

**DIU de la Pathologie Locomotrice liée à la Pratique du Sport**  
**Année 2016-2017**

# **Biomécanique du sprint et lésion des ischio-jambiers**

**Pascal EDOUARD**

*MD, PhD*

MCU-PH en Physiologie et Médecine du Sport  
Service de Physiologie Clinique et de l'Exercice  
Unité de Médecine du Sport  
CHU de Saint-Etienne

*Pascal.Edouard42@gmail.com*



Tendon du  
m. biceps fémoral  
chef long

Tendon du  
m. semitendineux

M. semimembraneux

M. biceps fémoral  
chef court

F. récurrent  
(lig<sup>1</sup> poplité oblique)  
F. réfléchi  
F. direct

# Pourquoi s'intéresser aux lésions musculaires des ischio-jambiers ?

M. biceps fémoral  
chef long

M. biceps fémoral  
chef court

M. semimembraneux

Lig<sup>1</sup> poplité  
oblique

Fig. 20-4. Le muscle semimembraneux

Fig. 20-5. Les muscles semitendineux et biceps fémoral

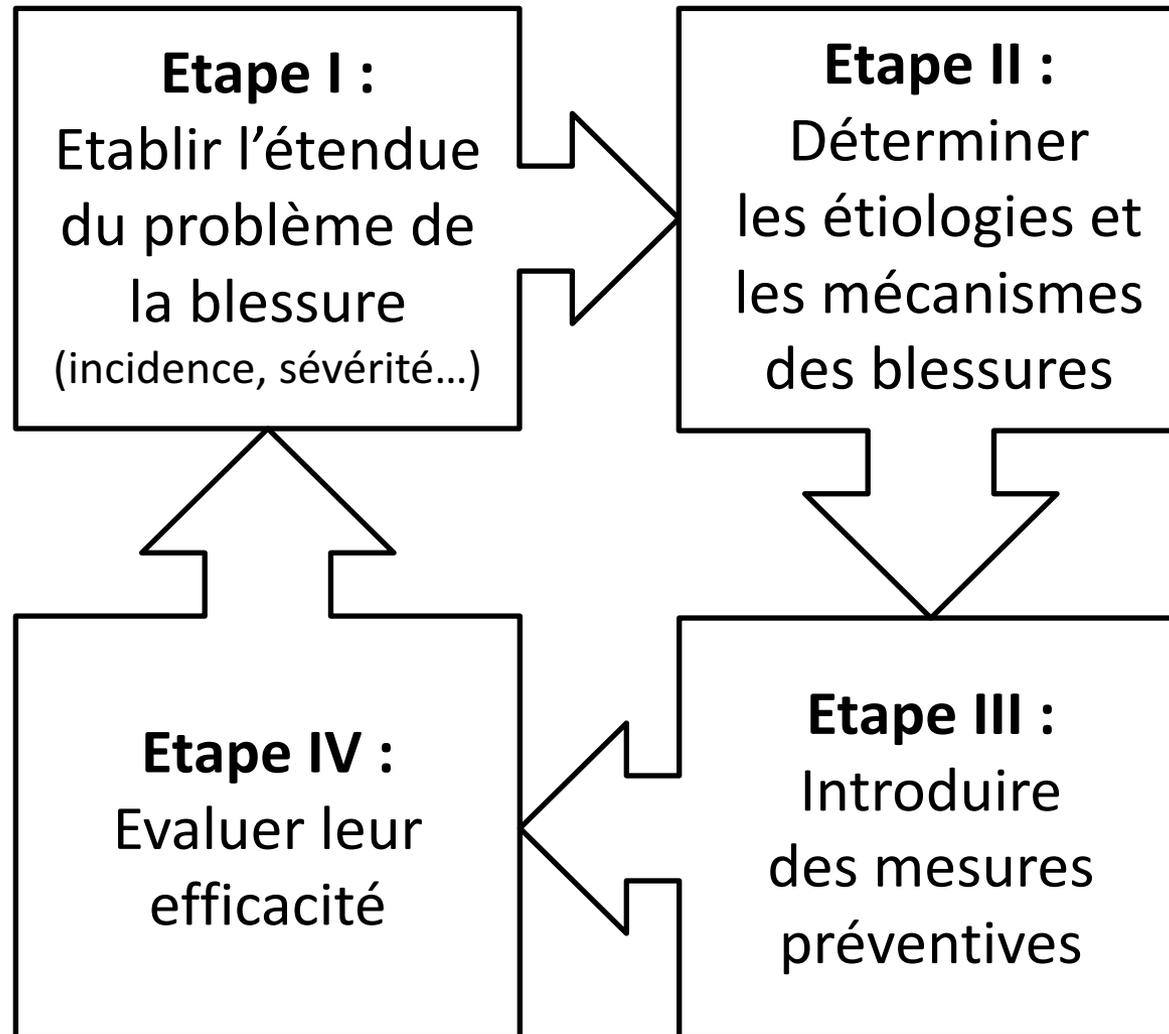


Médical



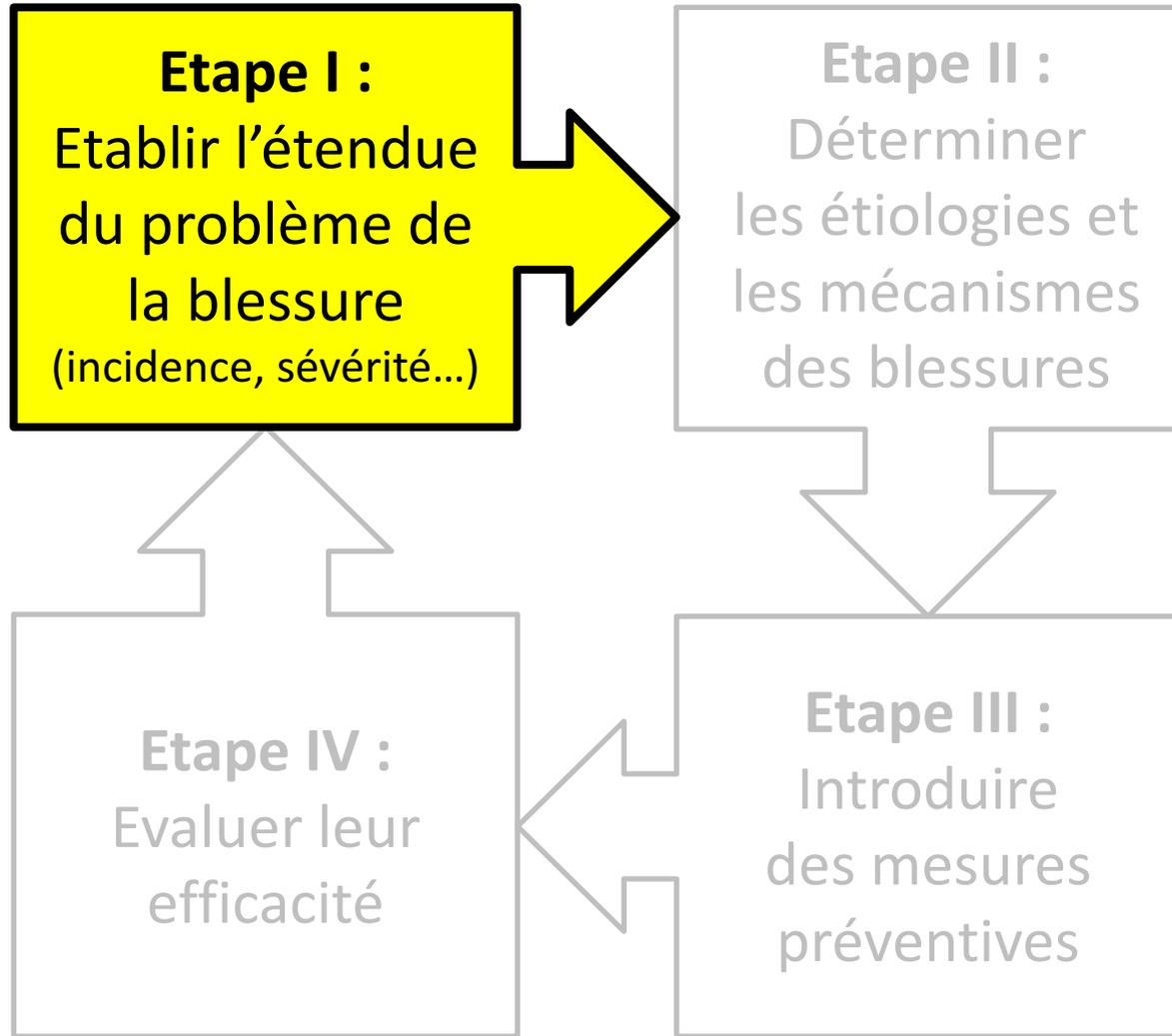


# Prévention des blessures en sport





INTERNATIONAL  
OLYMPIC  
COMMITTEE





# Lésions musculaires des ischio-jambiers

- 1<sup>ère</sup> blessure dans sports avec accélérations et sprints
- Foot ou Rugby :
  - ≈ 15% des lésions sur une saison
  - ≈ 18 jours d'absence par saison
  - lésions récidivantes : 15 à 30 %



*Ekstrand et al. 2011, 2014, Engebretsen et al. 2013*

TABLE 2  
Incidence, Prevalence, and Nature of 4 Most Common Muscle Injuries

*Ekstrand et al. 2011*

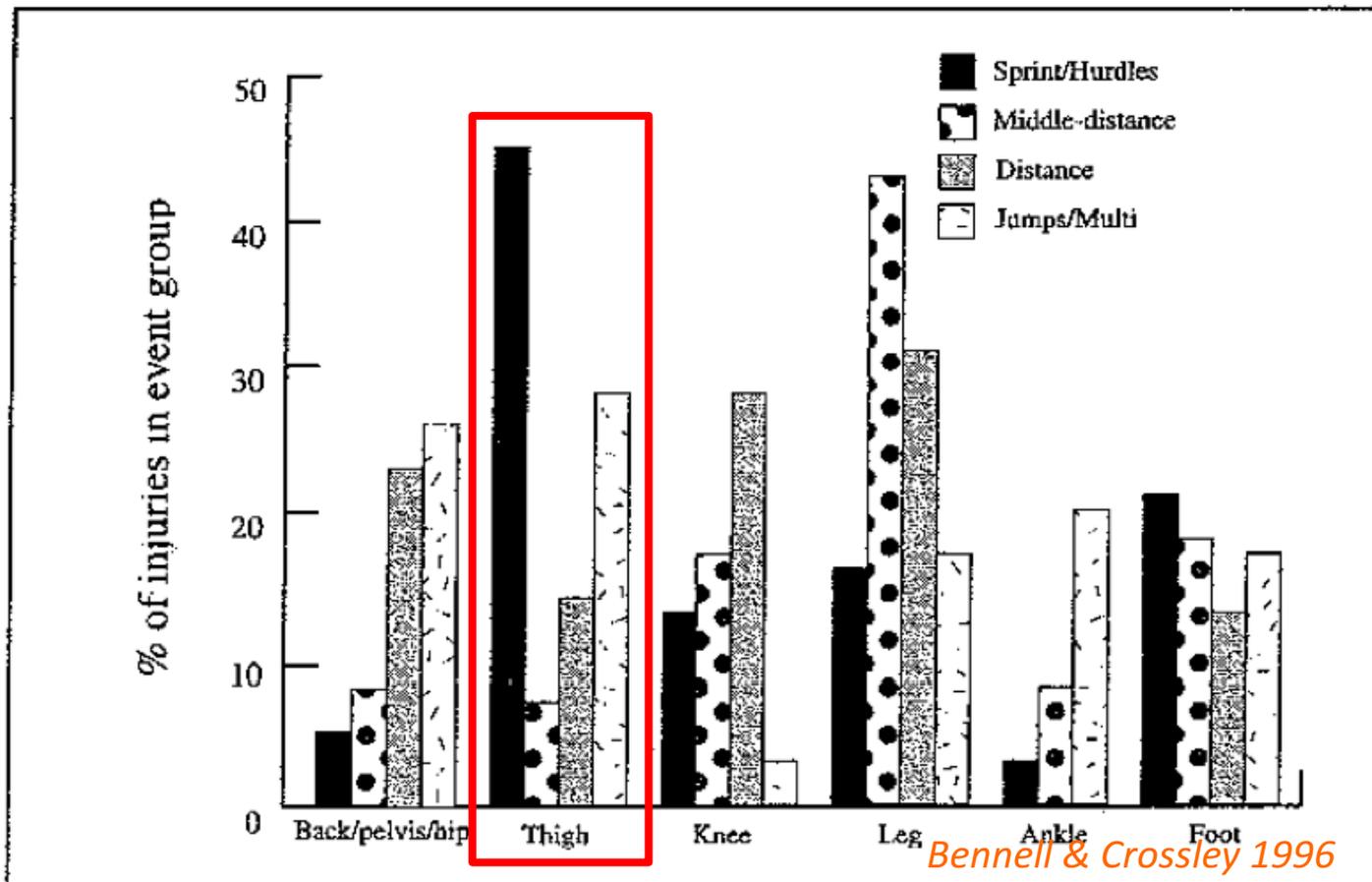
	Hamstrings	Quadriceps	Adductors	Calf Muscles
n (% of total no. of injuries)	1084 (12)	485 (5)	672 (7)	368 (4)
Season prevalence, %	17	8	14	6
Total injury incidence (95% confidence interval)	0.92 (0.87-0.98)	0.41 (0.38-0.45)	0.57 (0.53-0.62)	0.31 (0.28-0.35)
Injury incidence, training <sup>a</sup>	0.43 (0.39-0.47)	0.28 (0.25-0.32)	0.32 (0.29-0.36)	0.18 (0.16-0.21)
Injury incidence, match <sup>a</sup>	3.70 (3.43-3.99)	1.15 (1.00-1.32)	2.00 (1.80-2.22)	1.04 (0.90-1.20)
Injury severity (%)				
Minimal (1-3 days)	140 (13)	60 (12)	119 (18)	50 (14)
Mild (4-7 days)	272 (25)	120 (25)	210 (31)	93 (25)
Moderate (8-28 days)	556 (51)	233 (48)	275 (41)	177 (48)
Severe (>28 days)	116 (11)	72 (15)	68 (10)	48 (13)
Days of absence/injury, mean ± SD	14.3 ± 14.9	16.9 ± 19.2	14.0 ± 24.3	14.7 ± 14.4
Injury burden <sup>b</sup>	13.2 (13.0-13.4)	7.0 (6.8-7.1)	8.0 (7.8-8.2)	4.6 (4.5-4.7)
Reinjuries (%)	174 (16)	81 (17)	124 (18)	48 (13)

<sup>a</sup>Injury incidence for muscle injuries expressed as number of injuries/1000 hours of total exposure (95% confidence interval).



