://www.chirurgiedusport.com/_ligamentoplastie_du_lca_les_techniques_actuelles_dit_kj_dt4_tls_macintosh_au_fascia_lata_tendon_quadricipital_double_faisceau_l_emaire_rupture_partielle_navigation_allogreffe-f-4-c-2336-sc-16-a-760193.html
4. HAS. Recommandations - Critères de suivi en rééducation et d'orientation en ambulatoire ou en SSR après ligamentoplastie du croisé antérieur du genou. [Internet] https://www.has-sante.fr/portail/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 2008
5. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. Br J Sports Med 2011;45:596-606.
6. Barber-Westin SD, Noyes FR. Objective criteria for return to athletics after anterior cruciate ligament reconstruction and subsequent reinjury rates: a systematic review. Phys Sportsmed 2011;39:100-10.
7. P.-L. Puig, P. Trouvé, E. Laboute, E. Verhaeghe. Les critères physiques de reprise du sport après ligamentoplastie du LCA. jts 2014
8. Edouard P, Degache F. Guide d'isocinétisme : L'évaluation isocinétique des concepts aux conditions sportives et pathologiques. Elsevier Masson 2016 :327.
9. Croisier JL, Crielaard JM. Exploration isocinétique: analyse des courbes. Ann Réadapt Médecine Phys 1999;42:497-502.
10. Perrin DH. Isokinetic Exercise and Assessment. Human Kinetics Pub 1993:224.
11. Ligamentoplastie 2015 en France [Internet] <http://orthodoc34.fr/page38.html>
12. SOFMER - SYFMER. Recommandations - Dynamométrie isocinétique dans le cadre du suivi MPR des ligamentoplasties du genou 2009 [Internet] https://www.sofmer.com/download/sofmer/reco_isocinetisme_ligamentoplastie_300909.pdf
13. Dauty M, Menu P, Dubois C. Effects of running retraining after knee anterior cruciate ligament reconstruction. Ann Phys Rehabil Med 2010;53:150-61.
14. Dvir Z. Isokinetics of the knee muscles. In: Isokinetics Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications. Livingtone C 2003:137-65.

15. Robineau S, Gallien P, Jan J, Rochcongar P. Explorations isocinétiques et suivi des sportifs après ligamentoplastie de genou : résultats, intérêt. *Ann Réadapt Médecine Phys* 2000;43:437-49.
16. Arvidsson I, Eriksson E, Häggmark T, Johnson RJ. Isokinetic thigh muscle strength after ligament reconstruction in the knee joint: results from a 5-10 year follow-up after reconstructions of the anterior cruciate ligament in the knee joint. *Int J Sports Med* 1981;2:7-11.
17. Grimby G, Gustafsson E, Peterson L, Renström P. Quadriceps function and training after knee ligament surgery. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:70-5.
18. Maffulli N, Longo UG, Gougoulas N, Loppini M, Denaro V. Long-term health outcomes of youth sports injuries. *Br J Sports Med* 2010;44:21-5.
19. Gobbi A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B. Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective clinical investigation in athletes. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc* 2003;19:592-601.
20. Gobbi A, Francisco R. Factors affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: a prospective clinical investigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2006;14:1021-8.
21. van Grinsven S, van Cingel REH, Holla CJM, van Loon CJM. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2010;18:1128-44.
22. Hartigan EH, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Time line for noncopers to pass return-to-sports criteria after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40:141-54.
23. Gerometta A, Lutz C, Herman S, Lefèvre N, Dromzee E, Dubrana F, et al. Étude multicentrique française : reprise du sport après ligamentoplastie du ligament croisé antérieur chez les sportifs de pivot et pivot contact. *J Traumatol Sport* 2014;31:171-8.
24. Puig P-L, Trouve P, Laboute E. De l'intérêt d'une réathlétisation des ligamentoplasties du sportif pour préparer le retour sur le terrain. *Lett Médecine Phys Réadapt* 2010;26:38-41.
25. Shelbourne KD, Gray T, Haro M. Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Am J Sports Med* 2009;37:246-51.
26. Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Heyl R, Hewett TE. Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med* 2007;17:258-62.
27. Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques 3rd ed. Onalaska, Wis.: S & S Publishers; 1987. [Internet] <http://trove.nla.gov.au/version/12038308>

