

*Pathologie locomotrice et médecine orthopédique*

# Exercice musculaire excentrique

Sous la direction de  
**J.L. Croisier**  
**P. Codine**

 **MASSON**

## **Evaluation excentrique après plastie du LCA : modalités et profils**

**J.L. Croisier<sup>1</sup>, V. Gremeaux<sup>2</sup>, D. Maquet<sup>1</sup>, J.M. Crielaard<sup>1</sup>, B. Forthomme<sup>1</sup>**

Les qualités musculaires et proprioceptives du genou influencent sa récupération fonctionnelle dans les suites d'une lésion du LCA [30,37]. Le rôle prépondérant de la musculature pour la stabilité fémoro-tibiale dynamique est unanimement accepté [22,32]. Le traitement chirurgical des lésions du pivot central génère des inhibitions neuromusculaires auxquelles s'ajoute une réelle amyotrophie, conséquence de l'immobilisation relative. Les techniques de prévention de l'amyotrophie et de renforcement, adaptées et respectant l'intégrité de la plastie, constitueront des éléments essentiels de la rééducation. Les performances musculaires devront logiquement bénéficier d'évaluations afin de pouvoir adapter individuellement la stratégie rééducative. D'autant plus que la cinétique de récupération se caractérise par une grande variabilité inter-individuelle, liée notamment au statut pré-opératoire, à la technique chirurgicale et au contenu rééducatif [4,5,7,10,18]. Ainsi, les rééducations classiques n'incluant pas le renforcement isocinétique se soldaient par un déficit quadricipital résiduel atteignant régulièrement 20 % en comparaison bilatérale [7]. Cette récupération incomplète était pudiquement qualifiée « d'acceptable », deux hypothèses étant alors envisagées : soit l'impossibilité d'une récupération musculaire totale après la chirurgie, soit le caractère incomplet de la rééducation. Depuis, l'application complémentaire de protocoles de renforcement isocinétique permet la normalisation du profil musculaire (asymétrie bilatérale inférieure à 10 %) chez 85 % des patients bénéficiant d'une

---

<sup>1</sup> Département des Sciences de la Motricité, Université et CHU de Liège, Belgique.

<sup>2</sup> Pôle Rééducation-Réadaptation, INSERM U 887, CHU de Dijon, 23 rue Gaffarel, 21079 Dijon cedex, France.

reconstruction chirurgicale du LCA. L'absence de suivi isocinétique des performances musculaires dans les suites post-opératoires apparaît actuellement peu compréhensible. La méconnaissance de déficits résiduels risque d'induire une reprise sportive en l'absence d'une contention active optimale. Moisala et al. [25] ont mis en évidence l'association positive entre le résultat fonctionnel (en terme de stabilité par exemple) à long terme et les qualités de force musculaire, justifiant une rééducation active. L'interruption prématurée de la kinésithérapie et/ou la non adaptation des techniques de renforcement apparaissent préjudiciables, d'autant qu'une pratique sportive isolée (de type footing et vélo en conditions aérobies) ne compense pas totalement des déficits résiduels de force musculaire maximale [14].

Une littérature abondante concerne l'évaluation isocinétique concentrique des plasties du LCA. Cet article concerne plus spécifiquement l'application évaluative du mode de contraction excentrique.

## **1. MODALITES DE L'EVALUATION EXCENTRIQUE**

L'évaluation isocinétique concentrique du quadriceps et des ischio-jambiers après plastie du LCA comporte classiquement des vitesses entre 60 et 240°/s, le nombre de répétitions restant compris entre 3 et 5, avec un temps de récupération d'1 minute au moins entre les séries. Ce protocole concentrique peut être complété par l'exploration du mode excentrique. Il s'agit cependant de déterminer les conditions et modalités spécifiques de tests excentriques. Sur le plan biomécanique, l'**effort quadricipital** génère une translation antérieure de l'extrémité proximale du tibia sous le fémur. Ce mécanisme de « tiroir antérieur » pourrait s'avérer délétère pour l'intégrité de la plastie du LCA. Ainsi, lors de contractions du quadriceps en

