



# Ligament croisé antérieur du genou : comment améliorer la compliance des sportifs non professionnels à suivre le processus de réhabilitation jusqu'à validation des critères de « retour au sport » et contribuer à diminuer le risque de re-rupture de la plastie ?

*Anterior cruciate ligament repair in amateur athletes: Reducing the risk of secondary tears by improving adherence to the rehabilitation process up to validation of "return to sports" criteria*

S. Abellaneda <sup>a,b</sup>  
 B. Baillon <sup>c,d</sup>  
 P.-Y. Descamps <sup>c,b</sup>  
 D. Florentz <sup>a,b,d</sup>  
 O. Gailly <sup>c,b</sup>  
 M. Vancabeke <sup>e,d</sup>

<sup>a</sup>Service de kinésithérapie et revalidation fonctionnelle, centre hospitalier de la Haute-Senne, chaussée de Braine-49, Soignies, Belgique

<sup>b</sup>Pôle de l'appareil locomoteur, process spécifique du ligament croisé antérieur du genou, clinique du sport, centre hospitalier de la Haute-Senne, chaussée de Braine-49, Soignies, Belgique

<sup>c</sup>Service de chirurgie orthopédique, hôpitaux Iris-Sud, centre hospitalier Joseph-Bracops, rue Docteur-Huet-79, 1070 Anderlecht, Bruxelles, Belgique

<sup>d</sup>Centre pluridisciplinaire MedinSport, boulevard Sylvain-Dupuis-229, 1070 Anderlecht, Bruxelles, Belgique

<sup>e</sup>Service de chirurgie orthopédique, hôpital Delta, centre hospitalier CHIREC, boulevard du Triomphe-201, 1160 Auderghem, Bruxelles, Belgique

## RÉSUMÉ

Après reconstruction chirurgicale du ligament croisé antérieur du genou, le processus de réhabilitation est long. Des sportifs non professionnels, estimant avoir récupéré suffisamment de fonctionnalité, mettent un terme au processus avant d'avoir validé les critères de « retour au sport » recommandés dans la littérature scientifique. Nous proposons de mesurer l'impact d'évaluations fonctionnelles régulières sur le niveau de récupération musculaire et la compliance des patients à suivre le processus jusqu'à validation de ces critères. Les deux cohortes de patients bénéficiaient de tests isocinétiques à 3 et 6 mois post-ligamentoplastie, mais seuls ceux de la deuxième cohorte bénéficiaient également d'évaluations fonctionnelles régulières. À 6 mois post-ligamentoplastie, seuls ces derniers avaient poursuivi le processus jusqu'à recouvrer un niveau de récupération musculaire en accord avec les critères de la littérature. Les résultats montrent qu'un processus de réhabilitation incluant des évaluations fonctionnelles régulières impacte favorablement la récupération musculaire et la compliance des patients à suivre ce long

## MOTS CLÉS

Ligament croisé antérieur  
 Ligamentoplastie  
 Réhabilitation  
 Compliance  
 Test isocinétique

## KEYWORDS

*Anterior cruciate ligament  
 Reconstruction  
 Rehabilitation  
 Compliance  
 Isokinetic test*

processus. Nous proposons que ces résultats puissent contribuer à diminuer le risque de re-rupture de la plastie.

© 2019 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## SUMMARY

*After anterior cruciate ligament reconstruction, the rehabilitation process is long. Some non-professional athletes may feel well enough to stop their rehabilitation program before reaching the functional objectives criteria to "return to sport" recommended by scientific literature. Our purpose is to evaluate the impact of repetitive functional assessments during the rehabilitation process on muscle recovery and compliance with the program. We created two patient samples. Both had an isokinetic strength test at 3 and 6 months post-reconstruction surgery but only the second sample also had repetitive functional assessments. Six months after reconstruction surgery, only the second sample patients have continued their rehabilitation until recovering sufficient muscle strength, according to the criteria found in scientific literature. A rehabilitation program with repetitive assessments have a favorable impact on muscle recovery and compliance with the program. This could contribute to decrease the risk of re-injury.*

© 2019 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## Auteur correspondant :

**S. Abellaneda,**

Service de kinésithérapie et revalidation fonctionnelle, centre hospitalier de la Haute-Senne, chaussée de Braine-49, Soignies, Belgique.

Adresse e-mail :

[severine.abellaneda@chrhautesenne.be](mailto:severine.abellaneda@chrhautesenne.be)

## INTRODUCTION

La rupture du ligament croisé antérieur (LCA), partielle ou totale, est une des lésions orthopédiques parmi les plus fréquentes et elle est, pour certaines études scientifiques, une des lésions en traumatologie du sport les plus dévastatrices au plan de la continuité des activités sportives [1].

Lorsque le diagnostic de cette lésion est posé, il existe deux options thérapeutiques dont l'une est chirurgicale et des études ont rapporté que 60 % des sportifs de loisir optaient pour celle-ci [2]. Après reconstruction chirurgicale du LCA par ligamentoplastie, le suivi d'un processus de réhabilitation spécifique est incontournable pour espérer recouvrer un état fonctionnel optimal du genou et réaliser un « retour au sport » au même niveau que celui d'avant la lésion [3]. Les principaux axes de cette réhabilitation sont la restauration des amplitudes de mouvements, la récupération d'une coordination neuromusculaire satisfaisante et de toute la fonction musculaire des extenseurs et fléchisseurs du genou [4]. Toutefois, si cette option thérapeutique est celle qui semble offrir les meilleures perspectives pour recouvrer une stabilité suffisante du genou et envisager un « retour au sport », il n'en est pas moins vrai qu'il existe un risque de re-rupture de la plastie variant de 6 à 25 % selon les études [5]. On peut ajouter également le risque de rupture du LCA controlatéral puisque celui-ci double [6] avec un risque maximal au cours de la première année post-ligamentoplastie [7].