# Lésions des membres inférieurs et musculaires = 1<sup>ère</sup> pathologies en athlétisme

Figure 4: Anatomical site of injury in each event group





# Lésions musculaires des ischio-jambiers

- 1<sup>ère</sup> blessure en championnat d'athlétisme ( $\approx 17\%$ )

*Malliaropoulos et al. 2009 et 2011, Edouard et al. 2011, 2014, 2016, Alonso et al. 2012*

**Table 1** Incidences of injuries and hamstring muscle injuries per 1000 registered athletes and relative risks (RR) of injury with lower and upper limits of 95% of confident interval ( $\pm 95\%$  CI) in male and female athletes during outdoor (WOC 2009, WOC 2011, WOC 2013, EOC 2012, EOC 2014) and indoor (WIC 2014, EIC 2011, EIC 2013, EIC 2015) championships.

	Outdoor and indoor championships			RR	(95%CI)
	Male	Female			
Incidence of injuries					
All <sup>£#</sup>	113.7 $\pm$ 8.4	87.5 $\pm$ 8.2		1.30	(1.18-1.43)* small
In-competition <sup>£#</sup>	87.7 $\pm$ 7.6	65.9 $\pm$ 7.2		1.33	(1.19-1.49)* small
Time-loss in-competition injuries <sup>£#</sup>	43.9 $\pm$ 5.5	33.2 $\pm$ 5.2		1.32	(1.12-1.56)* small
Incidence of hamstring muscle injuries <sup>1</sup>					
All <sup>£</sup>	22.4 $\pm$ 3.4	11.5 $\pm$ 2.2		1.94	(1.42-2.66)* moderate
In-competition <sup>£</sup>	17.4 $\pm$ 3.0	8.8 $\pm$ 1.9		1.98	(1.38-2.83)* moderate
Time-loss in-competition injuries	10.9 $\pm$ 2.4	6.5 $\pm$ 1.7		1.67	(1.09-2.56)* small

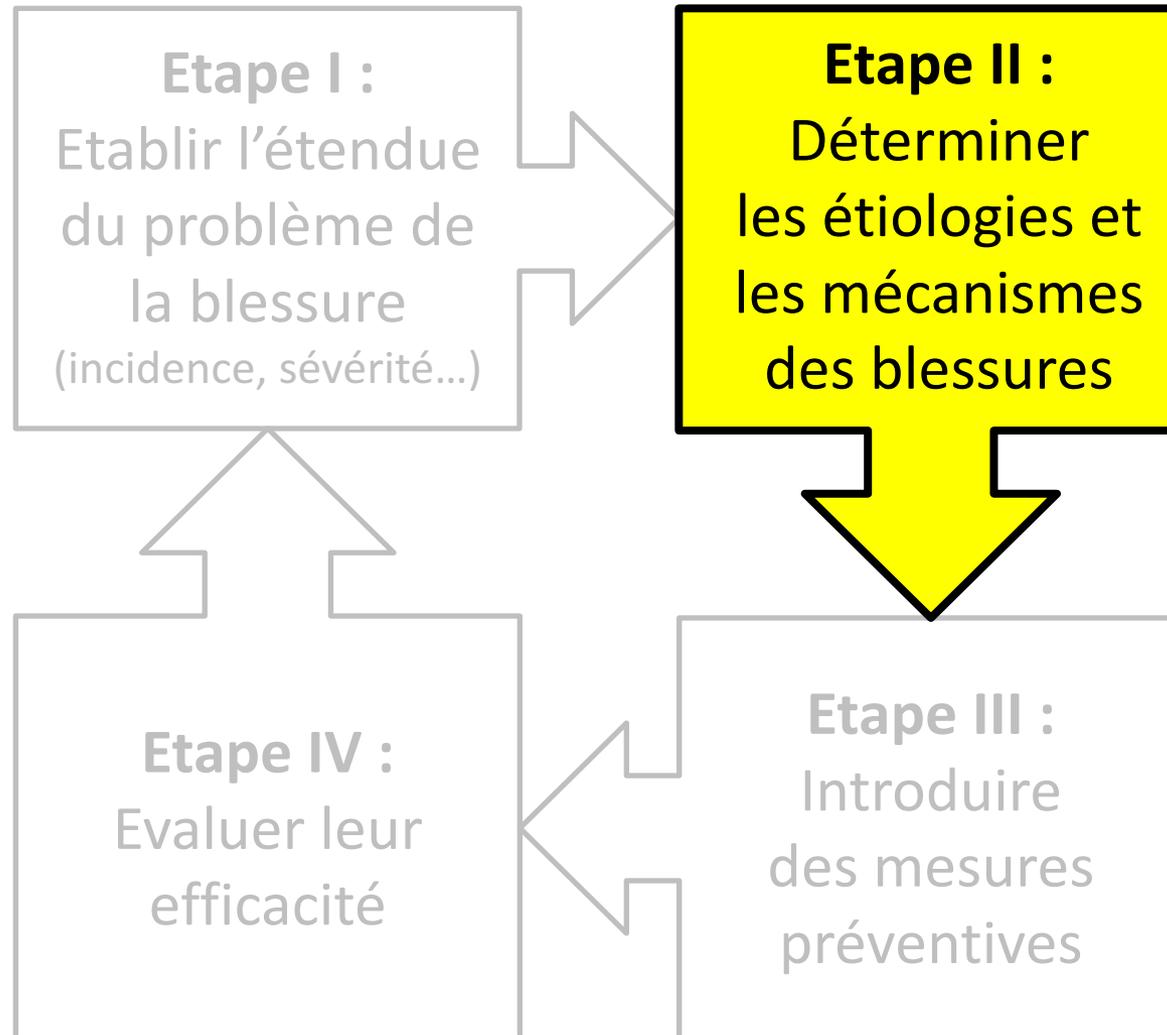
\*Significant relative risk between male and female athletes ( $p < 0.05$ ).

<sup>£</sup> Significant difference between outdoor and indoor championships for male athletes ( $p < 0.05$ ).

<sup>#</sup> Significant difference between outdoor and indoor championships for female athletes ( $p < 0.05$ ).



*Edouard et al. 2016*





# Facteurs de risque

- Age
- Antécédent d'un lésion
- Augmentation de force du quadriceps
- Déséquilibre musculaire IJ/Q

*Croisier et al. 2008, Opar et al. 2012, Freckleton et al. 2013*

- En athlétisme :
  - Circonstances : 1er partie de saison *Yeung et al. 2009*
  - Sexe : garçons > filles *Opar et al. 2013*
  - Age : Masters > jeunes *Opar et al. 2013*
  - Disciplines : 4x400m > 4x100m *Opar et al. 2013*
  - Antécédent (grade II) *Malliaropoulos et al. 2011*
  - Ratio IJ/Q à 180° .sec<sup>-1</sup> < 60% *Yeung et al. 2009*





# Quelle est la place de la force dans les lésions musculaires des ischio-jambiers ?

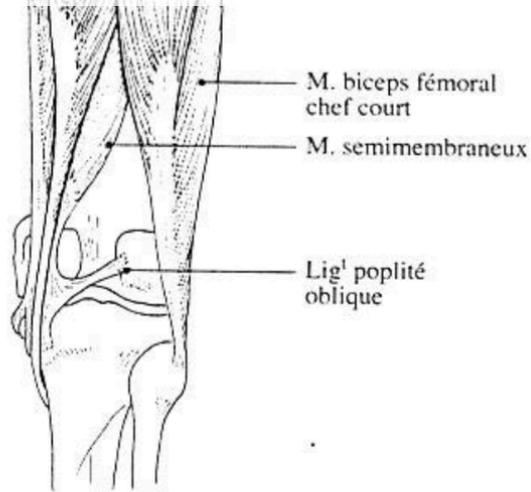


Fig. 20-4. Le muscle semimembraneux

Fig. 20-5. Les muscles semitendineux et biceps fémoral



# Force après lésion ?

At return to play following hamstring injury the majority of professional football players have residual isokinetic deficits

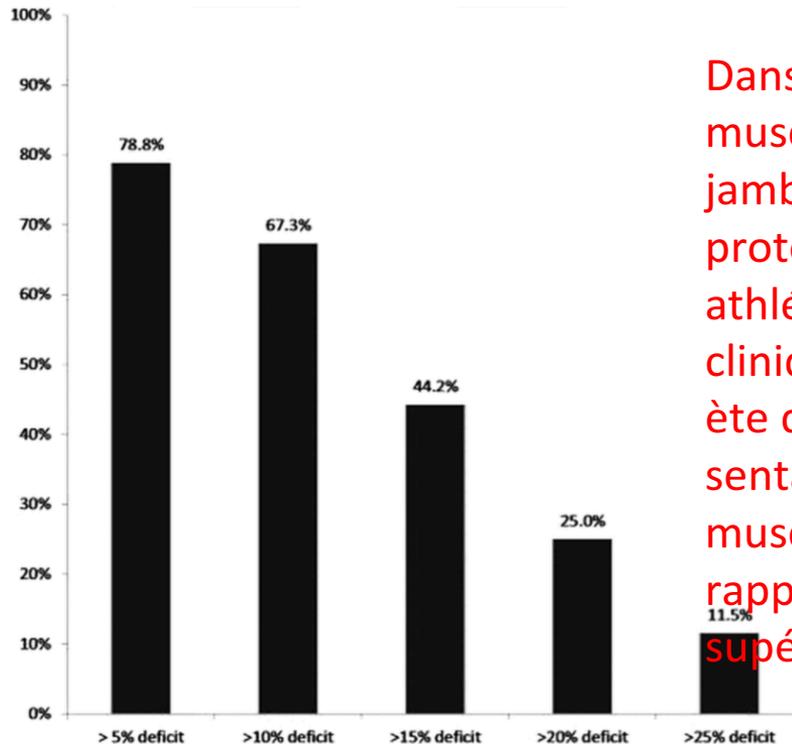
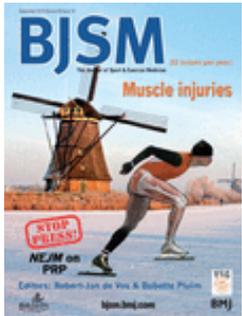
Johannes L Tol,<sup>1</sup> Bruce Hamilton,<sup>2</sup> Cristiano Eirale,<sup>1</sup> Patrice Muxart,<sup>1</sup> Philipp Jacobsen,<sup>1</sup> Rod Whiteley<sup>1</sup>

*Br J Sports Med* 2014;**48**:1364–1369.



**Retour sur le terrain**

**Médical**



Dans les suites d'une lésion musculaire aiguë des ischio-jambiers, après avoir réalisé le protocole de rééducation et de réathlétisation, et lorsque l'examen clinique autorisait une reprise complète du football, 67 % des joueurs présentaient une différence de force musculaire des ischio-jambiers par rapport au côté controlatéral sain supérieurs à 10 %.

**Figure 2** Percentage of players (y-axis) who failed to meet any one of the three hamstring-related criteria with varying cut-points from 5% side-to-side deficit up to 25% side-to-side deficit (x-axis). Hamstring-related criteria were: knee flexion concentric at 60°•s<sup>-1</sup> and 300°•s<sup>-1</sup>, as well as eccentric at 60°•s<sup>-1</sup>.