isocinétisme, les forces appliquées au LCA dépendent de la relation physiologique musculaire force – vitesse : le modèle établi par Serpas et al. [31] prédit des contraintes sur le LCA multipliées par 2 lorsqu'on passe de la vitesse rapide de 300°/s à la contraction isométrique (ce qui majore le moment de force développée pour le muscle). L'utilisation d'un contre-appui proximal (ou d'un dispositif anti-tiroir) est parfois préconisée afin de limiter le tiroir et ainsi réduire les sollicitations sur le greffon. Rappelons tout de même que cette adaptation des conditions de test modifie très significativement les résultats et en particulier l'estimation pourcentuelle d'une asymétrie quadricipitale en mode concentrique (déficit quadricipital nettement sous-estimé en positionnement proximal du contre-appui) [11]. Le développement de moments de force maximaux physiologiquement plus élevés en excentrique qu'en concentrique pourrait majorer le phénomène de tiroir et donc les risques lésionnels lors de contractions maximales du quadriceps. De ce fait, nous préférons classiquement éviter, dans nos protocoles cliniques destinés aux plasties du LCA, l'évaluation excentrique de l'appareil extenseur. Par ailleurs, sur le plan fonctionnel, le rôle frénateur du quadriceps apparaît moins évident que pour les ischio-jambiers.

Mentionnons que plusieurs auteurs pratiquent une évaluation excentrique du quadriceps, sans faire état d'incidents particuliers [2,20,23]. Nous répétons cependant la nécessité de confronter la réelle pertinence d'un test et de ses implications sur le plan fonctionnel, avec les risques spécifiques encourus par le patient. Cette réflexion concerne l'effort quadricipital d'intensité maximale et ne devrait pas empêcher l'application de programmes excentriques sous-maximaux à visée musculaire [17,18] ou tendineuse [8]. Bien que Kvist et Gillquist [24] décrivent, pour des sujets sains, une sollicitation du LCA dès le niveau sous-maximal de contraction isocinétique excentrique du quadriceps.

La contraction des **ischio-jambiers** s'opposant au tiroir antérieur, ce groupe musculaire reçoit régulièrement le qualificatif d'agoniste du LCA [26]. Le rôle des muscles ischio-jambiers dans le contrôle rotatoire dynamique du genou doit également être mentionné [26,28]. La contraction des muscles fléchisseurs du genou ne devrait pas compromettre l'intégrité d'une plastie du LCA. La technique chirurgicale et le site de prélèvement du greffon conditionneront cependant les délais requis pour l'application de contractions, en particulier à intensité maximale. Sur le plan fonctionnel, les ischio-jambiers assurent un rôle frénateur évitant l'hyper-extension du genou lors d'un mouvement rapide d'extension de cette articulation sous l'action quadricipitale, comme lors de la course. Cette fonction protectrice justifie l'évaluation excentrique de ce groupe musculaire. D'autant qu'une insuffisance excentrique des ischio-jambiers par rapport à l'action motrice du quadriceps génère un déséquilibre agoniste/antagoniste, facteur susceptible de majorer le risque ultérieur de lésion musculaire [9,12].

Les modalités de l'évaluation isocinétique excentrique des ischio-jambiers s'inspirent de celle décrite pour la pathologie musculaire ischio-jambière (*cfr article de JL Croisier et al. dans le même ouvrage*). La vitesse lente de 30°/s (3 répétitions de test) nous paraît incontournable ; elle autorise une familiarisation optimale par rapport aux vitesses plus élevées et intervient dans la construction d'un ratio mixte  $IJ_{exc30^\circ/s} / Q_{conc240^\circ/s}$  [6]. La vitesse de 120°/s (4 répétitions de test) peut également s'envisager, bien qu'à l'inverse de la pathologie ischio-jambière, elle ne soit pas systématiquement appliquée dans notre pratique clinique. L'évaluation proprement dite nécessitera des répétitions sous-maximales préalables de familiarisation, progressivement intensifiées. En cas de gêne douloureuse localisée au compartiment articulaire ou au niveau musculo-tendineux dès ce stade sous-maximal, l'évaluation excentrique sera interrompue. Avec l'accord de certaines équipes chirurgicales, et à l'image des délais appliqués pour l'évaluation concentrique, nous programmons les



