

*Pathologie locomotrice et médecine orthopédique*

# **Exercice musculaire excentrique**

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

 **MASSON**

## **PATHOLOGIE ISCHIO-JAMBIERE : EVALUATION ET RENFORCEMENT EN MODE EXCENTRIQUE**

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

La pathologie ischio-jambière concerne particulièrement les sportifs pratiquant le football, le rugby, l'athlétisme, les sports de combat, la danse. Ces activités ont en commun l'exécution de gestes rapides associant l'extension du genou et la flexion de hanche. Dans ces conditions, les muscles ischio-jambiers contribuent par leur participation excentrique à décélérer le segment jambier, dans un rôle freinateur protecteur du genou. L'insuffisance de force excentrique apparaît fréquemment citée parmi les facteurs de risque de lésions ischio-jambières [9, 12, 16]. Le concept de déséquilibre agonistes / antagonistes (ratio ischio-jambiers / quadriceps, IJ/Q) prend une signification évidente dans ce contexte.

Le mode de contraction excentrique joue un rôle incontournable dans la prise en charge thérapeutique après déchirure des IJ : intérêt des mesures de performances maximales dans les démarches préventives, qu'elles concernent une première lésion ou le risque de récides ; application d'exercices excentriques maximaux et sous-maximaux lors des programmes rééducatifs. Le choix des outils disponibles et des modalités spécifiques d'application doit être discuté.

---

<sup>1</sup> Département des Sciences de la Motricité, Université de Liège et CHU Sart Tilman, 4000 Liege, Belgique

## **I. EVALUATION DES PERFORMANCES**

Une évaluation quantitative des performances s'impose, le simple testing manuel ne pouvant suffire à démontrer un déséquilibre musculaire. Lors de contractions excentriques exécutées à intensité maximale, les systèmes à charges fixes seront utilisés avec prudence. En référence à la physiologie musculaire, le patient ne peut développer une tension concentrique ou isométrique susceptible de s'opposer à la charge utilisée pour le test excentrique ; en cas de douleur soudaine ou de fatigue, l'exercice n'est donc pas sécurisé (absence de butée arrêtant le mouvement). La dynamométrie isocinétique présente des avantages indéniables en termes de sécurité [13]. Si le patient interrompt la contraction excentrique, le dispositif isocinétique s'immobilise car le mouvement est imposé sur la base d'une tension minimale à développer par le patient. L'amplitude du mouvement se gère par l'entremise de butées électroniques, complétées par des butées mécaniques de sécurité. L'ajustement permanent de la contrainte imposée par la machine à l'action du patient garantit un mouvement harmonieux et non saccadé, particulièrement à haute vitesse.

Par la mesure précise et reproductible du moment de force maximum (MFM) isocinétique excentrique développé par les muscles ischio-jambiers, l'utilisateur peut quantifier les asymétries bilatérales (valeurs pourcentuelles) et établir l'équilibre agonistes / antagonistes (sous la forme de ratios IJ/Q). Le caractère normal ou déséquilibré des performances musculaires s'établit sur la base de limites de normalité obtenues par l'étude de populations de référence. En ce qui concerne la comparaison bilatérale, une approche statistique (nécessaire lors d'études scientifiques) basée sur la distribution d'une population normale, fixe le seuil à 15 %. Mais la pratique clinique ne tolère en général que 10 %. Une attitude