Le genre, l'âge, le niveau sportif et les caractéristiques anatomiques ont été identifiés comme d'autres facteurs influençant ce risque.

Si ces derniers sont considérés comme « non ou très peu modifiables » [8], une différence de force musculaire résiduelle supérieure à 10–15 % entre les musculatures du genou opéré versus celles du genou non opéré, 6 mois après ligamentoplastie [7,9], l'absence de directives fonctionnelles lors de la réhabilitation [10] ou encore l'absence de complianc e à suivre le processus de réhabilitation [8] ont été identifiés comme des facteurs de risque modifiables [9], susceptibles d'influencer la récupération globale de chaque patient et, par conséquent, le

risque de re-rupture de la plastie [11]. Pour contribuer à diminuer l'impact des facteurs de risque les plus modifiables, bon nombre d'études scientifiques ont proposé que chaque patient valide des critères de « retour au sport » préalablement à toute reprise des activités sur le terrain [12]. Le but étant d'identifier les patients dont la récupération fonctionnelle est insuffisante pour que ses activités ne présentent pas un risque de re-rupture important.

Dans le cas de sportifs non professionnels, il est généralement constaté que leur complianc e ne permet pas toujours de piloter le processus de réhabilitation jusqu'au moment où ils deviennent capables de réussir les tests fonctionnels validant les critères d'un « retour au sport » [13]. Notre hypothèse est que si le patient est impliqué activement dans le processus, par exemple par le suivi des résultats de ses évaluations fonctionnelles, il pourrait faire preuve d'une meilleure adhésion au processus, ceci jusqu'à validation de ces critères. Si l'autonomisation du patient est améliorée par un meilleur suivi de ses acquis fonctionnels, par un capital éducatif acquis tout au long du processus, la gestion du retour dans l'environnement sportif au moment où l'assistance du kinésithérapeute n'est plus systématique pourrait être bonifiée. Il serait, dès lors, logique de proposer que ces évaluations fonctionnelles régulières puissent également jouer un rôle en terme de prévention secondaire du risque d'une re-rupture de la plastie [14,15].

## POPULATION

L'échantillon de population se composait de 80 patients adultes. Tous présentaient une première lésion du LCA survenue au cours des 12 derniers mois. Tous les patients inclus dans cette étude avaient suivi leur programme de réhabilitation au sein du pôle de l'appareil locomoteur, sous la supervision de deux kinésithérapeutes de l'équipe. Ces derniers étaient spécialisés dans les pathologies survenant en milieux sportifs. Au sein de cet échantillon, deux cohortes de patients ont été étudiées : S1 et S2. Les données relatives à la première cohorte (S1) ont été recueillies de janvier 2014 à juin

2016 et celles de la deuxième cohorte de patients (S2), de juillet 2016 à juin 2018. L'unique différence entre les patients de ces deux cohortes était temporelle. Elle reposait sur le moment de mise en place du processus de réhabilitation, plus précisément sur la date de la première séance de réhabilitation post-ligamentoplastie. Les patients de la cohorte S1, ceux qui ont débuté leur processus de réhabilitation entre janvier 2014 et juin 2016, bénéficiaient d'un processus qui n'incluait pas encore d'évaluation fonctionnelle régulière. À partir de juillet 2016, l'ensemble des patients qui débutait le processus bénéficiait d'évaluations fonctionnelles régulières. Ils constituaient, jusqu'en juin 2018, la cohorte S2. Les patients des deux cohortes étaient inclus ou exclus de l'étude, selon les critères mentionnés dans le [Tableau I](#).

Échantillonnage : le [Tableau II](#) montre les caractéristiques des deux cohortes de patients. La cohorte S1 incluait 20 patients, la cohorte S2 en incluait 26. L'âge moyen était de  $29,1 \pm 9,4$  ans pour S1 et de  $30,1 \pm 8,6$  ans (moyenne  $\pm$  déviation standard [DS]) pour S2. Respectivement pour les cohortes S1 et S2, il y avait 17 et 16 patients dont le côté droit correspondait à leur côté dominant et pour 14 d'entre eux, cohortes S1 et S2, le côté droit correspondait également au côté lésé.

Le [Tableau III](#) présente l'activité sportive principale pratiquée par les patients de chaque cohorte. Tous les sujets étaient des sportifs non professionnels et 89,1 % d'entre eux pratiquaient celle-ci en compétition. Parmi les 10,9 % de patients qui ne pratiquaient pas de sport en compétition, tous exerçaient une activité professionnelle qui impliquait un entraînement sportif constant et incontournable (pompiers, policiers d'intervention, gardes du corps).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

En postopératoire, aucune orthèse n'était utilisée et la marche était autorisée avec des béquilles, dès le premier jour [16]. La première séance de réhabilitation ambulatoire était planifiée dès le cinquième jour postopératoire [17] et chaque séance avait une durée variant de 1 h 00 à 1 h 30, en fonction de l'état clinique du patient. Pour cela, les critères cliniques étaient de ne déclencher aucune douleur « anormale ou supplémentaire », de n'induire aucun gonflement et de respecter l'état de fatigue de chacun. Tous les patients étaient suivis sur la base de 60 séances de réhabilitation, deux fois par semaine. L'ensemble des patients était informé des conséquences potentielles d'une prise de poids significative et était encouragé à considérer ce risque dès les premiers jours post-ligamentoplastie [18].

