

Ligamentoplastie du ligament croisé antérieur (LCA), activité des ischio-jambiers et déficit d'extension de genou : étude expérimentale sur une série de cas

L'auteur déclare ne pas avoir de conflit d'intérêt en lien avec ce travail.
Cette étude n'a pas fait l'objet de financement

Article reçu le 6 juillet 2023, accepté le 3 novembre 2023.

Anterior Cruciate Ligament (ACL) Ligamentoplasty, Hamstring Activity and Knee Extension Deficit: An Experimental Study on a Case Series

(Abstract on page 248)

Kreuzbandplastik des vorderen Kreuzbandes (ACL), Aktivität der Oberschenkelbeugemuskulatur und Knieextensionsdefizit: eine experimentelle Studie an einer Fallserie

(Zusammenfassung auf Seite 248)

Marie Chevillard¹(PT)

Mains Libres 2023; 4: 243-249 | DOI: 10.55498/MAINSLIBRES.2023.11.4.243

MOTS CLÉS activité électromyographique des ischio-jambiers / flexum / rééducation / ligamentoplastie du ligament croisé antérieur

RÉSUMÉ

Contexte: Les déficits de force mesurés à long terme après une ligamentoplastie du ligament croisé antérieur (LCA) sont fréquents et limitent le retour au sport. L'inhibition motrice arthrogénique (IMA) chronique semble impliquée. En réduisant les déficits d'extension de genou, l'épuisement contrôlé des ischio-jambiers (IJ) serait un moyen de remédier à ce problème.

Objectif: Ce travail consistait à observer la variation de l'activité électrique des IJ consécutive à l'application d'un protocole de fatigue spécifique chez des patients présentant un flexum post ligamentoplastie du LCA.

Méthode: Sept patients présentant un flexum et ayant été opérés d'une ligamentoplastie du LCA ont été évalués avant et après l'application d'un protocole spécifique de fatigue des ischio-jambiers (IJ). L'activité électromyographique (EMG) du semi-tendineux (ST) et du biceps fémoral (BF) ainsi que l'importance du flexum ont été mesurés.

Résultats: L'analyse statistique montre que la moyenne de l'activité électrique du ST post intervention ainsi que celle du flexum étaient significativement inférieures à celles constatées en pré intervention ($p < 0,050$ et $p < 0,001$ respectivement). Aucune conclusion ne peut être tirée pour le BF ($p = 0,109$). Aucune corrélation n'a pu être établie entre les variables flexum et activité musculaire des IJ.

Conclusion: L'application d'un protocole de fatigue des IJ permettrait de diminuer l'activité du ST en post opératoire en présence d'un flexum. Un plus grand nombre de sujets aurait permis de donner plus de puissance statistique à cette étude. Toutefois, ces résultats suggèrent qu'il paraît intéressant d'utiliser cette technique en pratique clinique pour lever les déficits d'extension de genou liés à l'IMA.

¹ Les Kinés du Vestiaire, Vincennes, France.

CONTEXTE

Tous les ans, 250'000 personnes subissent une ligamentoplastie du ligament croisé antérieur (LCA) aux USA. Cette opération de reconstruction n'est plus systématique car les résultats en termes de stabilité ne sont pas supérieurs à ceux d'un traitement conservateur bien conduit⁽¹⁾. Cette intervention est envisagée pour stabiliser le genou si le traitement conservateur ne suffit pas et que les épisodes d'instabilité fonctionnelle persistent⁽¹⁾. Elle permet alors de limiter les processus dégénératifs et les lésions associées⁽¹⁾. A terme, il s'avère que seuls 65 % des patients opérés reprennent leur niveau d'activité physique antérieur et la compétition sportive pour seulement 55 % d'entre eux^(1,2).

Le taux de récurrence en post-opératoire est conséquent pouvant aller de 3 à 22 % en homolatéral et de 3 à 24 % en contralatéral selon les études ayant travaillé sur ce sujet⁽³⁾. La non validation des tests de retour au sport est un facteur de risque de récurrence⁽¹⁾. Pour reprendre le sport, un patient doit avoir un résultat au Limb Symmetry Index (LSI) supérieur à 90 % (pour les tests de force et de sauts), ainsi qu'un score au ACL-RSI supérieur à 90 %⁽¹⁾. Les aspects qualitatifs de réalisations de mouvements sont également pris en compte^(2,3). Concernant la force, les études actuelles rapportent des déficits par rapport au côté contralatéral compris entre 23 et 61 %⁽⁴⁾. Le risque de développer de l'arthrose symptomatique est estimé à près de 35 % dix ans après l'opération. Il s'avère également être plus élevé chez les patients présentant un déficit de force du quadriceps^(1,4). L'inhibition Motrice Arthrognéique (IMA) est considérée comme un phénomène pouvant être responsable des déficits de force mesurés à long terme chez les sujets opérés d'une ligamentoplastie du LCA^(5,6). Cette inhibition correspond, en aigu, à une incapacité volontaire d'activation de la totalité des unités motrices du muscle^(4,6,7).