épreuves excentriques aux ischio-jambiers dès le 3<sup>ème</sup> - 4<sup>ème</sup> mois post-opératoire. Ce délai est appliqué à la technique du DIDT, sans qu'aucun accident n'ait été déploré, même si le test proprement dit ne peut s'exécuter dans environ 5 % des cas dans notre expérience (pour plaintes rapportées lors des essais sous-maximaux de familiarisation). Pour certains chirurgiens, le recul post-opératoire avant l'exécution du premier bilan isocinétique atteint 6 mois. Un tel délai, d'apparence plus prudent, risque néanmoins de retarder l'individualisation du processus rééducatif, surtout si des insuffisances majeures persistent et nécessitent un renforcement de compensation.

## **2. PROFILS MUSCULAIRES**

Lors de travaux antérieurs [7], nous avons réalisé une exploration isocinétique concentrique (Q + IJ) et excentrique (IJ) de patients ayant subi une plastie intra-articulaire du LCA avec prélèvement au tendon rotulien ou au tenseur du fascia lata. Aucun de ces patients n'avait bénéficié d'une rééducation isocinétique et les déficits établis sur les IJ apparaissaient mode de contraction dépendants : alors que le déficit concentrique moyen atteignait 12 %, l'insuffisance excentrique chez ces mêmes patients s'élevait à 20 % en moyenne, dans un contexte de variabilité inter-individuelle prononcée. Le déficit excentrique au 3<sup>ème</sup> mois post-opératoire dépassait régulièrement 30 %. Ces observations, relativement inquiétantes en raison du rôle frénateur des ischio-jambiers, pourrait s'expliquer par une rééducation insuffisante, négligeant ce mode particulier de contraction. Le risque secondaire de déchirure ischio-jambière en cas d'insuffisance de leurs performances excentriques est établi [12]. Il semble donc logique d'analyser l'équilibre agonistes/antagonistes sous la forme de ratios IJ/Q. Après plastie du LCA, un ratio IJ/Q équilibré peut signifier une fonction musculaire normale, mais dans certains cas un ratio correct masque une insuffisance à la fois des performances des ischio-jambiers et du quadriceps.

Le suivi plus récent (résultats personnels non publiés) de plasties selon la technique du DIDT (Droit Interne – Demi Tendineux) démontre entre le 3<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> mois post-opératoire :

1. Performances ischio-jambières en mode concentrique :

- Un déficit moyen atteignant 17 % à la vitesse lente de 60°/s versus 12 % à la vitesse rapide de 240°/s ;
- A vitesse lente, la différence avec les performances contro-latérales (genou indemne d'antécédents lésionnels) apparaît inférieure à 10 %, et donc considérée comme non significative, chez un patient sur 4 ;

2. Performances ischio-jambières en mode excentrique, à la vitesse de 30°/s :

- Un déficit moyen fixé à 25 % lors de la comparaison bilatérale et donc nettement majoré par rapport au mode concentrique ;
- La fréquence de patients ayant normalisé leur moment de force maximum excentrique apparaît identique au profil concentrique (à savoir environ un patient sur 4) ;
- Ceci indique donc la capacité à normaliser la performance excentrique pour certains patients alors que, dans le même temps, d'autres se caractérisent par des déficits majeurs régulièrement supérieurs à 40 %.

