

# Isocinétisme : aspects spécifiques chez le sportif

## 🔍 RÉSUMÉ | SUMMARY

L'isocinétisme s'inscrit comme une technique de référence dans la mesure des performances musculaires et la rééducation chez le sportif.

L'évaluation permet, pour différentes articulations, l'établissement de profils spécifiques à certaines disciplines. Ceci contribue à la mise en évidence de déséquilibres induits par la pratique, mais également à l'individualisation des entraînements. Les relations établies entre déséquilibre musculaire et risque lésionnel justifient l'utilisation des tests à des fins préventives.

L'isocinétisme s'applique également au cadre rééducatif : exercices à haute intensité pour corriger des déficits, programmes sous-maximaux, particulièrement en mode excentrique, destinés à l'adaptation du tissu musculo-tendineux.

*The isokinetic registers as a reference technique in measuring muscle performance and rehabilitation in athletes.*

*The evaluation for different joints, the establishment of specific profiles to certain disciplines. This contributes to the detection of imbalances induced by the practice, but also individualized workouts. The relationships between muscle imbalance and lesion risk justifies the use of tests for preventive purposes.*

*The isokinetic also applies to rehabilitative framework: high intensity exercises to correct deficits, submaximal programs, particularly in eccentric fashion, for the adaptation of the muscle-tendon tissue.*

**Pr Jean-Louis  
CROISIER**

**Dr Jean-François  
KAUX**

**Pr Jean-Michel  
CRIELAARD**

**Pr Bénédicte  
FORTHOMME**

**François  
DELVAUX\***

Kinésithérapeute

Département des  
Sciences de la  
Motricité  
Université de Liège  
et  
CHU Sart Tilman  
(Belgique)

Texte issu de la  
1<sup>ère</sup> Journée de  
rééducation de l'INSEP

Les auteurs  
déclarent ne pas  
avoir un intérêt  
avec un organisme  
privé industriel ou  
commercial en  
relation avec le sujet  
présenté

## 🔑 MOTS CLÉS | KEYWORDS

▶ Entraînement ▶ Évaluation des performances ▶ Prévention  
▶ Profils ▶ Rééducation

▶ Training ▶ Performance evaluation ▶ Prevention  
▶ Profiles ▶ Rehabilitation

**D**epuis de nombreuses années, l'isocinétisme s'inscrit comme une technique de référence dans l'évaluation des performances musculaires (fig. 1). L'utilisation de l'outil isocinétique, qu'elle soit clinique ou à des fins expérimentales, impose une démarche rigoureuse sur le plan méthodologique.

L'étape initiale d'élaboration du protocole requiert des choix essentiels :

- le mode de contraction : classiquement concentrique mais parfois excentrique pour des raisons de spécificité et en tenant compte des risques inhérents à ce type d'exercice ;
- le nombre de répétitions et le temps de récupération entre les tests successifs : compromis entre la nécessité d'obtenir la mesure d'une performance réellement maximale, sans occasionner de fatigue préjudiciable aux mesures suivantes.

L'analyse des paramètres constitue une autre clé essentielle (fig. 2, page suivante). Si le dynamomètre fournit un nombre important de données, l'utilisateur ne pourra retenir que les paramètres dont la reproductibilité a été vérifiée.

L'interprétation d'un test se fonde régulièrement sur :

- la comparaison bilatérale entre muscles homologues (asymétries en %) ;
- l'équilibre agonistes/antagonistes (exemple : ratio ischio-jambiers/quadriceps), mettant en relation la performance des deux groupes musculaires selon des modalités parfois variables [1] ;
- la qualité de force relative, normalisant le moment de force maximum par la masse corpo-



▶ **Figure 1**

**Exercice isocinétique :  
application à différentes articulations**

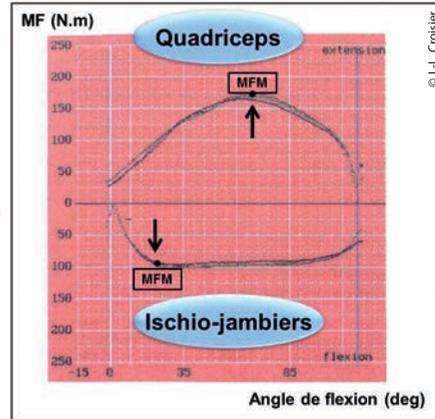
# Isocinétisme : aspects spécifiques chez le sportif

## Informations isocinétiques

⇨ courbes

⇨ paramètres chiffrés

- Moment force (MFM)
- Travail
- Puissance



► Figure 2

Information isocinétique :  
courbes et paramètres mesurés

relle du sujet (exemple : MFM/kg du quadriceps en concentrique à 60°/s). L'interprétation prend en considération au moins le sexe, l'âge et la pratique sportive.