ELSEVIER

Annales de réadaptation et de médecine physique 46 (2003) 601–606

 ANNUALES  
 DE RÉADAPTATION  
 et de MÉDECINE PHYSIQUE

[www.elsevier.com/locate/anmrp](http://www.elsevier.com/locate/anmrp)

# Force ?

Article original

## Conséquences et prédiction des lésions musculaires des ischiojambiers à partir des paramètres isocinétiques concentriques et excentriques du joueur de football professionnel

### Consequences and prediction of hamstring muscle injury with concentric and eccentric isokinetic parameters in elite soccer players

 M. Dauty <sup>a,\*</sup>, M. Potiron-Josse <sup>b</sup>, P. Rochcongar <sup>c</sup>
<sup>a</sup> Pôle de médecine physique et réadaptation, hôpital Saint-Jacques, CHU de Nantes, 44035 Nantes cedex 01, France

<sup>b</sup> Service de médecine du sport, hôpital Saint-Jacques, CHU de Nantes, 44035 Nantes cedex 01, France

<sup>c</sup> Unité de biologie et de médecine du sport, CHU de Rennes, 35033 Rennes cedex 09, France

Reçu le 26 février 2003 ; accepté le 25 avril 2003



Médical

A distance

#### Résumé

**Objectif.** – Savoir si les paramètres isocinétiques identifient un antécédent de lésion musculaire des ischiojambiers (IJ) et prédisent une nouvelle lésion musculaire chez le footballeur de haut niveau.

**Méthode.** – La force isocinétique concentrique (con) et excentrique (exc) de 28 footballeurs de haut niveau (23 ans ± 3,3 ; 74 kg ± 7,5 ; 178 cm ± 6,5) a été mesurée à la vitesse de 60 deg/seconde. Dans un premier temps, 11 joueurs, victimes de 15 lésions modérées ou majeures des ischiojambiers dans les deux années précédant les tests, ont été comparés avec 17 joueurs sans antécédent musculaire. La comparaison a été réalisée à partir des ratios isocinétiques fléchisseurs sur extenseurs [IJ(con)/Q(con) et IJ(exc)/Q(con)] et des ratios bilatéraux des ischiojambiers [IJ(con)/IJ(con) et IJ(exc)/IJ(exc)]. Dans un second temps, la population a été suivie pendant 12 mois et le profil musculaire isocinétique des joueurs qui ont présenté une récurrence ou une lésion de novo a été analysé.

**Résultats.** – Un ratio IJ(con)/Q(con) inférieur ou égal à 0,6 et une asymétrie des IJ de plus de 10 % ne permettent pas d'identifier un antécédent de lésion musculaire des ischiojambiers. En revanche, le ratio mixte IJ(exc)/Q(con) inférieur ou égal à 0,6 représente le meilleur indicateur (probabilité : 77,5 %). Le taux de récurrence de lésions des ischiojambiers est de 30 % (3 cas sur 10) et le taux de lésions des ischiojambiers de novo est de 31 % (5 cas sur 16) ( $p > 0,05$ ). Un seul joueur sur cinq blessés de novo, présentait un ratio IJ(con)/Q(con) inférieur ou égal à 0,6, et aucun ne présentait un ratio mixte IJ(exc)/Q(con) inférieur ou égal à 0,6. En revanche, quatre joueurs sur les cinq blessés de novo, présentaient une asymétrie des fléchisseurs sur un mode concentrique et excentrique. Mais, c'est le côté le plus fort qui a présenté une nouvelle lésion musculaire des ischiojambiers.

**Conclusion.** – Malgré la reprise de la compétition, un ratio mixte IJ(exc)/Q(con) inférieur ou égal à 0,6 permet d'identifier un antécédent de lésion des ischiojambiers. Cependant, ce ratio et les autres paramètres isocinétiques étudiés ne permettent pas de prédire la survenue d'une récurrence ou d'une nouvelle lésion musculaire.

# Force après lésion ?

Article original

Conséquences et prédiction des lésions musculaires des ischiojambiers  
à partir des paramètres isocinétiques concentriques et excentriques  
du joueur de football professionnel

Consequences and prediction of hamstring muscle injury with concentric  
and eccentric isokinetic parameters in elite soccer players

M. Dauty <sup>a,\*</sup>, M. Potiron-Josse <sup>b</sup>, P. Rochcongar <sup>c</sup>

**Tableau 8.2.** Déficit de force des ischio-jambiers après une lésion  
musculaire des ischio-jambiers en football, visualisable  
sur les ratios IJ exc./Q conc. et bilatéraux, d'après Dauty *et al.* [12].



Médical

**A distance**

Ratios	Footballeurs sans antécédent de lésion des ischio-jambiers (n = 17)	Footballeurs avec antécédent de lésion des ischio-jambiers (n = 11)
IJ conc./Q conc.	0,67 ± 0,09	0,62 ± 0,13
IJ exc./Q conc.	0,80 ± 0,15*	0,65 ± 0,21*
Bilatéral IJ conc.	1,00 ± 0,12*	0,82 ± 0,14*
Bilatéral IJ exc.	0,94 ± 0,15*	0,79 ± 0,23*

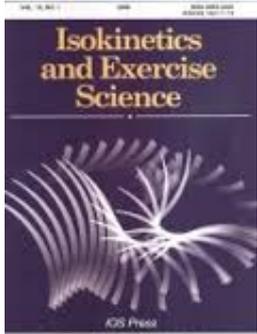
IJ : ischio-jambiers ; Q : quadriceps ; conc. : concentrique ; exc. : excentrique.

Le ratio bilatéral IJ était calculé en faisant le rapport du moment de force maximum des ischio-jambiers du côté avec l'antécédent de lésion sur le moment de force maximum des ischio-jambiers du côté sain.

\* Différence significative entre les deux groupes.



# Force après lésion ?



## Hamstring muscle tear with recurrent complaints: An isokinetic profile

Jean-Louis Croisier\* and Jean-Michel Crielaard  
Isokinetics and Exercise Science 8 (2000) 175–180



### Plainte récurrente

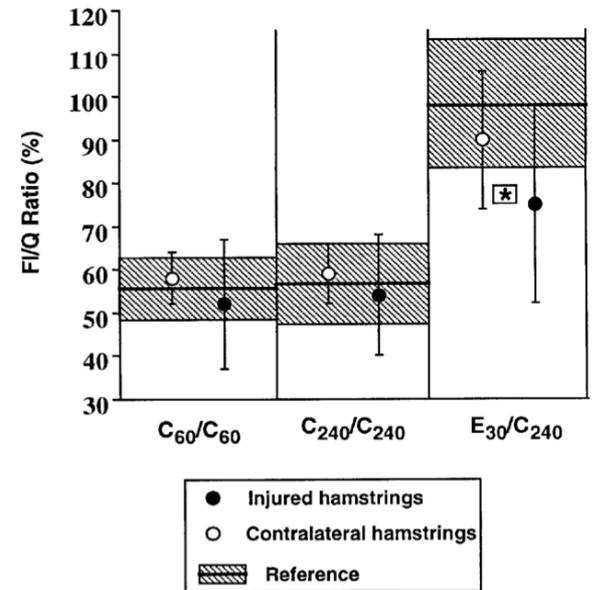
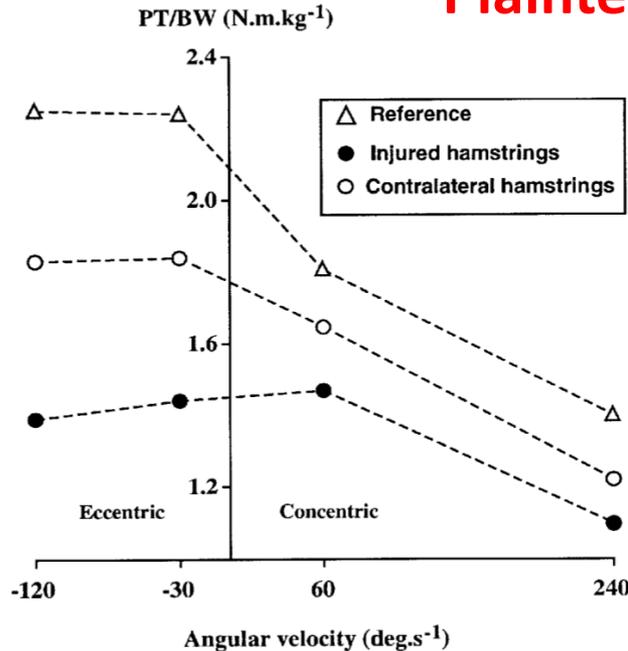
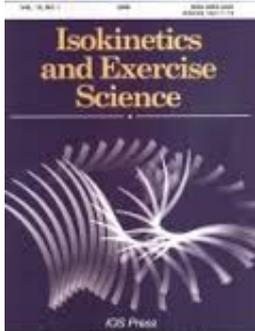


Fig. 2. Flexors/Quadriceps ratios (mean ± SD) calculated in the concentric mode at 60 and 240° .s<sup>-1</sup> (n = 23) or mixed Flecc/Qconc (n = 15). Comparative study between healthy and injured hamstrings. Characteristic values of a normal control group (mean ± SD) are represented.

Fig. 1. Representation of the bodyweight normalized PT-angular speed (eccentric 30° .s<sup>-1</sup> to concentric 240° .s<sup>-1</sup>) for a group of healthy sprinters, the injured and contralateral healthy muscles of the affected group.



# Force ?



## Hamstring muscle tear with recurrent complaints: An isokinetic profile

Jean-Louis Croisier\* and Jean-Michel Crielaard  
Isokinetics and Exercise Science 8 (2000) 175–180



### Plainte récurrente

**Tableau 8.3.** Déficit relatif de la force des ischio-jambiers en excentrique à 30°/s par rapport à la force du quadriceps en concentrique à 240°/s, représenté par le ratio IJ30 exc./Q240 conc., chez les 25 sportifs (football, athlétisme, et arts martiaux) présentant une plainte au niveau des ischio-jambiers (douleur, inconfort...) dans leur pratique sportive, par rapport aux sujets contrôles sains (a) et au côté controlatéral sain (b).

Ratio	Sujets sains contrôles	Sujets avec antécédent de lésion des ischio-jambiers	
		Côté controlatéral sain	Côté lésé
IJ exc./Q conc.	0,98 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,90 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,75 ± 0,23 <sup>ab</sup>

IJ : ischio-jambiers ; Q : quadriceps ; conc. : concentrique ; exc. : excentrique.  
D'après Croisier et al. [11].



# Force avant lésion ?



## Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players

Jean-Louis Croisier,<sup>\*†</sup> PhD, PT, Sebastien Ganteaume,<sup>†</sup> PT, Johnny Binet,<sup>†</sup> PT, Marc Genty,<sup>‡</sup> MD, and Jean-Marcel Ferret,<sup>§</sup> MD

The American Journal of Sports Medicine, Vol. 36, No. 8

DOI: 10.1177/0363546508316764

© 2008 American Orthopaedic Society for Sports Medicine



Médical

Through isokinetic testing, an imbalanced strength profile was determined in the preseason using statistically selected cutoffs<sup>8</sup> for the following parameters: bilateral differences of 15% or more in concentric and/or eccentric on the hamstrings; a concentric ratio (on at least 1 leg) of less than 0.47 or 0.45 on Cybex or Biodex, respectively; and a mixed ratio of less than 0.80 or 0.89 on Cybex or Biodex, respectively. Criteria for being allocated to the groups of players with imbalances corresponded to a significant deficiency in at least 2 of the following parameters: concentric (at 60 deg/s or 240 deg/s) bilateral asymmetry; eccentric (at 30 deg/s or 120 deg/s) bilateral asymmetry; concentric H/Q ratio (at 60 deg/s or 240 deg/s); and mixed  $H_{ecc}/Q_{conc}$  ratio (Table 1).

TABLE 2  
Hamstring Injury Frequency in Professional Soccer Players

Group	Players, n (n = 462)	Injuries, n (n = 35)	Injury Frequency, %
A <sup>a</sup>	246	10	4.1
B <sup>b</sup>	91	15	16.5
C <sup>c</sup>	55	6	11
D <sup>d</sup>	70	4	5.7

<sup>a</sup>Group A had no preseason strength imbalance.

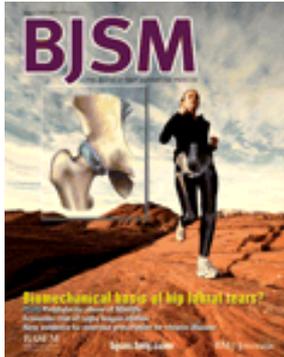
<sup>b</sup>Group B had preseason strength imbalances but no subsequent specific compensating training.

<sup>c</sup>Group C had preseason strength imbalances and subsequent compensating training, but no isokinetic control test aimed at verifying the parameter normalization.

<sup>d</sup>Group D had preseason strength imbalances and a subsequent compensating training until the parameter normalization was proved by repeated isokinetic control tests.



