



# Athlétisme, pied et blessure

... et un peu plus





# Lésions de surcharge ou de sous-utilisation

Comment mieux aborder la charge

**Dr Boris Gojanovic**

Health & Performance  
Hôpital de La Tour, Meyrin, Switzerland  
Boris.Gojanovic@latour.ch

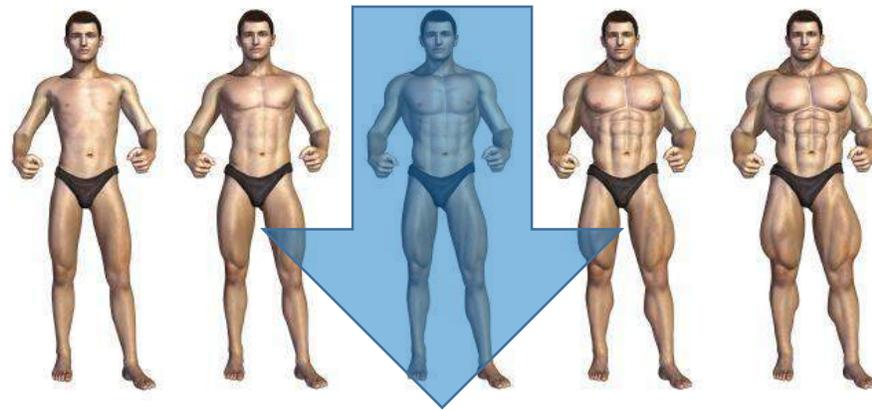
 @DrSportSante  
[www.drsportsante.com](http://www.drsportsante.com)



# La CHARGE ou 'LOAD'

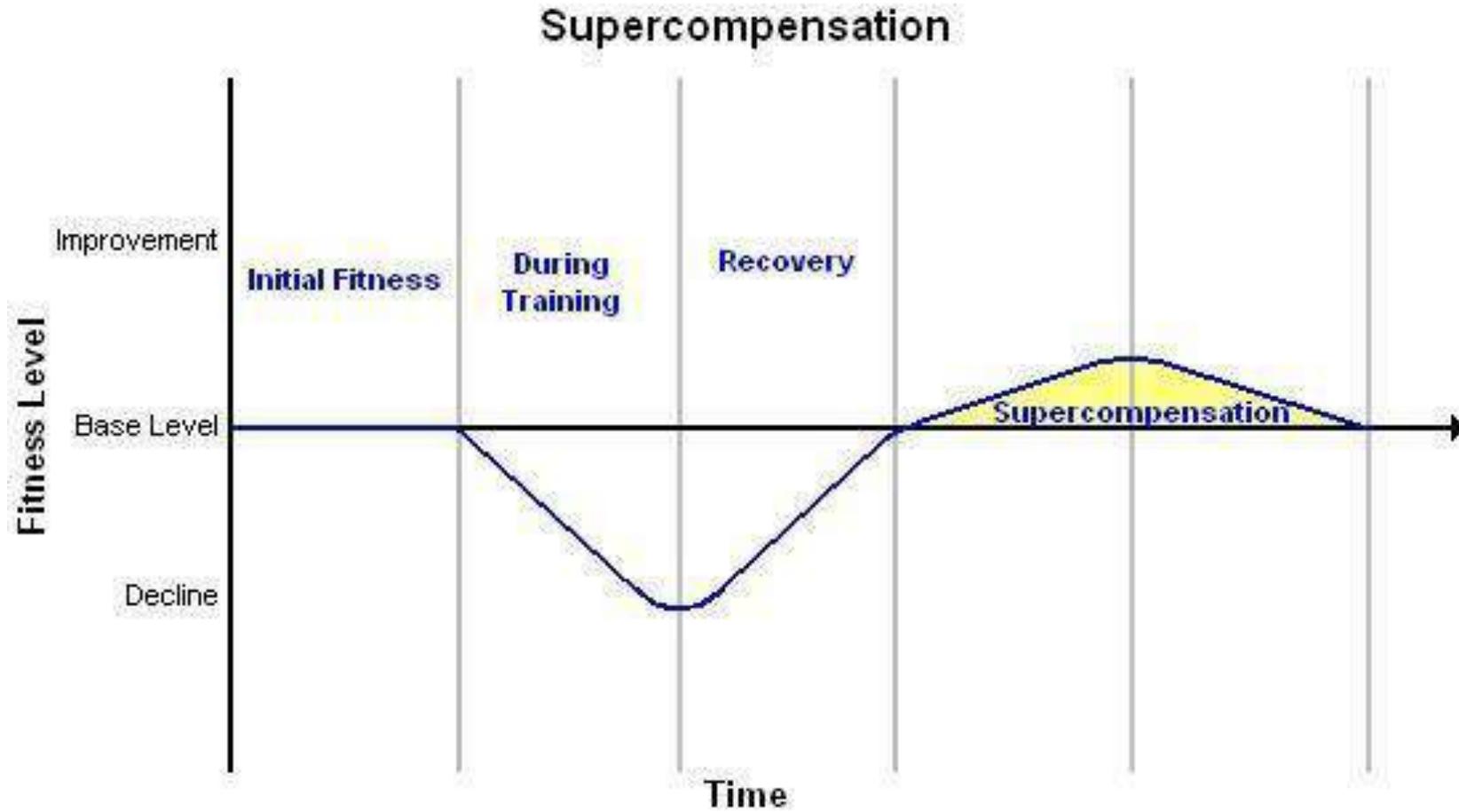
# Principe de **Surcharge** ou **Overload**

Application régulière d'une (sur)charge spécifique stimule les fonctions physiologiques et induit une réponse à l'entraînement.



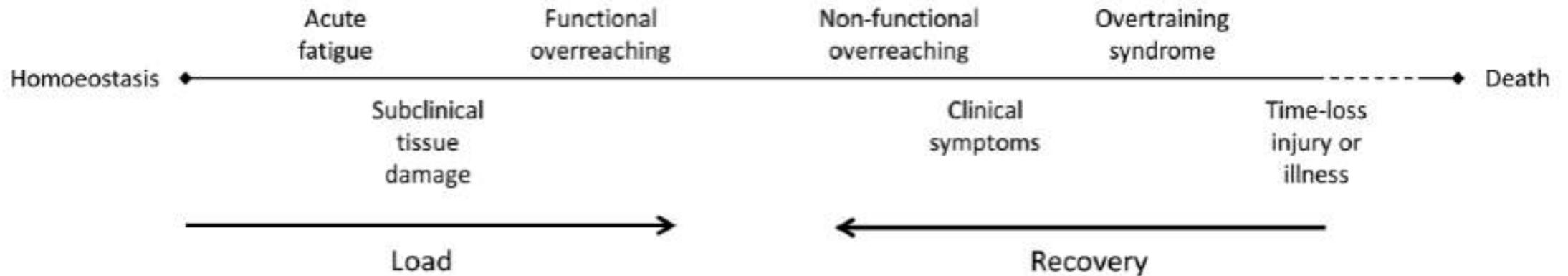
**Training** est souvent compris ainsi:  
**plus & plus dur = mieux... Vraiment?**

# La Supercompensation



# ATTENTION

une erreur de charge  
≠  
surentrainement



An aerial photograph of a modern sports facility. The main building is a long, multi-story structure with a facade of vertical slats and numerous windows. In front of the building is a large, rectangular sports field with white markings, possibly for soccer or football. The field is surrounded by a low wall and has some trees and landscaping around it. The entire image has a blue color cast.

# 'TRAINING LOAD'

# La charge d'entraînement

Mesure de la **quantité et qualité du stimulus** (des stress) appliqués sur le système physiologique humain, ainsi que des **réponses qui en résultent**.

La grande majorité des athlètes n'ont pas une bonne compréhension (euphémisme) de cette notion.



<10% des cadres d'entraînement (notre expérience) intègrent une forme d'évaluation de la charge d'entraînement.