L'utilisation de valeurs de référence et de « limites » paraît capitale pour affirmer l'éventuel caractère anormal d'une performance. Cependant, le manque de compatibilité entre dynamomètres de marques différentes doit être souligné.

L'effort méthodologique devrait concerner :

- les différentes articulations explorées : ainsi Forthomme *et al.* [2] démontrent l'influence de l'installation du sujet et du positionnement articulaire sur les performances des muscles rotateurs d'épaule ;
- la qualité musculaire explorée : dans le cadre d'épreuves de résistance à la fatigue, Bosquet *et al.* [3] précisent l'influence de la durée de l'exercice sur la reproductibilité des mesures.

Dans le domaine sportif, l'isocinétisme contribue au moins au suivi post-lésionnel, à la prévention et à l'individualisation de l'entraînement. Les points développés ci-après se basent sur notre expérience et n'illustrent pas exhaustivement les applications de l'isocinétisme.

## PROFIL LIÉ À LA PRATIQUE

Des entraînements spécifiques, la répétition de gestes stéréotypés à haute intensité, et parfois asymétriques, peuvent occasionner des adaptations particulières du profil musculaire.

Les sports de raquette induisent régulièrement une majoration de la performance isocinétique des muscles rotateurs internes de l'épaule dominante comparativement au membre supérieur non dominant [4].

Les asymétries atteignent régulièrement 20 %, même chez le jeune joueur si la pratique est déjà très régulière ; chez l'adulte, elles atteignent et dépassent parfois 30 %.

En revanche, les muscles rotateurs externes de l'épaule dominante se démarquent moins nettement du membre controlatéral. Il en résulte fréquemment un déséquilibre agonistes/antagonistes, avec réduction des ratios RE/RI (déséquilibre moins marqué ou absent cependant si le joueur bénéficie d'un programme régulier de compensation sur les rotateurs externes).

Dans notre expérience, la réduction la plus sévère des ratios RE/RI concerne la pathologie du nerf supra-scapulaire [5]. Chez le sportif sain, le déséquilibre est particulièrement évident chez le nageur de haut niveau, tant le développement des rotateurs internes est marqué.

Notons, dans les profils spécifiques établis sur base de valeurs moyennes, la variabilité interindividuelle parfois marquée entre sportifs d'une même discipline. Ceci précise l'intérêt des tests isocinétiques ainsi qu'un suivi longitudinal afin d'objectiver l'apparition d'un déséquilibre, une réduction des performances ou l'efficacité d'un programme de remédiation.

L'utilisation du paramètre qualité de force relative contribue également à situer le sportif et à mieux individualiser l'entraînement. Dans une étude [6] concernant le membre inférieur chez le joueur de football professionnel, nous retrouvons pour le quadriceps en concentrique à 60°/s, une valeur moyenne de 3 N.m/kg.

En pratique, l'analyse actuelle des tests de début de saison chez les joueurs professionnels permet d'identifier des valeurs parfois très extrêmes : 2,2-2,5 N.m/kg (niveau d'une population sédentaire !) à 3,5-4 N.m/kg (profil correspondant aux sports de vitesse et d'explosivité). Les résultats peuvent servir au préparateur physique afin d'éventuellement individualiser la composante « renforcement musculaire » dans le programme d'entraînement (fig. 3).

## RELATION AVEC LES PERFORMANCES DE TERRAIN

L'exercice isocinétique, par son caractère mono-articulaire, unidirectionnel et limité en vitesse angulaire maximale, apparaît éloigné de la complexité de gestes fonctionnels et sportifs. Les utilisateurs restent très conscients de cet aspect. Cependant, des relations ont parfois été établies entre performances isocinétiques et performances de terrain, en particulier pour le membre supérieur dans des sports d'armer-lancer ou de frappe.

Ainsi, la performance au lancer du javelot présente des corrélations significatives ( $0,61 \leq r \leq 0,89$ ) avec les performances isocinétiques des muscles rotateurs d'épaule testés en décubitus dorsal, bras à  $90^\circ$  d'abduction dans le plan frontal [7]. De façon originale, les corrélations les plus élevées concernaient les rotateurs externes [7].