### Processus de réhabilitation

Le processus de réhabilitation était divisé en quatre phases majeures. La première phase du programme était axée sur le contrôle moteur à la marche, la récupération des amplitudes articulaires, précisément en extension, et sur l'initiation du travail actif des muscles extenseurs et fléchisseurs du genou. La deuxième phase était axée sur l'optimisation de la récupération de la force musculaire, un travail de proprioception axial et de contrôle neuromusculaire du membre inférieur dans sa globalité. La troisième phase insistait sur le travail de récupération du trotinement puis de la course et des sauts à pieds joints, en appliquant strictement l'ensemble des apprentissages de contrôle neuromusculaire préalablement acquis. Enfin,

**Tableau I. Critères d'inclusion et d'exclusion des patients.**

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Hommes, de 18 à 50 ans	L'absence d'au moins un critère d'inclusion
Première lésion du LCA, totale ou partielle	Réhabilitation interrompue avec ou sans raison médicale
Tous ont choisi l'option thérapeutique chirurgicale et la technique était celle par « DIDT » technique utilisant les tendons des muscles droit interne et demi-tendineux	Autre chirurgie du membre inférieur réalisée au cours des 6 derniers mois
Tous ont choisi de suivre leur réhabilitation au sein du pôle de l'appareil locomoteur	Indice de masse corporelle inférieur à 18 ou supérieur à 30

**Tableau II. Caractéristiques des deux cohortes de patients.**

	S1	S2
Échantillon de population (n)	36	44
Hommes toutes options thérapeutiques (n)	27	31
Hommes ayant opté pour une ligamentoplastie chirurgicale (n)	20	26
Âge moyen (années)	$29,1 \pm 9,4$	$30,1 \pm 8,6$
Côté droit dominant (n)	17	16
Côté droit lésé (n)	14	14

**Tableau III. Activité sportive principale des deux cohortes de patients.**

	Types de pratique	S1, n (%)	S2, n (%)	Total (n = 46), n (%)
Football, Rugby, Basket	Compétition	13 (65)	20 (77)	33 (71,7)
Tennis, Badminton	Compétition	3 (15)	3 (11,5)	6 (13)
Judo	Compétition	1 (5)	0	1 (2,2)
Ski, Snowboard	Compétition	1 (5)	0	1 (2,2)
Activité professionnelle avec entraînement sportif	Pas de compétition	2 (10)	3 (11,5)	5 (10,9)

la quatrième phase abordait, spécifiquement et progressivement, les sauts unipodaux ainsi que les gestes des activités sportives de chacun. C'est à l'issue de cette dernière phase de réhabilitation que le patient pouvait prétendre à la validation des critères de « retour au sport », ceci préalablement à toute reprise sur terrain sportif.

### Programmation des tests isocinétiques pour la mesure des couples de force musculaire

Concernant la cohorte S1, les deux tests isocinétiques étaient réalisés respectivement à 3 et 6 mois post-ligamentoplastie. Concernant la cohorte S2, le premier test isocinétique était effectué à l'issue de la deuxième phase de réhabilitation, soit à  $12,9 \pm 1$  semaines post-ligamentoplastie. Le deuxième test l'était à l'issue de la quatrième phase de réhabilitation, soit à  $25,8 \pm 1,6$  semaines. Dans le cas de la cohorte S2, les tests isocinétiques appartenaient à l'ensemble des tests qui composaient les évaluations fonctionnelles régulières 2 et 4. Lorsqu'un patient pouvait prétendre à être évalué, l'évaluation était programmée sous une semaine et le test isocinétique était concomitamment.

### Mesure des couples de force musculaires sur appareillage isocinétique

Les patients des cohortes S1 et S2 ont bénéficié de deux tests isocinétiques, réalisés dans des conditions reproductibles. Après avoir reçu une information sur les objectifs et les conditions de réalisation du test, chaque patient était invité à s'échauffer sur cycloergomètre stationnaire à 50 watts, pendant 5 minutes [19]. Le test était réalisé conformément aux recommandations techniques décrites par Logerstedt et al. [16]. L'appareillage employé était un dynamomètre Cybex (Humac), étalonné annuellement. À l'installation de chaque patient, un alignement de l'axe anatomique de l'articulation du genou et de l'axe de rotation du bras de levier était réalisé et les effets de la gravité étaient corrigés.

Pour la réalisation du test, les patients disposaient de deux essais à chaque vitesse avant d'effectuer les séries tests, à savoir 3 répétitions aux vitesses de  $60^\circ/\text{s}$  et  $240^\circ/\text{s}$  en mode concentrique, puis à  $30^\circ/\text{s}$  en mode excentrique.

Les couples de force pour les muscles extenseurs (PT extenseurs) et fléchisseurs (PT fléchisseurs) étaient mesurés et enregistrés bilatéralement, leurs valeurs étaient présentées en newton par mètre (N/m). Pour chaque groupe musculaire et chaque vitesse, le déficit de couple de force, entre côtés opéré et non opéré, était calculé en réalisant le rapport entre ces deux valeurs.

Un autre calcul a été celui de la force relative. Il permettait de rapporter la mesure du couple de force des extenseurs à  $60^\circ/\text{s}$

au poids corporel de chaque patient. La formulation utilisée était (PT extenseurs à  $60^\circ/\text{s}$ )/poids du patient. La différence de force relative était ensuite calculée en comparant les résultats obtenus pour les côtés opérés et non opérés. Celle-ci était présentée sous la forme de pourcentages.

### Programmation des évaluations fonctionnelles pour les patients de la cohorte S2

Les patients de la cohorte S2, pris en charge entre juillet 2016 et juin 2018, bénéficiaient d'une évaluation fonctionnelle après chacune des quatre phases de réhabilitation. Lorsqu'un patient était capable de remplir les critères d'évaluation durant une séance de réhabilitation, il était admissible à l'évaluation de fin de phase. Celle-ci était dès lors programmée sous une semaine [20]. Pour pouvoir passer à la phase de réhabilitation suivante, le patient était soumis à un ensemble de tests validés dans la littérature scientifique. Le *Tableau IV* présente l'ensemble des tests réalisés pour chacune des quatre évaluations fonctionnelles.