Cette évolution éminemment variable pourrait résulter de traitements rééducatifs différents quant à leur contenu : quel programme et quel mode de contraction pour le renforcement des ischio-jambiers ? L'hypothèse apparaît d'autant plus crédible que les patients bénéficiant ultérieurement d'un renforcement isocinétique adapté individuellement (sur base du bilan initial) retrouvent, dans la très grande majorité des cas suivis, des performances maximales considérées comme normales.

### 3. Ratio IJ/Q :

- Nous avons précisé les limites de l'analyse des ratios dans le cas des plasties du LCA, la recherche d'une insuffisance ischio-jambière étant potentiellement masquée par une faiblesse simultanée de l'appareil extenseur du genou ;
- Cependant, le ratio mixte IJ exc/Q conc apparaît plus discriminant que les ratios concentriques classiques dans la détection du déséquilibre agonistes/antagonistes : réduction considérée comme significative dans 25 % des cas pour les ratios établis en mode exclusivement concentrique à vitesse lente et dans 50 % des cas pour le ratio mixte. Ceci résulte de la faiblesse préférentielle des ischio-jambiers en excentrique, combinée à un déficit quadricipital moindre à vitesse rapide qu'à vitesse lente (le ratio mixte utilisant le moment de force maximum quadricipital concentrique à 240°/s).

Plusieurs auteurs ont investigué la récupération musculaire après plastie de type DIDT. Hiemstra et al. [20] ainsi que Nakamura et al. [27], Bizzini et al. [4] et Parisaux et al. [29] évoquent la difficulté à normaliser les performances des muscles fléchisseurs, qu'elles soient concentriques ou excentriques. Elmlinger et al. [15] confirment l'insuffisance deux ans après l'intervention chirurgicale, pour les modes concentrique et isométrique ; ils démontrent également le caractère préjudiciable du déficit de force sur le plan fonctionnel. Des perturbations de l'équilibre agonistes/antagonistes ont également été démontrées en mode concentrique, prenant en considération la position articulaire pour lequel le ratio était calculé : une réduction particulière des ratios IJ/Q était objectivée pour les positions de flexion prononcée du genou [1,21]. Tashiro et al. [34] précisent le déficit significatif de force des IJ aux angles de flexion importants du genou. D'autres auteurs, comparant différentes techniques chirurgicales, ne semblent pas observer d'influence de la cinétique de récupération de force musculaire par le site de prélèvement de la plastie [2]. Moisala et al. [25] confirment



l'absence de différences à long terme. Plus de deux ans après la reconstruction, Dauty et al. [13] n'observent pas d'influence de la procédure chirurgicale.

Comparativement au couple IJ-Q, l'évaluation des muscles rotateurs du genou demeure plus confidentielle [3,16,35,36] et inclut rarement le mode excentrique.

Par ailleurs, une approche préventive des lésions du LCA pourrait intégrer les déséquilibres musculaires comme facteur de risque à corriger. S'il a été validé scientifiquement que les tests isocinétiques présentent une valeur prédictive sur la survenue lésionnelle ischio-jambière [12], il existe peu d'études portant sur le LCA [19]. L'évaluation isocinétique des plasties de LCA nous a permis d'observer, sur le genou contro-latéral sain, une fréquence plus élevée de ratios IJ/Q réduits que dans une population contrôle. Etablir un lien entre une éventuelle faiblesse préexistante des ischio-jambiers et la survenue d'une lésion du LCA apparaît donc attractif mais reste relativement spéculatif. Seule une démarche prospective, bien difficile en raison du caractère multifactoriel des lésions ligamentaires, permettrait de clarifier ce point. Soderman et al. [33] évoquent un ratio IJ/Q réduit chez des footballeuses ultérieurement victimes d'une rupture du LCA.