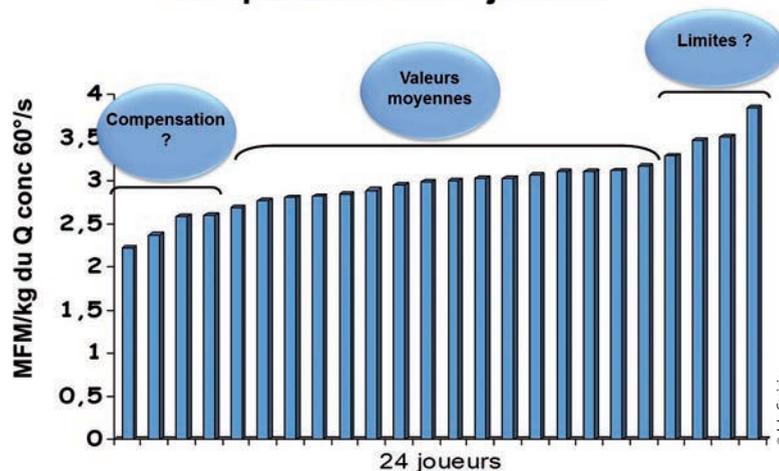
En volley-ball, Forthomme *et al.* [8] ont démontré des corrélations significatives entre la vitesse de la balle lors du smash et la performance isocinétique des rotateurs internes d'épaule, ainsi que des fléchisseurs et extenseurs de coude ( $0,46 \leq r \leq 0,63$ ). Ces informations pourraient contribuer à orienter l'entraînement musculaire.

## RELATION DÉSÉQUILIBRES MUSCULAIRES/RISQUE LÉSIONNEL

Le concept d'équilibre de force musculaire agoniste/antagoniste retient fréquemment l'attention des cliniciens et des chercheurs impliqués dans l'analyse des mécanismes de survenue lésionnelle [1].

Bien que parfois controversée, une relation entre déséquilibre de force musculaire agoniste/antagoniste et survenue lésionnelle est régulièrement suggérée. Chez 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 [9]. Une hypothèse évoquait une rééducation incomplète, sans pouvoir affirmer à ce stade que le déséquilibre contribuerait à la récurrence lésionnelle.

## FOOTBALL PROFESSIONNEL : Comparaison entre joueurs



► Figure 3

Qualité de force relative (Qconc 60°/s) : comparaison entre joueurs d'un club de football

Un travail ultérieur [10] a démontré qu'un programme individuel de renforcement, établi sur la base d'anomalies préalablement objectivées et conduit jusqu'à normalisation des performances, contribuait à une réduction significative des perturbations lors du retour aux activités sportives.

Notons que la seule qualité de force sur un groupe musculaire donné a parfois été rapportée comme facteur de risque ou élément protecteur, sans lien automatique avec un déséquilibre agonistes/antagonistes [1] :

- dans une étude prospective consacrée aux joueurs de volley-ball de haut niveau, Forthomme *et al.* [11] démontrent que des performances excentriques élevées des RI et des RE constituent un facteur protecteur par rapport au risque lésionnel de l'épaule ;
- chez de jeunes joueurs de baseball, des performances élevées sur les RI et RE majoreraient le risque lésionnel au coude [12] ;
- Mahieu *et al.* [13] avancent qu'une insuffisance de performance des muscles fléchisseurs plantaires pourrait représenter un facteur de risque intrinsèque favorisant l'apparition d'une tendinopathie achilléenne ;
- pour Fousekis *et al.* [14], l'insuffisance de force excentrique des dorsi-fléchisseurs de cheville serait de nature à contribuer à la survenue d'accidents de type entorse sur cette articulation.

Il semble très pertinent d'inscrire le test isocinétique parmi les critères conditionnant la reprise sportive après certaines blessures. La lésion ischio-jambière représente un excellent exemple pour lequel Delvaux et coll. [15] ont investigué la démarche de terrain chez les médecins de clubs de football professionnels.

Pour certaines pathologies et/ou chirurgies, nous soulignons la grande variabilité interindividuelle en terme de cinétique de récupération de la force musculaire [16, 17].

Objectiver le niveau de récupération musculaire par des tests permet de mieux individualiser rééducation et phase de réathlétisation. Dans notre expérience clinique, après plastie du LCA de type DIDT, la reprise d'exercices de vitesse, malgré un déficit excentrique récurrent des ischio-jambiers, majore le risque de lésion ultérieure sur ce groupe musculaire.