À la suite de l'intervention, i.e. en condition post opératoire, les composants de l'inflammation modifient les afférences envoyées au Système Nerveux Central (SNC) provoquant une augmentation réflexe de l'activité du pool de motoneurones des muscles antagonistes (les IJ) et l'inhibition du pool de motoneurones du muscle agoniste (le quadriceps)^(4,7). En conséquence, tant que ces phénomènes inflammatoires ne sont pas maîtrisés, l'excitabilité et donc la disponibilité des motoneurones du quadriceps est moindre^(6,7). Dans ces conditions, les patients ne peuvent ni gagner en hypertrophie, ni en force et ceci tant que les unités motrices de type II du quadriceps ne sont pas activées⁽⁸⁾. Une fois cette phase passée, la totalité du pool peut de nouveau être activée. Il suffit alors que la connexion entre intention de contraction et action de contraction se fasse afin que la restauration fonctionnelle soit totale.

De nombreuses méthodes sont décrites dans la littérature pour lutter contre l'IMA^(6,9). En phase aiguë, la cryothérapie, qui offre une fenêtre thérapeutique en diminuant les afférences envoyées au SNC, semble diminuer momentanément les afférences nociceptives du pool de motoneurones restaurant ainsi l'efficacité de l'exercice qui sera réalisé par la suite^(6,9). D'autres auteurs préconisent l'utilisation de l'électrostimulation (ESM), du Blood Flow Restriction (BFR) ou encore du biofeedback, techniques qui apportent des résultats positifs avec des niveaux de preuves faibles à modérés⁽⁶⁾. Une des conséquences de l'IMA est que ce phénomène s'accompagne

généralement d'une contracture réflexe des IJ qui provoque la majeure partie des flexions observées en post-opératoire⁽¹²⁾.

En phase subaiguë, certaines données de la littérature suggèrent que la fatigue des IJ pourrait être utilisée pour diminuer le ratio de co-activation IJ/quadriceps^(6,9). A notre connaissance, seules deux études décrivent des protocoles de fatigue musculaire spécifiques à la problématique de l'IMA. Pour Lowe *et al.* (2018) le protocole de fatigue consiste à demander aux patients de réaliser une répétition d'un squat toutes les deux secondes jusqu'à ce que la fréquence cardiaque soit de 150 battements par minute et que le score sur l'échelle de Borg atteigne la valeur de 15/20. Bien qu'efficace du point de vue de l'épuisement musculaire, il semble que cette méthode ne soit pas applicable au début de la rééducation du fait d'une charge mécanique nécessaire trop importante⁽¹⁰⁾. Yu *et al.* (2020) utilisent, quant à eux, les vibrations tendineuses, qui, appliquées localement, modifient les afférences sensorielles des IJ⁽¹¹⁾. Dans le groupe ayant subi une ligamentoplastie du LCA, il s'avère que, suite à l'application de ces vibrations, le niveau de co-activation IJ/quadriceps ainsi que le niveau de force des IJ diminuent tandis que l'activité du quadriceps augmente⁽¹¹⁾. À noter que pour ces deux études, les participants ont été évalués respectivement à 17,6 et à 46 mois post ligamentoplastie^(10,11).

Dans le but de diminuer le flexum associé à l'IMA, Delaloye *et al.* (2017) demandent à des sujets de réaliser des contractions isométriques des IJ de deux à trois secondes suivies d'une phase de relâchement. Les contractions sont répétées pendant environ dix minutes jusqu'à ce que la contracture disparaisse et que le genou soit tendu⁽¹²⁾. Ces contractions sont réalisées en décubitus ventral, genou en position d'extension maximale. Bien qu'intéressant, le protocole de cette étude n'a pas permis de mesurer l'activité des IJ en pré et post test.