### Tests composant les évaluations fonctionnelles

Chaque test était réalisé conformément aux recommandations de la littérature scientifique qui en mentionnaient les modalités de réalisation, les indicateurs de validité et de reproductibilité. Les mesures d'amplitudes articulaires passives (ROM), en flexion et extension du genou, ont été effectuées conformément aux descriptions validées par Logerstedt et al. [16]. Le test « Soulèvement actif et verrouillé de la jambe (Active Straight Leg Raise) » a été réalisé selon les indications relatives de l'étude de Hu et al. [21]. Les tests « Analyse du cycle de marche (Gait Biomechanics) » et « Maintien d'un squat unipodal 5 s (Single leg Squat 5 s Hold Test) » ont été selon celles de Barker-Davies et al. [22]. Le test « Descente en flexion latérale (Lateral Step Down) » a été réalisé selon les indications de Ross et al. [23] et le test « Réception de saut bipodale (Jump Landing Test) » selon les indications relatives à l'étude de Padua et al. [24]. Pour l'ensemble des tests de sauts (« Test de saut latéral unipodal (Side Hop Test) », « Test de saut en longueur unipodal (Single Hop for distance Test) », « Test de triple saut en longueur unipodal (Triple Hop for distance Test) », « Test de triple saut en longueur, croisé et unipodal (Triple Crossover Hop for distance Test) ») ainsi que le test « Vitesse en T (T-test) », les indications considérées étaient celles de l'équipe de Kyritsis et al. [12]. Une évaluation subjective était également réalisée avec les questionnaires KOOS [25] et ACL-RSI [19].

Après chaque évaluation fonctionnelle, un rapport écrit était édité, expliqué au patient puis envoyé au chirurgien. Les résultats étaient discutés individuellement et spécifiquement

**Tableau IV. Tests qui composaient les quatre évaluations fonctionnelles de la cohorte S2.**

Évaluations fonctionnelles	Mesures, tests et questionnaires qui composaient chacune des évaluations fonctionnelles de la cohorte S2
1 : réalisée en moyenne à $3,8 \pm 0,9$ semaines post-ligamentoplastie	Mesures des amplitudes articulaires passives, test « Soulèvement actif et verrouillé de la jambe », test « Analyse du cycle de marche et questionnaire KOOS »
2 : réalisée en moyenne à $12,9 \pm 1$ semaines post-ligamentoplastie	Mesures des amplitudes articulaires passives, test « Maintien d'un squat unipodal 5 s et questionnaire KOOS »
3 : réalisée en moyenne à $18,8 \pm 1,3$ semaines post-ligamentoplastie	Mesures des amplitudes articulaires passives, test « Saut latéral unipodal », Test « Réception de saut bipodal », test « Descente en flexion latérale et questionnaire KOOS »
4 : réalisée en moyenne à $25,8 \pm 1,6$ semaines post-ligamentoplastie	Mesures des amplitudes articulaires passives, test « Saut latéral unipodal », test « Réception de saut bipodal », test « Descente en flexion latérale », test « Saut en longueur unipodal », test « Triple saut en longueur unipodal », test « Triple saut en longueur, croisé et unipodal », test « Vitesse en T, questionnaires KOOS et ACL-RSI »

avec chaque patient et les objectifs de l'évaluation suivante étaient déjà présentés et explicités.

### Analyses statistiques

Toutes les données ont été traitées avec le logiciel GraphPad InStat - 1.ISD. La valeur moyenne était présentée avec la déviation standard ( $\pm$  DS), toutes deux ayant été calculées à l'aide de méthodes conventionnelles.

Le test *U* de Mann-Whitney a été utilisé pour le traitement des données indépendantes alors que le test de Wilcoxon a été utilisé pour le traitement des données dépendantes. La relation entre ces dernières était étudiée en utilisant le coefficient de Spearman. Le niveau de signification était fixé pour une valeur de *p* inférieure ou égale à 0,05.

## RÉSULTATS

### Premier test isocinétique

Les résultats présentés dans le [Tableau V](#) n'ont pas montré de différence statistiquement significative entre les mesures de couples de force développés dans les cohortes S1 et S2, ceci pour chaque vitesse ou mode de travail ( $p > 0,05$ ).

Concernant le déficit de couple de force entre les côtés opéré et non opéré, les muscles extenseurs du genou opéré présentaient, à  $60^\circ/s$ , un déficit de  $27,3 \pm 19,5$  % pour S1 et de  $23,1 \pm 15,4$  % pour S2 ( $p > 0,05$ ). À  $240^\circ/s$ , le déficit était de  $27,3 \pm 20,7$  % pour S1 et de  $19,2 \pm 14,7$  % pour S2 ( $p > 0,05$ ). En ce qui concerne les muscles fléchisseurs, à  $60^\circ/s$ , le déficit de couple de force, était de  $7,7 \pm 8,7$  % pour S1 et de  $16,3 \pm 13$  % pour S2 ( $p > 0,05$ ). À  $240^\circ/s$ , il était de  $5,4 \pm 7,8$  % pour S1 et de  $12,9 \pm 8,7$  % pour S2 ( $p > 0,05$ ).

En mode excentrique, les couples de force des muscles fléchisseurs étaient respectivement de  $123,3 \pm 20,9$  N/m pour S1 et de  $133,4 \pm 34,9$  N/m pour S2 ( $p > 0,05$ ) et les déficits en regard étaient pour la cohorte S1 de  $22,5 \pm 15,1$  % et pour la cohorte S2 de  $27,4 \pm 30$  % ( $p > 0,05$ ).

En ce qui concerne la différence de force relative (« PT extenseurs  $60^\circ/s$  » rapportée au poids corporel de chacun), les patients de la cohorte S1 présentaient une différence de  $32,7 \pm 18,5$  % entre les côtés opéré et non opéré, et les

patients de la cohorte S2 une différence de  $25,3 \pm 14,9$  % ( $p > 0,05$ ).

### Compliance à suivre le programme de réhabilitation entre le premier et le deuxième test

Entre le premier et le deuxième test isocinétique, la majorité des patients de la cohorte S1 avait arrêté leur réhabilitation et seulement 4 d'entre eux suivaient encore le processus.

Comparativement, tous les patients de la cohorte S2 suivaient toujours le processus de réhabilitation, ceci à  $25,8 \pm 1,6$  semaines post-ligamentoplastie.

