


ELSEVIER
MASSONDisponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.comElsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 53 (2010) 150–161

**A**NNALS
OF PHYSICAL
AND REHABILITATION MEDICINE

Original article / Article original

Effects of running retraining after knee anterior cruciate ligament reconstruction

Effets d'un entraînement par la course à pied après reconstruction du ligament croisé antérieur

M. Dauty*, P. Menu, C. Dubois

Pôle de médecine physique et réadaptation, hôpital Saint-Jacques, CHU de Nantes, 85, rue Saint-Jacques, 44035 Nantes cedex 01, France

Received 9 June 2009; accepted 13 November 2009

Abstract

Objective. – The aim of this study was to analyze the effect of running retraining on the recovery of the knee's functional and muscular properties after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction.

Methods. – Eighty-five athletes who had undergone ACL reconstruction surgery were selected randomly to receive, or not to receive, controlled running training based on interval training and speed exercises. The effect of retraining was measured by the evolution of the knee's isokinetic strength deficit and progress (at angular speeds of 60 and 180°/s), the knee laxity parameters and the score on the Lysholm Knee Scale from the 4th to the 6th month after the surgery. Forty subjects were retrained and compared with 40 control-group subjects. The effect of the retraining program was studied in terms of the type of ACL reconstruction and the effect of time.

Results. – After retraining, no difference was found for isokinetic knee strength deficit and progress, knee laxity and Lysholm Knee Score. The isokinetic strength deficit was influenced mainly by the type of ACL reconstruction.

Conclusion. – It would seem that running retraining has an insufficient effect on the muscular and functional recovery after ACL reconstruction, despite the fact that this type of training is well-tolerated.

© 2009 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Athlete; Knee; Isokinetic; Lysholm Scale

Résumé

Objectif. – L'étude avait pour objectif d'analyser après ligamentoplastie de genou, l'impact d'un réentraînement à l'effort par la course à pied sur la récupération fonctionnelle et musculaire du genou.

Méthode. – Quatre-vingt-cinq sportifs ayant bénéficié d'une reconstruction du ligament croisé antérieur ont été tirés au sort pour pratiquer ou non un réentraînement à l'effort basé sur la pratique de la course à pied à vitesse variée. L'effet du réentraînement a été mesuré à partir de l'évolution entre les quatrième et sixième mois postopératoires du déficit et des progrès de force isocinétique du genou (60 et 180°/s), des paramètres de laxité du genou et du score de Lysholm. Quarante patients ont été réentraînés et comparés à 40 patients témoins. L'effet du programme de réentraînement a été étudié en tenant compte du type de reconstruction du ligament croisé antérieur et de l'effet temps.

Résultats. – Après le réentraînement, aucune différence n'a été retrouvée au niveau des valeurs isocinétiques pour les déficits et progrès, ainsi qu'au niveau de la laxité du genou et le score de Lysholm. Le déficit de force isocinétique a été particulièrement influencé par le type de reconstruction du ligament croisé antérieur.

Conclusion. – Il semblerait que la course à pied ait peu d'effet sur la récupération musculaire et fonctionnelle après reconstruction du ligament croisé antérieur alors que celle-ci est bien tolérée.

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Sportif ; Genou ; Isocinétisme ; Score de Lysholm

* Corresponding author.

E-mail address: marc.dauty@chu-nantes.fr (M. Dauty).

1. English version

1.1. Introduction

Each year, many people undergo anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction surgery. Ligament reconstruction using a patellar tendon graft or a hamstring graft is frequently recommended in order to improve the knee's stability and make the knee less painful, as well as to allow people to resume their previous athletic activities, if at all possible [12,22]. It is necessary to gradually resume athletic training because detraining occurs when athletic activity ceases [13,20,23]. For example, given that there is no traumatism, 4 weeks of inactivity will lead to a 10% loss of strength and a 25% loss of aerobic capacity [4,17,19].

After ACL reconstruction, an isokinetic strength deficit in the operated knee is expected compared to the contralateral knee. However, this isokinetic deficit is dependent on the type of surgery. Four months after a ligament reconstruction using a patellar tendon graft, the deficit of the knee extensors and flexors evaluated at an angular speed of 60°/s can reach, respectively, 36 to 47% and 7 to 13% [6]. For the same time period after surgery and the same angular speed, the isokinetic deficit of the knee extensors and flexors for a ligament reconstruction using a hamstring graft is, respectively, from 25 to 35% and 8 to 34% [3,9]. Various retraining programs have been proposed to reduce this strength deficit, without however really knowing if this deficit can be reduced.

Retraining via certain aerobic activities, such as cycling or stair exercises, have already been studied, but none of these activities has proved effective for recuperating isokinetic knee strength [15]. Previously, we studied the effect of continuous intensity running retraining and were not able to demonstrate a significant effect compared to a non-retrained group [8]. Nonetheless, concentric isokinetic tests at angular speeds of 60 and 180°/s are known to be objective for monitoring the knee's evolution after surgery [2]. This observation led us to analyze the impact of running retraining on the muscular strength of the knee's extensors and flexors at 4 and 6 months after surgery. We based our analysis on isokinetic evaluations of running at varied angular speeds. During the same period, we used the Lysholm

Score to study the subject's tolerance of this retraining program in terms of instrumental laxity and the occurrence of subjective pain.

1.2. Materials and methods

1.2.1. Population

Between January 2005 and January 2006, isokinetic tests were proposed to 117 athletes. Table 1 provides the anthropometric data for these athletes. The subjects in this population, which originally had the same number of patellar tendon grafts and hamstring (i.e., semi-tendinosus and gracilis [STG]) grafts, were included prospectively according to the following criteria: aged between 18 and 50, lack of knee surgery antecedents, first ACL reconstruction, healthy contralateral knee, and practice of a pivot-contact sport three times a week before the ACL rupture. The exclusion criteria included: bilateral knee reconstruction, anterior or posterior knee pain, a Complex Regional Pain Syndrome (CRPS), a meniscal complication during the follow-up period, cardiovascular intolerance and/or knee disease. All subjects were informed about the study protocol and gave their consent without financial incentives. The study was approved by the Ethics Committee of the Regional Institute of Sports Medicine.

After inclusion, the subjects were randomly chosen to participate, or not participate, in a running retraining program. They executed up to 30 minutes of running at various speeds three times a week for 2 months according to the program provided in Table 2. Four groups were formed based on the type of ligament reconstruction and inclusion or non-inclusion in a retraining group (PT_{retrained}, PT_{control}, STG_{retrained} and STG_{control}) (Fig. 1). The subjects that did not complete the entire program were excluded from the study population. No postoperative differences were observed between the four groups in terms of age, weight, height, the time between the ACL rupture and its reconstruction, and the Tegner Athletic Activity Score before the rupture occurred (Table 1 and Appendix A). During the surgery, the four groups showed no differences in terms of association to a meniscal pathology. Of the total 117 ACL reconstruction subjects, 85 male subjects were accepted into the study.

Table 1
Demographic, athletic and surgical parameters of the retrained group and the control group ($n = 80$).