En conclusion, l'utilisation de protocoles isocinétiques constitue un progrès majeur pour l'évaluation objective de pathologies de l'appareil locomoteur. La force musculaire représente un élément essentiel conditionnant le traitement rééducatif des plasties du LCA. L'étude du mode de contraction excentrique peut compléter les évaluations concentriques classiques. Bien qu'appliqués par certains auteurs, nous préférons éviter les évaluations excentriques du quadriceps (évaluation qui, par définition, s'exécute à intensité maximale) afin de protéger le LCA de tensions excessives. Les tests excentriques sont par contre

recommandés pour l'exploration des muscles ischio-jambiers. Ils apparaissent discriminants dans la détection de déficits, en particulier sous la forme d'un ratio mixte  $IJ_{exc} / Q_{conc}$ , fréquemment réduit dans les suites post-chirurgicales.

**Title: Evaluation excentrique après plastie du LCA : modalités et profils****Eccentric assessment after ACL reconstruction: modalities and profiles****Summary**

Muscles play a key role in active knee stability. ACL reconstruction induces muscle weakness which justifies strength measurements after surgery. Thigh muscle performances under isokinetic conditions can be measured very accurately. Eccentric measurements could implement classical concentric protocols after ACL reconstruction. In order to protect the graft against excessive loads, we avoid post-operative eccentric testing of the quadriceps in our clinical practice. By contrast, hamstring eccentric evaluation is recommended and shows a discriminant character, in particular in the form of a hamstring ecc / quadriceps conc mixed ratio.

## Références

1. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Sakai Y, Kuriwaka M, Fujihara A. Harvesting hamstring tendons for ACL reconstruction influences postoperative hamstring muscle performance. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003;123(9):460-5.
2. Anderson JL, Lamb SE, Barker KL, Davies S, Dodd CA, Beard DJ. Changes in muscle torque following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between hamstrings and patella tendon graft procedures on 45 patients. *Acta Orthop Scand.* 2002;73(5):546-52.
3. Armour T, Forwell L, Litchfield R, Kirkley A, Amendola N, Fowler PJ. Isokinetic evaluation of internal/external tibial rotation strength after the use of hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32(7):1639-43.
4. Bizzini M, Gorelick M, Munzinger U, Drobny T. Joint laxity and isokinetic thigh muscle strength characteristics after anterior cruciate ligament reconstruction: bone patellar tendon bone versus quadrupled hamstring autografts. *Clin J Sport Med.* 2006;16(1):4-9.
5. Croisier JL, Delcour JP, Huskin JP, Crielaard JM., eds. Evaluation isocinétique pré- et postopératoire des ligamentoplasties du genou. In: *Actualités en Rééducation Fonctionnelle et Réadaptation.* Paris : Masson, 19<sup>ème</sup> série, 1994 :8-14.
6. Croisier JL, Crielaard JM. Mise au point d'un rapport isocinétique fléchisseurs du genou/quadriceps original. Application à une pathologie musculaire. *J Traumatol Sport* 1996;13:115-119.
7. Croisier JL. Contribution fondamentale et clinique à l'exploration musculaire isocinétique. Thèse de doctorat en Kinésithérapie. Faculté de Médecine,

- Université de Liège, 1996.
8. Croisier JL, Forthomme B, Foidart-Desalle M, Godon B, Crielaard JM. Treatment of recurrent tendinitis by isokinetic eccentric exercises. *Isokinet Exerc Sci* 2001; 9:133-141.
  9. Croisier JL, Forthomme B, Namurois M, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 2002;30:184-188.
  10. Croisier JL, Crielaard JM. Expérience de l'isocinétisme dans l'encadrement sportif. *J Traumatol Sport* 2004; 21:238-243.
  11. Croisier JL, Forthomme B, Baudoin H, Huskin JP, Crielaard JM, Maquet D. Muscle activation after ACL reconstruction : influence of the resistance pad position. *Isokinet Exerc Sci* 2005;13:16-17.
  12. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players : a prospective study, *Am J Sports Med* 2008;36:1469-1475.
  13. Dauty M, Tortellier L, Rochcongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. *Int J Sports Med.* 2005;26(7):599-606.
  14. Dauty M, Huguet D, Tortellier 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 Readapt Med Phys.* 2006;49(5):218-25.
  15. Elmlinger BS, Nyland JA, Tillett ED. Knee flexor function 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus-gracilis autografts. *Arthroscopy.* 2006;22(6):650-5.