### Deuxième test isocinétique

Les résultats du [Tableau VI](#) montrent l'évolution de la récupération musculaire des patients de la cohorte S2. Ils mettent en évidence une récupération des couples de force (PT extenseurs et PT fléchisseurs) supérieure à 85 % en mode concentrique. En effet, la récupération des couples de force s'était améliorée de manière significative et les déficits avaient diminué jusqu'à 10,4 % ( $60^\circ/s$ ,  $p < 0,001$ ) et 8,8 % ( $240^\circ/s$ ,  $p < 0,001$ ) pour les muscles extenseurs et jusqu'à 8,2 % ( $60^\circ/s$ ,  $p < 0,05$ ) et 9 % ( $240^\circ/s$ ,  $p > 0,05$ ) pour les muscles fléchisseurs.

En mode excentrique, le déficit de couple de force des muscles fléchisseurs était de 16,5 % témoignant d'une amélioration statistiquement significative ( $p < 0,01$ ).

En ce qui concerne la différence de force relative entre les côtés opéré et non opéré, celle-ci n'était plus que de 11,8 % ( $p < 0,001$ ).

## DISCUSSION

La ligamentoplastie par reconstruction chirurgicale associée à une réhabilitation fonctionnelle spécifique est actuellement le traitement de référence pour un patient sportif, dont l'objectif est de recouvrer une stabilité optimale du genou pour pratiquer à nouveau ses activités sportives à un niveau au moins équivalent à celui d'avant la rupture. Pour atteindre ces objectifs, il est désormais bien admis dans la littérature que la réhabilitation joue un rôle essentiel. Pour autant, peu d'études ont

**Tableau V. Résultats du premier test isocinétique.**

	S1	S2
PT extenseurs 60°/s, N/m	131 ± 37,1	146,1 ± 42,9
Déficit de PT extenseurs 60°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	27,3 ± 19,5	23,1 ± 15,4
PT fléchisseurs 60°/s, N/m	109,5 ± 15,3	107,4 ± 26,6
Déficit de PT fléchisseurs 60°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	7,7 ± 8,7	16,3 ± 13
PT extenseurs 240°/s, N/m	84,2 ± 21	94,3 ± 23,3
Déficit de PT extenseurs 240°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	27,3 ± 20,7	19,2 ± 14,7
PT fléchisseurs 240°/s, N/m	73,5 ± 13,5	75,6 ± 15,6
Déficit de PT fléchisseurs 240°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	5,4 ± 7,8	12,9 ± 8,7
Excentrique PT Fléchisseurs 30°/s, N/m	123,3 ± 20,9	133,4 ± 34,9
Déficit de PT fléchisseurs 30°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	22,5 ± 15,1	27,4 ± 30
Différence de force relative entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	32,7 ± 18,5	25,3 ± 14,9

**Tableau VI. Résultats des tests isocinétiques pour la cohorte S2.**

	S2 12,9 ± 1 semaines	S2 25,8 ± 1,6 semaines	Signification statistique
PT extenseurs 60°/s, N/m	146,1 ± 42,9	185,7 ± 36,3	$p < 0,001$ $r = 0,7$
Déficit de PT extenseurs 60°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	23,1 ± 15,4	10,4 ± 7,5	$p < 0,001$ $r = 0,7$
PT fléchisseurs 60°/s, N/m	107,4 ± 26,6	130,1 ± 24,1	$p < 0,001$ $r = 0,7$
Déficit de PT fléchisseurs 60°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	16,3 ± 13	8,2 ± 6,1	$p < 0,05$ $r = 0,3$
PT extenseurs 240°/s, N/m	94,3 ± 23,3	115,9 ± 18,9	$p < 0,001$ $r = 0,6$
Déficit de PT extenseurs 240°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	19,2 ± 14,7	8,8 ± 6,3	$p < 0,001$ $r = 0,5$
PT fléchisseurs 240°/s, N/m	75,6 ± 15,6	88,5 ± 16	$p < 0,001$ $r = 0,8$
Déficit de PT fléchisseurs 240°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	12,9 ± 8,7	9 ± 6,5	$p > 0,05$ $r = 0,5$
Excentrique PT fléchisseurs 30°/s, N/m	133,4 ± 34,9	165,9 ± 35,4	$p < 0,001$ $r = 0,5$
Déficit de PT fléchisseurs 30°/s, entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	27,4 ± 30	16,5 ± 31,4	$p < 0,01$ $r = 0,6$
Différence de force relative entre les extenseurs des côtés opérés et non opéré, %	25,3 ± 14,9	11,8 ± 7,4	$p < 0,001$ $r = 0,3$

évalué l'efficacité de procédures de réhabilitation spécifiques associées à une méthode d'évaluation objective des critères de « retour au sport » [26].

Plusieurs de ces critères sont déjà bien identifiés, mais peu de travaux décrivent une procédure permettant de les évaluer pendant le processus de réhabilitation, ni se sont également penchées sur les effets d'un tel protocole auprès du patient. Évalué régulièrement, celui-ci s'implique-t-il davantage dans sa réhabilitation ? Est-il plus autonome au moment d'effectuer un « retour au sport » sur le terrain avec toutes les difficultés qu'un changement d'environnement est susceptible de représenter ? Dans l'hypothèse que ces évaluations régulières puissent contribuer à améliorer la compliance des patients à suivre la totalité du processus de réhabilitation, un autre questionnement était de savoir si elles permettaient également d'obtenir des résultats intéressants au plan d'un des

paramètres majeurs de la réhabilitation, celui de la récupération musculaire.