# Charge d'entraînement - mesures

## Interne (réponse physiologique ou perçue)

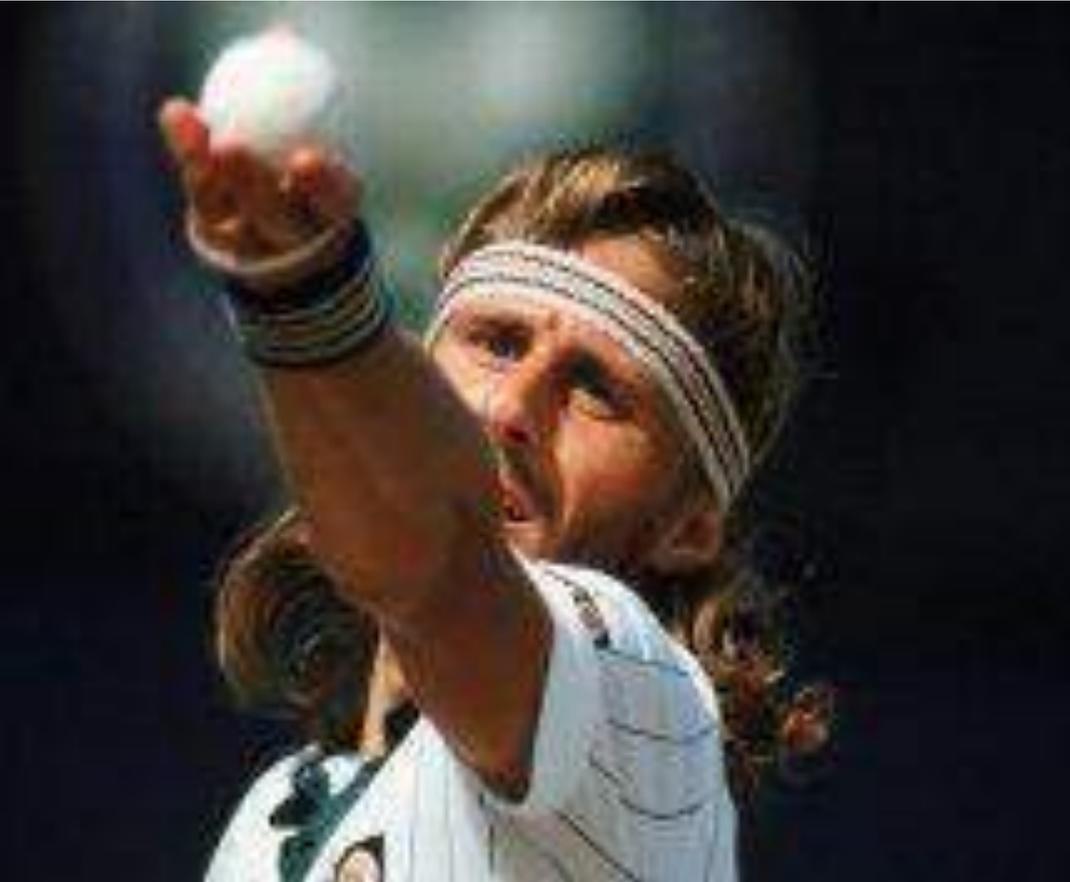
- Fréquence cardiaque
- Lactate sanguin
- Consommation oxygène
- RPE-rate perceived exertion
- POMS, REST-Q

## Externe («travail» physique)

- GPS: distance, vitesse, etc...
- Poids soulevés
- Sprints, sauts effectué
- Accélérométrie

Les deux domaines sont habituellement couplés en situation de steady-state sportif (entraînement sain)

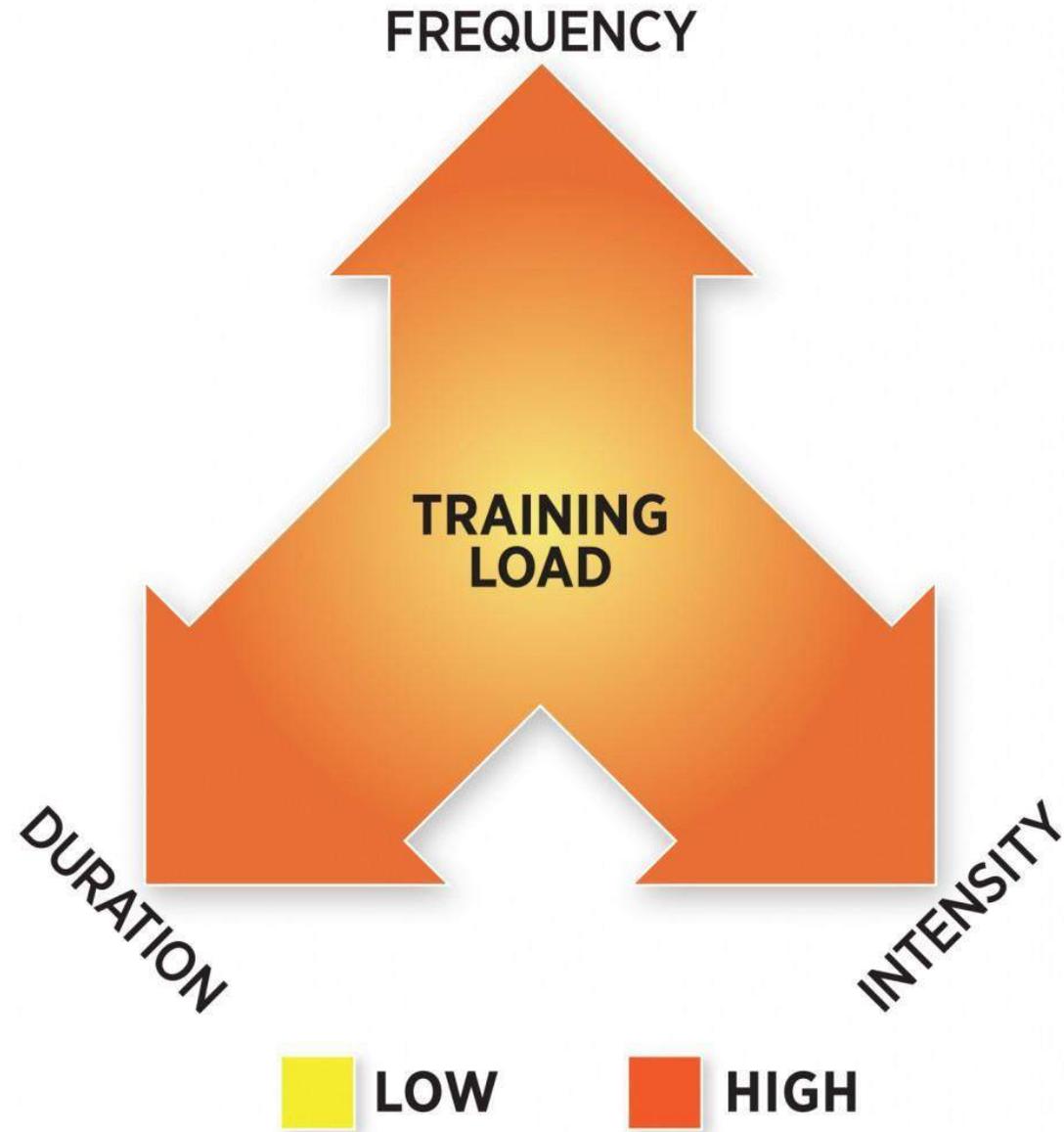
# Introducing... Mr. Borg



**BORG'S  
PERCEIVED  
EXERTION  
AND PAIN  
SCALES**

*Gunnar Borg*

BORG 6-20 original	BORG 1-10 modifié	% FC maximale	Perception	Activité
6	0	50-60%	repos	repos
7			très très facile	
8	1			facile
9		2	60-70%	
10	3			modéré
11		4	70-80%	
12	5			80-90%
13		6	90-95%	
14	7			95-100%
15		8	maximal	
16	9			
17		10		
18				
19				
20				



# Session-RPE

Pour mesurer l'intensité de chaque séance, on intègre le BORG 1-10 et la durée

RPE x minutes = xx unités arbitraires (ou «unités d'exercice»)

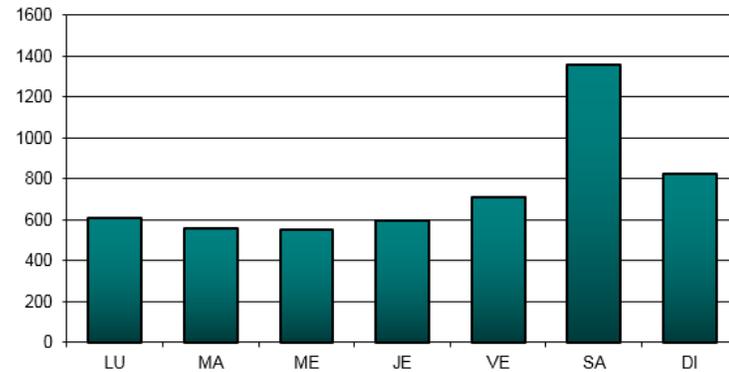
Running 45 minutes à intensité de 4/10 → **180 au**