# Force avant lésion ?



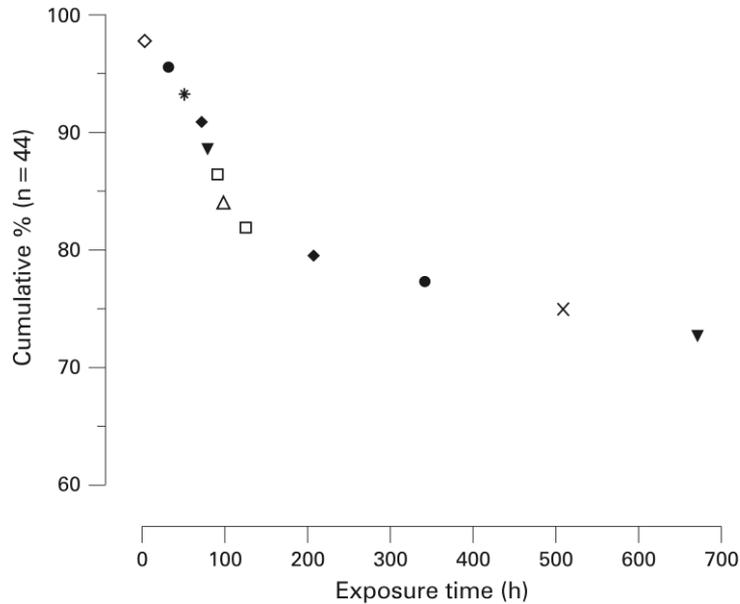
## A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor

S S Yeung, A M Y Suen, E W Yeung

*Br J Sports Med* 2009;**43**:589–594.



Médical



**Figure 1** Reported hamstring injuries over exposure time (in hours) in this study. Each symbol represents one reported hamstring injury.

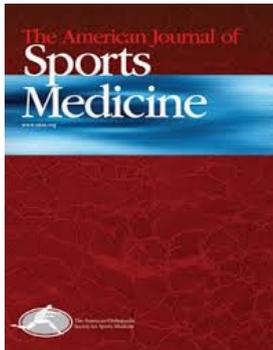
**Table 4** Predictor variables for Cox regression model

Variables	Log rank test significance
Previous hamstring injury	0.68
Weekly training time	0.28
Hamstring PT <sub>60</sub>	0.89
Hamstring PT <sub>180</sub>	0.97
Hamstring PT <sub>240</sub>	0.94
Quadriceps PT <sub>60</sub>	0.92
Quadriceps PT <sub>180</sub>	0.08*
Quadriceps PT <sub>240</sub>	0.17*
L <sub>0 60</sub>	0.87
L <sub>0 180</sub>	0.84
L <sub>0 240</sub>	0.98
Hcon : Qcon <sub>60</sub>	1.00
Hcon : Qcon <sub>180</sub>	0.02*
Hcon : Qcon <sub>240</sub>	0.20*
Hecc : Qcon <sub>60</sub>	0.16*
Hecc : Qcon <sub>180</sub>	0.19*
Hecc : Qcon <sub>240</sub>	0.14*
H : H <sub>60</sub>	0.36
H : H <sub>180</sub>	0.84
H : H <sub>240</sub>	0.82
SLR	0.71

\*Represent variables selected for further analysis. H : H, hamstring to opposite hamstring ratio; Hecc : Qcon, eccentric peak torque of the hamstring muscle versus the concentric quadriceps muscle ratio; Hcon : Qcon, concentric hamstring/ quadriceps peak torque ratio; PT, peak torque; SLR, straight leg raising test.



# Force avant lésion ?



## Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries

### A 4-Year Cohort Study

Nicol van Dyk,<sup>\*,†</sup> PT, MSc, Roald Bahr,<sup>†,‡</sup> MD, PhD, Rodney Whiteley,<sup>†</sup> PT, PhD, Johannes L. Tol,<sup>†,§||</sup> MD, PhD, Bhavesh D. Kumar,<sup>¶</sup> MD, Bruce Hamilton,<sup>†,‡</sup> MBChB, Abdulaziz Farooq,<sup>†</sup> MPH, MSc, and Erik Witvrouw,<sup>†,\*\*</sup> PhD



Médical

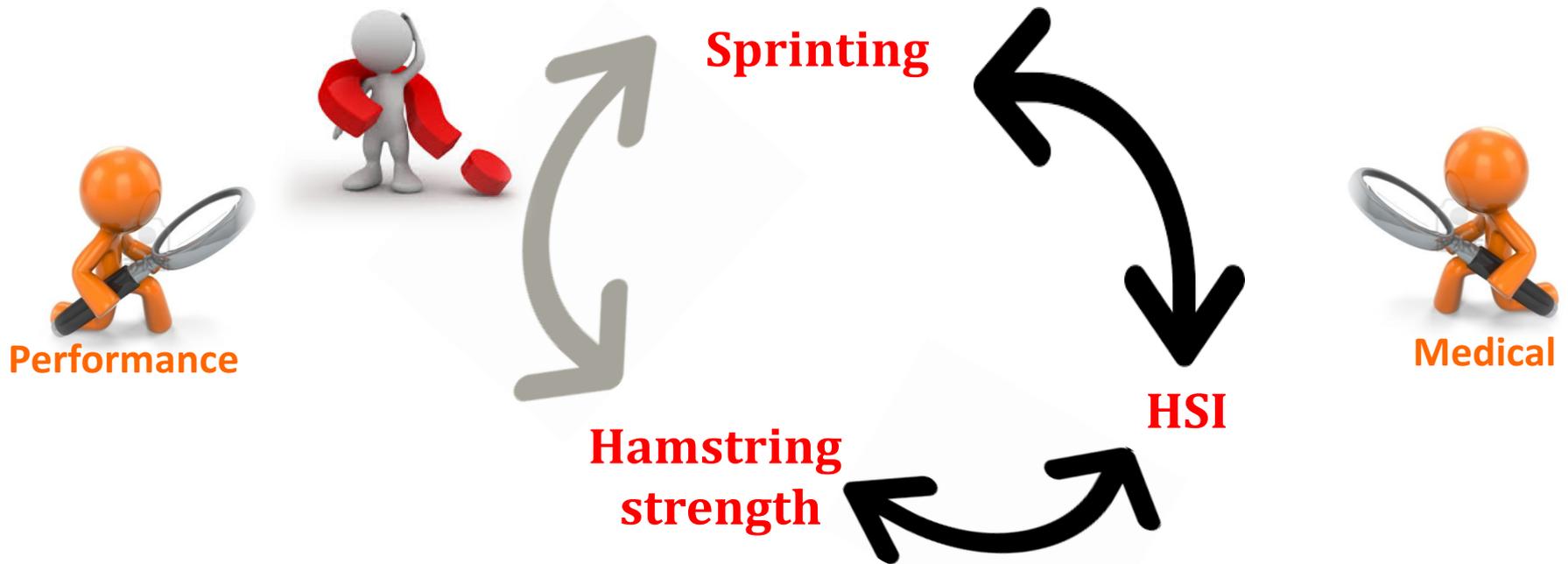
TABLE 3  
Multiple Logistic Regression Analysis Demonstrating Parameter Estimates  
With All Possible Risk Factors Included (n = 563)<sup>a</sup>

	Odds Ratio <sup>b</sup>	95% CI	P Value
<b>Quadriceps</b>			
Concentric at 60 deg/s	1.01	1.00-1.01	.06
BW adjusted	1.41	1.03-1.92	<b>.03</b>
Concentric at 300 deg/s	1.01	1.00-1.01	.97
BW adjusted	0.91	0.53-1.79	.87
<b>Hamstring</b>			
Concentric at 60 deg/s	1.01	1.00-1.01	.17
BW adjusted	1.33	0.78-2.33	.29
Concentric at 300 deg/s	1.01	1.00-1.01	.20
BW adjusted	1.88	0.78-2.88	<b>.28</b>
Eccentric at 60 deg/s	1.01	1.00-1.01	.12
BW adjusted	1.37	1.01-1.85	<b>.04</b>
<b>Mixed ratios</b>			
Quadriceps concentric at 60 deg/s to hamstring concentric at 60 deg/s	1.32	0.76-2.27	.32
Quadriceps concentric at 60 deg/s to hamstring eccentric at 60 deg/s	0.93	0.29-2.94	.90
Quadriceps concentric at 300 deg/s to hamstring concentric at 300 deg/s	0.68	0.36-1.32	.26
Quadriceps concentric at 300 deg/s to hamstring eccentric at 60 deg/s	0.68	0.31-1.52	.35

<sup>a</sup>Bolded P values indicate statistical significance. BW, body weight.

<sup>b</sup>Odds ratio per 1-unit (N·m/kg) change adjusted for previous injuries, season, and position and accounting for clustering factors (player, left or right side, and team).

# What is the role of hamstring muscle strength In sprint performance?



# Quelle est la place de la force dans la performance en sprint ?

Tendon du  
m. biceps fémoral  
chef long

Tendon du  
m. semitendineux

M. semimembraneux

M. biceps fémoral  
chef court

F. récurrent  
(lig' poplité oblique)

F. réfléchi

F. direct



Fig. 20-4. Le muscle semimembraneux

Fig. 20-5. Les muscles semitendineux et biceps fémoral



# Performance en sprint/accélération ?

- Puissance = Force x Vitesse
- Technique = Application de la force



**Techniques**



# Performance en sprint/accélération ?





# Performance en sprint/accélération ?

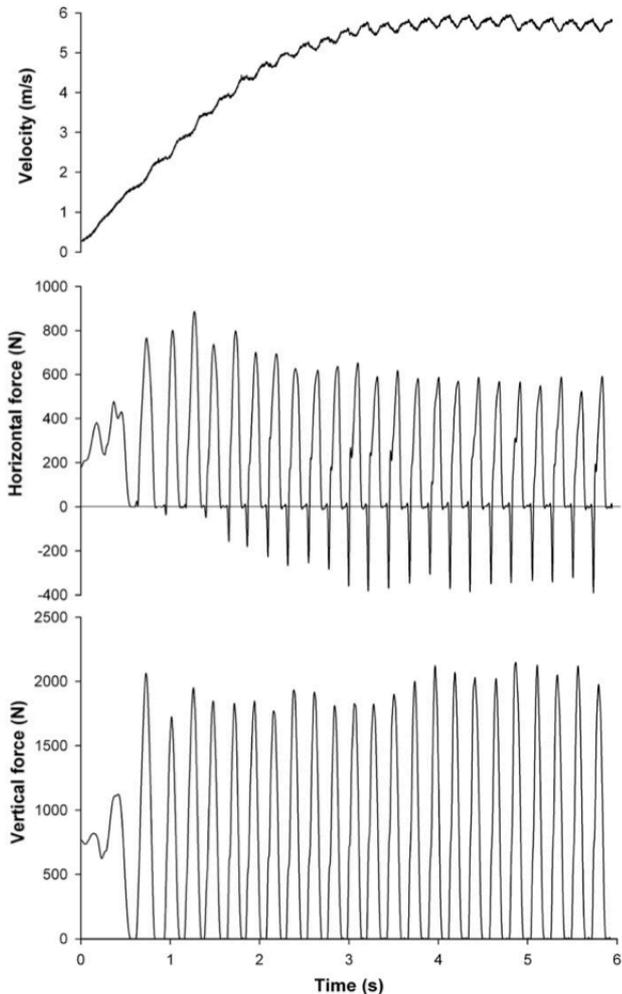


Fig. 2. Typical traces of instantaneous velocity (upper panel), horizontal force (middle panel) and vertical force (lower panel) obtained during a 6 s sprint.

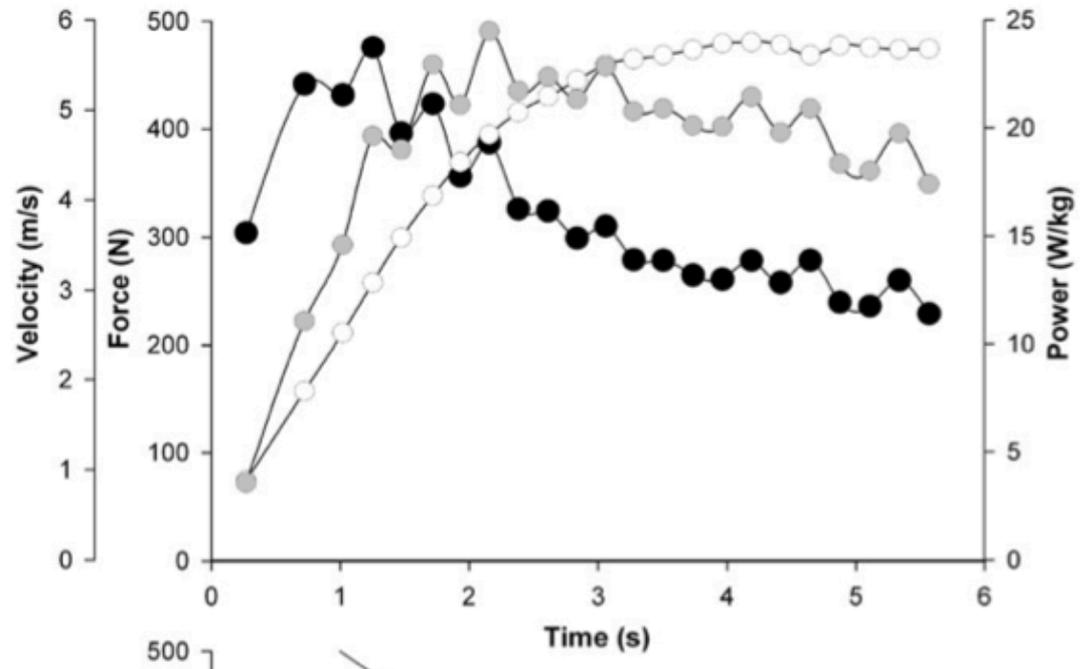


Fig. 3. Upper panel: typical curves of propulsive power (gray), velocity (white) and force (black dots) averaged for each step during a 6 s sprint in the default load condition. Lower panel: corresponding linear force-velocity relationship, each diamond represents one step, from the step at the maximal force to the one at the maximal velocity.