Pour les sportifs professionnels, la perspective d'un retour à la compétition est un moteur et il est aisé de comprendre que pour un retour optimisé les exigences fonctionnelles sont bien connues et considérées par ces derniers. Cette motivation est plus difficile à obtenir puis à maintenir chez des sportifs non professionnels, même si ceux-ci envisagent le plus souvent un retour à la compétition. Aussi, si la compliance de chaque patient à suivre le processus de réhabilitation n'est pas complète, l'évaluation des critères de « retour au sport », en fin de processus, ne peut pas être réalisée. Potentiellement, les déficits persistants ne peuvent ni être mis en évidence, ni être pris en considération avant la reprise des activités. Dès lors, il est logique de proposer que cette situation contribue régulièrement au risque de re-rupture de la plastie ligamentaire.

La particularité de cette étude est de contribuer à la recherche d'un processus de réhabilitation basé sur l'objectivation de la récupération fonctionnelle de chaque patient. Les deux paramètres choisis à cet égard sont la récupération de la force musculaire et la compliance à suivre la totalité du processus, plus précisément, à suivre l'ensemble des évaluations fonctionnelles qui doivent conduire chaque patient à valider les critères de « retour au sport ».

Après ligamentoplastie, plusieurs études scientifiques ont mis en évidence des altérations de la cinématique de marche, un déficit de l'amplitude articulaire du genou [27] ou encore des altérations des équilibres de force musculaire, du contrôle neuromusculaire et de la stabilité du genou pendant plusieurs mois [28]. À la marche, Gao et Zheng [29] ont rapporté une cinématique altérée jusque 3 mois post-ligamentoplastie. Gokeler et al. [30] ont mis en évidence des altérations cinématiques lors de la réception de sauts unipodaux, ceci jusque 4 à 12 mois post-ligamentoplastie. De nombreuses recherches ont été menées pour identifier les mécanismes sous-jacents susceptibles de contribuer à ces déficits persistants. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées mais, dans la pratique, les résultats de ces études contrastent avec la perception du patient [11]. Après ligamentoplastie, le sujet est rapidement autonome dans ses déplacements. Dès les premiers jours, il peut marcher [31], ce qui ne signifie pas pour autant qu'il puisse le faire d'une manière qualitative. À un mois post-ligamentoplastie, le patient peut généralement conduire, ce qui ne signifie pas pour autant qu'il mesure les adaptations ou compensations mises en place à cet égard. Certaines études indiquent l'existence de distorsions entre la perception du patient qui progresse vers une autonomie quotidienne et des acquis fonctionnels qualitatifs. Un exemple proposé est celui de la marche. Si celle-ci est possible rapidement après la ligamentoplastie, la perte d'amplitude articulaire, notamment en extension, qui touche 2 à 11 % des patients [32] peut avoir un effet défavorable sur la cinématique mais aussi sur d'autres paramètres tels que la récupération de la force musculaire. Dans notre étude, la mesure des amplitudes de mouvements (ROM) est réalisée dès la première évaluation fonctionnelle. Elle est ensuite reproduite lors des 3 autres évaluations pour en mesurer objectivement l'évolution. Il est généralement bien accepté dans la littérature que l'extension du genou doit être complète le plus tôt possible. Dès lors, cette mesure réalisée dans notre étude à  $3,8 \pm 0,9$  semaines post-ligamentoplastie, permet de mettre en évidence, dans un délai raisonnable selon notre seul avis, un déficit de récupération qui pourrait être persistant à long terme [33]. Cette mesure permet également de donner une information claire à chaque patient en termes d'objectifs fonctionnels, de progression et aussi au plan de sa propre récupération. C'est une manière de l'impliquer et de lui permettre de comprendre les résultats, leurs significations et la façon de remédier à un éventuel déficit objectivé. C'est également une manière de lui permettre de se projeter vers les objectifs suivants et de contribuer à diminuer les distorsions qui peuvent exister entre son ressenti, important mais subjectif, et des mesures objectives.

De la même manière que pour l'amplitude articulaire, seule une mesure des couples de force par un test isocinétique permet d'objectiver le niveau de récupération musculaire, à un moment donné. Les résultats du premier test isocinétique ne sont pas statistiquement différents entre les deux cohortes. Cela signifie que dans un délai approximatif de 3 mois, la réalisation d'évaluations fonctionnelles ne modifie pas le

niveau de récupération des couples de force. Par contre, chaque mesure permet de situer le niveau de récupération de chacun. Elles permettent, par conséquent, de dispenser une information claire sur l'objectif théorique à atteindre au prochain test concernant ce paramètre. Enfin, elles permettent d'adapter le processus de réhabilitation, si cela est nécessaire. Les résultats du deuxième test isocinétique mettent en évidence que les patients ayant bénéficié simultanément d'évaluations fonctionnelles régulières et d'informations en lien avec les résultats de celles-ci, étaient impliqués et avaient tous continué leur réhabilitation jusqu'à la quatrième évaluation, soit au-delà de 25 semaines post-ligamentoplastie.

Une étude MOON sur un échantillon de patients comparables indique qu'un protocole de réhabilitation dont la durée varie entre 5 à 6 mois peut être considéré comme « sûr et sans danger » pour envisager de reprendre raisonnablement les activités physiques [34]. Dans notre étude, les patients de la cohorte S2 ont suivi le processus pendant environ 25 semaines, ce qui est généralement proposé dans la littérature scientifique et conforme aux indications de l'étude MOON. Ces résultats sont également en accord avec ceux de Myer et al. [35].

Outre le fait que la présentation des résultats obtenus après chaque évaluation et leur discussion avec chaque patient, individuellement, puisse jouer un rôle favorable, l'information et l'éducation de celui-ci pourraient également lui permettre de mieux transposer au quotidien une partie du travail de réhabilitation. Quatre essais contrôlés randomisés ont été inclus dans une revue systématique. Ils ont conclu qu'un programme minimal supervisé puis transposé à domicile, pouvait contribuer à restaurer la fonctionnalité du genou de patients ayant bénéficié d'une ligamentoplastie [36]. Si l'on considère à nouveau l'exemple des amplitudes articulaires, l'objectivation d'un déficit d'extension pourrait faire l'objet d'un travail quotidien à domicile avec un risque très limité. Une des conditions étant que le patient ait préalablement reçu une information claire sur le travail à effectuer et l'objectif à atteindre.