	PT _{retrained} ($n = 21$)	STG _{retrained} ($n = 19$)	PT _{control} ($n = 20$)	STG _{control} ($n = 20$)	p
Age (years)	22.7 ± 1.3	23.8 ± 1.2	25.2 ± 1.7	23.5 ± 2	0.64
Weight (kg)	73 ± 2.6	75 ± 2.9	72 ± 2.9	74 ± 3.7	0.72
Height (cm)	177 ± 1	176 ± 2	177 ± 1	175 ± 2	0.56
Duration (month)	5.9 ± 3	6.3 ± 4	5.7 ± 3	5.2 ± 4	0.54
Tegner Score	7.1 [6–9]	7.9 [6–10]	6.9 [6–9]	7.3 [6–9]	0.61
Meniscus	Medial 3 Lateral 1 Medial + lateral 2	Medial 3 Lateral 3	Medial 4 Lateral 2 Medial + lateral 1	Medial 4 Lateral 3	

Lack of difference between the groups for all the parameters studied (Anova). Duration: time between the anterior cruciate ligament rupture and the reconstruction; Tegner Score: score on the Tegner Activity Scale before the anterior cruciate ligament rupture (average [minimum–maximum]); meniscus: associated meniscal pathology; PT: patellar tendon group; STG: hamstring group.

Table 2
Training program between the 4th and the 6th month after anterior cruciate ligament reconstruction surgery.

Weeks	Duration (min)	Intensity
1	5 × 3	Walking and running at 70% CF _{max}
	5 × 3	Walking and running at 70% CF _{max}
	5 × 3	Walking and running at 70% CF _{max}
2	15	Running at 70% CF _{max}
	15	Running at 70% CF _{max}
	15	Running at 70% CF _{max}
3	20	Running at 70% CF _{max} with 1 min × 5 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
	20	Running at 70% CF _{max}
	20	Running at 70% CF _{max} with 2 min × 3 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
4	15	Running at 70% CF _{max}
	15	Running at 70% CF _{max} with 100 m × 5 accelerations (maximum speed)
	15	Running at 70% CF _{max}
5	20	Running at 70% CF _{max} with 1 min × 5 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
	20	Running at 70% CF _{max} with 80 m × 5 accelerations (maximum speed)
	20	Running at 70% CF _{max} with 2 min × 3 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
6	25	Running at 70% CF _{max} with 1 min × 5 × 2 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
	25	Running at 70% CF _{max} with 100 m × 8 accelerations (maximum speed)
	25	Running at 70% CF _{max} with 2 min × 5 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
7	30	Running at 70% CF _{max} with 1 min × 10 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
	30	Running at 70% CF _{max} with 80 m × 5 × 2 accelerations (maximum speed)
	30	Running at 70% CF _{max} with 2 min × 5 IT (85% CF _{max} ; 1 min rest period)
8	20	Running at 70% CF _{max}
	20	Running at 70% CF _{max} with 80 m × 10 accelerations (maximum speed)
	20	Running at 70% CF _{max}

CF_{max}: maximal heart frequency; IT: interval training; min: minute.

1.2.2. Surgical procedures

All surgical procedures were performed by arthroscopy by two experienced surgeons in order to evaluate the residual ACL and the menisci, which were treated if necessary. The central third of the patellar tendon or the four-strand hamstring technique using the STG muscles of the operated knee were used to reconstruct the ACL. An interference screw (BIO RCI, Smith Nephew endoscopy) was used to fix the graft in proximal and distal directions in both types of reconstructions. For the patellar tendon graft, the size of the tunnel was set 1 mm larger than the size of the bone block (from 7 mm to 11 mm), and for

the hamstring technique, the size of tunnel was the same as the diameter of the STG graft (from 7 to 10 mm). In addition, for the hamstring technique, the distal fixation was reinforced by a staple (Smith Nephew Richards Memphis, USA).

1.2.3. Accelerated rehabilitation program

All the subjects benefited from a rehabilitation protocol that was similar either to the Shelbourne and Nitz’s accelerated rehabilitation protocol for the patellar tendon graft or to the Mac Donald et al.’s accelerated rehabilitation protocol for the hamstring graft [17,25]. The goal was to restore as rapidly as

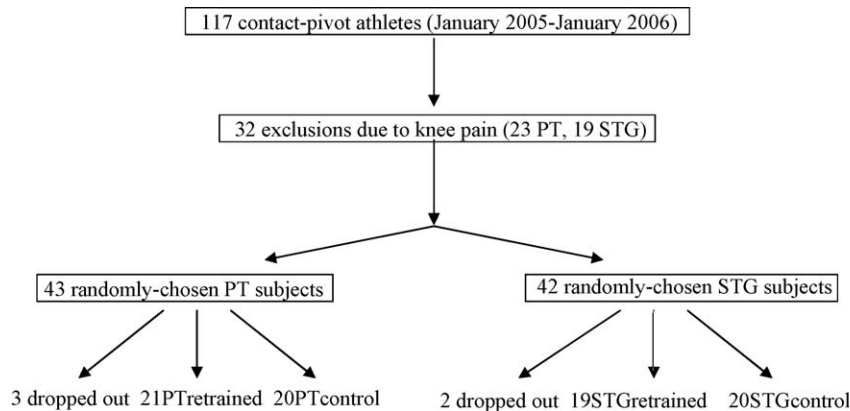


Fig. 1. Study profile.

possible the complete range of motion, quadriceps function and load-bearing capacity. A splint was used at first if quadriceps activity was not sufficient to control the knee during the unilateral stance-phase of the gait cycle. Cane support when walking was stopped when the load-bearing leg could be controlled for 10 seconds. The progression was guided based on the presence of pain and/or swelling, measured each week using the knee's perimetric measurements for swelling and a Visual Analogue Scale for Pain (VAPS) [18,21].

The exercises intended to reinforce the quadriceps were closed kinetic chain exercises. No reinforcement and/or stretching of the hamstrings was done in the first 4 weeks after the hamstring graft because of the risk of posterior knee pain due to the absence of hamstring tendons [7]. All subjects were supervised by a physical therapist during their post-operative rehabilitation. Swimming and cycling were permitted 2 months after the surgery, but running was not allowed before the isokinetic tests had been performed 4 months after surgery.

1.2.4. Isokinetic evaluation

All the isokinetic tests were performed by the same doctor, a specialist in physical medicine and rehabilitation, who used a Cybex Norm isokinetic dynamometer (Rankoma, NY, USA). This doctor did not know whether the subject had, or had not, participated in the running retraining program. All subjects were tested at 4 and 6 months after their surgery. Each test session was preceded by a warm-up (10 minutes of pedaling on an ergocycle at 70 rpm and 50 w) and stretching exercises. Each subject was seated so that his hip would be flexed at 85°. The mechanical axis of the dynamometer was aligned with the external condyle of the knee. The trunk and the thigh were stabilized with belts. The knee's range of motion was 100° (from 0 to 100°). The lever arm of the dynamometer was positioned at the leg's distal level. The gravity correction was calculated at 45° of knee flexion.

The calibration of the dynamometer was controlled before each session according to the manufacturer's recommendations. During a session, the evaluation always began with the knee extensors and flexors of the healthy limb. Three and five repetitions based on concentric contractions were used at speeds of 60 and 180°/s, chosen because of the frequency of their use [8]. Rest periods of 1 minute were given between each series of tests. All the subjects were given visual feedback and verbal encouragement. The maximum peak torque was taken into consideration for the chosen angular speed.

1.2.5. Retraining by running

The retrained group participated in a running training program derived from the continuous running program that we evaluated in 2006 [8] (Table 2). The running exercises were scheduled three times a week (Tuesday, Thursday and Sunday) and were monitored with the aid of a written training notebook. The running intensity was chosen based on the percentage of the maximal heart frequency, estimated using the formula, $220 - \text{subject age}$, in order to increase the subject's aerobic capacities and resume the speed exercises needed to play team

ball sports. The intensity of the retraining program and program compliance was controlled by computer.