L'objectif de ce travail consistait à évaluer si l'activité des IJ diminuait après l'application du protocole de fatigue spécifique des IJ inspiré de celui mis en place par Delaloye *et al.* (2017) chez des patients présentant un flexum consécutif à une ligamentoplastie du LCA⁽¹³⁾. L'hypothèse principale était que l'activité des IJ (semi tendineux (ST) et biceps fémoral (BF)) diminuait suite à l'application d'un tel protocole. La deuxième hypothèse est que cette diminution était corrélée à une diminution du flexum.

MÉTHODE

Sept patients ont été inclus sur une période s'étalant de juin à septembre 2022.

Critères d'inclusion

- Avoir été opéré d'une ligamentoplastie du LCA de type droit interne, demi-tendineux (DIDT) ou demi tendineux trois ou quatre brins (DT3/4), avec ou sans retour externe.
- Présenter un déficit d'extension de genou post-opératoire de 5° minimum au moment de l'admission en centre de rééducation.

Critères d'exclusion

- Avoir déjà été opéré sur la même jambe (récidive).
- Avoir été prélevé du côté opposé.

- Présenter une lésion du ligament latéral interne associée.
- Décrire une douleur du genou supérieure à 4/10 au repos.

L'étude a été réalisée au sein d'un centre de rééducation. Les participants ont été évalués le jour de leur arrivée avant de commencer les soins avec leur masseur kinésithérapeute respectif. Tous les participants étaient volontaires et ont signé un formulaire de consentement éclairé. Les participants se situaient dans un délai compris entre trois semaines et un mois après leur chirurgie.

La mesure du flexum a été réalisée avec un inclinomètre (ICC > 0,75). Le patient était positionné sur le dos, dossier redressé à 90° avec un coussin sous le talon afin d'éviter la sous-estimation de l'extension. La mesure a été réalisée avant et après le protocole de fatigue des IJ. Le changement minimum détectable avec cet outil est de quatre degrés (en intra-examineur).

Les mesures de l'activité musculaire (EMG) ont été réalisées avec le dispositif d'enregistrement de surface BITOLINO®. Les règles de positionnement SENIAM ont été respectées pour le placement des électrodes sur le muscle ST et le muscle BF des deux membres inférieurs. Les électrodes ont été placées à mi-distance entre la tubérosité ischiatique et la tête de la fibula pour le BF et à mi-distance entre la tubérosité ischiatique et l'épicondyle médial du tibia pour le ST. Pour réaliser les mesures EMG des IJ, les participants étaient placés en décubitus ventral sans qu'aucun coussin ne soit positionné sous leurs chevilles. Ils avaient comme consigne de se mettre dans une position telle que les chevilles devaient dépasser de la table (Figure 1). Un coussin a été positionné au-dessus de la base de la patella pour limiter l'inconfort rotulien lié au contact de la table. La mesure de l'activation musculaire des IJ sur le côté opéré a été réalisée sur une période de 10 secondes dans la position maximale d'extension.

Les mesures d'activité électrique enregistrées lors de la production de contractions maximales volontaires isométriques (CMVI) ainsi que les niveaux de force maximale isométrique ont été enregistrées sur les IJ du côté sain et ce, afin d'éviter tout risque de blessure. La mesure de la force isométrique maximale a été réalisée avec le dispositif Activ 5®. Les participants avaient comme consigne de forcer avec le maximum d'intensité contre le dispositif maintenu par l'examineur. Trois essais de cinq secondes ont été réalisés dans la position décrite précédemment. L'activité électrique correspondant à la production de ces forces maximales a été déterminée en sélectionnant une fenêtre temporelle de trois secondes au milieu de chaque essai.

Afin de provoquer un épuisement spécifique des IJ, les patients ont eu comme consigne de répéter des contractions isométriques de trois secondes à une intensité de 30%

Figure 1

Installation du patient pour les prises de mesure EMG



de la force maximale isométrique dans l'amplitude maximale d'extension. La valeur de 30% a été choisie de manière empirique afin d'éviter que le patient ne se blesse. Les contractions ont été stoppées quand: i) le flexum était totalement réduit, quand ii) la force mesurée simultanément était diminuée de 50% par rapport à la force développée lors de la première contraction, ou encore quand iii) les contractions étaient répétées au-delà de dix minutes. Les séries étaient également stoppées si le patient décrivait une douleur supérieure à 4/10 sur l'EN lors de la réalisation des contractions répétées.