plus sévère, exigeant le retour à moins de 5 % d'asymétries sur les IJ chez les sportifs blessés bénéficiant d'un renforcement spécifique, contribue à réduire le risque de récurrence lésionnelle ainsi que des plaintes persistantes lors du retour sur le terrain [9]. Selon notre expérience, le paramètre isocinétique de choix dans la pathologie ischio-jambière reste néanmoins le ratio IJ/Q. Classiquement, les dynamomètres fournissent un ratio des MFM calculé pour un mode identique de contraction, généralement concentrique ( $IJ_{conc}/Q_{conc}$ ). L'analyse biomécanique de nombreux gestes sportifs indique pourtant une contraction concentrique de l'agoniste destinée à générer le mouvement et le fonctionnement simultané des antagonistes en mode excentrique. La musculature ischio-jambière subit en excentrique des tensions élevées, dépassant parfois les limites mécaniques de l'entité musculo-tendineuse. Plusieurs études isocinétiques ont logiquement proposé des ratios mixtes IJ excentrique / Q concentrique ( $IJ_{exc}/Q_{conc}$ ), plus proches de la réalité fonctionnelle [1, 6]. Sur le plan méthodologique, nous avons développé un ratio mixte  $IJ_{exc} 30^\circ/s / Q_{conc} 240^\circ/s$  [6]. Le choix des vitesses peut surprendre mais il a été conditionné par la validité des mesures. Les lésions ischio-jambières survenant généralement lors de mouvements articulaires à vitesse élevée, il aurait été attractif de choisir une vitesse isocinétique rapide, identique pour les ischio-jambiers en excentrique et pour le quadriceps en concentrique. Des mesures concentriques à  $240^\circ/s$  sur le quadriceps ne présentent pas de problème de validité ou de reproductibilité, mais, par contre, les vitesses excentriques élevées reconnaissent une réduction majeure du secteur réellement isocinétique (par rapport à l'amplitude totale du mouvement) ; étant donné que le MFM excentrique apparaît à la fin du mouvement, la valeur fournie par le dynamomètre ne correspond plus, à haute vitesse, à la vitesse présélectionnée (le MFM se situant dans la phase décélération). Cette particularité remet en question l'évaluation isocinétique excentrique à haute vitesse et nous a conduit à sélectionner, pour la construction du ratio mixte, la vitesse de  $30^\circ/s$  pour les ischio-jambiers. Par ailleurs, cette vitesse lente permet une familiarisation optimale du patient

en comparaison avec des vitesses excentriques plus rapides. Mentionnons également qu'en isocinétisme, des vitesses excentriques plus rapides ne permettent pas de majoration significative du MFM développé [7]. La valeur moyenne du ratio mixte  $IJ_{exc} 30^\circ/s / Q_{conc} 240^\circ/s$  dans une population de référence est proche de 1, la limite inférieure établie sur des bases statistiques est fixée à 0.80 et le seuil appliqué en clinique correspond à 0.90 (dans le cadre de l'utilisation d'un Cybex Norm<sup>TM</sup>). Nous rappelons la difficulté de transposer les valeurs de référence obtenues pour un dynamomètre isocinétique à un appareil d'une autre marque ou d'une génération différente, en raison du manque de compatibilité.

Le protocole isocinétique que nous préconisons dans la pathologie ischio-jambière débute, après échauffement sur bicyclette ergométrique et étirement des muscles concernés, par des répétitions de familiarisation sous-maximales (progressivement intensifiées) en concentrique à la vitesse de  $120^\circ/s$ . Les modalités de l'évaluation proprement dite sont décrites au tableau I. Dans les suites d'une déchirure vraie, l'évaluation n'est généralement programmée qu'après 4 à 6 semaines.

Nous insistons sur :

- la nécessité de temps de récupération suffisants entre deux vitesses de test successives ;
- le caractère préjudiciable d'un nombre de répétitions trop élevé pour une même vitesse, engageant le patient dans une autre filière énergétique et compromettant la validité des épreuves suivantes ;
- la nécessité parfois de répétitions de familiarisation supplémentaires en excentrique ; pour ce mode de contraction, il est préférable de ne pas procéder au test (intensité maximale) si le patient rapporte des gênes douloureuses à la face postérieure de la cuisse dès les essais sous-maximaux.

Dans l'exploration de séquelles de déchirure des ischio-jambiers, différents auteurs insistent sur le caractère discriminant de l'évaluation isocinétique excentrique [9, 12, 16] et plus spécifiquement du ratio mixte  $IJ_{exc}/Q_{conc}$ . Ainsi des mesures simplement concentriques auraient négligé des anomalies exclusivement excentriques chez plus de 20 % de patients explorés [8]. Au sein d'une cohorte de 462 joueurs de football professionnels évalués en début de saison [12], 30% des joueurs identifiés comme « déséquilibrés » se caractérisaient par une anomalie exclusivement excentrique ; 87 % de ces joueurs déséquilibrés présentaient un ratio  $IJ_{exc} 30^{\circ}/s / Q_{conc} 240^{\circ}/s$  significativement réduit.