# Performance en sprint/accélération ?

- Puissance = Force x Vitesse
- **Technique = Application de la force**



## Technical Ability of Force Application as a Determinant Factor of Sprint Performance

JEAN-BENOÎT MORIN, PASCAL EDOUARD, and PIERRE SAMOZINO

*Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 43, No. 9, pp. 1680–1688, 2011.

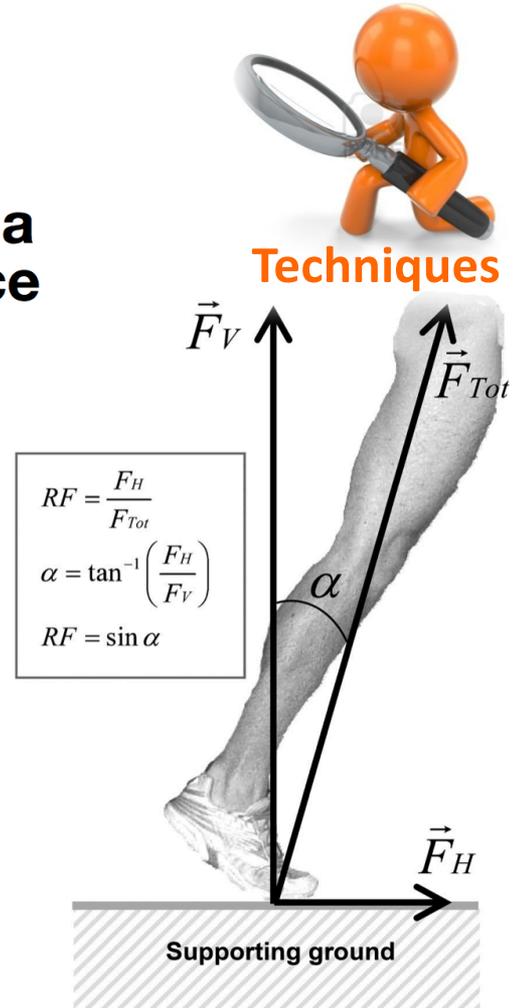
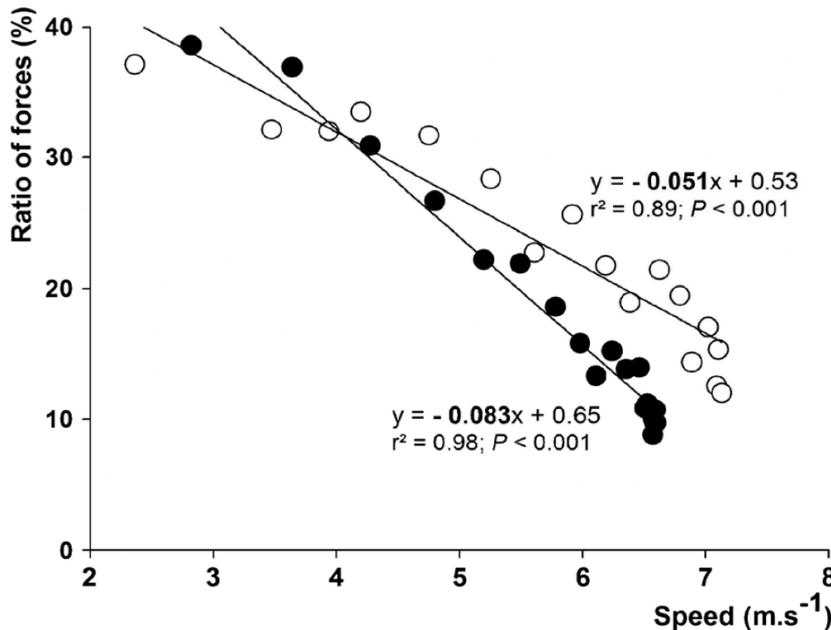


FIGURE 1—Schematic representation of the ratio of forces (RF) and mathematical expression as a function of the total ( $F_{Tot}$ ) and net positive horizontal ( $F_H$ ) (i.e., contact-averaged) ground reaction forces. The forward orientation of the total GRF vector is represented by the angle  $\alpha$ .



# Performance en sprint/accélération ?

- Puissance = Force x Vitesse
- **Technique = Application de la force**



Techniques

## Mechanical determinants of 100-m sprint running performance

Jean-Benoît Morin · Muriel Bourdin ·  
 Pascal Edouard · Nicolas Peyrot · Pierre Samozino ·  
 Jean-René Lacour

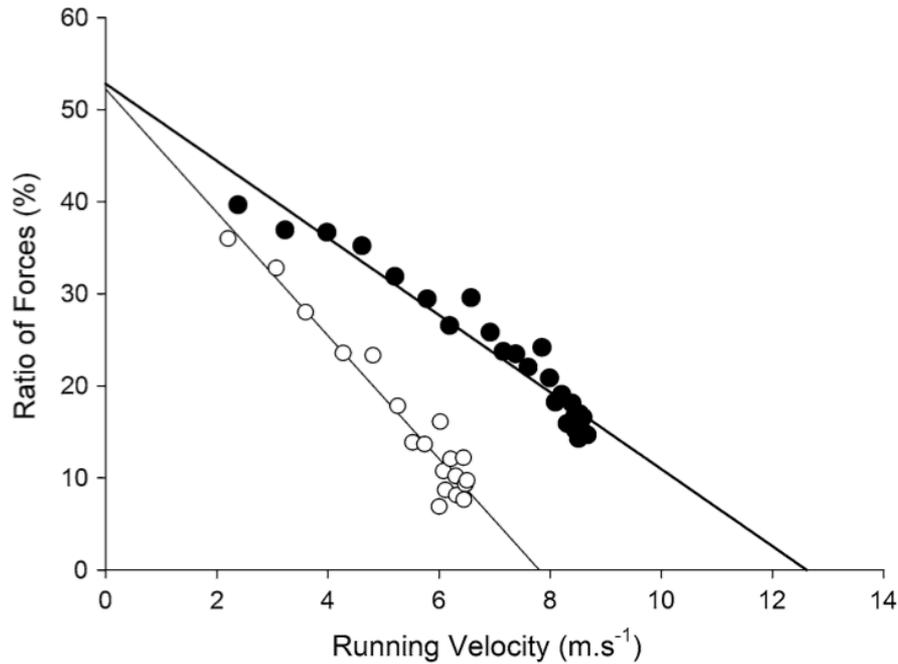
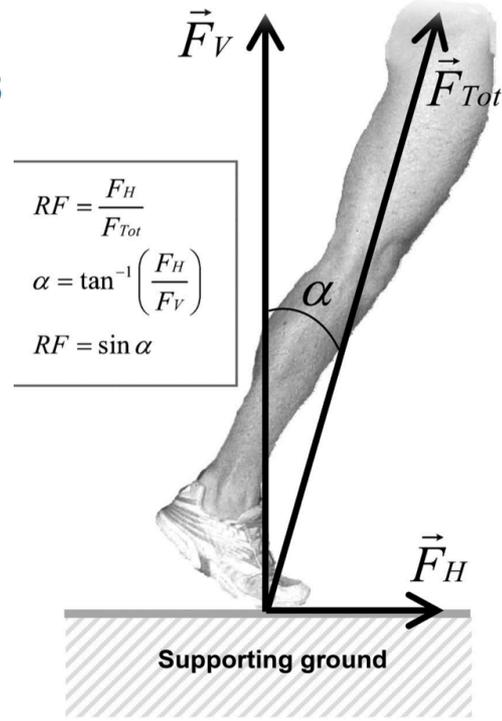
Eur J Appl Physiol  
 DOI 10.1007/s00421-012-2379-8



$$RF = \frac{F_H}{F_{Tot}}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_H}{F_V}\right)$$

$$RF = \sin \alpha$$



RE 1—Schematic representation of the ratio of forces (RF) and mathematical expression as a function of the total ( $F_{Tot}$ ) and net positive vertical ( $F_H$ ) (i.e., contact-averaged) ground reaction forces. The orientation of the total GRF vector is represented by the angle  $\alpha$ .





# Performance en sprint/accélération ?

- Puissance = Force x Vitesse
- **Technique = Application de la force**

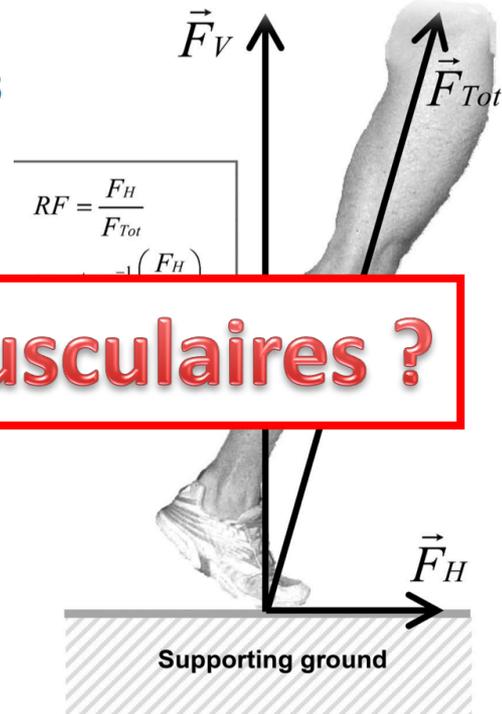


Techniques

## Mechanical determinants of 100-m sprint running performance

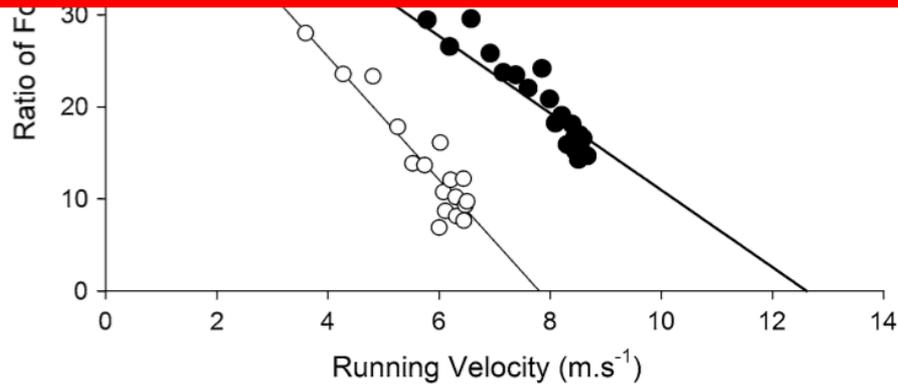
Jean-Benoît Morin · Muriel Bourdin ·  
 Pascal Edouard · Nicolas Peyrot · Pierre Samozino ·  
 Jean-René Lacour

Eur J Appl Physiol  
 DOI 10.1007/s00421-012-2379-8



$$RF = \frac{F_H}{F_{Tot}}$$

# Quels sont les déterminants musculaires ?

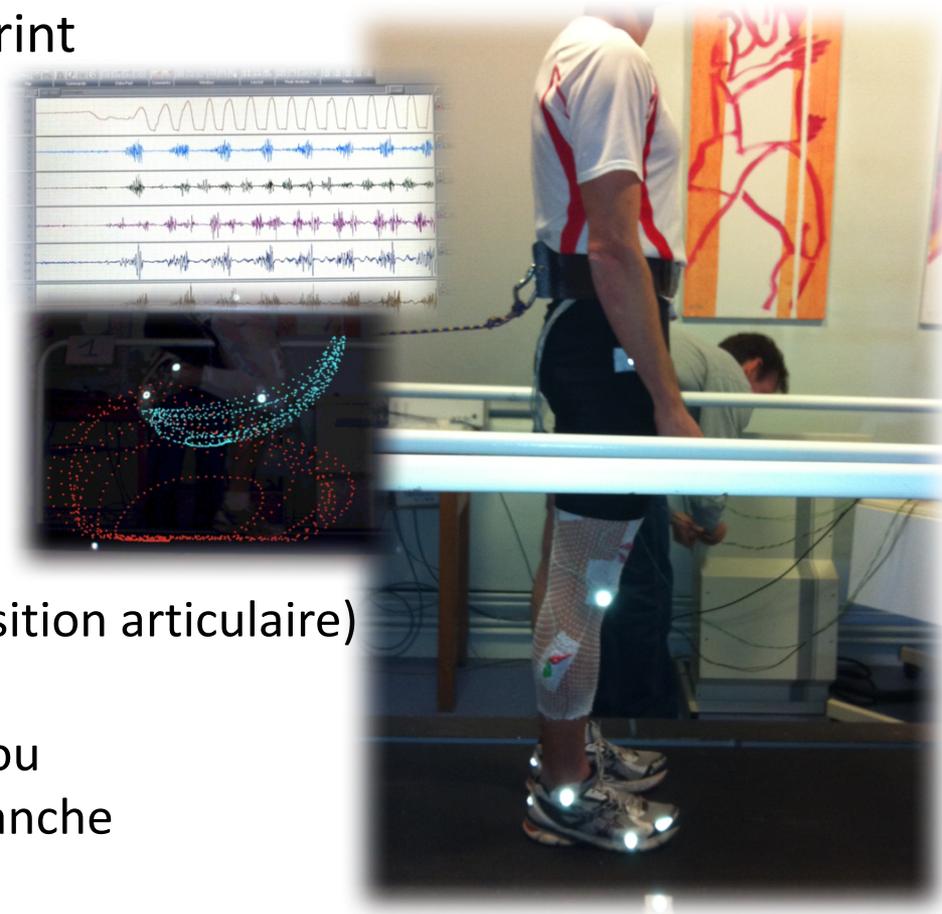


RE 1—Schematic representation of the ratio of forces (RF) and mathematical expression as a function of the total ( $F_{Tot}$ ) and net positive horizontal ( $F_H$ ) (i.e., contact-averaged) ground reaction forces. The orientation of the total GRF vector is represented by the angle  $\alpha$ .