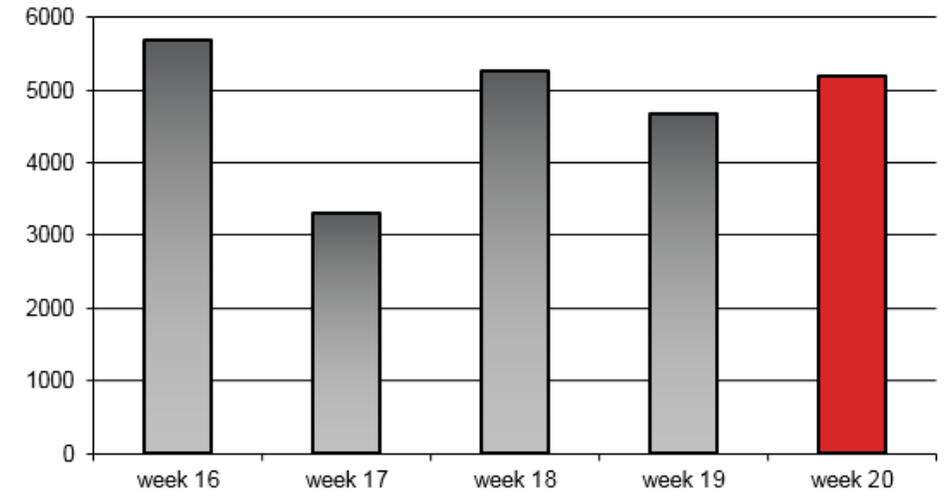
Jour	Discipline	Intensité visée	Blessure / Maladie	Description de l'entraînement	Durée [min]	RPE [0-10]	Load	Km		
								Swim	Bike	Run
LU	Bike	Level 1		aérobie	102	3	606		55	
	Swim	Level 1		aérobie	100	3		5.5		
MA	Swim	Level 1		aérobie + technique (matin)	80	4	560	3.4		
	Run	Level 1		aérobie	61	3				14.5
	Kraft/Athletik	Level 2/3		gainage	19	3				

#### RPE Foster's scale

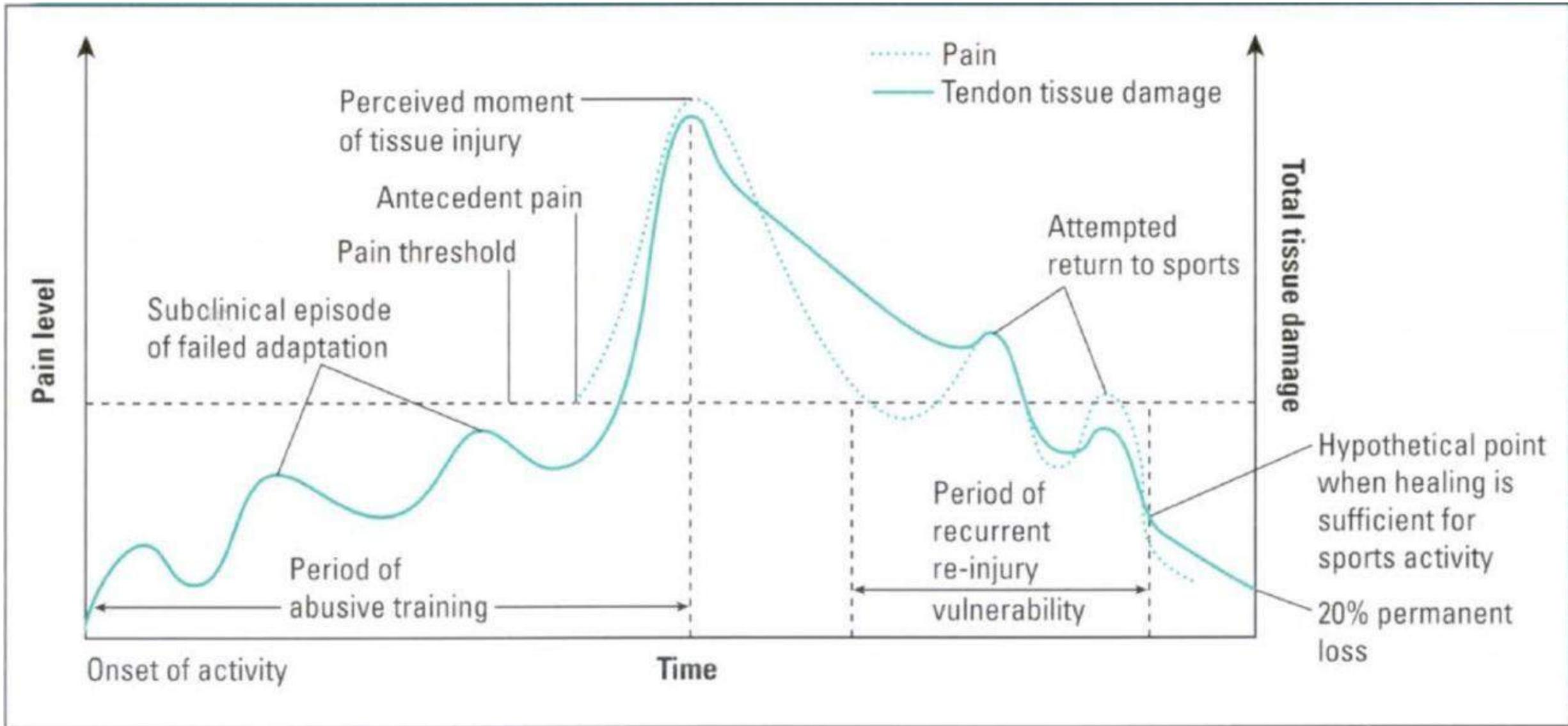
0	Rest
1	Very easy
2	easy
3	moderate
4	somewhat hard
5	hard
6	hard to very hard
7	very hard
8	very very hard
9	nearly maximal
10	maximal



Par jour



Par semaine



**Figure 3.8** Illustration of the relationship between pain and tissue damage in overuse tendinopathy. (Reproduced from Khan et al 1999a with the permission of Adis Press.)

# Gérer la charge

# The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter *and* harder?

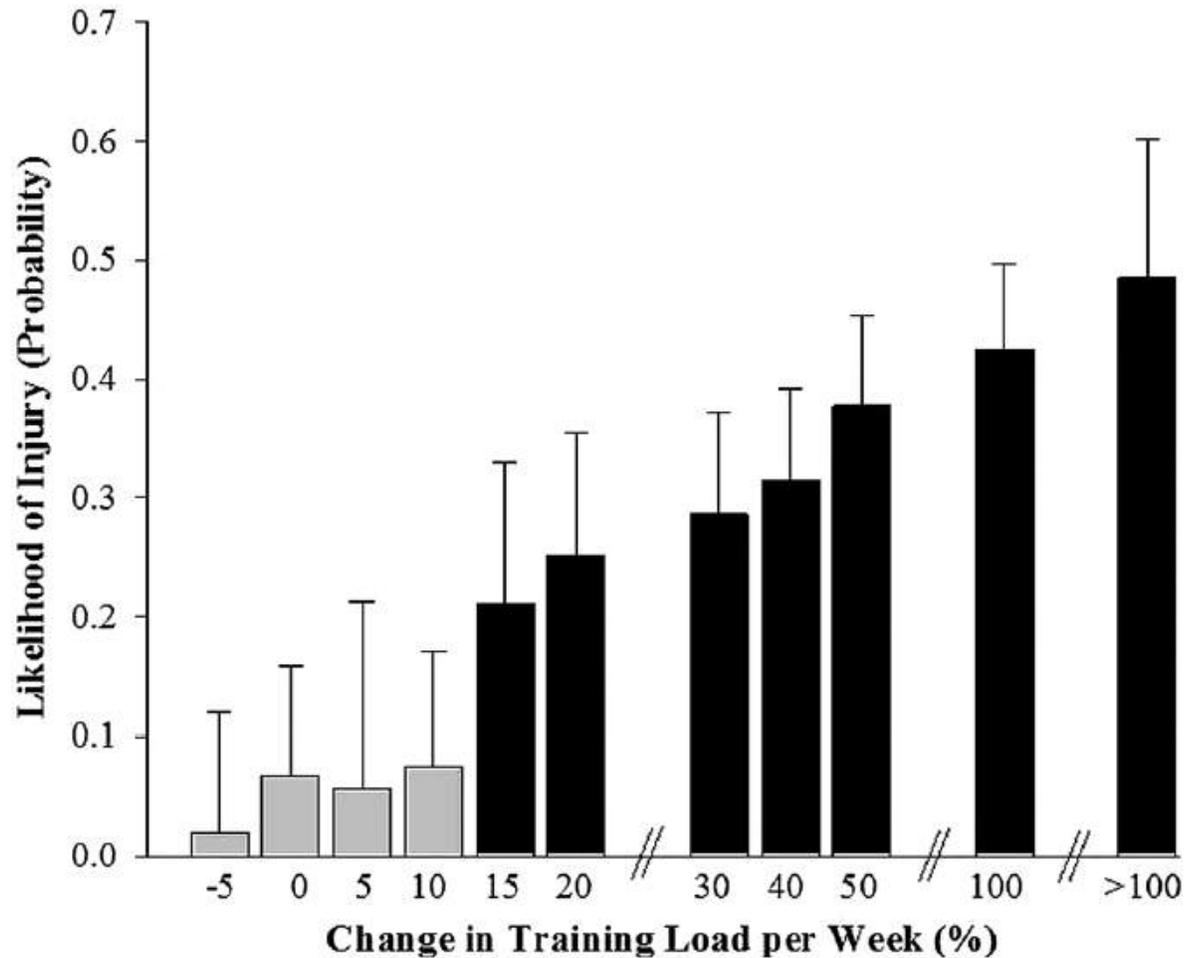
Tim J Gabbett<sup>1,2</sup>



**Blessures** et **volume entraînement** en sport d'équipe

Gabbett TJ, BJSM 2016

# Changement de volume par semaine



>10% d'augmentation de volume d'une semaine à l'autre → forte augmentation du risque de blessure

# Importance pour **blessures**

Augmentation (>10%) de la charge d'entraînement hebdomadaire sur 2 semaines consécutives (AFL)

→ **↑ risque de blessure x 2.6**

---

Et d'autres études montrent clairement que **l'augmentation aiguë** de la charge → blessures.