Après ces séries, l'activité des IJ a été de nouveau mesurée dans la position d'extension maximale de genou sur une période de 10 secondes (Figure 2).

L'analyse de données a été réalisée grâce au logiciel OpenSignals (2022). Les données électromyographiques ont été exportées pour normaliser les valeurs brutes (exprimées en microvolts) par rapport à celles enregistrées lors de la réalisation des CMVI. Les valeurs d'activités électriques musculaires sont donc exprimées en pourcentage de la CMVI (%CMVI). Elles correspondent à la moyenne de l'amplitude EMG sur 10 secondes.

L'analyse statistique réalisée avec le logiciel JASP 0.1.(juin 2022) a permis de comparer l'activité des IJ (pour le ST et le BF) (exprimée en% de la CMVI) ainsi que le flexum du genou (exprimé en degrés) avant et après l'application du protocole d'épuisement musculaire. Il s'agit donc de mesures appariées car ces trois variables dépendantes ont été mesurées chez chaque participant dans les deux conditions.

Figure 2

Chronologie des prises de mesure de l'activité des IJ



RÉSULTATS

La réalisation d'un test de Shapiro-Wilk a permis de déterminer si les données suivaient une distribution normale. Les résultats obtenus montrent que l'activité musculaire du ST et la mesure d'extension de genou suivent une loi normale. Des tests de Student ont donc pu être effectués pour ces paramètres. En revanche, les données concernant l'activité du BF ne suivant pas la loi normale ($p < 0,05$), le test non-paramétrique de Wilcoxon a été réalisé. Ces tests de comparaison ont permis d'apprécier si les résultats constatés entre les deux conditions (pré et post fatigue) étaient significativement différents. Pour ce travail, le seuil de significativité a été fixé à 0,050. Un test de corrélation de Pearson a également été réalisé entre la variable activité du ST et la variable flexum pour évaluer l'éventuelle dépendance entre ces deux variables quantitatives.

La population d'étude est décrite dans le Tableau 1. Tous les participants pratiquaient un sport à un niveau amateur. Deux des participants présentaient en plus de la ligamentoplastie du LCA, une suture méniscale interne.

Tableau 1

Présentation de la population d'étude

Participants	Âge	Taille	Poids	Sexe	Délai post-opératoire
1	29	1,80	65	Homme	J + 37
2	32	1,70	68	Homme	J + 30
3	22	1,80	104	Homme	J + 39
4	20	1,77	75	Homme	J + 33
5	32	1,70	83	Femme	J + 31
6	42	1,62	62	Homme	J + 33
7	18	1,78	65	Homme	J + 26

Le Tableau 2 présente les valeurs des différents paramètres de ce travail pour chaque condition.

Comme illustré dans la Figure 3, les résultats montrent, que dans l'échantillon, la moyenne de l'activité du ST des individus post intervention était significativement inférieure ($p < 0,050$) à la moyenne de l'activité du ST pré intervention. L'analyse statistique révèle également (Figure 4) que la valeur moyenne du flexum post intervention était significativement inférieure à la moyenne du flexum pré-intervention ($p < 0,001$). En revanche, les résultats obtenus ne

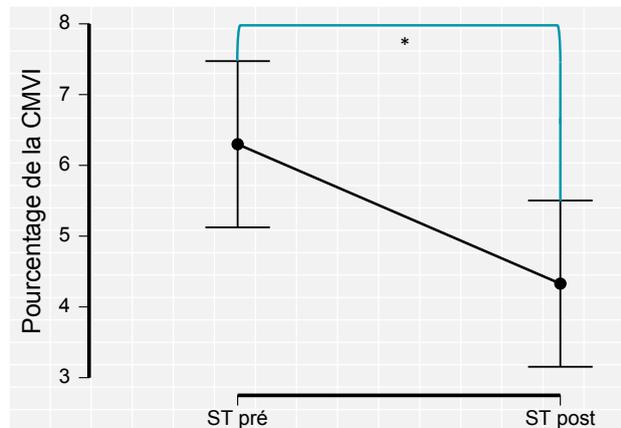
Tableau 2

Statistiques descriptives des paramètres de l'étude

	% activité ST		% activité BF		Flexum (Deg)	
	Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post
Médiane	7,4	2,8	7,4	5,8	7,0	1
Moyenne	6,3	4,3	7,9	5,8	11,1	4
Écart type	3,2	2,9	6,0	3,6	8,1	6