Bien que parfois controversée [3, 5, 9, 17, 18], une relation entre déséquilibre de force musculaire et survenue lésionnelle est régulièrement suggérée. Dans une étude antérieure [8], consacrée à des athlètes souffrant de déchirures ischio-jambières récidivantes et donnant lieu à des plaintes persistantes lors du retour sur le terrain, nous avons identifié des déséquilibres musculaires isocinétiques dans 70 % des cas. Une hypothèse évoquait une rééducation incomplète, sans pouvoir affirmer à ce stade que le déséquilibre était le substrat de la récurrence lésionnelle. Un travail ultérieur [9] a démontré qu'un programme individuel de renforcement, établi sur la base des anomalies préalablement objectivées et conduit jusqu'à normalisation des performances, contribuait à une réduction significative des perturbations lors du retour aux activités sportives.

*Il semble très pertinent d'inscrire le test isocinétique parmi les critères conditionnant la reprise sportive après déchirure des ischio-jambiers, particulièrement dans les disciplines à risques.*



De façon originale, les stratégies de prévention lésionnelle ne concernent plus le seul risque de récurrence mais également la survenue d'une première lésion. Une étude prospective récente [12] chez le footballeur professionnel a permis les observations suivantes :

- Les joueurs présentant un déséquilibre de force identifié par isocinétisme en début de saison et non traités spécifiquement, se caractérisaient au cours de la saison suivante par un risque lésionnel ischio-jambier multiplié par 4 à 5 en comparaison avec les joueurs indemnes de déséquilibre musculaire.
- La correction des anomalies identifiées en début de saison permettait la réduction significative du risque lésionnel ainsi ramené au niveau de celui concernant les joueurs parfaitement équilibrés. Cette donnée apparaît très originale car peu étayée dans la littérature.
- Cette réduction du risque de déchirure n'apparaissait cependant effective que chez les joueurs dont la « normalisation » avait été prouvée lors de tests isocinétiques ultérieurs de contrôle.

Cette dernière observation met en exergue le problème de « compliance » lors de la mise sur pied d'un programme de compensation chez le sportif [21]. Précisons que, les joueurs dont le ratio mixte était supérieur à 1.40 (en raison d'excellentes performances des IJ en excentrique et non d'une faiblesse quadricipitale !) n'ont subi dans cette série aucune lésion ultérieure des ischio-jambiers. Arnason et al. [2] confirment un risque lésionnel réduit pour les IJ chez des joueurs ayant bénéficié d'un entraînement excentrique préventif. Une telle démarche a également été testée chez les joueurs de rugby [4]. D'après Holcomb et al [14], six semaines d'entraînement spécifique permettraient une augmentation significative d'un ratio mixte  $IJ_{exc}/Q_{conc}$ .

*Nos observations confirment la valeur prédictive de tests isocinétiques pratiqués en début de saison dans le but d'identifier les athlètes présentant un risque accru de lésions ischio-jambières. Corriger les déséquilibres réduit le risque lésionnel.*

## **II. REEDUCATION EXCENTRIQUE**

Petersen et Holmich [19] rappellent le manque de recherches cliniques investiguant l'efficacité des programmes rééducatifs après lésion ischio-jambière. Si les programmes d'exercices excentriques apparaissent à nos yeux indispensables, ils seront naturellement intégrés aux autres techniques rééducatives.