### PRÉVENTION PRIMAIRE

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 chez le joueur de football professionnel [6] a permis les observations suivantes :

- les joueurs présentant un déséquilibre de force identifié par isocinétisme en début de saison (en particulier réduction du ratio mixte  $I_{jexc} 30^\circ/s / Q_{conc} 240^\circ/s$ ) et non traité spécifiquement se caractérisent au cours de la saison suivante par un risque lésionnel ischio-jambier multiplié par 4 en comparaison avec les joueurs équilibrés sur le plan musculaire ;
- la correction des anomalies identifiées en début de saison permet la réduction significative du risque lésionnel ainsi ramené au niveau de celui concernant les joueurs parfaitement équilibrés ;
- cette réduction du risque de déchirure n'apparaît cependant effective que chez les joueurs dont la normalisation a été prouvée lors de tests de contrôle ;
- de façon originale, les joueurs dont le ratio mixte était supérieur à 1,40 n'avaient subi dans cette

série, lors du suivi longitudinal, aucune lésion des muscles ischio-jambiers !

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 lésion ischio-jambière. Corriger les déséquilibres réduit le risque lésionnel.

### PROGRAMMES EXCENTRIQUES SOUS-MAXIMAUX

Si l'exercice isocinétique se base régulièrement sur des contractions d'intensité maximale (conditions de test et de renforcement en rééducation), divers programmes sous-maximaux sont également appliqués, particulièrement en excentrique [18].

Après lésion musculaire, 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 [19]. L'objectif spécifique concerne la qualité du tissu cicatriciel, en terme d'orientation favorable des fibres par exemple [20].

Les modalités généralement appliquées combinent indolence absolue, vitesses très lentes ( $10^\circ/s$  à  $30^\circ/s$  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. En respectant les délais de cicatrisation, l'exercice excentrique sera progressivement intensifié.

Les contractions excentriques peuvent alors participer au renforcement neuromusculaire, sur des muscles à vocation frénatrice tels les ischio-jambiers [21].

Le traitement des tendinopathies intègre parfois, en dehors de la phase aiguë, les protocoles excentriques pour les tendons achilléens, rotuliens et même épicondyliens [22, 23]. Cette application vise à l'adaptation structurale du tendon dans le but de le protéger des microlésions résultant des contraintes extérieures [24]. L'exercice intègre les paramètres d'allongement résisté de l'unité musculo-tendineuse (selon une amplitude de mouvement définie), la vitesse du mouvement et l'intensité de la contraction.

Les modalités d'application du protocole conditionnent son efficacité : vitesse lente et intensité sous-maximale au stade initial, ces deux paramètres étant progressivement intensifiés en respectant strictement l'indolence ; le débattement articulaire sélectionné intégrera dès que possible le secteur d'allongement maximal (piste externe).

Le nombre de répétitions apparaît élevé, pouvant atteindre 100 à 150 répétitions réparties en séries pour le tendon rotulien (tab. I). Un minimum de 20 à 30 séances de traitement, à raison de 3 fois par semaine, semble nécessaire pour une efficacité optimale. ✖

### ► Tableau I

Schéma de base d'un protocole isocinétique excentrique sous-maximal appliqué au tendon rotulien

Séances	Muscle impliqué	Vitesses	Séries x répétitions	Intensités
1 → 5	Quadriceps	30°/s	3-5 x 20	± 30 % max.
6 → 10	Quadriceps	60°/s → 120°/s	3-5 x 20	± 30 % max.
11 → 20	Quadriceps	30°/s → 60°/s	5-10 x 15	± 30 % → ± 60 % max.
21 → 30	Quadriceps	30°/s → 120°/s	5-10 x 10-15	> 60 % max.