# Training Stress Balance - **TSB**

Modèle décrit par **Banister (1975)**.

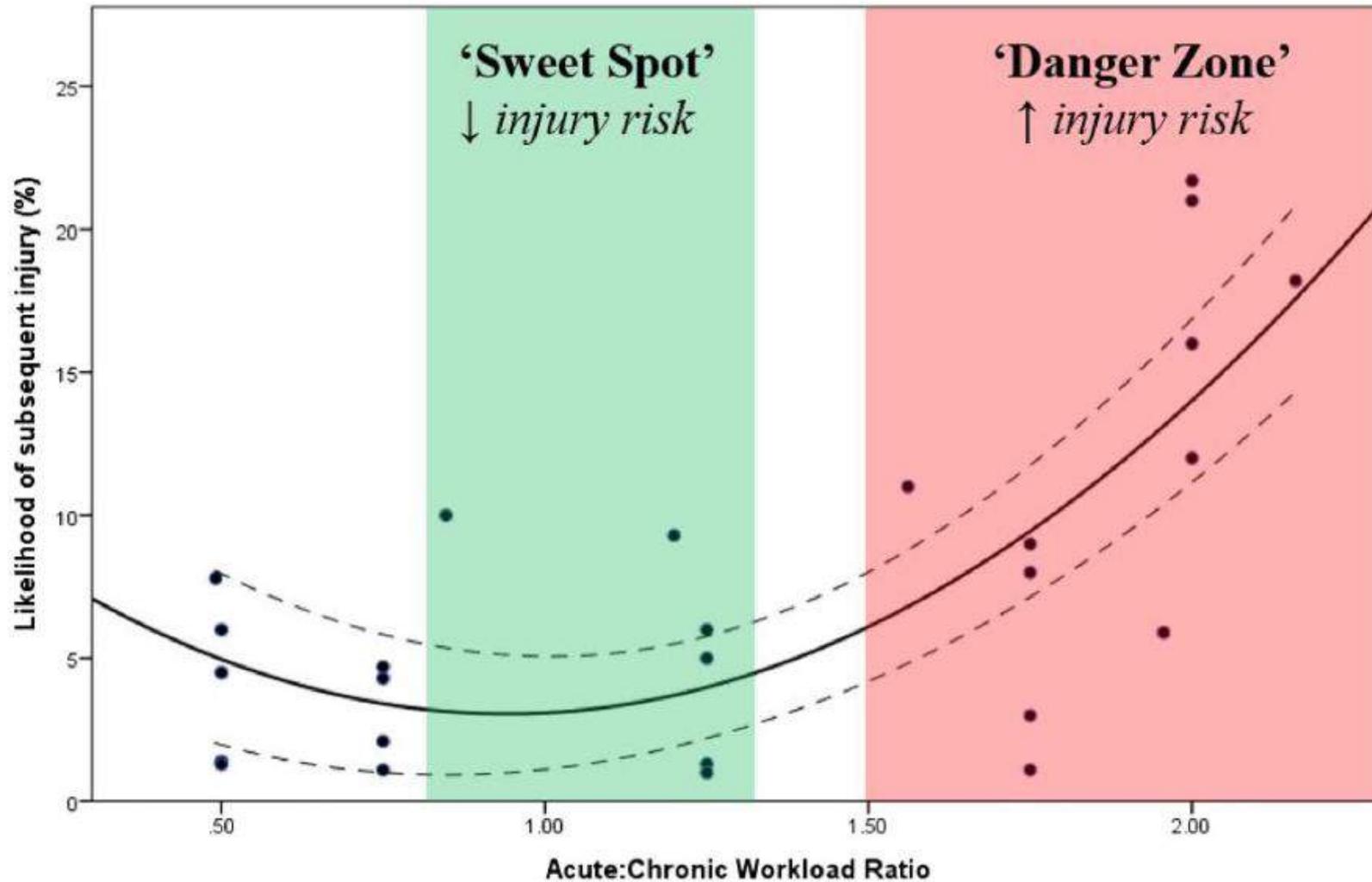
Rapport entre fatigue & niveau fitness (fatigue-fitness index)

Training load journalier = RPE (1-10) x min = **session RPE**

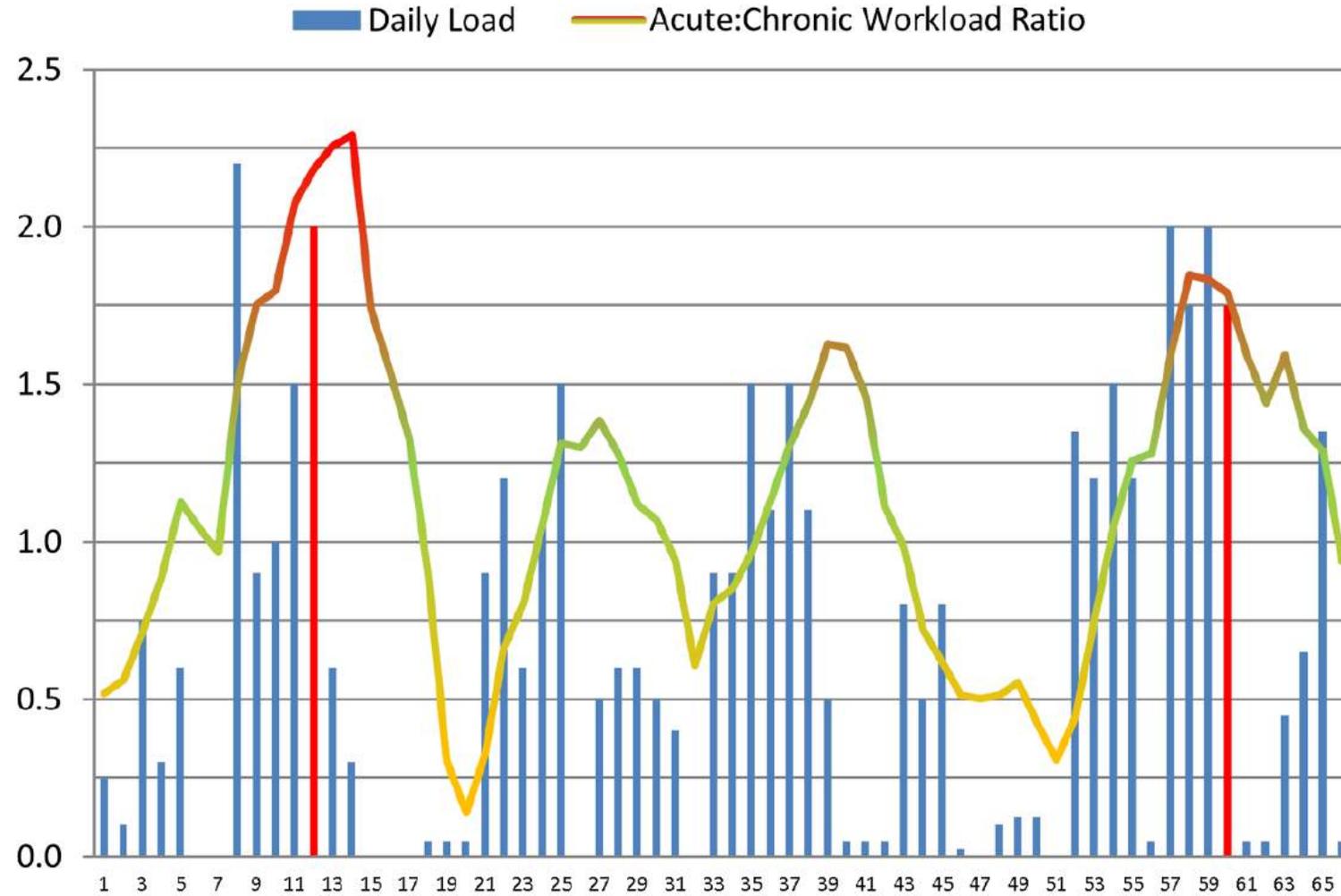
Moyenne de la semaine en cours = **fatigue**