Figure 3

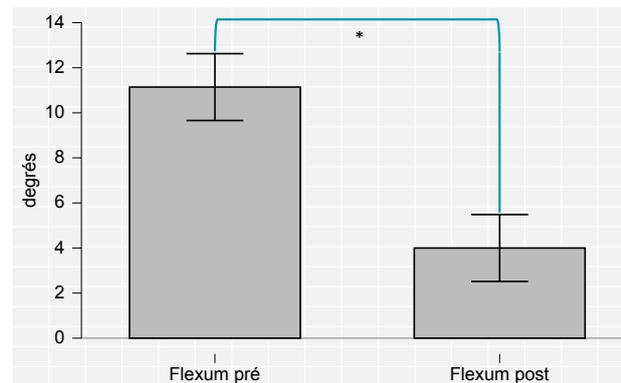
Évolution de la moyenne d'activité du semi-tendineux et barres d'erreurs associées



pré: mesure pré-fatigue; post: mesure post-fatigue; * = $p < 0,05$.

Figure 4

Évolution de la moyenne du flexum et barres d'erreurs associées



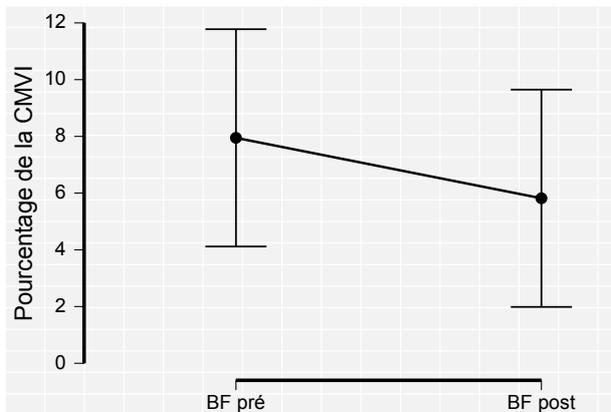
pré: mesure pré-fatigue; post: mesure post-fatigue; * = $p < 0,05$.

permettaient pas de montrer de différence concernant l'activité du BF ($p = 0,109$) (Figure 5).

L'application du coefficient de corrélation Pearson's ne permet ni de conclure à une association entre activité du ST et flexum ni entre activité du BF et flexum ($p > 0,050$).

Figure 5

Évolution de la moyenne d'activité du biceps fémoral et barres d'erreurs associées



pré: mesure pré-fatigue; **post**: mesure post-fatigue.

DISCUSSION

Les résultats de ce travail montrent que l'activité du ST et le flexum post intervention diminuent significativement à la suite de l'application d'un protocole d'épuisement des IJ. Les IJ ont initialement un rôle protecteur vis à vis de l'articulation du genou en luttant contre la translation tibiale antérieure. Ils peuvent néanmoins, s'ils sont trop activés, limiter la progression de la rééducation du quadriceps⁽¹⁴⁾. La revue systématique de Sherman *et al.* (2021) s'intéresse à la fonction neuromusculaire des IJ après ligamentoplastie du LCA. Dans ce travail, les auteurs signalent une augmentation du ratio de co-activation ischio-jambiers /quadriceps lors de la réalisation de plusieurs mouvements: l'extension isométrique de la jambe, la marche ou encore la descente d'escaliers^(5,14). Ainsi, l'activité des IJ semble être prépondérante par rapport à celle du quadriceps sur des tâches motrices simples comme celles relatives aux activités de la vie quotidienne et ceci des mois voire des années après l'opération. À noter toutefois que l'étude de Sherman *et al.* (2021) n'incluait pas de patients en post-opératoire immédiat.

Les résultats de la présente étude réalisée sur 7 participants confirment l'hypothèse de départ de l'étude de Lowe *et al.* (2018) qui est qu'en induisant de la fatigue des IJ, l'activité de ceux-ci est diminuée, ce qui permet une meilleure activation du quadriceps mesurée par le CAR (Central activation ratio)⁽¹⁰⁾. Le ratio de co-activation ischio-jambiers /quadriceps est alors diminué par la diminution de l'activité des IJ de manière concomitante à l'augmentation de l'activité du quadriceps. Certaines études sur des participants sains ont été effectuées pour mesurer l'impact d'un protocole de fatigue des IJ réalisé sur des machines isocinétiques. Elles montraient une diminution de l'activité EMG des IJ^(15,16).