1.2.6. Clinical evaluation

All subjects were evaluated at 4 and 6 months after their surgery by the same clinical practitioner, who was totally independent of the surgeons. Knee pain was assessed on a VAPS and knee function was assessed through the Lysholm Score in order to determine how well the subjects tolerated the retraining program. The knee's clinical stability was evaluated using the Lachman test and the jerk, or pivot shift, test. These tests were graduated according to the symmetry of the two knees: exactly symmetric – 0, a slight difference – 1+, a moderate difference – 2+, and a great difference or a subluxation – 3+ [16]. The instrumental laxity was determined by the same clinical practitioner using the arthrometer KT 1000 (Medmetric Corp, San Diego, CA, USA). The displacement difference was measured using a manual force of 134 N.

1.2.7. Statistical analysis

The statistical analysis was performed using the software SPSS (SPSS 14.0, SPSS Inc, Chicago, USA). The isokinetic deficits and progress were expressed in percentages. The average and the standard deviation for instrumental laxity and the Lysholm Score were calculated for 4 and 6 months after surgery. The anthropometric parameters of all groups ($PT_{\text{retrained}}$, PT_{control} , $STG_{\text{retrained}}$ and STG_{control}) were compared through variance analysis. The effect of the running retraining program on the isokinetic strength deficit and the Lysholm Score was established in terms of the type of ACL reconstruction using a mixed linear model (time + ACL reconstruction + retraining + subjects). All factor interactions were tested, and the significance level was set at $p < 0.05$.

1.3. Results

1.3.1. Knee pain and knee function

In general, the retraining program was well-tolerated. Three subjects judged the 1st week of the program difficult due to their detraining and two subjects judged the program too easy. Three subjects, who had undergone patellar tendon ACL reconstruction (PT-ACLR), reported some knee pain (VAPS: 1.9, 2.1 and 2.5). Two subjects, who had undergone hamstring ACL reconstruction (STG-ACLR), suffered from pain in the hamstrings when running sprints (VAPS: 2.6 and 3.8). In the control group, two PT-ACLR subjects and one STG-ACLR subject reported anterior knee pain; two STG-ACLR subjects experienced hamstring discomfort during daily activities (VAPS < 2). No other subjects reported pain.

According to the Lysholm Score, knee function increased following the retraining program, though no difference was found between the types of ACL reconstruction ($p = 0.78$). Depending on the group, the average Lysholm scores, which were between 90.5 and 92.3 points at 4 months after surgery, reached 95.8 to 97.7 points (out of a possible 100) at 6 months after surgery.

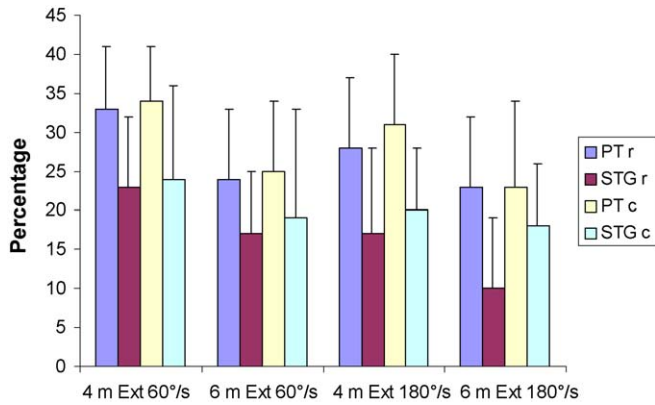


Fig. 2. Effects of the type of anterior cruciate ligament reconstruction on the isokinetic deficit of the knee extensors.

1.3.2. Knee laxity

Both the knee laxity evaluated by the Lachman test and the difference in anterior tibial displacement between the two knees measured by the arthometer KT 1000 at 134 N were identical following retraining, independent of the type of ACL reconstruction. The majority of the subjects had differences of under 2 mm (i.e., 0.6–2) at 4 and 6 months after surgery.

1.3.3. The knee’s isokinetic strength

The running retraining program did not reduce the knee’s isokinetic strength deficit and did not have any impact on the knee’s isokinetic progress. No interaction was found between the retraining program and the type of ACL reconstruction. Our results showed a less significant muscular deficit in the 6th month after surgery compared to the 4th month after surgery, without indicating any influence of the running retraining program or the type of ACL reconstruction (Figs. 2 and 3). However, the strength deficits in the knee extensors and flexors depended significantly on the technique used during the ACL reconstruction. The deficit in the extensors was greater after PT-ACLR surgery and the deficit in the flexors was greater after STG-ACLR surgery (Figs. 2 and 3).

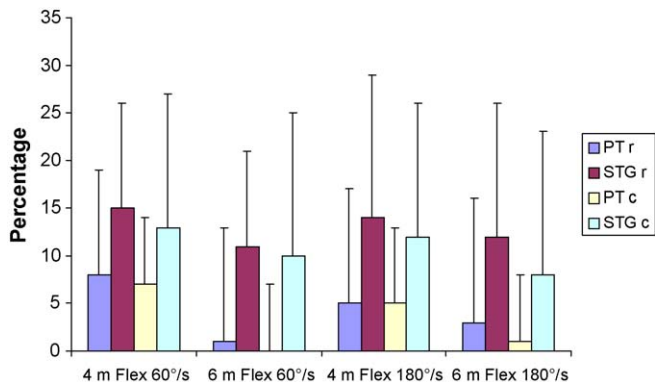


Fig. 3. Effects of the type of anterior cruciate ligament reconstruction on the isokinetic deficit of the knee flexors.

1.4. Discussion

In order for athletes to recover their previous level in their sport following ACL reconstruction surgery, they need to resume running, especially if said athletes play a pivot-contact sport like soccer, basketball or handball. All of our subjects were particularly motivated to regain their previous levels in their sports.

Usually, retraining programs are empirical [16]. Jogging is often recommended after the 3rd month following surgery because of the forces exerted on the knee. Running at a speed of 9 km/h exerts a force measured at eight times the runner’s body weight. This force increases with the running speed, attaining 14 times the runner’s body weight at 16 km/h [10,26]. We intentionally authorized resuming running at 4 months after surgery for subjects who, despite having been operated on recently, had a flexible and painless knee without swelling. Knee pain can be the cause of a muscular strength deficit in the knee extensors in cases of anterior pain (PT), in the knee flexors in cases of posterior pain (STG), or both muscles groups in cases of complex regional pain syndrome [9]. From an ethical perspective, it would have thus been inconceivable to propose a running retraining program to subjects who were in pain.

At 4 months after surgery, a deficit in the extensors and flexors of, respectively, 36 and 9% is to be expected for surgery using a patellar tendon graft [2,11]. For surgery using a hamstring graft, the expected deficit in the knee extensors is between 25 and 35% while the expected deficit in the knee flexors is between 8 and 34% [4,11,24]. Compared to these results, the results for our population at the moment of inclusion were slightly better, probably because we excluded the subjects who were in pain. However, as the standard deviations in Fig. 2 show, the intersubject variation remains relatively large, which reinforces the relevance of isokinetic evaluations after surgery in order to optimize the rehabilitation protocol.

At 6 months after surgery, our running retraining program, which included interval training and speed exercises, was not able to significantly improve the knee’s isokinetic strength deficit and progress. Using the customary concentric isokinetic evaluations at angular speeds of 60 and 180°/s was perhaps not the right test procedure, given the significant differences in the speed-strength relationship, the angular displacements, and muscle contraction mode of the knee’s extensors and flexors during running activities. A fatigability test based on 30 repetitions at angular speeds of 180 and 240°/s would have perhaps produced different results.