16. Ferretti A, Vadalà A, De Carli A, Argento G, Conteduca F, Severini G. Minimizing internal rotation strength deficit after use of semitendinosus for anterior cruciate ligament reconstruction: a modified harvesting technique. *Arthroscopy*. 2008;24(7):786-95.
17. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, Lastayo PC. Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007;37(1):10-18.
18. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(3):559-570.
19. Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for intervention. *Sports Med* 2000;29(5): 313-327.
20. Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Contralateral limb strength deficits after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon graft. *Clin Biomech* 2007;22(5):543-50.
21. Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Hamstring and quadriceps strength balance in normal and hamstring anterior cruciate ligament-reconstructed subjects. *Clin J Sport Med*. 2004;14(5):274-80.
22. Hirokawa S, Solomonow M, Luo Z, Lu Y, D'Ambrosia R. Muscular co-contraction and control of knee stability. *J Electromyogr Kinesiol* 1991;1(3):199-208.
23. Ikeda H, Kurosawa H, Kim SG. Quadriceps torque curve pattern in patients with anterior cruciate ligament injury. *Int Orthop*. 2002;26(6):374-6.
24. Kvist J, Gillquist J. Anterior tibial translation during eccentric, isokinetic

- quadriceps work in healthy subjects. *Scand J Med Sci Sports*. 1999;9(4):189-94.
25. Moisala AS, Järvelä T, Kannus P, Järvinen M. Muscle strength evaluations after ACL reconstruction. *Int J Sports Med*. 2007;28(10):868-72.
26. More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D, Woo SL, Daniel DM. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *Am J Sports Med*. 1993;21(2):231-7.
27. Nakamura N, Horibe S, Sasaki S, Kitaguchi T, Tagami M, Mitsuoka T, Toritsuka Y, Hamada M, Shino K. Evaluation of active knee flexion and hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Arthroscopy*. 2002;18(6):598-602.
28. O'Connor JJ. Can muscle co-contraction protect knee ligaments after injury or repair? *J Bone Joint Surg Br*. 1993;75(1):41-8.
29. Parisaux JM, Boileau P, Desnuelle C. Isokinetic evaluation of the knee flexor muscles after anterior cruciate ligament reconstruction using gracilis and semitendinous tendon grafts. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2004;90(1):33-9.
30. Paulos L, Noyes FR, Grood E, Butler DL. Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1991;13(2):60-70.
31. Serpas F, Yanagawa T, Pandy M. Forward-dynamics simulation of anterior cruciate ligament forces developed during isokinetic dynamometry. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2002;5(1):33-43.
32. Sinkjaer T, Arendt-Nielsen L. Knee stability and muscle coordination in patients with anterior cruciate ligament injuries : an electromyographic approach. *J Electromyogr Kinesiol* 1991;1(3):209-217.



33. Soderman K, Alfredson H, Pietila T, Werner S. Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2001; 9(5):313-321.
34. Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, Hikita A, Fukui N. Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. A detailed evaluation with comparison of single- and double-tendon harvest. *Am J Sports Med*. 2003;31(4):522-9.
35. Torry MR, Decker MJ, Jockel JR, Viola R, Sterett WI, Steadman JR. Comparison of tibial rotation strength in patients' status after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring versus patellar tendon autografts. *Clin J Sport Med*. 2004;14(6):325-31.
36. Viola RW, Sterett WI, Newfield D, Steadman JR, Torry MR. Internal and external tibial rotation strength after anterior cruciate ligament reconstruction using ipsilateral semitendinosus and gracilis tendon autografts. *Am J Sports Med*. 2000;28(4):552-5.
37. Wilk KE, Andrews JR. Current concepts in the treatment of anterior cruciate ligament disruption. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1992;15(6):279-93.