Bien que de manière générale une diminution du flexum consécutive à l'application du protocole de fatigue ait été montrée dans ce travail, certains participants semblaient moins répondants et présentaient une diminution du flexum limitée. Comme cela a été rappelé précédemment, si la plupart des flexums sont d'origine réflexe⁽¹²⁾, certains peuvent

avoir une origine mécanique. Dans le cas où un blocage mécanique (arrêt dur à la mobilisation) est retrouvé, on parle de syndrome du cyclope. C'est un phénomène caractérisé par un déficit d'extension passif de genou dû à un amas de tissu fibreux dans l'échancrure inter condylienne⁽²⁰⁾. Il est lié à la présence d'une structure intra-articulaire (ménisque, corps étranger, LCA rompu ou hémarthrose importante). On le retrouve chez 2 à 10% des patients opérés du LCA^(13,17,18). C'est probablement ce qui a empêché le gain total d'extension chez un des participants inclus, le flexum n'a pas pu être totalement réduit grâce aux contractions répétées des IJ (arrêt dur à la mobilisation). Pinto *et al.* (2017) ont comparé rétrospectivement un groupe de 45 personnes ayant eu une révision de chirurgie pour prise en charge d'un syndrome du cyclope et 45 personnes n'en ayant pas eu besoin (groupe contrôle). Un déficit d'extension était retrouvé avec une incidence de 71% dans le groupe cyclope alors qu'elle était de 22% dans le groupe contrôle à 3 semaines, la différence était également significative à 6 semaines (60% contre 7%) entre les deux groupes. Dans le groupe cyclope à trois semaines, 58% des sujets avaient une contracture des IJ contre 24% dans le groupe contrôle, à six semaines 29% dans le groupe cyclope contre 2% dans le groupe contrôle. La présence d'un déficit d'extension réflexe entre trois et six semaines post-opératoire serait corrélée positivement à l'apparition d'un syndrome du cyclope. Le risque est deux à huit fois plus élevé que dans une population sans flexum⁽¹⁹⁾. Aucune relation de causalité n'a pu être établie^(14,19). Dans le cas d'un syndrome du cyclope, la reprise chirurgicale est nécessaire. L'objectif de la rééducation est donc de prendre rapidement en charge ces déficits pour éviter que le déficit d'extension n'offre la place à la formation de tissu fibreux. La qualité de l'arrêt du mouvement aurait pu être un critère d'inclusion supplémentaire puisque les patients ayant un flexum réflexe semblent mieux répondre au protocole de fatigue que les patients présentant un syndrome du cyclope. Les patients présentant des appréhensions ainsi que ceux présentant des douleurs au repos au niveau du genou semblent également moins bien répondre à ce protocole de réduction de flexum. Pour ces derniers patients, si on élimine la cause du blocage mécanique pur, il est nécessaire d'adjoindre aux techniques de fatigue des IJ répétées chaque jour, des techniques manuelles de relâchement de la chaîne postérieure.

La principale limite de ce travail concerne le faible nombre de participants testés et le manque de groupe contrôle, facteurs qui empêchent toute transposition clinique des résultats à ce stade. En d'autres termes, bien que ces résultats pourraient inciter les praticiens à utiliser des protocoles spécifiques de fatigue des IJ pour réduire le flexum, la petite taille d'échantillon en limite l'application.

Concernant les propositions d'amélioration, il aurait été intéressant de demander des contractions musculaires plus longues que deux ou trois secondes aux participants pour faciliter le relâchement musculaire entre les différentes contractions. Cela aurait également permis d'obtenir une fatigue plus rapide des IJ, d'autant plus que la contraction demandée ne correspond qu'à 30% de la force maximale mesurée du côté opposé⁽¹⁹⁾. Cela aurait permis de diminuer le temps consacré à la prise de mesure. En ce qui concerne le protocole mis en place, une autre position de test aurait pu être proposée. Le placement des participants en position

assise avec un dossier à 90° aurait permis de mettre les extenseurs de hanche (BF et semi-membraneux) en course externe. Pour être plus complet, il aurait également été intéressant de procéder à une mesure de l'activité des IJ le lendemain pour observer le maintien des effets constatés sur le long terme. Seules des données qualitatives ont été récupérées à ce sujet. Cinq participants sur sept avaient conservé les gains. Cette étude ne permet pas de conclure sur les résultats au-delà du post intervention immédiat.