Given that the speed-strength relationship is characterized by the predominance of eccentric hamstring contractions during running, Aagaard et al. have suggested using an eccentric “functional” ratio for knee flexors and a concentric “functional” ratio for knee extensors for evaluating retraining programs [1]. Croisier et al. have shown the advantages of eccentric knee flexor evaluations for identifying the strength deficit compared to the non-operated knee and determining the level of flexor/extensor imbalance in the operated knee [5]. Still, Impellizzeri et al. have shown the low reliability of the

agonist/antagonist strength ratios (detection of a change at 17%), and their results suggest that the knee's eccentric/concentric ratio at 60°/s is especially useful for detecting important changes, like those observed after retraining programs [14]. A more rapid isokinetic angular speed (240 or 450°/s) could have perhaps been used to measure the knee's joint movement since these speeds are more like the ones observed during running [21].

The frequency and the intensity of the retraining program were perhaps insufficient to stimulate enough anaerobic capacity to obtain a significant improvement in muscular strength. We chose the frequency of three times a week because it corresponded to the number of times per week that our athletes played their sport. As for the intensity, we chose to have the athletes perform at 70% of their maximal heart frequency during the first 4 weeks of our retraining program in order to stimulate their aerobic capacity without damaging the recently operated knee. However, it would have perhaps been desirable to propose specific muscular reinforcement exercises, such as those done on the leg press or the hamstring machine, in order to obtain a significant improvement in isokinetic strength of the knee's extensors and flexors.

Mikkelsen et al. have shown that, after exercise in closed kinetic chains or a blend of open and closed chains, strength improved only in the knee extensors, but not in the knee flexors [19]. On the other hand, Heijne and Werner reported no influence of open kinetic chain exercises on quadriceps strength in subjects undergoing hamstring ACL reconstruction [13]. Specific hamstring reinforcement exercises seem to be needed, particularly after hamstring ACL reconstruction, given that this muscle group remains weak for the first 6 weeks after surgery [8].

Nonetheless, our retraining protocol involving interval training and speed exercises was well-tolerated by our subjects, as indicated by the Lysholm Scores, which increased from the 4th month after surgery to the 6th month after surgery; the clinical and instrumental laxity scores, which did not increase compared to the control group; and in particular, the fact that no subjects abandoned the program because they could not tolerate it. Only five subjects reported anterior or posterior pain in the 1st week of the retraining program.

1.5. Conclusion

Despite our study's limitations (i.e., the absence of an eccentric isokinetic knee evaluation paired with an evaluation of the subject's aerobic potential), although the retraining program was well-tolerated by our subjects, running did not appear to influence the knee's muscular and functional recovery. In the absence of painful complications, strength recovery depends more on the surgical technique used. Thus, to improve the strength of the knee, a program of muscular reinforcement appears to be necessary.

Conflict of interest statement

The authors have not declared any conflict of interest.

Appendix A. Lysholm Score.

Instability		Pain		Blockage		Swelling	
Never gives way	25	Never	25	Never	15	Never	10
When exercising, rarely	20	When exercising, moderate	20	Catching without blocking	10	During intense exercise	6
When exercising, frequently	15	When exercising, great	15	Occasional blocking	6	During daily activities	2
Occasional, daily life	10	Walking > 2 km	10	Frequent blocking	2	Constant	0
Often, daily life	5	Walking < 2 km	5	Severe blocking when examined	0		
With every step	0	Constant	0				
Stairs		Squatting		Limping		Use of cane	
No problems	10	No problems	5	No limp	5	Never	5
Slight handicap	6	Slight handicap	4	Occasional limp	3	Constant use	2
One step at a time	2	Not more than 90°	2	Severe and constant limp	0	Standing upright impossible	0
Impossible	0	Impossible	0				

Total Lysholm Score: 0–64 points: poor, 65–83 points: average, 84–100 points: good/excellent.

Lysholm – Tegner activity level:

10 – Competitive sports: national or international level – soccer.

9 – Competitive sports: lower level – soccer, ice hockey, gymnastics.

8 – Competitive sports: squash, badminton, athletics (jumping), downhill skiing.

7 – Competitive sports: tennis, athletics (running), motocross, speedway, handball, basketball.

Leisure sports: soccer, ice hockey, squash, cross-country.

6 – Leisure sports: tennis, badminton, handball, basketball, downhill skiing, jogging (5×/week).

5 – Competitive sports: cycling.

Leisure sports: jogging (2×/week) on uneven terrain, construction work (heavy).

4 – Leisure sports: cycling, jogging (2×/week) on flat terrain, domestic work (average).

3 – Competitive or leisure sports: swimming, forest hiking, general work (slight).

2 – General work (slight), forest hiking impossible.

1 – Sedentary work, walking on flat terrain possible.

0 – Professional handicap.

2. Version française

2.1. Introduction

De nombreux sujets bénéficient chaque année d'une reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA). Les

ligamentoplasties au tendon rotulien et aux ischiojambiers sont fréquemment recommandées afin de redonner un genou stable et indolore et si possible, afin de permettre la reprise des activités sportives antérieures [12,22]. Le réentraînement sportif progressif est alors nécessaire en raison du désentraînement qui est apparu depuis l'arrêt sportif [13,20,23]. En l'absence de traumatisme, quatre semaines d'inactivité entraînent une perte de 10 % de la force et de 25 % des capacités aérobies [4,17,19]. Après reconstruction du LCA, un déficit de force isocinétique est attendu par rapport au genou controlatéral. Ce déficit isocinétique dépend du type de chirurgie. À quatre mois d'une ligamentoplastie au tendon rotulien, le déficit des extenseurs et des fléchisseurs du genou évalué à la vitesse angulaire de 60°/s peut atteindre 36 à 47 % et 7 à 13 %, respectivement [6]. Au même délai et pour la même vitesse angulaire, le déficit isocinétique des extenseurs et fléchisseurs du genou après ligamentoplastie aux ischiojambiers est évalué entre 25 et 35 % et 8 à 34 %, respectivement [3,9]. Ainsi, différents programmes de réentraînement sont proposés pour diminuer le déficit la force mais, sans réellement savoir si ce déficit peut s'améliorer. Le réentraînement par certaines activités aérobies comme la pratique de la bicyclette ou d'exercices dans les escaliers a déjà été étudié mais aucune efficacité sur la récupération de la force isocinétique des extenseurs et fléchisseurs du genou n'a été rapportée [15]. Nous avons également étudié l'effet de la course à pied selon une intensité continue sans pouvoir démontrer un effet significatif par rapport à un groupe non réentraîné [8]. Pourtant, les tests isocinétiques concentriques aux vitesses angulaires de 60 et 180°/s sont connus pour être objectifs afin de suivre l'évolution après chirurgie du genou [2]. À partir de ce constat, le but de cette étude a été d'analyser, à partir d'évaluations isocinétiques, l'impact d'un réentraînement par la course à pied, mais cette fois-ci avec des vitesses variées sur la force musculaire des fléchisseurs et extenseurs du genou à quatre et six mois postopératoires. Durant la même période, la tolérance de ce programme de réentraînement a été étudiée selon le score de Lysholm, en termes de laxité instrumentale et de la survenue de douleur subjective.