Après avoir discuté de l'intérêt de réaliser des évaluations fonctionnelles régulières pour améliorer la compliance de chaque patient à suivre le processus de réhabilitation, il était, selon nous, intéressant de discuter de l'intérêt de ces évaluations au plan de la qualité de récupération musculaire.

Selon Shelbourne et Gray [33], la perte d'amplitude articulaire, précisément la perte d'extension du genou, affecte négativement la récupération de la force des muscles extenseurs après ligamentoplastie. Dans l'étude que nous avons proposée, la cohorte des patients S2 présentait des résultats favorables dès la première évaluation au plan de l'amplitude articulaire avec une récupération complète de l'extension dès  $3,8 \pm 0,9$  semaines. Ils présentaient également des résultats favorables au plan de la récupération des couples de force, lors de la quatrième évaluation, soit à 25 semaines post-ligamentoplastie. Cette récupération était supérieure à 85 %, pour les muscles extenseurs et fléchisseurs ainsi que pour chaque mode de travail et chaque vitesse testés. Les auteurs s'accordent, à 6 mois post-ligamentoplastie, sur des valeurs comprises entre 90 % [37] et 85 % [38] avant d'autoriser un « retour au sport » [39], du seul point de vue de ce paramètre.

Enfin, si nous rappelons que l'une des caractéristiques des patients de cette étude était d'être des sportifs non professionnels, il est important de considérer que, le plus souvent, le « retour au sport » s'effectue sans la présence du kinésithérapeute. Par conséquent, l'information et l'éducation

dispensées durant les mois de réhabilitation pourraient, à ce moment précis, jouer un rôle favorable dans l'autogestion du patient. Les directives de réhabilitation pour une transition appropriée vers des activités sur le terrain ne sont pas largement documentées, mais l'étude de te Wierike et al. [40] a montré qu'il existait une relation positive entre l'établissement d'objectifs, la compliance du patient à suivre le processus de réhabilitation et l'obtention de résultats favorables en fin de processus de réhabilitation. L'équipe de Han et al. [13] a confirmé cette relation.

Enfin, Kvist et al. [39] ont montré que, si les critères fonctionnels de « retour au sport » sont essentiels, des obstacles psychologiques peuvent également entrer en ligne de compte. Cette équipe a montré l'intérêt de considérer le « manque de sensation », la « peur de réaliser certains mouvements » tout au long du processus de réhabilitation pour faciliter la gestion de ces craintes lors du retour sur le terrain, lorsque l'environnement n'est plus le même qu'en phase réhabilitation.

Dès lors, il sera intéressant dans une future étude de savoir si les évaluations fonctionnelles régulières permettent de faire progresser les acquis fonctionnels nécessaires à la validation de l'ensemble des critères de « retour au sport » tel que ceci était le cas pour la récupération de la force musculaire. Il sera également intéressant au travers d'analyse de questionnaires subjectifs, validés dans la littérature scientifique, de suivre l'évolution de paramètres psychosociaux tout au long du processus de réhabilitation et de savoir si ceux-ci sont susceptibles d'impacter ces acquis fonctionnels et, de fait, la qualité du « retour au sport ».

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude mettent en évidence que les évaluations fonctionnelles régulières contribuent à améliorer la compliance des patients à suivre le long processus de réhabilitation. Ils montrent également que ces évaluations permettent d'atteindre l'objectif des recommandations scientifiques pour la récupération de la force musculaire, à savoir au moins 85 % à 6 mois post-ligamentoplastie pour l'ensemble des patients testés, sportifs non professionnels.

Ils permettent de discuter l'importance d'impliquer chaque patient dans sa réhabilitation dans le but d'augmenter les chances de chacun d'envisager un « retour au sport » au même niveau que celui d'avant la lésion avec un risque de re-rupture de la plastie, le plus bas possible.

Enfin, ces résultats permettent d'amorcer une discussion autour de la signification de la notion d'autonomisation de chaque patient lorsque celui-ci doit effectuer son retour sur le terrain sans l'assistance du kinésithérapeute.

Une prochaine étude, considérant l'ensemble des résultats fonctionnels indiqués dans la littérature, tant objectifs que subjectifs, pourra permettre de confirmer l'intérêt de réaliser des évaluations fonctionnelles régulières, en terme de prévention secondaire du risque de re-rupture de la plastie chirurgicale, encore significatif jusqu'à 24 mois post-ligamentoplastie.

## CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Les auteurs ont reçu l'accord du Comité d'éthique du CHR Haute-Senne de Soignies en Belgique et ont respecté, en toutes circonstances, la loi relative aux Droits du Patient.

## Remerciements

Les auteurs remercient Tobias Schick pour sa contribution à la relecture de cette étude, plus précisément, pour ses corrections de la langue anglaise. Les auteurs souhaitent également remercier tous les membres du pôle de l'appareil locomoteur (service de kinésithérapie et revalidation fonctionnelle et service d'orthopédie) ainsi que la Direction médicale pour leurs soutiens au cours de ce long processus d'étude.

## Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## RÉFÉRENCES

- [1] Gans I, Retzky JS, Jones LC, Tanaka MJ. Epidemiology of recurrent ACL injuries in National Collegiate Athletic Association Sports. *Orthop J Sports Med* 2018;13:6.
- [2] Lee DY, Karim SA, Chang HC. Return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction—A review of patients with minimum 5-year follow-up. *Ann Acad Med Singapore* 2008;37:273–8.
- [3] Grindem H, Ritzen I, Engebretsen L, Snyder-Mackler L, Risberg MA. Nonsurgical or surgical treatment of ACL injury: knee function, sports participation, and knee re-injury: the Delaware-Oslo ACL cohort Study. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96(15):1233–41.
- [4] Feller JA, Cooper R, Webster KE. Current Australian trends in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 2002;9:121–6.
- [5] Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of secondary injury in younger athletes after ACLR: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 2016;44(77):1861–76.
- [6] Wright RW, Magnussen RA, Dunn WR, Spindler KP. Ipsilateral graft and contralateral ACL Rupture at five years or more following ACLR: systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:1159–65.
- [7] Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR. Biomechanical measures during landing postural stability predict second ACL injury after ACLR return to sport. *Am J Sports Med* 2010;38:1968–78.
- [8] Soligard T, Nilstad A, Steffen K. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *Br J Sports Med* 2010;44:787–93.
- [9] Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after ACLR. *Br J Sports Med* 2009;43:371–6.
- [10] Adams D, Logerstedt D, Hunter-Giordano A, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. *J Ortho Sports Phys Ther* 2012;42:601–14.
- [11] Ross MD, Irrgang JJ, Denegar CR, McCloy CM, Unangst ET. The relationship between participation restrictions and selected clinical measures following ACLR. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002;10:10–9.
- [12] Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *Br J Sports Med* 2016;0:1–7.
- [13] Han F, Benerjee A, Shen L, Krishna L. Increased compliance with supervised rehabilitation improves functional outcome and return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction in recreational athletes. *Orthop J Sports Med* 2015;3(12):3–12.



- [14] Caine D, Maffulli N, Caine C. Epidemiology of injury in child and adolescent sports: injury rates, risk factors, and prevention. *Clin Sports Med* 2008;27(1):19e50.
- [15] Rolf CG, Chan KM. Knee injuries. In: Chan KM, Micheli L, Smith A, et al., editors. *International Federation of sports medicine: team physician manual*. 2nd ed. Hong Kong: International Federation of Sports Medicine; 2006;p. 373e406.
- [16] Logerstedt DS, Snyder-Mackler L, Ritter RC, Axe MJ, Godges JJ. Knee stability and movement coordination impairments: knee ligament sprain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40:A1–37.
- [17] Ito Y, Deie M, Adachi N. A prospective study of 3-day versus 2-week immobilization period after ACLR. *Knee* 2007;34–8.
- [18] Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA. Understanding and preventing non contact ACL injury: a review of the Hunt Valley. *Am J Sports Med* 2006;1512–32.
- [19] Muller U, Kruger-Franke M, Schmidt M, Rosemeyer B. Predictive parameters for return to pre-injury level of sport 6 months following anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;014:3261–5.
- [20] Hurd WJ, Axe MJ, Snyder-Mackler L. A 10-year prospective trial of a patient management algorithm and screening examination for highly active individual with ACL injury: part 1. *Am J Sports Med* 2008;40–7.
- [21] Hu H, Meijera OG, Hodgesf PW, Bruijng SM. Understanding the active straight leg raise: an electromyographic study in healthy subjects. *Man Ther* 2012;17:531–7.
- [22] Barker-Davies RM, Roberts A, Bennett AN. Single leg squat ratings by clinicians are reliable and predict excessive hip internal rotation moment. *Gait Posture* 2018;61:453–8.
- [23] Roos M. Test-retest reliability of the lateral step-up test in young adult healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;25:2.
- [24] Padua DA, Marshall SW, Boling MC. The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics. *Am J Sports Med* 2009;37:1996–2002.
- [25] Roos EM, Lohmander LS. The knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis. *Health Qual Life Outcomes* 2003;1:64.
- [26] Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after ACLR. *Arthroscopy* 2011;27: 1697–705.
- [27] Mauro CS, Irgang JJ, Williams BA, Hafner CD. Loss of extension following ACLR: analysis of incidence and etiology using IKDC criteria. *Arthroscopy* 2008;24:146–53.
- [28] Orishimo KF, Kremeric IJ, Mullaney MJ, McHugh MP, Nicholas SJ. Adaptations in single-leg hop biomechanics following ACLR. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18:1587–93.
- [29] Gao B, Zheng NN. Alterations in three-dimensional joint kinematics of ACL-deficient and reconstruction knees during walking. *Clin Biotech (Bristol Avon)* 2010;25:222–9.
- [30] Gokeler A, Hof AL, Arnold MP, Dijkstra PU, Postema K, Otten E. Abnormal landing strategies after ACLR. *Stand J Med Sci Sports* 2010;20:e12–9.
- [31] Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of ACL injury. Part 2. *Am J Sports Med* 2005;1751–67.
- [32] Millett PJ, Wickiewicz TL, Warren RF. Motion loss after ligament injuries to the knee. Part 1: causes. *Am J Sports Med* 2001;29: 664–75.
- [33] Shelbourne KD, Gray T. Minimum 10-year results after ACLR: how the loss of normal knee motion compounds other factors related to the development of osteoarthritis after surgery. *Am J Sports Med* 2009;37:471–80.
- [34] Lynch TS, Parker RD, Patel RM, Andrich JT, Spindler KP. The impact of the Multicenter Orthopedic Outcomes Network (MOON) Research on ACL reconstruction and Orthopedic Practice. *J Am Acad Orthop Surg* 2015;23:154–63.
- [35] Myer GD, Paterno MV, Ford KR, Quatman CE, Hewett TE. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: criteria-based progression through the return-to-sport phase. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36:385–402.
- [36] Wright RW, Preston E, Fleming BC. A systematic review of ACLR rehabilitation. *J Knee Surg* 2008;21:217–24.
- [37] Hartigan EH, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Time line for non-copers to pass return-to-sports criteria after ACLR. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40:141–54.
- [38] Van Grinsven S, Van Cingel RE, Holla CJ, Van Loon CJ. Evidence-based rehabilitation following ACLR. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18:1128–44.
- [39] Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sports Med* 2004;34:269–80.
- [40] te Wierike SC, Van Der Sluis A, Van Den Akker-Scheek I, Visscher C. Psychosocial factors influencing the recovery of athletes with ACL injury: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 2013;23:527–40.