Moyenne des derniers 28j = **fitness**

# Tim Gabbett - ACWR



# Training load error



Notez les 2 jours rouge = blessure, et les pics ratio **aigu:chronique**

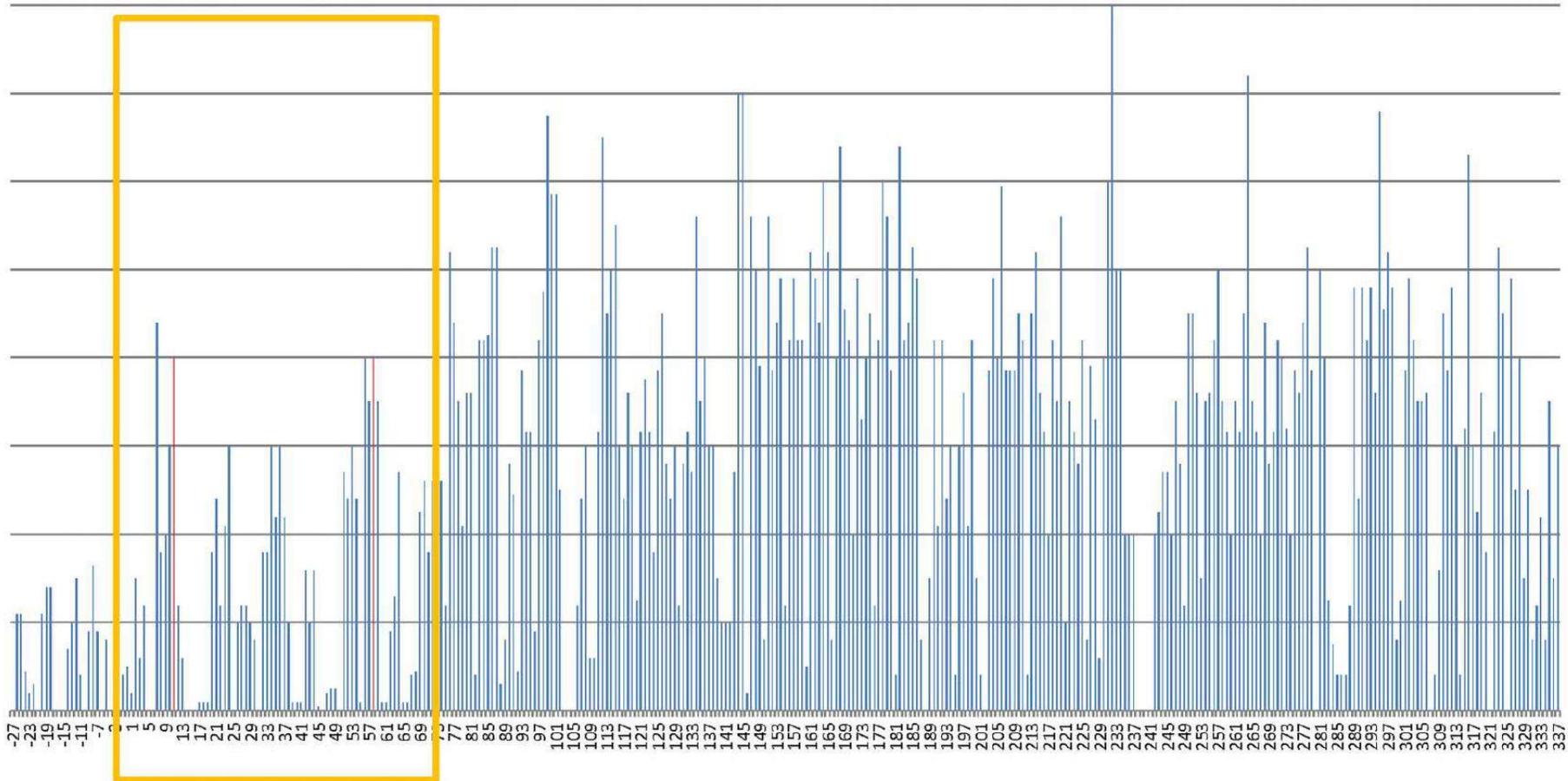
Période avec peu d'entraînement et augmentation (trop) rapide des volumes

*Drew & Purdam, BJSM 2016*

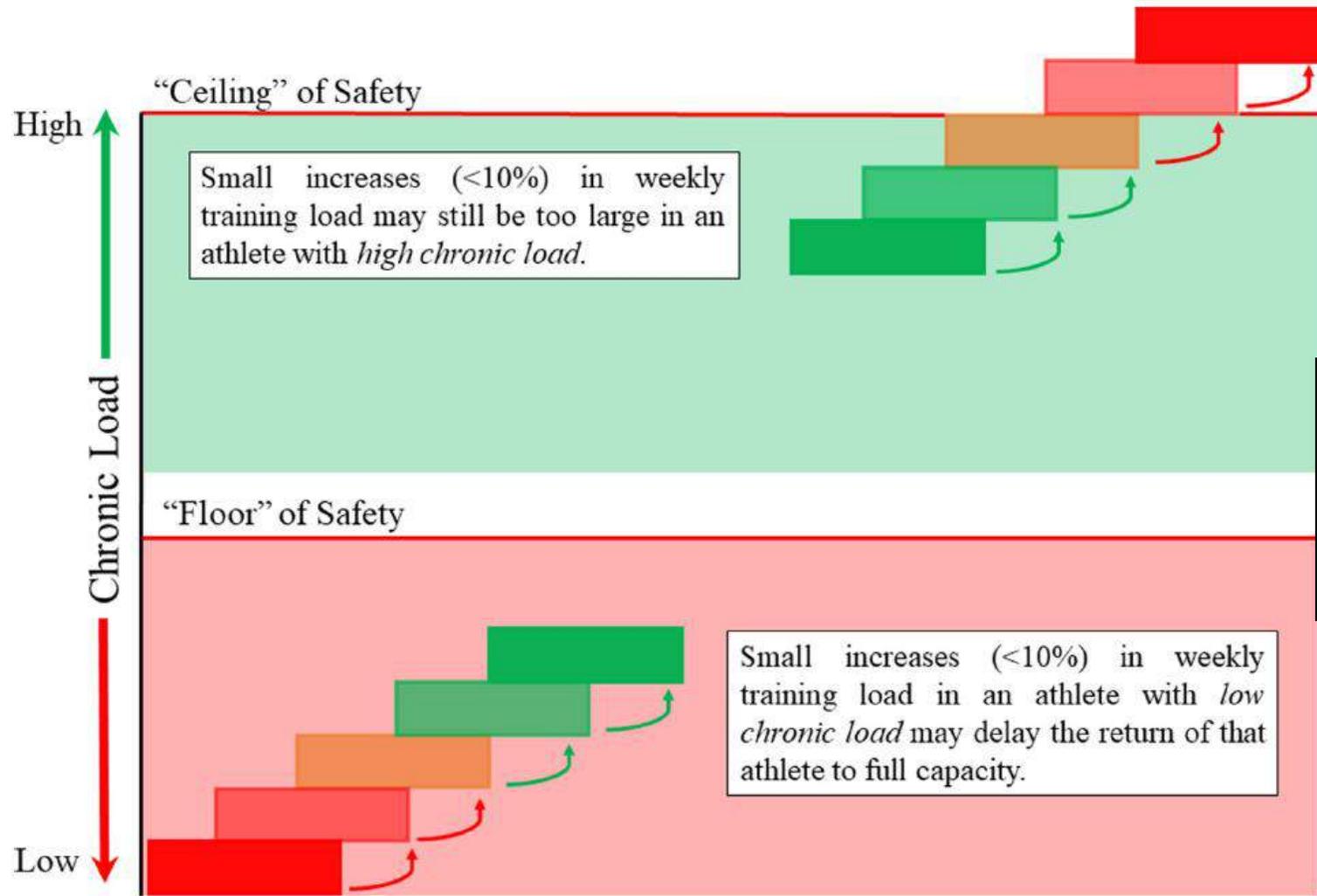
# Zoom out sur l'année entière...

Peu entraînement, blessures

Bcp entraînement, pas de blessures



# Règle des 10% diffère selon le niveau habituel de charge



Si charge élevée: attention à ne pas trop monter.