2.2. Matériel et méthode

2.2.1. Population

Entre janvier 2005 et 2006, 117 sportifs ont été adressés par deux chirurgiens afin de bénéficier de tests isocinétiques. Sont

présentées dans le **Tableau 1** les données anthropométriques des sujets. À partir de ce recrutement, qui a été à l'origine d'autant de greffons au tendon rotulien qu'aux ischiojambiers, les sujets ont été inclus prospectivement selon les critères suivants : âge compris entre 18 et 50 ans, absence d'antécédent de chirurgie de genou, première reconstruction du LCA, genou controlatéral sain, pratique d'un sport pivot contact trois fois par semaine avant la rupture du LCA. Les critères d'exclusion ont été représentés par une reconstruction bilatérale des genoux, la présence de douleurs antérieures ou postérieures du genou, d'un syndrome douloureux régional complexe à quatre mois postopératoires et d'une complication méniscale durant le suivi. Aucune intolérance cardiovasculaire et maladie du genou ne devait être présente. Tous les sujets ont été informés du protocole et ont donné leur consentement sans percevoir d'avantage financier. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'institut régional de médecine du sport.

Après inclusion, les sujets ont été tirés au sort pour réaliser ou non un programme de réentraînement basé sur la course à pied. Jusqu'à 30 minutes de course à pied à allures variées à raison de trois fois par semaine ont été réalisées durant deux mois selon le programme décrit dans le **Tableau 2**. Quatre groupes ont été constitués en fonction du type de ligamentoplastie et de la réalisation ou non du réentraînement pas la course à pied (**Fig. 1**). Les sujets qui n'ont pas réalisé le programme en entier ont été sortis de l'étude. Aucune différence préopératoire n'était présente entre les deux groupes pour l'âge, le poids, la taille, la durée entre la rupture du LCA et sa reconstruction et le score d'activité sportive de Tegner avant la rupture (**Tableau 1** et **Annexe A**). Durant la chirurgie, l'association à une pathologie méniscale n'a pas été différente entre les deux groupes. À partir d'un total de 117 reconstructions primitives du LCA réalisées par nos deux chirurgiens expérimentés, 85 patients de sexe masculin ont accepté de rentrer dans l'étude.

2.2.2. Procédures chirurgicales

Toutes les procédures chirurgicales ont été réalisées sous arthroscopie par deux chirurgiens expérimentés afin d'évaluer le LCA résiduel et les ménisques qui ont été traités si nécessaire.

Le tiers moyen du tendon rotulien (tendon patellaire) du genou opéré ou le droit interne (*gracilis*) et le demi-tendineux

Tableau 1
Paramètres démographiques, sportifs et chirurgicaux des groupes réentraînés et témoins ($n = 80$).

	TR _{réentraîné} ($n = 21$)	DIDT _{réentraîné} ($n = 19$)	TR _{témoin} ($n = 20$)	DIDT _{témoin} ($n = 20$)	<i>p</i>
Âge (années)	22,7 ± 1,3	23,8 ± 1,2	25,2 ± 1,7	23,5 ± 2	0,64
Poids (kg)	73 ± 2,6	75 ± 2,9	72 ± 2,9	74 ± 3,7	0,72
Taille (cm)	177 ± 1	176 ± 2	177 ± 1	175 ± 2	0,56
Durée (mois)	5,9 ± 3	6,3 ± 4	5,7 ± 3	5,2 ± 4	0,54
Score Tegner	7,1 [6–9]	7,9 [6–10]	6,9 [6–9]	7,3 [6–9]	0,61
Ménisque	Médial 3 Latéral 1 Médial + latéral 2	Médial 3 Latéral 3	Médial 4 Latéral 2 Médial + latéral 1	Médial 4 Latéral 3	

Absence de différence entre les groupes pour tous les paramètres étudiés (Anova). Durée entre la rupture du ligament croisé antérieur et la reconstruction ; score de Tegner : score d'activité de Tegner avant la rupture du ligament croisé antérieur (moyenne [minimum–maximum]) ; ménisque : pathologie méniscale associée ; TR : groupe tendon rotulien ; DIDT : groupe ischiojambiers.

Tableau 2

Programme de course entre le quatrième et sixième mois après reconstruction du ligament croisé antérieur.

Semaines	Durée (min)	Intensité
1	5 × 3	Marche et course à 70 % FC _{max}
	5 × 3	Marche et course à 70 % FC _{max}
	5 × 3	Marche et course à 70 % FC _{max}
2	15	Course à 70 % FC _{max}
	15	Course à 70 % FC _{max}
	15	Course à 70 % FC _{max}
3	20	Course à 70 % FC _{max} avec 1 min × 5 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
	20	Course à 70 % FC _{max}
	20	Course à 70 % FC _{max} avec 2 min × 3 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
4	15	Course à 70 % FC _{max}
	15	Course à 70 % FC _{max} avec 100 m × 5 accélérations (vitesse maximale)
	15	Course à 70 % FC _{max}
5	20	Course à 70 % FC _{max} avec 1 min × 5 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
	20	Course à 70 % FC _{max} avec 80 m × 5 accélérations (vitesse maximale)
	20	Course à 70 % FC _{max} avec 2 min × 3 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
6	25	Course à 70 % FC _{max} avec 1 min × 5 × 2 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
	25	Course à 70 % FC _{max} avec 100 m × 8 accélérations (vitesse maximale)
	25	Course à 70 % FC _{max} avec 2 min × 5 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
7	30	Course à 70 % FC _{max} avec 1 min × 10 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
	30	Course à 70 % FC _{max} avec 80 m × 5 × 2 accélérations (vitesse maximale)
	30	Course à 70 % FC _{max} avec 2 min × 5 IT (85 % FC _{max} ; 1 min repos)
8	20	Course à 70 % FC _{max}
	20	Course à 70 % FC _{max} avec 80 m × 10 accélérations (vitesse maximale)
	20	Course à 70 % FC _{max}

FC_{max} : fréquence cardiaque maximale ; IT : *interval training* ; min : minute.

(*semi-tendinosus*) selon la technique de quatre brins ont été utilisés afin de reconstruire le LCA. Une vis d'interférence (BIO RCI, Smith Nephew Endoscopy) a été utilisée pour fixer le greffon en proximal et en distal dans les deux types de ligamentoplastie. La taille du tunnel pour la technique au tendon rotulien a été déterminée 1 mm plus large que la taille du bloc osseux (de 7 à 11 mm), et pour la technique aux ischiojambiers la taille du tunnel a été identique au diamètre du greffon tendineux (de 7 à 10 mm). Pour la technique aux ischiojambiers, la fixation distale a été renforcée par une agrafe (Smith Nephew Richards Memphis, États-Unis).

2.2.3. Programme accéléré de rééducation

Tous les patients ont bénéficié d'un protocole de rééducation similaire au protocole de rééducation accélérée de Shelbourne et Nitz après la technique au tendon rotulien et de Mac Donald et al. après la technique aux ischiojambiers [17,25]. Le but a été de restaurer le plus tôt possible les amplitudes articulaires complètes, la fonction du quadriceps et la mise en charge. Une attelle a été utilisée durant les premiers jours si l'activité du quadriceps n'était pas suffisante pour contrôler le genou durant l'appui monopodal de la marche. Les cannes pour la marche ont été stoppées quand l'appui sur une jambe a été contrôlé pendant

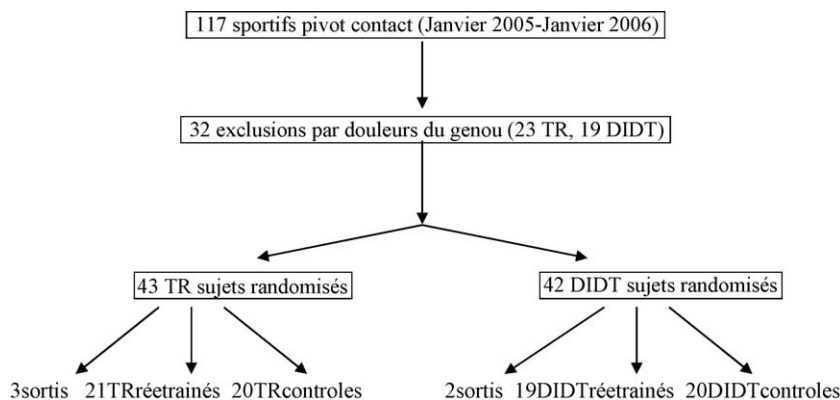


Fig. 1. Profil de l'étude.