CONCLUSION

L'application d'un protocole de fatigue des IJ permet de diminuer significativement l'activité du ST et le flexum chez les patients présentant un déficit d'extension après une ligamentoplastie du LCA (avec prélèvement au niveau des IJ). En revanche, aucune corrélation n'a été retrouvée entre la diminution de l'activité du ST et du BF et la diminution du flexum. Aucune conclusion ne peut être donnée, non plus, concernant le BF. En effet, son activité n'a pas été diminuée de manière significative.

IMPLICATIONS POUR LA PRATIQUE

- Appliquer un protocole de fatigue des IJ semblerait à la fois permettre une diminution de l'activité du ST et la levée du flexum post-opératoire.
- Les exercices de levée de sidération du quadriceps devraient alors être précédés d'un exercice de fatigue des IJ pour optimiser le recrutement des unités motrices du quadriceps (levée de la contraction réflexe des IJ).
- L'application d'un protocole de fatigue des IJ permettrait de participer à la résolution de deux des objectifs de la phase 1 de la rééducation post opératoire après une ligamentoplastie du LCA: réduire le flexum et lever l'inhibition du quadriceps.

Contact

Marie Chavillard
mariechevillard0@gmail.com

ABSTRACT

Background: Long-term strength deficits following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction are common and limit the return to sports. Chronic arthrogenic motor inhibition (AMI) appears to be involved in this process. Reducing knee extension deficits as part of, controlled hamstring exhaustion (HE) could be a way to address this issue.

Objective: This study observes the variation in hamstring electrical activity following the application of a specific fatigue protocol in patients with knee flexion contracture following ACL reconstruction.

Method: Seven patients with knee flexion contracture who had undergone ACL ligamentoplasty were assessed before and after the application of a specific hamstring fatigue protocol. Electromyographic (EMG) activity of the

semitendinosus (ST) and the biceps femoris (BF), as well as the degree of knee flexion contracture, were measured.

Results: Statistical analysis indicates the mean electrical activity of the ST post-intervention and the knee flexum were significantly lower than those observed pre-intervention ($p < 0,050$ and $p < 0,001$, respectively). No conclusion could be drawn for the BF ($p = 0,109$). No correlation could be established between the knee flexion and hamstring muscle activity variables.

Conclusion: The application of a hamstring fatigue protocol appeared to reduce postoperative ST activity in the presence of knee flexion contracture. A larger sample size would have provided greater statistical power for this study. Nevertheless, these results suggest it is worthwhile employing this technique in clinical practice to address knee extension deficits associated with AMI.

KEYWORDS

hamstring activation / extension deficit / rehabilitation / Anterior cruciate ligament reconstruction

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund: Langfristig gemessene Kraftdefizite nach einer vorderen Kreuzbandplastik treten häufig auf und beeinträchtigen die Rückkehr zum Sport. Chronische arthrogene motorische Hemmung (AMH) scheint beteiligt zu sein. Durch die Reduzierung von Knieextensionsdefiziten könnte kontrollierte Erschöpfung der Beugemuskulatur (Hamstrings) ein Mittel zur Behebung dieses Problems sein.

Ziel: Diese Studie zielt darauf ab, die Variation der elektrischen Aktivität der Oberschenkelbeugemuskulatur (Hamstrings) nach Anwendung eines spezifischen Ermüdungsprotokolls bei Patienten mit einer Kniebeugekontraktur nach vorderer Kreuzbandplastik zu beobachten.

Methode: Sieben Patienten mit Kniebeugungskontraktur, die sich einer ACL-Ligamentoplastik unterzogen hatten, wurden vor und nach der Anwendung eines spezifischen Erschöpfungsprotokolls für die Oberschenkelbeugemuskulatur (Hamstrings) untersucht. Die elektromyographische (EMG) Aktivität des Musculus semitendinosus (ST) und des Musculus biceps femoris (BF) sowie der Grad der Kniebeugungskontraktur wurden gemessen.

Ergebnisse: Die statistische Analyse zeigt, dass der Durchschnitt der elektrischen Aktivität des Musculus ST nach dem Eingriff sowie die Kniebeugung signifikant niedriger waren als vor dem Eingriff beobachtet ($p < 0,050$ bzw. $P < 0,001$). Für den Musculus BF konnte keine Schlussfolgerung gezogen werden ($p = 0,109$). Es konnte keine Korrelation zwischen den Variablen Kniebeugung und Muskelaktivität der Oberschenkelbeugemuskulatur (Hamstrings) hergestellt werden.