Zone où on ose monter plus vite...

Si charge très basse: ne pas trop vite monter.

Gabbett T, BJSM 2018



# Situation clinique

# Julien Wanders

27'13" et 59'13"









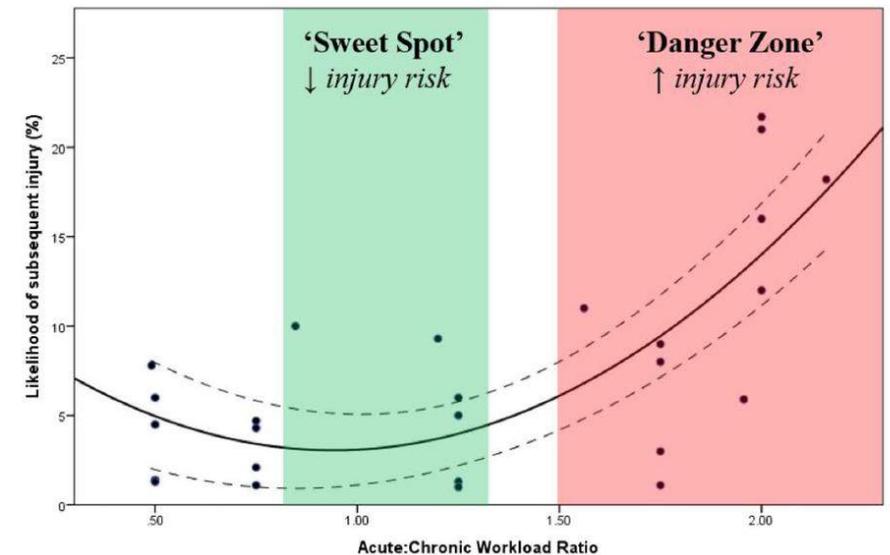
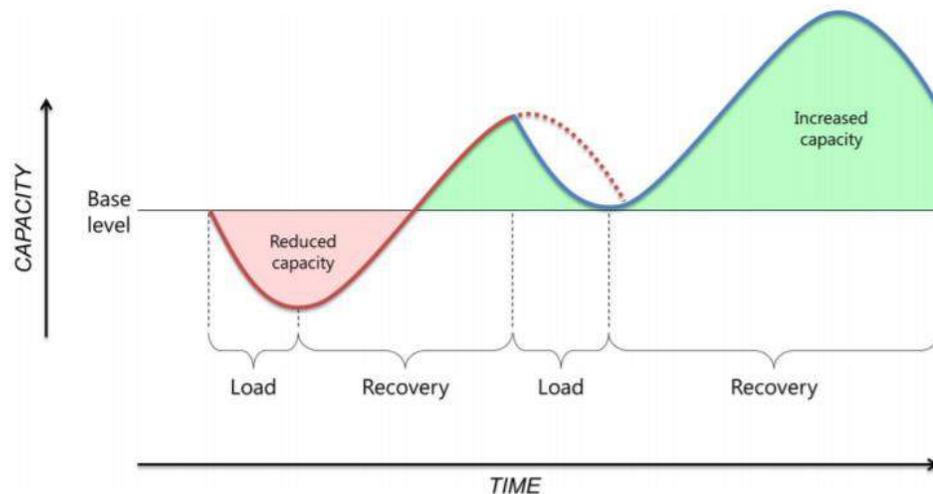


# Changement d'entraîneur, sponsor, agent...



# Lésions de surcharge ou de sous-utilisation

Comment mieux aborder la charge





## Le gainage du pied

par le renforcement des muscles intrinsèques... et extrinsèques



Bases scientifiques  
et applications cliniques





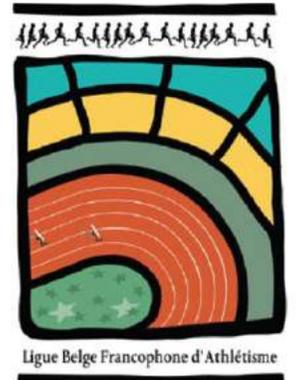
# La théorie du gainage du pied



## Historique et rappels anatomiques

François FOURCHET  
PT, PhD  
Laboratoire Santé & Performance

[francois.fourchet@latour.ch](mailto:francois.fourchet@latour.ch)



# “Gainage?”

= Rôle de la stabilisation lombo pelvienne pour assurer la fonction des membres inférieurs

- **Stabilisateurs locaux**

= petite section et petits bras de levier

= multifidus et transverse abdominis

= augmentent la stabilité entre les segments

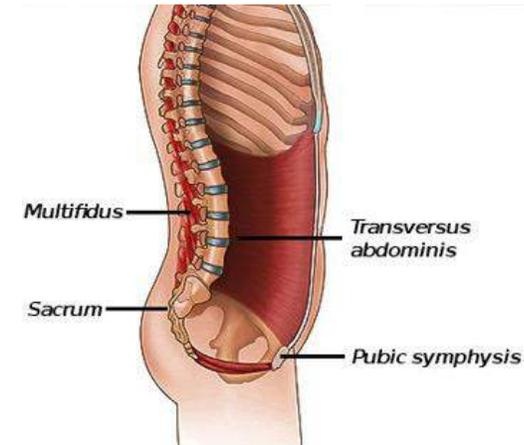
= base stable -> mobilisateurs principaux du tronc (Latissimus dorsi) = mouvements

- **Faibles stabilisateurs locaux ... manque de gainage**

-> Fondement proximal du mouvement instable et mal aligné

-> Mouvements “anormaux” du tronc et des membres inférieurs

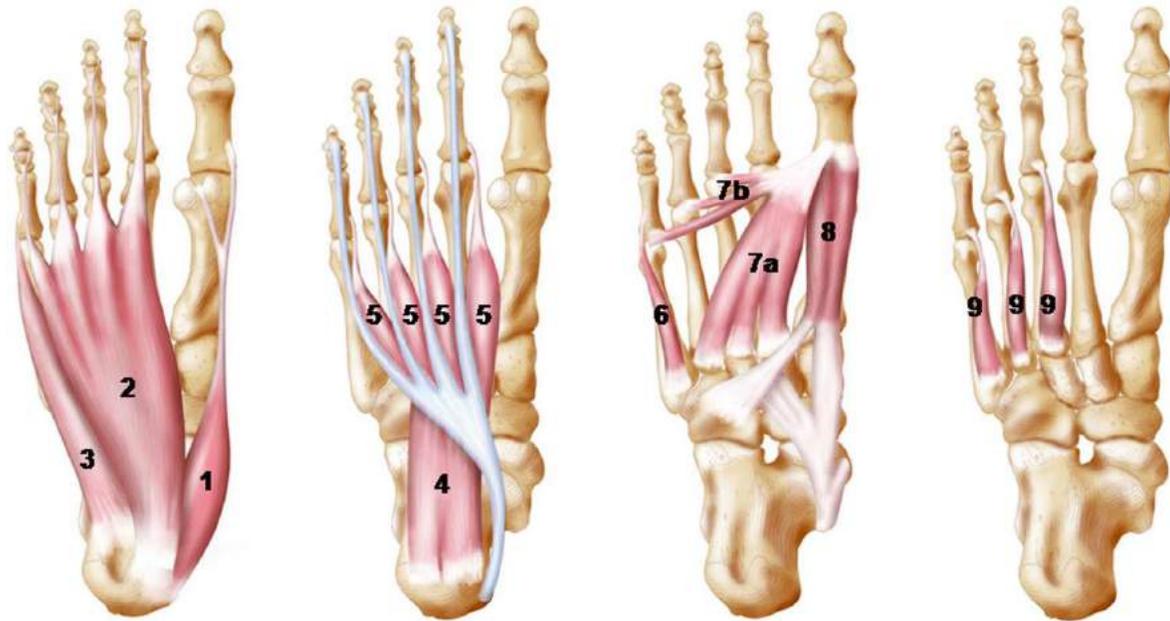
-> Pathologies de surcharge des membres inférieurs.