dix secondes. La progression a été guidée selon la présence d'un gonflement ou de douleurs mesurés chaque semaine par la périmétrie du genou et l'échelle visuelle analogique de la douleur (EVA) [18,21]. Les exercices de renforcement du quadriceps ont été réalisés uniquement en chaîne cinétique fermée. Aucun renforcement et étirement des ischiojambiers n'a été réalisé durant les quatre premières semaines post-opératoires après la technique aux ischiojambiers en raison du risque de survenue de douleurs postéro-internes du genou en rapport avec l'absence des tendons des ischiojambiers [7]. Tous les patients ont été supervisés par un kinésithérapeute durant la rééducation postopératoire. La pratique de la natation et de la bicyclette a été permise après deux mois postopératoires mais la course n'a pas été autorisée avant la réalisation à quatre mois postopératoires des tests isocinétiques.

2.2.4. Évaluation isocinétique

Tous les tests ont été réalisés par le même médecin de médecine physique et réadaptation à l'aide d'un dynamomètre isocinétique Cybex Norm (Rankoma, NY, États-Unis). Celui-ci ne savait pas si le sujet avait ou non réalisé un réentraînement par la course à pied. Tous les sujets ont été testés à quatre et six mois postopératoires. Chaque session a été précédée d'un échauffement de dix minutes de pédalage sur ergocycle (70 rpm à 50 w) et d'exercices d'étirements. Chaque sujet a été assis de telle sorte que la hanche soit fléchi de 85°. L'axe mécanique du dynamomètre a été aligné avec le condyle externe du genou. Le tronc et la cuisse ont été stabilisés à l'aide de ceintures. L'amplitude du genou était de 100° (de 0 à 100°). Le levier du dynamomètre a été positionné au niveau distal de la jambe. La correction de la gravité a été calculée à 45° de flexion du genou. La calibration du dynamomètre a été contrôlée avant chaque session selon les recommandations du constructeur. Durant une session, l'évaluation a toujours débuté par le membre sain au niveau des extenseurs et des fléchisseurs du genou. Trois et cinq répétitions selon une contraction concentrique ont été choisies aux vitesses de 60 et 180°/s en raison de la fréquence de leur utilisation [8]. Une minute de repos a été donnée entre chaque série. Tous les sujets ont bénéficié du feedback visuel et d'encouragements verbaux. La force maximale (pic de couple) a été prise en considération pour la vitesse choisie.

2.2.5. Réentraînement par la course

Le groupe réentraîné a bénéficié d'un entraînement basé sur la course à pied et qui dérive du programme de course continue que nous avons évalué en 2006 [8] (Tableau 2). Les exercices de course ont été prescrits trois fois par semaine (mardi, jeudi et dimanche) et ont été suivis par écrit à l'aide d'un carnet d'entraînement. L'intensité de la course a été contrôlée à l'aide d'un cardiofréquence mètre (Polar PE 3000, Finlande). Cette intensité a été choisie selon un pourcentage de la fréquence cardiaque maximale estimée selon la formule : $220 - \text{âge}$, afin de stimuler les capacités aérobie et reprendre les exercices de vitesses nécessaires à la pratique des sports de balle en équipe. Le contrôle de l'intensité du programme de réentraînement et la compliance ont été réalisés par informatique.

2.2.6. Évaluation clinique

Tous les patients ont été évalués par le même clinicien indépendant des chirurgiens à quatre et six mois après la chirurgie. La douleur du genou a été reportée en utilisant EVA et la fonction du genou a été appréciée par le score de Lysholm afin de déterminer la tolérance du programme de réentraînement. L'évaluation de la stabilité clinique du genou a été réalisée en utilisant les tests de Lachman et de ressaut – gradué selon la symétrie des deux genoux (0), une faible différence (1+), une différence modérée (2+), une grande différence ou une subluxation marquée (3+) [16]. La laxité instrumentale a été déterminée par le même examinateur en utilisant un arthromètre KT 1000 (Medmetric Corp, San Diego, CA, États-Unis). La différence de déplacement a été mesurée selon une contrainte manuelle de 134 N.

2.2.7. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide d'un logiciel SPSS (SPSS 14.0, SPSS Inc, Chicago, États-Unis). Les déficits et progrès isocinétiques ont été exprimés en pourcentage. La moyenne et l'écart-type de la laxité instrumentale et du score de Lysholm ont été calculés à quatre et six mois postopératoires. Les paramètres anthropométriques ont été comparés entre chaque groupe (tendon rotulien réentraîné, tendon rotulien témoin, groupe ischiojambiers [DIDT]_{réentraîné} et DIDT_{témoin}) par une analyse de variance. L'effet du programme de réentraînement par la course sur le déficit de force isocinétique et sur le score de Lysholm, en fonction du type de ligamentoplastie a été établi selon un modèle linéaire mixte (temps + reconstruction LCA + réentraînement + sujets). Un autre modèle mixte linéaire a été utilisé pour étudier l'effet sur le progrès isocinétiques (reconstruction LCA + réentraînement + sujets). Toutes les interactions entre les facteurs ont été testées. Le niveau de signification a été fixé pour $p < 0,05$.

2.3. Résultats

2.3.1. Douleur et fonction du genou

Globalement, le programme de réentraînement a été bien toléré. Trois patients ont jugé que le programme a été difficile durant la première semaine à cause de leur désentraînement et deux patients ont rapporté qu'il était trop facile. Trois patients ont décrit quelques douleurs du genou alors qu'ils avaient bénéficié d'une reconstruction du LCA selon la technique au tendon rotulien (EVA : 1,9 ; 2,1 et 2,5). Deux patients souffraient de douleurs au niveau des ischiojambiers lors des courses de sprint après la technique du DIDT (EVA : 2,6 et 3,8). Dans le groupe témoin, deux patients opérés selon la technique au tendon rotulien et un patient selon la technique du DIDT décrivaient des douleurs antérieures du genou et deux patients opérés de la technique au DIDT souffraient d'inconfort au niveau des ischiojambiers durant la vie courante (EVA < 2). Les autres patients ne rapportaient pas de douleur.

Selon le score de Lysholm, la fonction du genou a augmenté après le programme de réentraînement mais aucune différence entre les sujets n'a été retrouvée quel qu'ait été le type de reconstruction du LCA ($p = 0,78$). En fonction des groupes, les

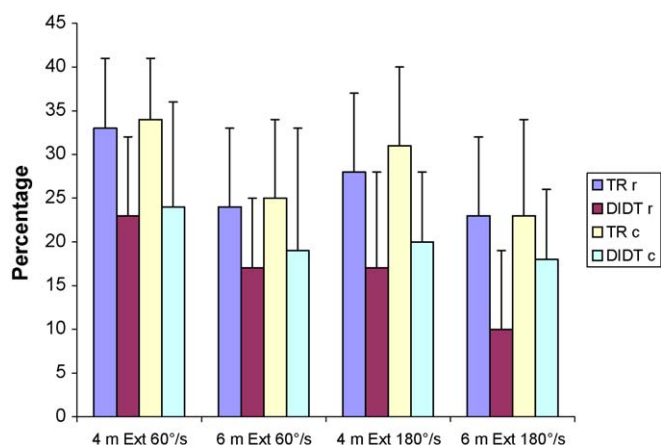


Fig. 2. Effets du type de reconstruction du ligament croisé antérieur sur le déficit isocinétique des extenseurs du genou.

scores moyens de Lysholm compris entre 90,5 et 92,3 points à quatre mois postopératoires ont atteint 95,8 à 97,7 points sur 100 possible à six mois postopératoires.