Schlussfolgerung: Die Anwendung eines Ermüdungsprotokolls für die Oberschenkelbeugemuskulatur (Hamstrings) scheint die Aktivität des Musculus ST im postoperativen Stadium bei Vorhandensein einer Kniebeugekontraktur zu reduzieren. Eine größere Anzahl von Probanden hätte dieser Studie mehr statistische Aussagekraft verleihen können.

Dennoch deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es sinnvoll erscheint, diese Technik in der klinischen Praxis anzuwenden, um die mit arthrogenischer motorischer Hemmung verbundenen Knieextensionsdefizite zu beheben.

SCHLÜSSELWÖRTER

Elektromyographische Aktivität der Oberschenkelbeugemuskulatur / Beugungskontraktur / Rehabilitation / vordere Kreuzbandplastik

Références

- Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019;33(1):33-47.
- Andrade R, Pereira R, van Cingel R, Staal JB, Espregueira-Mendes J. How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). *Br J Sports Med*. 2020;54(9):512-9.
- van Melick N, van Cingel REH, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med*. 2016;50(24):1506-15.
- Pietrosimone B, Lepley AS, Kuenze C, Harkey MS, Hart JM, Blackburn JT, et al. Arthrogenic Muscle Inhibition Following Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Sport Rehabil*. 2022;31(6):694-706.
- Pamukoff DN, Pietrosimone BG, Ryan ED, Lee DR, Blackburn JT. Quadriceps Function and Hamstrings Co-Activation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Athl Train*. 2017;52(5):422-8.
- Norte G, Rush J, Sherman D. Arthrogenic Muscle Inhibition: Best Evidence, Mechanisms, and Theory for Treating the Unseen in Clinical Rehabilitation. *J Sport Rehabil*. 2022;31(6):717-35.
- Rice DA, McNair PJ. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. *Semin Arthritis Rheum*. 2010;40(3):250-66.
- Schoenfeld B. Hypertrophie, approche pratique et scientifique du développement musculaire. (. 4 Trainer).
- Sonnery-Cottet B, Saithna A, Quelard B, Daggett M, Borade A, Ouanezar H, et al. Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. *Br J Sports Med*. 2019;53(5):289-98.
- Lowe T, Dong XN. The Use of Hamstring Fatigue to Reduce Quadriceps Inhibition After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Percept Mot Skills*. 2018;125(1):81-92.
- Yu S, Lowe T, Griffin L, Dong XN. Single bout of vibration-induced hamstrings fatigue reduces quadriceps inhibition and coactivation of knee muscles after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol*. 2020;55:102464.
- Delaloye JR, Murar J, Vieira TD, Franck F, Pioger C, Helfer L, et al. Knee Extension Deficit in the Early Postoperative Period Predisposes to Cyclops Syndrome After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Risk Factor Analysis in 3633 Patients From the SANTI Study Group Database. *Am J Sports Med*. 2020;48(3):565-72.
- Delaloye JR, Murar J, Sánchez MG, Saithna A, Ouanezar H, Thaunat M, et al. How to Rapidly Abolish Knee Extension Deficit After Injury or Surgery: A Practice-Changing Video Pearl From the Scientific Anterior Cruciate Ligament Network International (SANTI) Study Group. *Arthrosc Tech*. 2018;7(6):e601-5.
- Sherman DA, Glaviano NR, Norte GE. Hamstrings Neuromuscular Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ*. 2021;51(8):1751-69.
- Melynk M, Gollhofer A. Submaximal fatigue of the hamstrings impairs specific reflex components and knee stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2007;15(5):525-32.
- Behrens M, Mau-Moeller A, Wassermann F, Bruhn S. Effect of fatigue on hamstring reflex responses and posterior-anterior tibial translation in men and women. *PLoS One*. 2013;8(2):e56988.
- Pinto FG, Thaunat M, Daggett M, Kajetanek C, Marques T, Guimares T, et al. Hamstring Contracture After ACL Reconstruction Is Associated With an Increased Risk of Cyclops Syndrome. *Orthop J Sports Med*. 2017;5(1):2325967116684121.
- Noailles T, Chalopin A, Boissard M, Lopes R, Bouguennec N, Hardy A. Incidence and risk factors for cyclops syndrome after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic literature review. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 2019;105(7):1401-5.
- Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(6):1091-116.