[McKeon et al. BJSM 2015](#)

# Muscles intrinsèques du pied

= Origine et insertion distale au niveau du pied



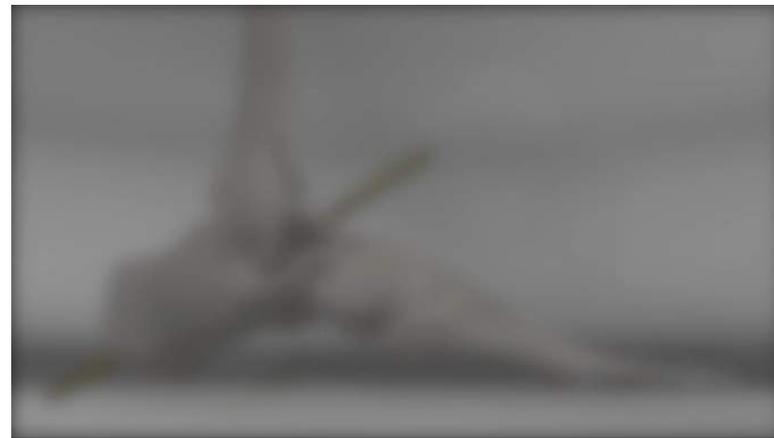
**The plantar intrinsic foot muscles: four plantar layers.**

- (1) abductor hallucis,
- (2) flexor digitorum brevis,
- (3) abductor digiti minimi,
- (4) Quadratus plantae
- (5) lumbricals
- (6) Flexor digiti minimi,
- (7) adductor hallucis oblique (a) and transverse (b) heads,
- (8) flexor hallucis brevis,
- (9) plantar interossei, (10)

[McKeon et al. BJSM 2015](#)

# Fonctions

MLA s'écrase et se reforme en réponse à un stress mécanique cyclique



Pas seulement passif, aussi actif par les IFM (et les EFM)

Mécanisme du ressort => Energie mécanique stockée puis restituée à chaque contact du pied au sol

## Muscles intrinsèques:

- Contribuent à l'absorption de la contrainte et à la restitution des forces
- Limitent les contraintes et le stress sur le fascia plantaire
- Facilitent la transmission des forces à la phase d'appui (triceps...)

Muscles intrinsèques = IFM  
Arche médiale du pied = MLA

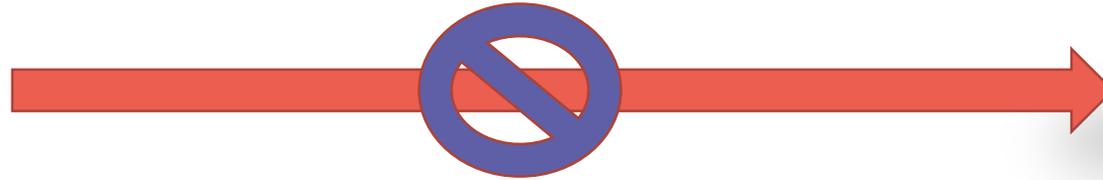
[Kelly et al. J. R. Soc. Interface 2015](#)

# ABSORPTION VS. PROPULSION



**ABSORPTION**  
(arrière-pied/ médio-pied)

- Flexibilité / compliance
- Stiffness (raideur)



**STATIQUE VS DYNAMIQUE**

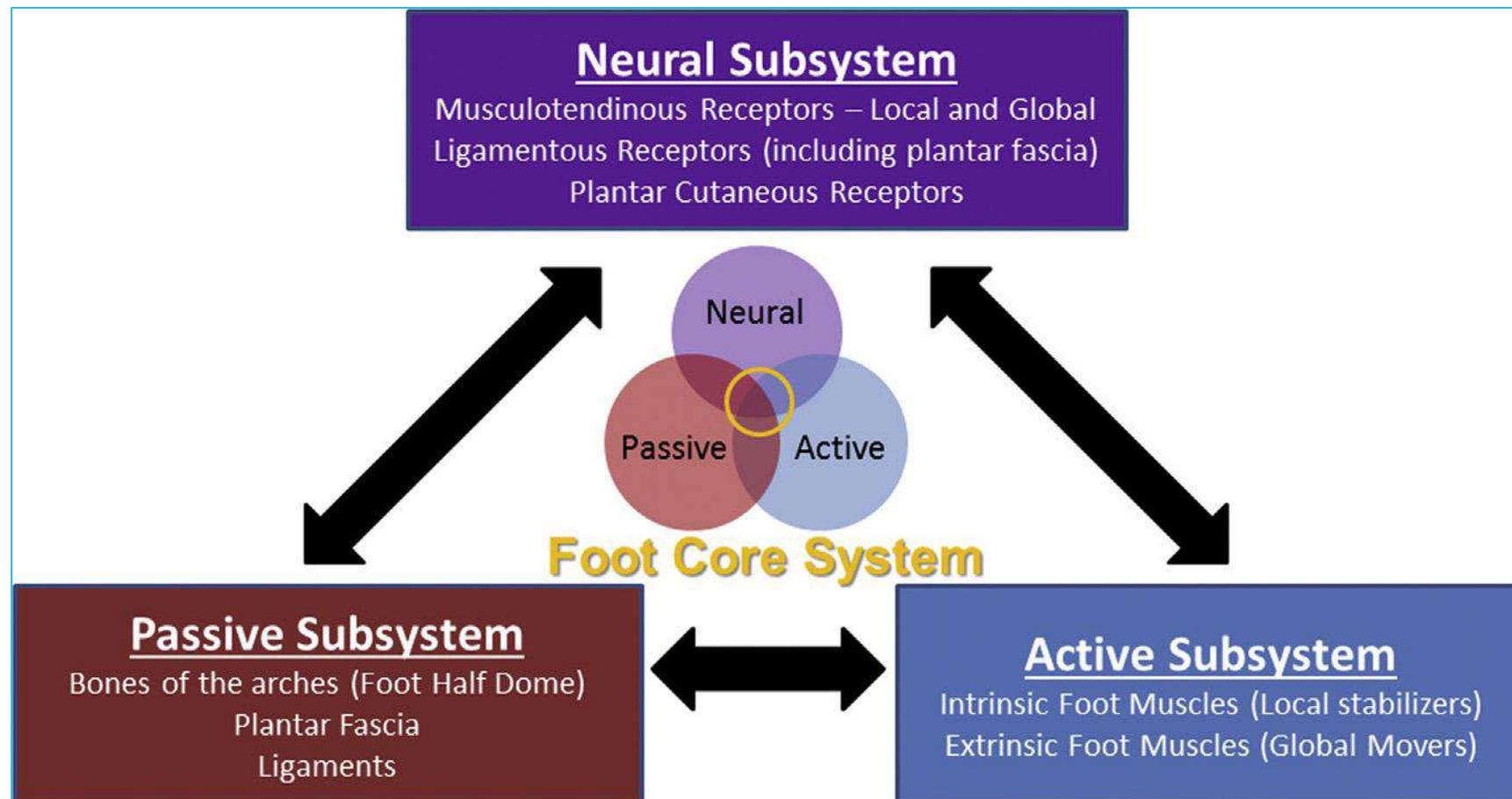
**PROPULSION**  
(avant-pied)

- Stiffness (raideur)
- Force musculaire

# Le concept de « gainage du pied » semble avoir du sens...



<http://activespineandsport.net>



# La théorie du gainage du pied



## Renforcer Les muscles des Pieds

Référence: Tourillon, Gojanovic & Fourchet Frontiers 2019

Designed by @YLMsportScience

Le pied joue un rôle essentiel lors de la course et du sprint. Ses muscles intrinsèques

1 Sont les principaux stabilisateurs intrinsèques du pied



2 Font partie de sous-systèmes actifs et neuronaux qui maintiennent la structure du pied



3 Travaillent de manière excentrique pendant la phase d'appui avant de se raccourcir lors de la phase de propulsion



4 Jouent un rôle clé dans le soutien de l'arche longitudinale médiale, assurant au pied flexibilité, stabilité et absorption des chocs, tout en contrôlant partiellement sa pronation

5 Facilitent la transmission des forces propulsives au démarrage



6 Même si leur impact réel sur la force musculaire du pied reste incertain

... certains exercices pourraient potentiellement améliorer la capacité à générer et à absorber des forces pendant l'accélération et le sprint

### EXERCICES DE RENFORCEMENT



"L'exercice du pied raccourci"

où le contrôle volontaire des muscles intrinsèques du pied élève les arches du pied et raccourcit le pied



Travail de pied combiné à une torsion du buste



Exercice de dissociation des orteils



Travail avec une serviette

Travail de pied avec rotation



Travail de pied combiné à une propulsion

7 Ces exercices peuvent également être intéressants pour prévenir certaines blessures liées à un manque de raideur de la voûte médiale du pied (syndrome de stress du tibia médial ou tendinopathie d'Achille)

# Stratégie pour un bon gainage du pied

**1/ Gainage du pied isolé en actif volontaire (“short foot exercise”... et autres)**

**2/ Gainage du pied isolé en actif involontaire (électrostimulation)**

**3/ Intégration de 1/ et 2/ puis progression vers les tâches dynamiques.**

[Mc Keon & Fourchet Clin Sport Med 2015](#)

# 1/ Gainage du pied isolé en actif volontaire



Short foot vs. « griffe des orteils »

## Autres exercices



Figure 1. Intrinsic foot muscle exercises: A, short-foot exercise; B, toes-spread-out exercise, C, first-toe extension; and D, second to fifth toe extension.