2.3.2. Laxité du genou

La laxité du genou évaluée par le test de Lachman et la différence de déplacement antérieur du tibia entre les deux genoux mesurée par KT 1000 à 134 N ont été identiques après le réentraînement à l'effort indépendamment du type de reconstruction du LCA. La majorité des patients présentait une différence de moins de 2 mm (0,6–2) à quatre et six mois postopératoires.

2.3.3. La force isocinétique du genou

Le programme de réentraînement par la course à pied n'a pas permis de réduire le déficit de force isocinétique du genou et n'a pas influencé les progrès isocinétique du genou.

Aucune interaction n'a été retrouvée entre l'effet du programme de réentraînement et le type de reconstruction du LCA.

Comparé au quatrième mois postopératoire, nos résultats montrent un déficit musculaire moins important au sixième mois postopératoire sans interaction avec le programme de course à pied ou le type de ligamentoplastie (Fig. 2 et 3). En revanche, les déficits de force des extenseurs et fléchisseurs du genou ont été significativement dépendants de la technique de reconstruction du LCA. Le déficit des extenseurs est plus important après la technique au tendon rotulien et le déficit de fléchisseurs est plus profond en cas de technique aux ischiojambiers (Fig. 2 et 3).

2.4. Discussion

Après la reconstruction du LCA du genou chez un sujet sportif, la reprise de la course est nécessaire afin de retrouver le niveau sportif antérieur, spécialement en cas de sport pivot contact comme le football, le basket et le handball. Tous les sujets étaient motivés pour retrouver ce type de sport.

Habituellement, les programmes de réentraînement sont empiriques [16]. La pratique du jogging est souvent conseillée

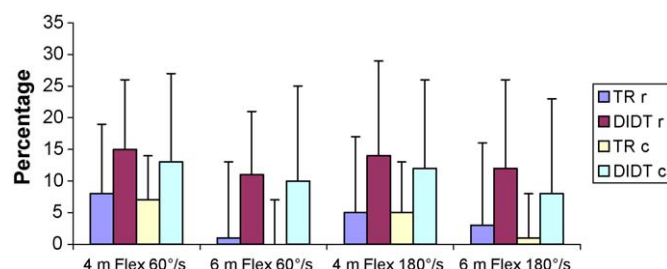


Fig. 3. Effets du type de reconstruction du ligament croisé antérieur sur le déficit isocinétique des fléchisseurs du genou.

qu'à partir du troisième mois postopératoire à cause des contraintes exercées sur le genou. La pratique de la course à la vitesse de 9 km/h est responsable de contraintes mesurées à huit fois le poids du corps. Celles-ci augmentent avec la vitesse de course pour atteindre 14 fois le poids du corps à la vitesse de 16 km/h [10,26]. Nous avons volontairement autorisé la reprise de la course à quatre mois postopératoires pour inclure des sujets récemment opérés du genou qui présentaient un genou mobile, indolore et non gonflé. Les douleurs du genou peuvent être la cause d'un déficit de force musculaire des extenseurs du genou en cas de douleur antérieure, des fléchisseurs du genou en cas de douleurs postérieures (DIDT) ou des deux groupes musculaires en cas de syndrome régional complexe douloureux [9]. D'un point de vue éthique, il aurait donc été peu souhaitable de proposer un programme de réentraînement par la course à des sujets douloureux.

À quatre mois postopératoires, un déficit des extenseurs et des fléchisseurs de 36 et 9 %, respectivement, est attendu en cas de technique au tendon rotulien [2,11]. Après technique au DIDT, le déficit des extenseurs du genou est compris entre 25 et 35 % et celui des fléchisseurs du genou entre 8 et 34 % [4,11,24]. Par comparaison, les résultats de notre population au moment de l'inclusion étaient légèrement meilleurs sans doute en raison de l'exclusion des sujets douloureux. Mais la variation d'un sujet à l'autre reste assez importante comme le montre l'écart-type de la Fig. 2, ce qui renforce l'intérêt de l'évaluation isocinétique postopératoire afin d'optimiser le protocole de rééducation. À six mois postopératoires, notre programme de réentraînement par la course qui a inclus des courses intermittentes et des exercices de vitesse n'a pas été capable d'améliorer significativement les déficits et les progrès de force isocinétique du genou. L'évaluation isocinétique habituelle selon un mode concentrique et à la vitesse angulaire de 60 et 180°/s n'a peut-être pas été la bonne procédure de test du fait de différences importantes concernant la relation force vitesse, les déplacements angulaires et le mode de contraction musculaire des fléchisseurs et extenseurs du genou par comparaison avec la course à pied. Un test de fatigabilité basé sur 30 répétitions à la vitesse angulaire de 180 ou 240°/s aurait peut-être apporté des résultats différents. Aagaard et al. avaient suggéré l'utilisation d'un ratio « fonctionnel » excentrique pour les fléchisseurs du genou et concentrique pour les extenseurs du genou afin d'évaluer les programmes de réentraînement du fait de la relation force–vitesse caractérisée par la prédominance des contractions excentriques des ischiojambiers pendant la course

[1]. Croisier et al. ont montré l'intérêt de l'évaluation excentrique des fléchisseurs du genou afin de préciser le déficit de force par rapport au genou non opéré et établir le déséquilibre entre les fléchisseurs et extenseurs du genou du côté opéré [5]. Pourtant, Impellizzeri et al. ont montré une faible reproductibilité des ratios de force agonistes-antagonistes (détection d'un changement à partir de 17 %) et leurs résultats suggèrent que le ratio excentrique/concentrique du genou à 60°/s est surtout utile pour détecter des changements importants comme ceux observés après programmes de rééducation [14]. Une vitesse angulaire isocinétique plus rapide (240 ou 450°/s) aurait peut être pu être utilisée pour mesurer le mouvement articulaire du genou du fait que ces vitesses sont plus en rapport avec celles observées durant la course [21]. La fréquence et l'intensité du programme de réentraînement ont peut-être été insuffisantes pour stimuler suffisamment les capacités anaérobies et ainsi obtenir un gain significatif de force musculaire. La fréquence trois fois par semaine a été choisie car elle correspond au niveau de pratique sportive de nos sportifs. Pour l'intensité, les quatre premières semaines de notre programme ont été réalisées à 70 % de la fréquence cardiaque maximale afin de stimuler l'aptitude aérobie sans entraîner de dommage au niveau du genou récemment opéré. Cependant, il aurait été peut être souhaitable de proposer des exercices spécifiques de renforcement musculaire comme sur la presse ou sur machine à ischiojambiers par exemple, afin d'obtenir un gain significatif de force isocinétique des fléchisseurs et extenseurs du genou. Mikkelsen et al. ont montré que le gain de force était uniquement présent au niveau des extenseurs du genou après exercices en chaîne cinétique fermée ou combinés ouvert et fermé, mais pas au niveau des fléchisseurs du genou [19]. Au contraire, Heijne et Werner ont reporté une absence d'influence des exercices en chaîne cinétique ouverte sur la force du quadriceps chez des patients opérés selon la technique au DIDT [13]. Un renforcement spécifique des ischiojambiers serait à prévoir spécialement après ligamentoplastie aux ischiojambiers du fait que ce groupe musculaire reste faible durant les six premières semaines postopératoires [8].