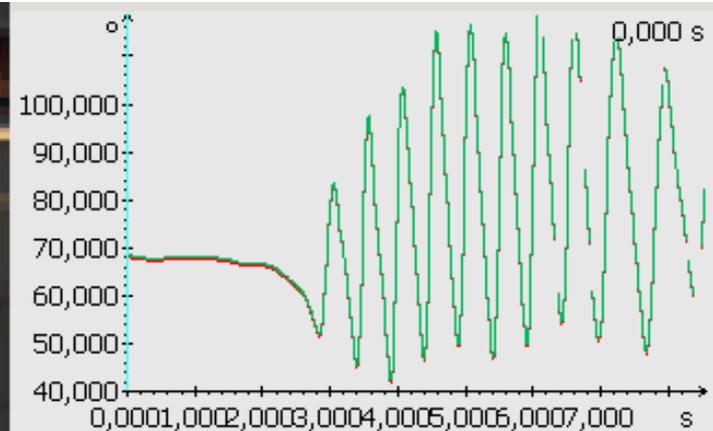
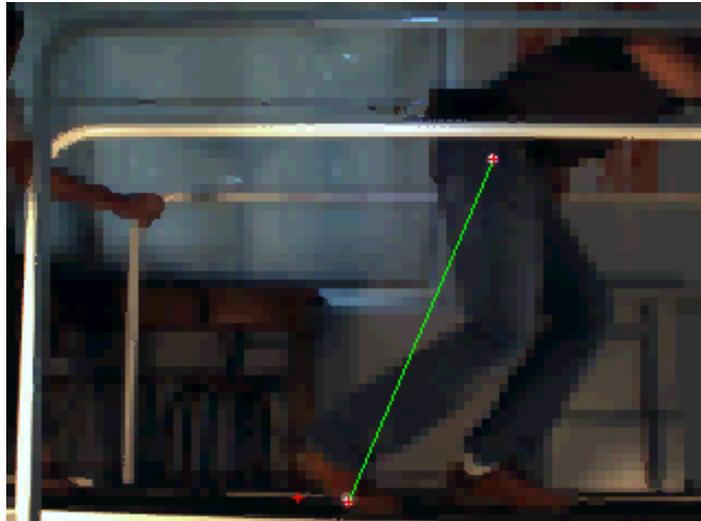
# Force horizontale et force des ischio-jambiers

- 14 sujets masculins habitués au sprint
  - $24 \pm 5$  ans
  - $180 \pm 7$  cm
  - $80 \pm 8$  kg
- Sprints répétés sur tapis roulant :
  - 12 sprints de 6 sec / 44 sec récup
  - Force horizontale et verticale
- Couplage :
  - Activité musculaire
  - Cinématique en 2 D (vitesse et position articulaire)
- Evaluation isocinétique :
  - Fléchisseurs et extenseurs du genou
  - Fléchisseurs et extenseurs de la hanche
- Analyses :
  - Corrélation paramètres musculaires et force horizontale
  - Comparaison paramètres pré- et post-fatigue

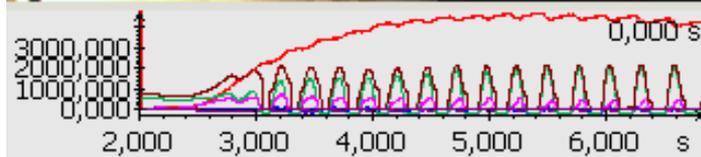




# Couplage EMG + Vidéo + force



68,161 ANGLE LEG X  
ANGLE TO TREADM X



- speed (mm/s)
- Vertical (N)
- Medio-lateral (N)
- Antero-Posterieur (N)
- Total force
- Cycle R
- Cycle L
- channel 12
- channel 13





# Force horizontale et force des ischio-jambiers

- 14 sujets masculins habitués au sprint
  - $24 \pm 5$  ans
  - $180 \pm 7$  cm
  - $80 \pm 8$  kg
- Sprints répétés sur tapis roulant :
  - 12 sprints de 6 sec / 44 sec récup
  - Force horizontale et verticale
- Couplage :
  - Activité musculaire
  - Cinématique en 2 D (vitesse et position articulaire)
- Evaluation isocinétique :
  - Fléchisseurs et extenseurs du genou
  - Fléchisseurs et extenseurs de la hanche
- Analyses :
  - Corrélation paramètres musculaires et force horizontale
  - Comparaison paramètres pré- et post-fatigue





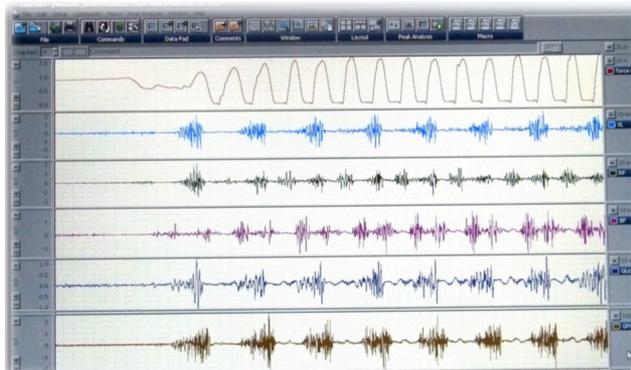
# Force horizontale et force des ischio-jambiers



Pas corrélation avec Force horizontale et verticale

**Force horizontale corrélé avec :**

- Force excentrique des ischio-jambiers
- Activité BF durant fin de la phase oscillation



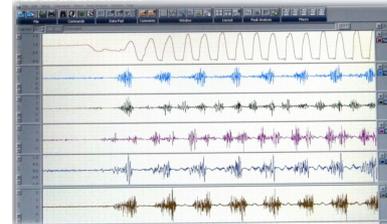
Pas corrélation avec Force horizontale et verticale



# RESULTATS : Influence de la fatigue



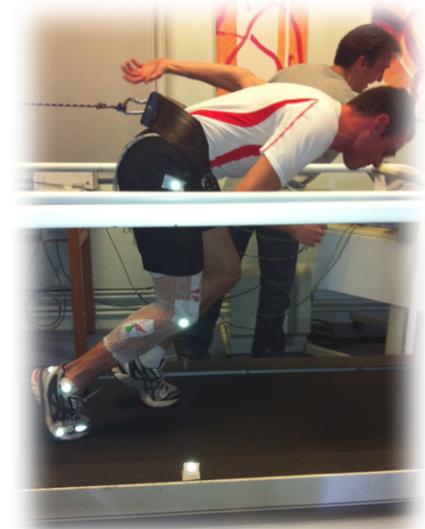
↘ Force ischio-jambiers et quadriceps (-5 à -12%)



en cours...



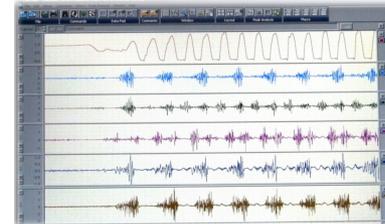
↘ Force fléchisseurs excentrique et extenseurs concentrique (+2 à -9%)



↘ Force horizontale



# RESULTATS : Influence de la fatigue



en cours...

↘ Force ischio-jambiers et quadriceps

Corrélation :

-% ↘ Force horizontale

-% ↘ Force excentrique quadriceps



↘ Force fléchisseurs excentrique et extenseurs concentrique

↘ Force horizontale



# PROBLEMATIQUE



Médical



Blessures des ischio-jambiers

↘ Force ischio-jambiers



Techniques



↗ Force

ischio-jambiers



↗ Force horizontale

# Force horizontale et lésions musculaires des ischio-jambiers ?

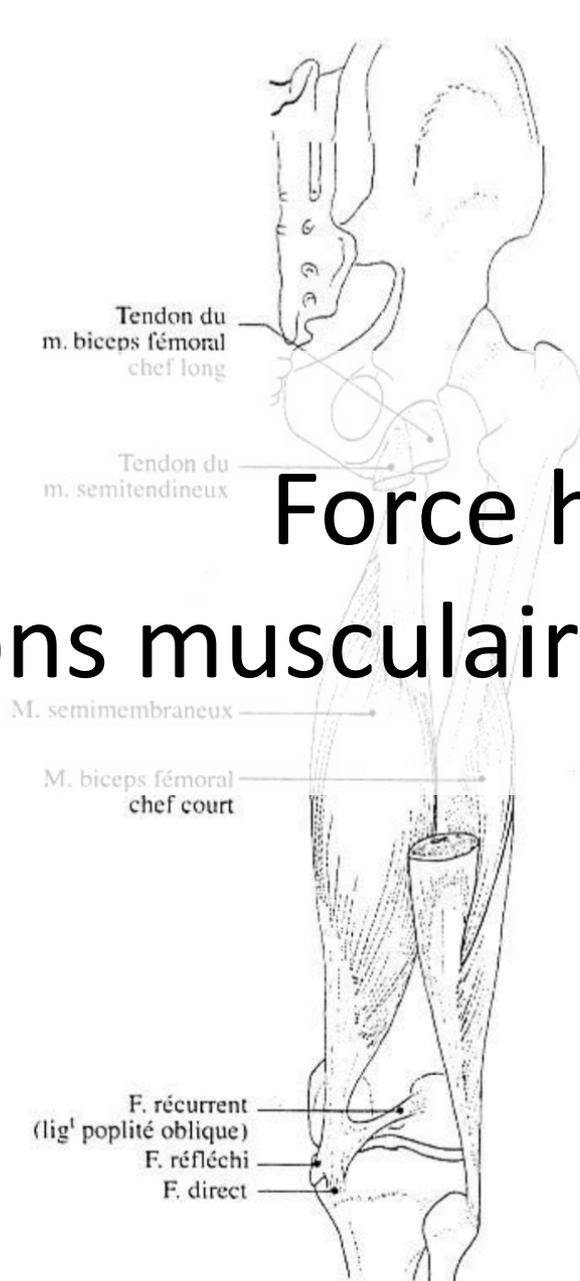


Fig. 20-4. Le muscle semimembraneux



Fig. 20-5. Les muscles semitendineux et biceps fémoral



# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?



## A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running

P. Samozino<sup>1</sup>, G. Rabita<sup>2</sup>, S. Dorel<sup>3</sup>, J. Slawinski<sup>4</sup>, N. Peyrot<sup>5</sup>, E. Saez de Villarreal<sup>6</sup>, J.-B. Morin<sup>7</sup>

*Scand J Med Sci Sports* 2016; 26: 648–658  
doi: 10.1111/sms.12490



Techniques



Fig. 1 Performing an on-field single sprint trial using the novel method.



# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?

SCANDINAVIAN JOURNAL OF  
**MEDICINE &  
SCIENCE  
IN SPORTS**

**A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running**



es



# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?

International Journal of Sports Medicine



## Progression of Mechanical Properties during On-field Sprint Running after Returning to Sports from a Hamstring Muscle Injury in Soccer Players

J. Mendiguchia<sup>1</sup>, P. Samozino<sup>2</sup>, E. Martinez-Ruiz<sup>3</sup>, M. Brughelli<sup>4</sup>, S. Schmikli<sup>5</sup>, J.-B. Morin<sup>6</sup>, A. Mendez-Villanueva<sup>7</sup>

Int J Sports Med 2014; 35: 690–695



Médical

**Table 1** Anthropometric, sprinting performance and mechanical variables (mean ± SD) for each group and the standardized differences (with 90% confident limits) and probabilistic inferences about the true standardized magnitude in the means between groups.