Deux orientations complémentaires guident l'application des protocoles excentriques [13] :

- 1) Des contractions d'intensité sous-maximale, ne dépassant pas l'équivalent de 10-20 % du maximum, peuvent s'envisager dès la fin de la première semaine post-lésionnelle. L'objectif spécifique vise à agir favorablement sur la qualité du tissu cicatriciel, en termes d'orientation des fibres par exemple [15]. Les modalités généralement appliquées combinent : indolence absolue, vitesses très lentes (10°/s à 30°/s selon les protocoles en isocinétisme), séries de 10 à 20 répétitions consécutives (répétées jusqu'à 3 à 5 fois), en évitant la piste musculaire externe au stade initial.
- 2) La nécessité de normaliser la capacités de force (en particulier excentrique) des IJ après une déchirure a été démontrée [9]. Dès lors, en respectant les délais de cicatrisation, l'exercice excentrique progressivement intensifié pourra s'envisager selon un objectif de renforcement (la contraction maximale apparaît rarement avant la



4<sup>ème</sup> semaine pour des lésions de stade 2). En raison des tensions plus élevées développées en mode excentrique et du risque de lésion anatomique instantanée qui en résulte, un échauffement de qualité et une familiarisation avec ce mode de contraction sont toujours recommandés. Les vitesses lentes autorisent une familiarisation optimale, alors que les vitesses plus élevées, plus proches de la réalité fonctionnelle, demandent un apprentissage spécifique car le groupe musculaire impliqué peut être « pris en défaut » lors d'un mouvement imposé rapidement. En raison d'une moindre fatigabilité qu'en concentrique, les séries proposées peuvent comporter davantage de répétitions : jusqu'à 10 répétitions, le décrétement du moment de force maximal développé reste faible. Cependant, l'exercice excentrique intense et inhabituel peut générer des courbatures d'apparition retardée (DOMS pour Delayed Onset Muscle Soreness) [10]. Le seul procédé réellement efficace afin d'échapper aux DOMS reste l'exercice excentrique lui-même, mais proposé en conditions sous-maximales (à partir de 50 % du maximum) progressivement intensifiées durant les 5 premières séances [13]. Dans le cadre rééducatif, le thérapeute suivra utilement cette progression afin de prévenir les conséquences néfastes des DOMS : rééducation ralentie pendant quelques jours, patient méfiant vis-à-vis du mode excentrique et risque de lésion musculaire si le sportif se voit imposer dans le même temps un entraînement plus exigeant sur le terrain. Le renforcement excentrique s'applique généralement à une fréquence de 2 à 3 séances par semaine avec un jour de récupération entre deux séances successives. Une observation originale après déchirure des ischio-jambiers concerne le déplacement de l'angle d'efficacité maximale [8, 20]: en effet, le moment de force maximum excentrique, qui se situe normalement en piste externe, apparaît régulièrement déplacé vers la piste moyenne, le patient n'osant pas ou n'étant pas capable de maintenir une contraction à haute intensité jusqu'à un état d'allongement

musculaire prononcé. Un objectif de la rééducation excentrique consistera à refamiliariser le patient avec ce secteur particulier. Le concept de transfert des gains de performance selon la spécificité de l'entraînement doit également s'envisager : si un déficit de force concentrique a été objectivé, il sera utile en complément du travail excentrique de réaliser un renforcement selon des modalités concentriques (le transfert d'un entraînement excentrique vers les performances concentriques restant aléatoire) *[cfr article D. Maquet et al. dans le même ouvrage]*.

Si le matériel isocinétique constitue la modalité de choix pour l'exécution de tests, les exercices rééducatifs excentriques peuvent être délivrés au moyen de dispositifs variés : application manuelle par le kinésithérapeute ou le préparateur physique sur le terrain, utilisation de charges directes ou mobilisées par filins ou chaînes, résistance élastique, ... Chaque modalité présente des avantages et des limites concernant la disponibilité et le coût du matériel, l'efficacité et la spécificité de l'entraînement, ainsi que la sécurité du patient. Dans le cadre de la dynamométrie isocinétique, certains avantages ont été soulignés en termes de sécurité. Mentionnons que l'utilisateur peut également gérer un « limiteur de couple » qui garantit de ne pas dépasser un niveau donné de tension musculaire : si le patient accède à un niveau de force supérieur à la limite fixée, le dispositif isocinétique s'arrête et le mouvement ne redémarre que lorsque la contraction respecte le seuil préétabli.