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Croisier JL, Delvaux F, Kaux JF, Julia M, Crielaard JM, Forthomme B. L'équilibre de force musculaire agonistes/antagonistes. In: *Prévention des troubles musculo-squelettiques chez le sportif*. Montpellier : Sauramps Médical, 2013 : 70-8.
- [2] Forthomme B, Dvir Z, Crielaard JM, Croisier JL. Isokinetic assessment of the shoulder rotators: A study of optimal test position. *Clin Physiol Funct Imaging* 2011;31:227-32.
- [3] Bosquet L, Maquet D, Forthomme B, Nowak N, Lehance C, Croisier JL. Effect of the lengthening of the protocol on the reliability of muscle fatigue indicators. *Int J Sports Med* 2010;31:82-8.
- [4] Forthomme B. *Exploration musculaire isocinétique de l'épaule* [Thèse de Doctorat - Faculté de médecine - Université de Liège, Belgique, 2005].
- [5] Forthomme B, Wang FC, Mazza L, Crielaard JM, Croisier JL. Explorations isocinétique et électromyographique de l'épaule atteinte d'une lésion du nerf supra-scapulaire. In: *Épaule neurologique et médecine de rééducation*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson SAS, 2009 : 47-55.
- [6] 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;36:1469-75.
- [7] Forthomme B, Crielaard JM, Forthomme L, Croisier JL. Field performance of javelin throwers: Relationship with isokinetic findings. *Isokinet Exerc Sci* 2007;15:195-202.
- [8] Forthomme B, Croisier JL, Ciccarone G, Crielaard JM, Cloes M. Factors correlated with volleyball spike velocity. *Am J Sports Med* 2005;33:1513-9.
- [9] Croisier JL, Crielaard JM. Hamstring muscle tear with recurrent complaints: An isokinetic profile. *Isokinet Exerc Sci* 2000;8:175-80.
- [10] 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.
- [11] Forthomme B, Wieczorek V, Frisch A, Crielaard JM, Croisier JL. Shoulder pain among high-level volleyball players and preseason features. *Med Sci Sports Exerc* 2013;45:1852-60.
- [12] Harada, Takahara M, Mura N, Sasaki J, Ito T, Ogino T. Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *J Shoulder Elbow Surg* 2010;19:502-7.
- [13] Mahieu NN, Witvrouw E, Stevens V, Van Tiggelen D, Roget P. Intrinsic risk factors for the development of Achilles tendon overuse injury. A prospective study. *Am J Sports Med* 2006;34:226-35.
- [14] Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Intrinsic risk factors of noncontact ankle sprains in soccer: A prospective study on 100 professional players. *Am J Sports Med* 2012;40:1842-50.
- [15] Delvaux F, Rochongar P, Ferret J, Kaux JF, Crielaard JM, Croisier JL. La lésion musculaire des ischio-jambiers. In: *Prévention des troubles musculo-squelettiques chez le sportif*. Montpellier : Sauramps Médical, 2013 : 153-65.
- [16] Forthomme B, Willems S, Hurllet S, Berger JP, Houben G, Croisier JL. Shoulder isokinetic profile after Latarjet's technique. *Isokinet Exerc Sci* 2005;13:71-6.
- [17] Croisier JL, Gremaux V, Maquet D, Crielaard JM. Évaluation excentrique après plastie du LCA : modalités et profils. In: *Exercice musculaire excentrique*. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2009 : 97-102.
- [18] Croisier JL, Maquet D, Codine P, Forthomme B. Renforcement musculaire et rééducation : apport de l'isocinétisme. In: *Renforcement musculaire et reprogrammation motrice*. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2008 : 42-50.
- [19] Croisier JL, Crielaard JM, Maquet D, Forthomme B. Pathologie ischio-jambière : évaluation et renforcement en mode excentrique. In: *Exercice musculaire excentrique*. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2009 : 125-30.
- [20] Järvinen M, Lehto M. The effects of early mobilisation and immobilisation on the healing process following muscle injuries. *Sports Med* 1993;15:78-89.
- [21] Croisier JL, Maquet D, Crielaard JM, Forthomme B. Quelles applications du travail excentrique en rééducation ? *Kinesither Rev* 2009;85-86:56-7.
- [22] Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, Lorentzon R. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendonitis. *Am J Sports Med* 1998;26:360-6.
- [23] Croisier JL, Foidart-Dessalle M, Tinant F, Crielaard JM, Forthomme B. An isokinetic eccentric program for the management of chronic lateral epicondylar tendinopathy. *Br J Sports Med* 2007;41:269-75.
- [24] Curwin S. *Acute sports injuries: The aetiology and treatment of tendinitis*. In: Harries M, Williams C, Stanish WD, Micheli LJ (eds.) Oxford textbook of sports medicine. Oxford: Oxford University Press, 1994: 512-28.

Autres publications via Orbi :  
<http://orbi.ulg.ac.be/browse?type=author&gpp=20&value=Croisier%2C+Jean-Louis+p001608>