	Non-injured T1 (n=14)	Injured T1 (n=14)	Injured T2 (n=11)	Non-injured T1 vs. Injured T1	Non-injured T1 vs. Injured T2	Injured T2 vs. Injured T1
				ES (90% CL) chances of better/trivial/worst	ES (90% CL) chances of better/trivial/worst	ES (90% CL) chances of better/trivial/worst
<b>V<sub>0</sub> (km/h)</b>	31.9 ± 1.31	31.4 ± 0.91	31.0 ± 1.45	0.46 (-0.17;1.09) small (76/20/4) likely ↑	0.63 (-0.05;1.30) moderate (86/12/2) likely ↑	-0.29 (-0.98;0.40) small (12/30/58) unclear
<b>F<sub>HD</sub> (N/kg)</b>	6.8 ± 0.56	6.1 ± 1.04	6.9 ± 0.84	0.85 (0.23;1.48) moderate (96/4/0) very likely ↑	-0.21 (-0.90;0.48) small (16/33/51) unclear	0.92 (0.26;1.58) moderate (97/3/0) very likely ↑
<b>P<sub>max</sub> (W/kg)</b>	15.0 ± 1.44	13.1 ± 2.39	14.9 ± 2.15	0.91 (0.29;1.54) moderate (97/3/0) very likely ↑	0.03 (-0.66;0.72) trivial (34/38/28) unclear	0.77 (0.10;1.43) moderate (92/7/1) likely ↑



# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?



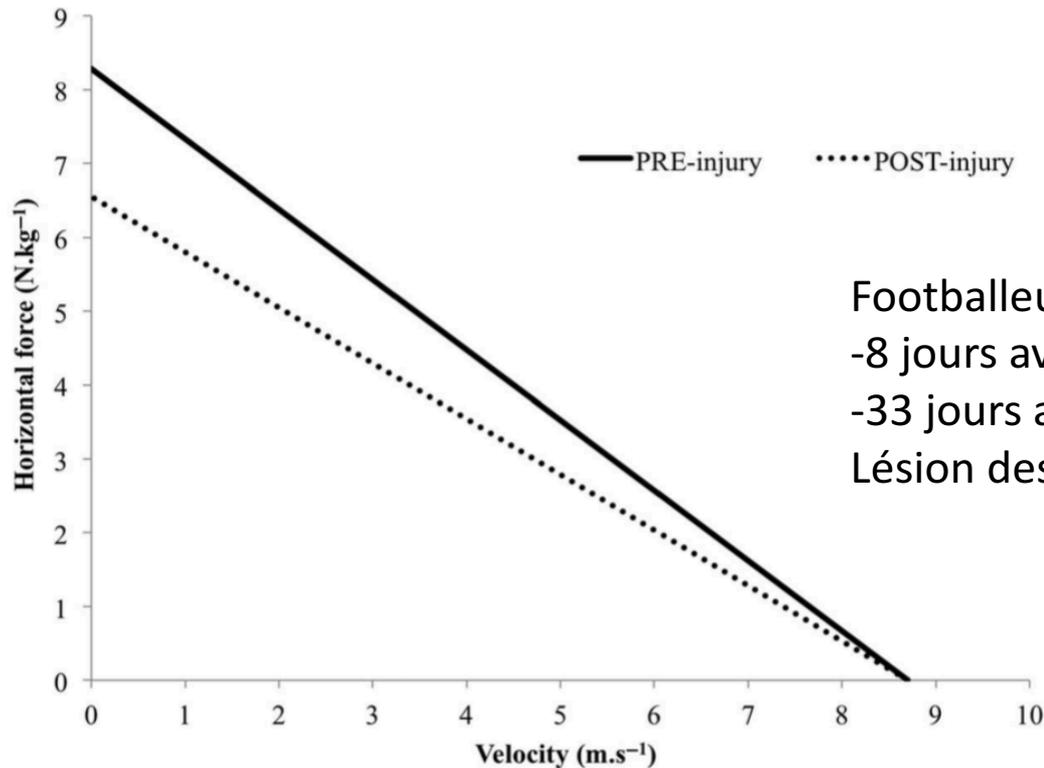
## Field monitoring of sprinting power–force–velocity profile before, during and after hamstring injury: two case reports

J. Mendiguchia<sup>a</sup>, P. Edouard<sup>b,c</sup>, P. Samozino<sup>d</sup>, M. Brughelli<sup>e</sup>, M. Cross<sup>e</sup>, A. Ross<sup>e</sup>, N. Gill<sup>e,f</sup> and J. B. Morin<sup>g</sup>

JOURNAL OF SPORTS SCIENCES, 2015  
<http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2015.1122207>



Médical



Footballeur professionnel :  
-8 jours avant  
-33 jours après  
Lésion des ischio-jambiers



# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?

*PROSPECTIVE PILOT STUDY*

Ryu Nagahara  
Japan



**95 players tested 5 times over a full season, 6 injuries...**



1/ Is F-V-P profile and especially F0 related to a higher risk?

2/ Could it be an objective parameter in the re/pre-hab process?



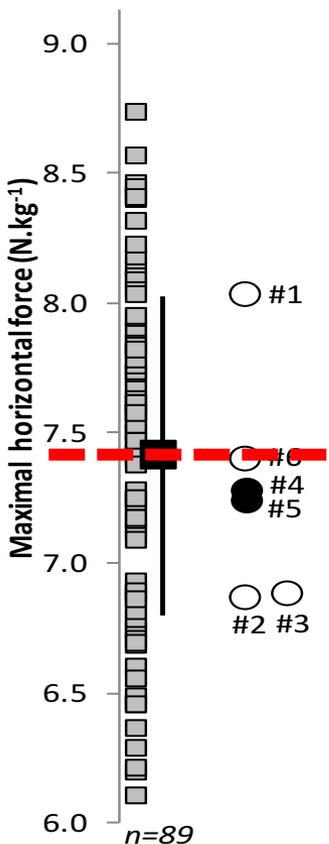
# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?



## PROSPECTIVE PILOT STUDY

Non-injured
  Average  $\pm$  SD
  Later injured
  Last test before injury
  First test after return to sport

Testing Timeline **Test 1**



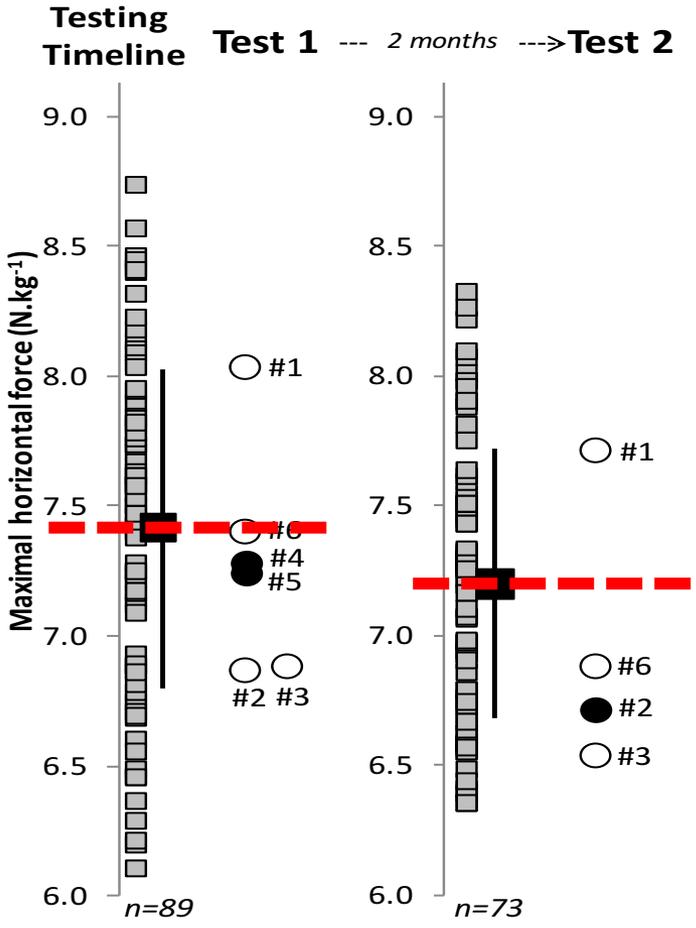


# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?



## PROSPECTIVE PILOT STUDY

Non-injured
  Average  $\pm$  SD
  Later injured
  Last test before injury
  First test after return to sport





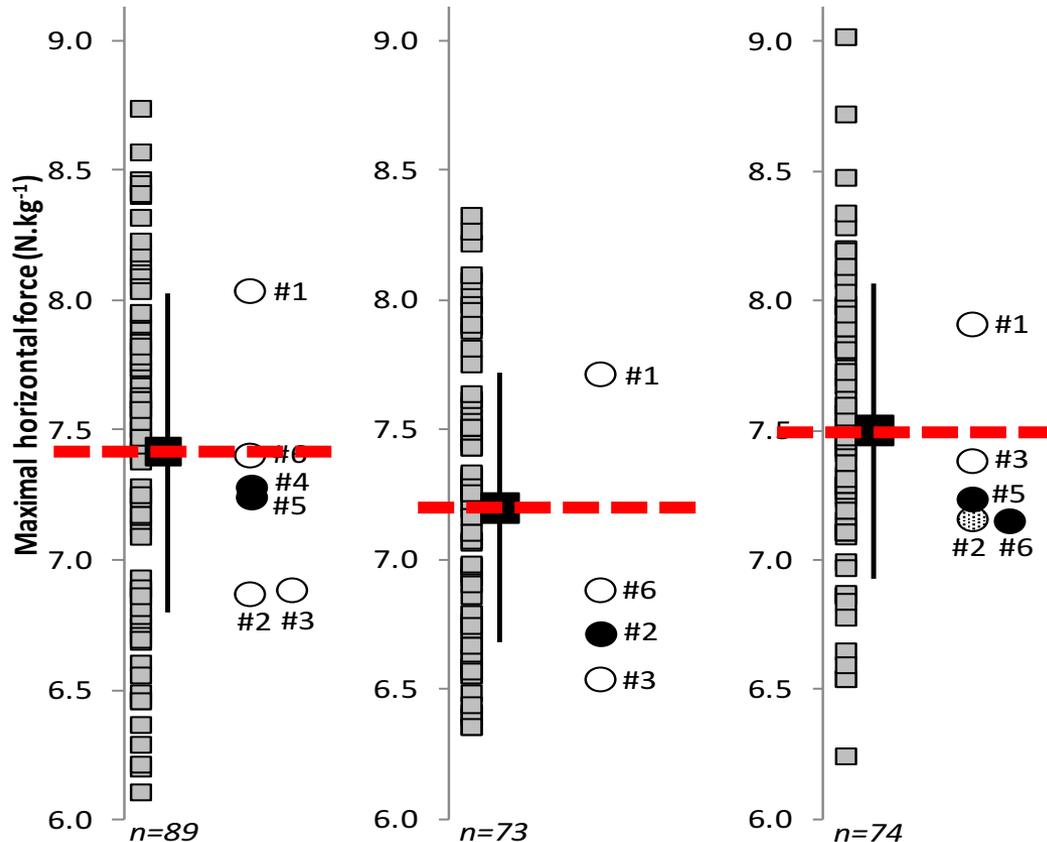
# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?



## PROSPECTIVE PILOT STUDY

Non-injured  
  Average  $\pm$  SD  
  Later injured  
  Last test before injury  
  First test after return to sport

**Testing Timeline**  
 Test 1 --- 2 months ---> Test 2  
 ----- 3 months --> Test 3



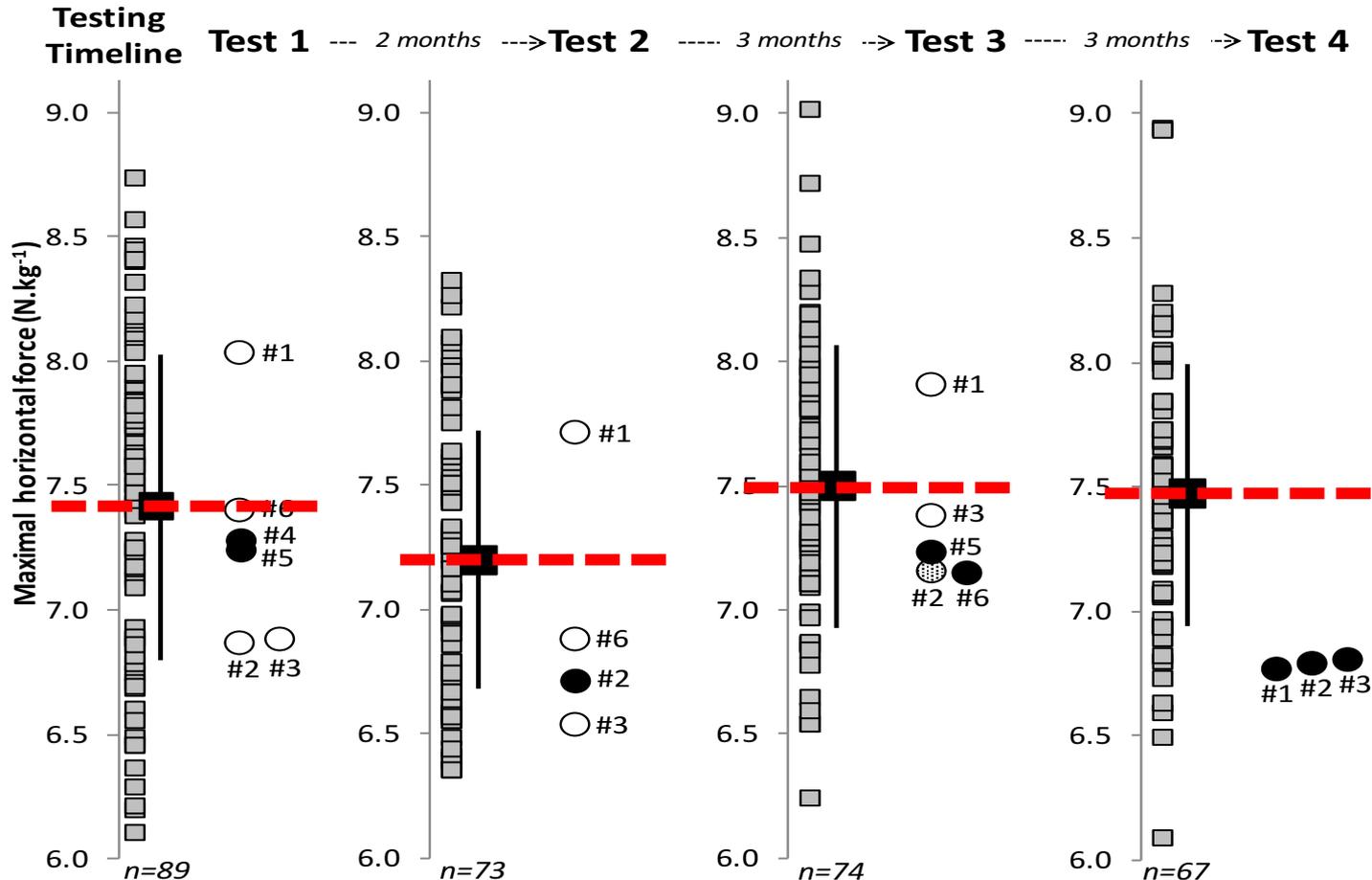


# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?