En conclusion, le mode de contraction excentrique semble intimement lié à la pathologie ischio-jambière. Lors de l'évaluation, le mode excentrique apparaît très discriminant en particulier sous la forme d'un ratio mixte  $IJ_{exc}/Q_{conc}$ . Dans le cadre rééducatif, l'utilisation d'exercices sous-maximaux et ensuite de programmes maximaux viseront des objectifs

spécifiques. Les stratégies préventives prennent, dans ce domaine, un essor considérable. Les modalités spécifiques des protocoles appliqués ainsi que les outils employés font l'objet de choix raisonnés.

## **Title: Pathologie ischio-jambière : évaluation et renforcement en mode excentrique**

### **Eccentric assessment and rehabilitation after hamstring strain**

#### **Summary**

Undoubtedly, hamstring strains have close connections with the eccentric mode of contraction. Several authors have confirmed the discriminating character of the eccentric isokinetic assessment, in particular using a mixed eccentric hamstrings / concentric quadriceps ratio. Low-intensity eccentric contractions promoting healing of good quality are recommended in the early phase of rehabilitation. Subsequently, strengthening exercises at high intensity contractions will be implemented. Tools to be used and specific modalities of the protocols are discussed in this paper.

## Références

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;26:231-237.
2. Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L., Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer : an intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 2008;18:40-8.
3. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riaucour A, Leslie S, Plant D, Cirone J. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med*. 1998;32 :309-314.
4. Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. Incidence, risk and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med* 2006;34:1297-306.
5. Clanton TO, Coupe KJ. Hamstring strains in athletes: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 1998;6:237-248.
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, Camus G, Ledent M, Lhermerout C, Crielaard JM. La relation force-vitesse étudiée en isocinétisme. *Arch Physiol Biochem* 1998;106B:70.
8. Croisier JL, Crielaard JM. Hamstring muscle tear with recurrent complaints : an isokinetic profile. *Isokinet Exerc Sci* 2000;8:175-180.
9. Croisier JL, Forthomme B, Namurois M, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J*

*Sports Med* 2002;30:199-203.

10. Croisier JL, Camus G, Forthomme B, Maquet D, Vanderthommen M, Crielaard JM. Delayed onset muscle soreness induced by eccentric isokinetic exercise. *Isokinet Exerc Sci* 2003;11:21-29.
11. Croisier JL. Isocinétisme et prévention lésionnelle musculaire In : Muscle traumatique et mécanique, Masson, Paris, 2005;173-179.
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. Croisier JL, Maquet D, Codine P, Forthomme B. Renforcement musculaire et rééducation : apport de l'isocinétisme. In : Renforcement musculaire et reprogrammation motrice, Masson, Paris, 2008;42-50.
14. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effects of hamstring-emphasized resistance training on hamstring : quadriceps strength ratios. *J Strength Condit Res* 2007;21: 41-7.
15. Järvinen M, Lehto M. The effects of early mobilisation and immobilisation on the healing process following muscle injuries. *Sports Med* 1993;15:78-89.
16. Jonhagen S, Nemeth G, Eriksson E. Hag injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med* 1994;22: 262-266.
17. Kujala UM, Orava S, Järvinen M. Hamstring injuries: current trends in treatment and prevention. *Sports Med.* 1997;3:397-404.
18. Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med.* 1997;25:81-85.

19. Petersen J, Holmich P. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Brit J Sports Med* 2005;39:319-23.
20. Proske U, Morgan DL, Brockett CL, Percival P. Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. *Clin Experim Pharmacol Physiol* 2004;31:546-550.
21. Reider B. A popular cult. *Am J Sports Med* 2008;36:1467-1468.



**Tableau I** : Modalités de l'évaluation isocinétique des lésions ischio-jambières

<i>Modalités</i>	<i>Rép. Familiarisation</i>	<i>Rép. Test</i>	<i>Temps récupération</i>
① Conc. 60°/s (Q + IJ)	3	3	1'
② Conc. 240°/s (Q + IJ)	3	5	1'
③ Exc. 30°/s (IJ)	3 (+ 3)	3	1'
④ Exc. 120°/s (IJ)	3	4	1'