Cependant, notre protocole de réentraînement par la course intermittente et de vitesse a été bien toléré comme l'a montré le score de Lysholm qui a augmenté entre le quatrième et le sixième mois postopératoire, la laxité clinique et instrumentale qui n'a pas augmenté par comparaison avec le groupe témoin, et spécialement l'absence d'abandon du programme par intolérance. Seulement cinq sujets ont présenté des douleurs antérieures ou postérieures durant la première semaine d'entraînement.

2.5. Conclusion

Bien que le programme de réentraînement ait été bien toléré et que notre étude a été limitée par l'absence d'une évaluation isocinétique excentrique du genou couplée à une évaluation du potentiel aérobie, la course à pied n'a pas exercé d'influence sur la récupération musculaire et fonctionnelle du genou. La récupération de la force dépend plus de la technique chirurgicale en l'absence de complication douloureuse. Un

programme de renforcement musculaire semble nécessaire pour améliorer la force du genou.

Conflit d'intérêt

Aucun.

Annexe A. Score de Lysholm.

Instabilité	Douleur		Blocage		Gonflement		
Jamais de dérobement	25	Jamais	25	Jamais	15	Jamais	10
En exercice, rarement	20	En exercice, modéré	20	Accrochage sans blocage	10	Lors d'exercices intenses	6
En exercice, fréquemment	15	En exercice, importante	15	Blocage occasionnel	6	Lors d'une activité courante	2
Occasionnel, vie courante	10	Marche > 2 km	10	Blocage fréquent	2	Constant	0
Souvent, vie courante	5	Marche < 2 km	5	Blocage aigu à l'examen	0		
À chaque pas	0	Constante	0				
Escalier				Accroupissement		Boîtierie	
Canne							
Pas de gêne	10	Pas de gêne	5	Aucune	5	Jamais	5
Léger handicap	6	Léger handicap	4	Occasionnelle	3	En permanence	2
Une marche à la fois	2	Pas plus de 90°	2	Sévère et constante	0	Station debout impossible	0
Impossible	0	Impossible	0				

Lysholm total : 0–64 points : mauvais, 65–83 points : moyen, 84–100 points : bon/excellent.

Niveau d'activité Lysholm – Tegner :

10 – Sport de compétition – niveau national ou international : football.

9 – Sport de compétition – niveau inférieur : football, hockey sur glace, gymnastique.

8 – Sport de compétition : squash, badminton, athlétisme (saut), ski alpin.

7 – Sport de compétition : tennis, athlétisme (course), motocross, speedway, handball, basket.

Sport de loisir : football, hockey, squash, cross-country.

6 – Sport de loisir : tennis, badminton, handball, basket, ski alpin, jogging (5×/semaine).

5 – Sport de compétition : cyclisme.

Sport de loisir : jogging (2×/semaine) sur sol irrégulier, travailleur du bâtiment (lourd).

4 – Sport de loisir : cyclisme, jogging (2×/semaine) sur sol plat, travail domestique (moyen).

3 – Sport de compétition ou de loisir : natation, marche en forêt, travail léger.

2 – Travail léger, marche en forêt impossible.

1 – Travail sédentaire, marche terrain plat possible.

0 – Handicap professionnel.

References

- [1] Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med* 1998;26:231–7.
- [2] Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J, et al. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84-A:1503–13.
- [3] Brosky JA, Nitz AJ, Malone TR, Caborn DN, Rayens MK. Intrarater reliability of selected clinical outcome measures following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999;29:39–48.
- [4] Coombs R, Cochrane T. Knee flexor strength following anterior cruciate ligament reconstruction with the semitendinosus and gracilis tendons. *Int J Sports Med* 2001;22:618–22.
- [5] Croisier JL, Gremeaux V, Maquet D, Crieelaard JM, Forthomme B. Évaluation excentrique après plastie du LCA : modalités et profils. In: *Exercice musculaire excentrique*. Paris: Masson; 2009. p. 97–102.
- [6] Dauty M, Louvet S, Potiron-Josse M, Dubois C. Detraining and retraining after injury in high-level cyclist. *Ann Readapt Med Phys* 2005;48:93–100.
- [7] Dauty M, Tortelier L, Rochongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring or patella tendon graft: Analysis of literature. *Int J Sports Med* 2005;26:599–606.
- [8] Dauty M, Huguet D, Tortelier L, Potiron-Josse M, Dubois C. Retraining between months 4 and 6 after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring graft. Comparison between cycling and running with an untrained operated subject group. *Ann Read Med Phys* 2006;49:218–25.
- [9] Dauty M, Tortelier L, Huguet D, Potiron-Josse M, Dubois C. Consequences of pain on isokinetic performance after anterior cruciate ligament reconstruction using a semitendinosus and gracilis autograft. *Rev Chir Orthop* 2006;92:455–63.
- [10] Ericson MO, Nisell R. Tibiofemoral joint forces during ergometer cycling. *Am J Sports Med* 1986;14:285–90.
- [11] Feller JA, Webster KE, Gavin B. Early post-operative morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001;9:260–6.
- [12] Goradia VK, Grana WA, Pearson SE. Factors associated with decreased muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon grafts. *Arthroscopy* 2006;22:80.
- [13] Heijne A, Werner. Early versus late start open kinetic chain quadriceps exercises after ACL reconstruction with patellar tendon or hamstring grafts: a prospective randomized outcome study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15:402–17.
- [14] Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiuletti NA. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using Cybex NORM dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging* 2008;28:113–9.
- [15] Jansson KA, Linko E, Sandelin J, Harilainen A. A prospective randomised study of patellar versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2003;31:12–8.
- [16] Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury. Current recommendations for sports participation. *Sports Med* 2004;34:269–80.
- [17] Mac Donald PB, Hedden D, Pacin O, Huebert D. Effects of an accelerated rehabilitation program after anterior cruciate ligament reconstruction with combined semitendinosus-gracilis autograft and a ligament augmentation device. *Am J Sports Med* 1995;23:588–92.
- [18] Meyers MC, Sterling JC, Marley RR. Efficacy of stairclimber versus cycle ergometry in postoperative anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin J Sport Med* 2002;12:85–94.
- [19] Mikkelsen C, Werner S, Eriksson E. Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sport: a prospective matched follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8:337–42.
- [20] Mujika I. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: Short-term insufficient training stimulus. *Sports Med* 2000;30:79–87.
- [21] Murray DP, Brown LE, Zinder SM, Noffal GJ, Bera SG, Garrett NM. Effects of velocity-specific training on rate of velocity development, peak torque, and performance. *J Strength Cond Res* 2007;21:870–4.
- [22] Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med* 2005;39:127–31.
- [23] Olivier N, Legrand R, Rogez J, Berthoin S, Weissland T. Étude préliminaire de la désadaptation cardio-respiratoire après ligamentoplastie de genou chez le sportif. *Ann Read Med Phys* 2006;49:589–94.
- [24] Olivier N, Rogez J, Masquelier B. Intérêt de l'évaluation isocinétique du genou avant et après reconstruction du ligament croisé antérieur chez le footballeur. *Ann Read Med Phys* 2007;50:564–9.
- [25] Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1990;18:292–9.
- [26] Winter DA. Moments of force and biomechanical power in jogging. *J Biomech* 1983;16:91–7.