## PROSPECTIVE PILOT STUDY

Non-injured  
  Average  $\pm$  SD  
  Later injured  
  Last test before injury  
  First test after return to sport





# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?

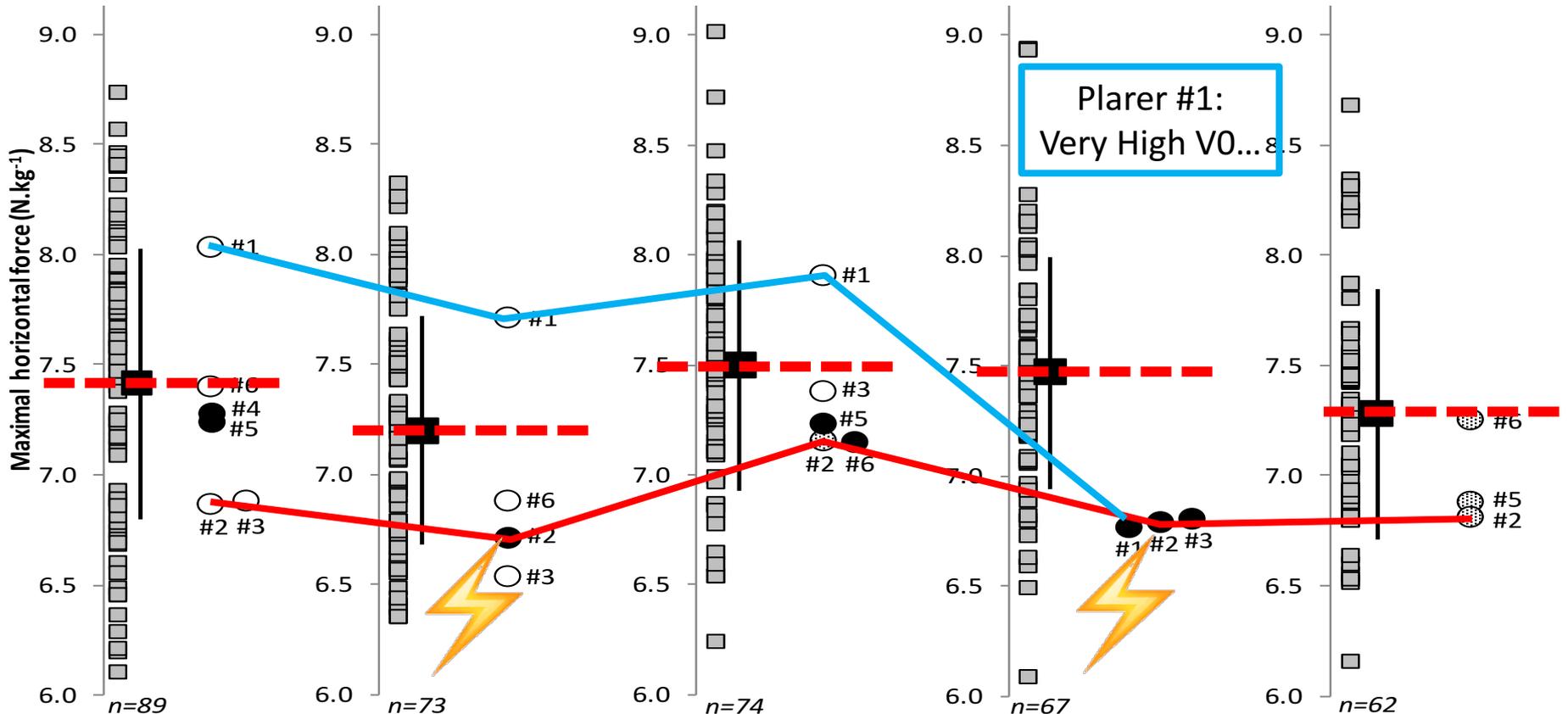


## PROSPECTIVE PILOT STUDY

Non-injured
  Average  $\pm$  SD
  Later injured
  Last test before injury
  First test after return to sport

### Testing Timeline

**Test 1** --- 2 months --> **Test 2** ---- 3 months --> **Test 3** ---- 3 months --> **Test 4** ---- 3 months --> **Test 5**





# Force ischio-jambiers // Force horizontale ?



PROSPECTIVE PILOT STUDY

## TAKE-HOME MESSAGE #1

Legend: Non-injured (white square), Average (grey square), Test after return to sport (grey circle)

### PILOT DATA !!



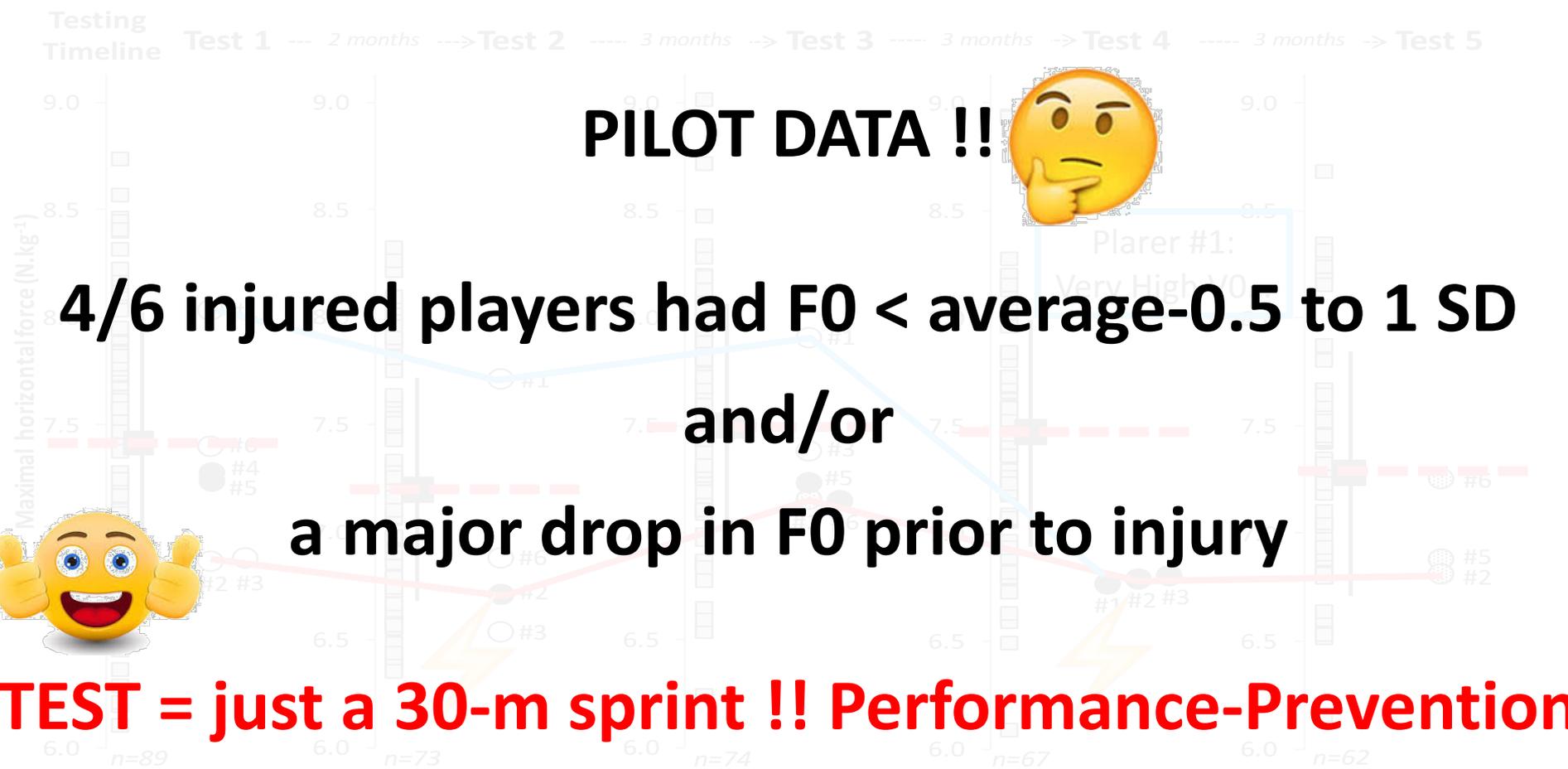
4/6 injured players had  $F_0 < \text{average} - 0.5 \text{ to } 1 \text{ SD}$

and/or

a major drop in  $F_0$  prior to injury



TEST = just a 30-m sprint !! Performance-Prevention





Médical

# Performance et Prévention : Gagnant – Gagnant !



Techniques

- **Renforcement des ischio-jambiers :**

=> amélioration de la performance en sprint 

=> prévention des blessures 

- **Evaluation F-v :**

=> adaptation de l'entraînement 

=> screening des sujets à risque 

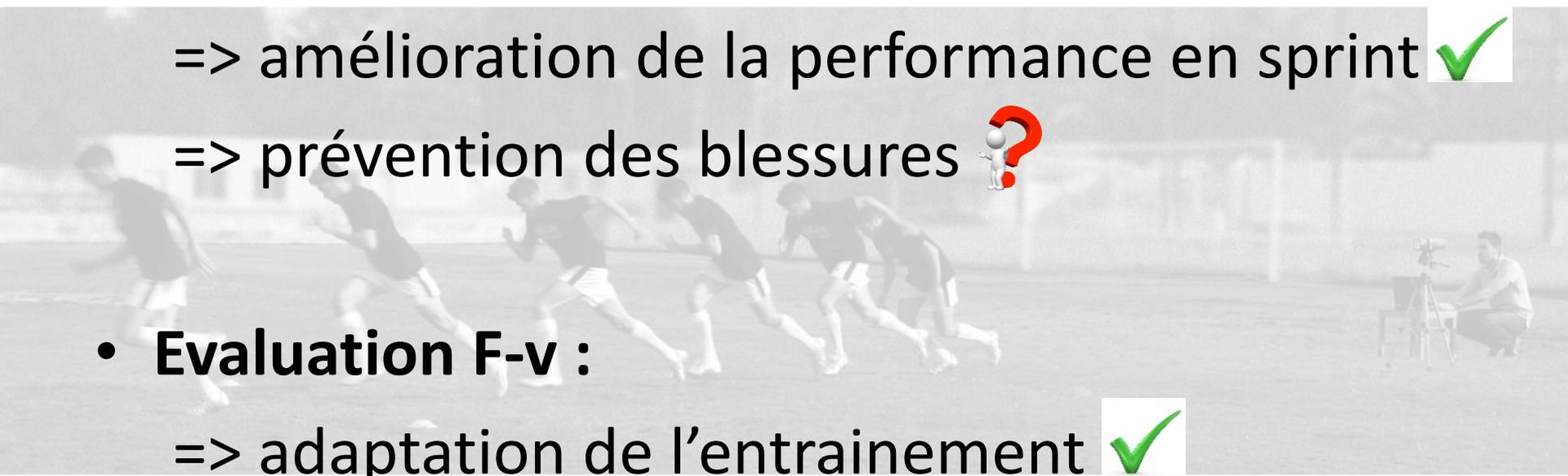


Fig. 1 Performing an on-field single sprint trial using the novel method.



Remerciements particuliers au Pr Jean-Benoît MORIN (Nice), Jurdan Mendiguchia (Espagne) et Dr Pierre Samozino (Chambéry)

# Merci de votre attention



Remerciements particuliers à la FFA, l'EA et l'IAAF pour leurs soutiens dans les projets sur l'athlétisme...  
Merci à Caro, Noé et Léa pour leur soutien au quotidien !