28. Chan K-M, Maffulli N, Korkia P. Principles and Practice of Isokinetics in Sports Medicine and Rehabilitation. Williams & Wilkins; 1996:238.
29. Brown LE. Isokinetics in Human Performance. Human Kinetics 2000:480.
30. Elliott J. Assessing muscle strength isokinetically. JAMA 1978;240:2408, 2410.
31. Baltzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. Sports Med Auckl NZ 1989;8:101-16.
32. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. Int J Sports Med 2001;22:45-51.
33. Oberg B, Möller M, Gillquist J, Ekstrand J. Isokinetic torque levels for knee extensors and knee flexors in soccer players. Int J Sports Med 1986;7:50-3.
34. Dauty M, Josse MP. Corrélations et différences de performance entre des footballeurs, professionnels, en formation et amateurs à partir du test de sprint (10 mètres départ arrêté) et de tests isocinétiques du genou. [Internet] <http://www.em-consulte.com/en/article/24662>
35. Zakas A, Mandroukas K, Vamvakoudis E, Christoulas K, Aggelopoulou N. Peak torque of quadriceps and hamstring muscles in basketball and soccer players of different divisions. J Sports Med Phys Fitness 1995;35:199-205.
36. Pocholle M, Codine P. Isocinétisme et médecine sportive. Paris: Editions Masson 1998:208.
37. Rochcongar P. Évaluation isocinétique des extenseurs et fléchisseurs du genou en médecine du sport : revue de la littérature. Ann Réadapt Médecine Phys 2004;47:274-81.
38. HAS. Mesure de la force, du travail et de la puissance musculaire, par dynamomètre informatisé et motorisé. 2006 [Internet] https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/dossier_mesure_de_la_force.pdf
39. Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. Clin Physiol Funct Imaging 2007;27:346-53.
40. Bardis C, Kalamara E, Loucaides G, Michaelides M, Tsaklis P. Intramachine and intermachine reproducibility of concentric performance: A study of the Con-Trex MJ and the Cybex Norm dynamometers. Isokinet Exerc Sci 2004;12:91-7.
41. Lund H, Søndergaard K, Zachariassen T, Christensen R, Bülow P, Henriksen M, et al. Learning effect of isokinetic measurements in healthy subjects, and reliability and comparability of Biodex and Lido dynamometers. Clin Physiol Funct Imaging 2005;25:75-82.
42. Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer. J Orthop Sports Phys Ther 1990;11:298-300.
43. Ordway NR, Hand N, Briggs G, Ploutz-Snyder LL. Reliability of knee and ankle strength measures in an older adult population. J Strength Cond Res 2006;20:82-7.

44. Dauty M, Tortellier L, Rochcongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. *Int J Sports Med* 2005;26:599-606.
45. Croisier J-L, Delvaux F, Kaux J-F, Daniel C, Lehance C, Forthomme B. Récupération musculaire après plastie LCA : conséquences sur le retour au sport 2016 [Internet] <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/203979>
46. Undheim MB, Cosgrave C, King E, Strike S, Marshall B, Falvey É, et al. Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *Br J Sports Med* 2015;49:1305-10.
47. Quelard B., Rachet O., Sonnery-Cottet B., Chambat P. Rééducation postopératoire des greffes du ligament croisé antérieur. *EMC Kinésithérapie - Médecine Phys Réadapt* 2010.
48. Kartus J, Movin T, Karlsson J. Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc* 2001;17:971-80.
49. Svensson M, Kartus J, Ejerhed L, Lindahl S, Karlsson J. Does the patellar tendon normalize after harvesting its central third?: a prospective long-term MRI study. *Am J Sports Med* 2004;32:34-8.
50. Williams GN, Snyder-Mackler L, Barrance PJ, Axe MJ, Buchanan TS. Muscle and tendon morphology after reconstruction of the anterior cruciate ligament with autologous semitendinosus-gracilis graft. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A:1936-46.
51. Ferretti A, Conteduca F, Morelli F, Masi V. Regeneration of the semitendinosus tendon after its use in anterior cruciate ligament reconstruction: a histologic study of three cases. *Am J Sports Med* 2002;30:204-7.
52. Eriksson K, Kindblom LG, Hamberg P, Larsson H, Wredmark T. The semitendinosus tendon regenerates after resection: a morphologic and MRI analysis in 6 patients after resection for anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand* 2001;72:379-84.
53. Papandrea P, Vulpiani MC, Ferretti A, Conteduca F. Regeneration of the semitendinosus tendon harvested for anterior cruciate ligament reconstruction. Evaluation using ultrasonography. *Am J Sports Med* 2000;28:556-61.
54. Fossier E, Christel P, Djian P, Darman Z, Witwoet J. Principes et intérêt de l'évaluation isocinétique dans les ruptures du ligament croisé antérieur. 1993 [Internet] <http://www.em-consulte.com/en/article/139393>
55. Goertzen M, Schulitz KP. Plastie intra-articulaire au semitendinosus ou plastie combinée intra- et extra- articulaire dans le traitement des laxités antérieures chroniques du genou. *Rev Chir Orthop* 1994 ;21:13-7.
56. Croisier JL, Delcour JP, Dupont G, Crielaard JM. Évaluation isocinétique des genoux ligamentaires en pré-et postopératoires. *Lett Médecin Rééduc* 1993;29:3-9.

57. Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P. Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer player. *Isokinet Exerc Sci*. 1 janv 2003;11(3):139-44.
58. Roulland R. Les ischio-jambiers du footballeur : isocinétisme et prévention. *Kinésithérapie Sci* 2003:437.
59. Croisier J-L. Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Med Auckl NZ* 2004;34:681-95.
60. Croisier J-L, Forthomme B, Namurois M-H, Vanderthommen M, Crielaard J-M. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 2002;30:199-203.
61. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riaucour A, Leslie S, Plant D, et al. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med* 1998;32:309-14.
62. Croisier JL, Crielaard JM. Exploration isocinétique: analyse des paramètres chiffrés. *Ann Réadapt Médecine Phys* 1999;42:538-45.
63. Croisier J-L. Mise au point d'un rapport isocinétique fléchisseurs du genou/quadriceps original. Application à une pathologie musculaire. *J Traumatol Sport* [Internet]. 1996 <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/60018>
64. GIVRY N. Les tests isocinétiques sont-ils prédictifs des lésions musculaires aux ischio-jambiers ? Analyse sur une population de 29 joueurs de football professionnels. 2008

9. Résumé

Introduction : L'évaluation isocinétique occupe aujourd'hui une place importante dans le suivi des patients post-opératoire du LCA du genou. Cependant, cette évaluation musculaire préconisée au 3^e ou 4^e mois post-opératoire nous paraît trop précoce. L'objectif principal était de comparer les bénéfices d'une évaluation isocinétique à 3-4 mois post-opératoires d'une ligamentoplastie dans la rééducation des sportifs amateurs, afin de proposer un meilleur suivi pour les sportifs. L'objectif secondaire était de comparer les résultats en sous groupe de chaque vitesse en différenciant les 2 dynamomètres afin de diminuer le biais de comparaison.

Méthodes : Etude rétrospective, quasi expérimentale, monocentrique sur 71 sportifs ayant subi une ligamentoplastie après rupture du LCA. Le critère de jugement principal était les objectifs de reprise sportive à 6 mois de la ligamentoplastie en fonction des résultats des tests isocinétiques. Les critères de jugements secondaires étaient le moment de force maximal de chaque vitesse en pourcentage de déficit entre jambe saine et jambe opérée, et le calcul des ratios mixtes. Pour cela, nous avons comparé les résultats des tests isocinétiques à 6 mois d'une ligamentoplastie de deux groupes : l'un ayant eu un test au 3^e ou 4^e mois avec adaptation du protocole de rééducation et un autre groupe n'ayant pas eu ce test.

Résultats : Au total, la répartition des 2 groupes était homogène. Il n'y avait pas de différence statistique significative sur les différentes variables, sauf pour le sexe ($p=0,04$). Deux dynamomètres ont été utilisés mais là encore sans différence significative ($p=0,92$). La technique chirurgicale la plus représentative était le DIDT à 87%. A 6 mois de la chirurgie, il n'y avait pas de différence significative sur les performances isocinétiques du couple Quadriceps/Ischio-jambiers entre les 2 groupes. Que ce soit sur les résultats en fonction de l'objectif de reprise sportive à 6 mois ($p=0,90$). Ou, que ce soit sur les résultats en fonction des vitesses enregistrées. Concentrique vitesse lente ($p=0,16$ et $0,81$), et excentrique vitesse lente ($p=0,24$ et $0,88$). Seul la vitesse en concentrique rapide du quadriceps était significativement supérieure dans le groupe qui avait réalisé les tests à 3 et 6 mois ($p=0,02$). La comparaison des vitesses en fonction des dynamomètres avait retrouvé une différence sur seulement 2 vitesses, sur les 12 étudiées, probablement dû à la fluctuation d'échantillonnage.

Conclusion : Les tests isocinétiques du 3^e ou 4^e mois post-opératoire, avec adaptation de la rééducation, ne semble pas avoir de bénéfice significatif sur l'amélioration de la force musculaire.

Mots clés : Isocinétique, Ligament croisé antérieur, sportifs, rééducation, retour au sport

10. Serment d'Hippocrate



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