# Autres exercices

doi: 10.4085/1062-6050-51.10.07  
© by the National Athletic Trainers' Association, Inc  
www.natajournals.org

*original research*

## **Intrinsic Foot Muscle Activation During Specific Exercises: A T2 Time Magnetic Resonance Imaging Study**

**Thomas M. Gooding, MEd, ATC; Mark A. Feger, PhD, ATC; Joseph M. Hart, PhD, ATC, FNATA; Jay Hertel, PhD, ATC, FNATA, FACSM**

University of Virginia, Charlottesville

**Etude de l'augmentation de l'activation musculaire** des abductor hallucis, flexor digitorum brevis, abductor digiti minimi, quadratus plantae, flexor digiti minimi, adductor hallucis oblique, flexor hallucis brevis, the interossei, and lumbricals après chaque exercice **via T2 IRM.**

Gooding et al. JAT [2016](#)

# Autres exercices

**Results:** All muscles showed increased activation after all exercises. The mean percentage increase in activation ranged from 16.7% to 34.9% for the short-foot exercise, 17.3% to 35.2% for toes spread out, 13.1% to 18.1% for first-toe extension, and 8.9% to 22.5% for second- to fifth-toes extension.

**Conclusions:** Each of the 4 exercises was associated with increased activation in all of the plantar intrinsic foot muscles evaluated.

These results may have clinical implications for the prescription of specific exercises to target individual intrinsic foot muscles.



Unger & Wooden, 2000; Jung, et al., 2011  
[Mulligan & Cook, 2013](#); Hashimoto & Sakuraba, 2014  
Brueggeman, et al., 2005; [Miller, et al., 2014](#)  
[Johnson, et al., 2016](#)

« doming »...



# Stratégie pour un bon gainage du pied

1/ Gainage du pied isolé en actif volontaire (“short foot exercise”... et autres)

2/ Gainage du pied isolé en actif involontaire (électrostimulation)

3/ Intégration de 1/ et 2/ puis progression vers les tâches dynamiques.

[Mc Keon & Fourchet Clin Sport Med 2015](#)

## 2/ Gainage du pied isolé en actif involontaire (électrostimulation)



[Mc Keon & Fourchet Clin Sport Med 2015](#)

[James et al. IJSM 2012](#)

[Fourchet et al. Sc & Sport 2009, Fourchet JSSM 2011](#)



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Clinical Biomechanics 19 (2004) 1066–1069

CLINICAL  
BIOMECHANICS

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

Brief report

## Modifications of baropodograms after transcutaneous electric stimulation of the abductor hallucis muscle in humans standing erect

Jean-Claude Gaillet <sup>a,\*</sup>, Jean-Claude Biraud <sup>a</sup>, Monique Bessou <sup>b,c</sup>, Paul Bessou <sup>d</sup>

<sup>a</sup> *Cabinet de Podologie, 85, rue de Venise, 51100 Reims, France*

<sup>b</sup> *Laboratoire de Biophysique, CHU Rangueil, Toulouse, France*

<sup>c</sup> *Faculté de Médecine, Centre de Recherche Cerveau et Cognition, UMR 5549/CNRS, 31062 Toulouse, France*

<sup>d</sup> *Service d'Exploration Fonctionnelle Sensorielle et Motrice, CHU Rangueil, Toulouse Cedex, France*

Received 7 June 2001; accepted 9 March 2004

**“Electrical abductor hallucis muscle stimulation => lateral displacement of the anterior maximal pressure point.**

**These specific changes in baropodogram indices persisted 2 months later!!”**

[Gaillet et al. 2004](#)

## Bases scientifiques dans la littérature (2):



**“Better activation and strength of intrinsic foot muscles => better Forefoot-Rearfoot coordination during mid-stance, indicative of a more stable foot.**

**Most likely due to stimulation induced post-tetanic potentiation of synaptic transmission“**

[James et al. 2012](#)

## Bases scientifiques dans la littérature (3):

Science & Sports (2009) 24, 262–264



Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
  
www.em-consulte.com



COMMUNICATION BRÈVE

### Électrostimulation des muscles plantaires et chute de l'os naviculaire

*Plantar muscles electrostimulation and navicular drop*

F. Fourchet<sup>a,\*</sup>, M. Kilgallon<sup>a</sup>, H. Loepelt<sup>a</sup>, G.-P. Millet<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Aspire, Academy for Sports Excellence, PO Box 2287, Doha, Qatar*

<sup>b</sup> *Institut des sciences du sport et de l'éducation physique, université de Lausanne, Lausanne, Suisse*

**“Après six semaines, Navicular Drop diminué dans le groupe test.**

**=> Amélioration du support actif de l'arche.”**

[Fourchet et al. 2009](#)

## Bases scientifiques dans la littérature (4):

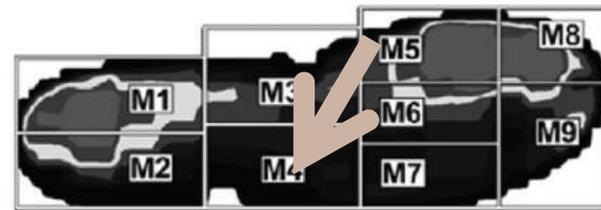
©Journal of Sports Science and Medicine (2011) 10, 292-300  
<http://www.jssm.org>

Research article

### Effects of combined foot/ankle electromyostimulation and resistance training on the in-shoe plantar pressure patterns during sprint in young athletes

François Fourchet ✉, Sami Kuitunen, Olivier Girard, Adam J. Beard and Grégoire P. Millet  
ASPIRE, Academy for Sports Excellence, Doha, Qatar

LATERAL shift of the foot  
plantar pressure distribution

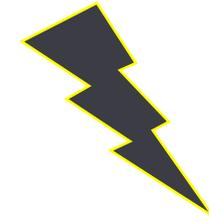


Confirming the literature in static (Gaillet 2004)

= unload the medial arch and then help to prevent “hyperpronation” or “uncontrolled pronation”

[Fourchet](#) et al. 2011

## 2/ Gainage du pied isolé en actif involontaire (électrostimulation)



Mc Keon & Fourchet Clin Sport Med 2015  
James et al. IJSM 2012  
Fourchet et al. Sc & Sport 2009, JSSM 2011

# Stratégie pour un bon gainage du pied

**1/ Gainage du pied isolé en actif volontaire (“short foot exercise”... et autres)**

**2/ Gainage du pied isolé en actif involontaire (électrostimulation)**

**3/ Intégration de 1/ et 2/ puis progression vers les tâches dynamiques.**

[Mc Keon & Fourchet Clin Sport Med 2015](#)

### 3/ Integration et progression vers le dynamique



Protocoles excentriques+++

Short foot exercise pendant la montée sur pointes de pied

=> La force doit être transmise plus souvent médialement!

### 3/ Intégration et progression vers le dynamique



Sautillements  
Sauts  
Course sur place  
...

# Protocoles

Auteurs	Modalité	Protocole	Remarques
<b>Gaillet et al. (2004)</b>	Electrostimulation: <u>1 séance</u>	Compex Renforcement 20mn	Pieds plats flexibles
<b>Fourchet et al. (2009)</b>	Electrostimulation: 3x/semaine pdt 3 semaines	Compex Renforcement 15mn	Pieds normaux et pieds plats flexibles
<b>Fourchet et al. (2011) Ebrecht et al. (2018)</b>	Electrostimulation + renforcement volontaire: 17 séances sur 5 semaines	Compex Renforcement 15mn	Pieds normaux
<b>James et al. (2012)</b>	Electrostimulation: <u>1 séance</u> de 10 séquences de 15s de <u>WPS</u> (20Hz–100Hz) sur 2s chaque. Repos = 2mn	Wide Pulse Stimulation (1ms)	Pieds normaux

[McKeon & Fourchet 2015](#)  
[McKeon et al BJSM 2014](#)

[James et al. IJSM 2012](#)  
[Fourchet et al. Sc & Sport 2009](#), & [JSSM 2011](#)  
Gaillet et al. Clin Biomech 2004

# Application à la course à pied et revue des dernières publications sur le gainage du pied



# Que se passe-t-il en cas de défaillance ou faiblesse?

## Epidémiologie:

## Blessure

Soutien actif insuffisant de la MLA

- Rôle dans la fasciopathie plantaire (Blessure par tension excessive et déformation répétée de l'arche)
- Rôle dans les périostites, par une capacité réduite à contrôler la pronation

Headlee DL et al. J Electromyogr Kinesiol. 2008  
Wearing SC et al Sports Med. 2006  
Moen MH et al. Scand J Med Sci Sports. 2012

# Que se passe-t-il en cas de défaillance ou faiblesse?

## Affaissement de l'arche

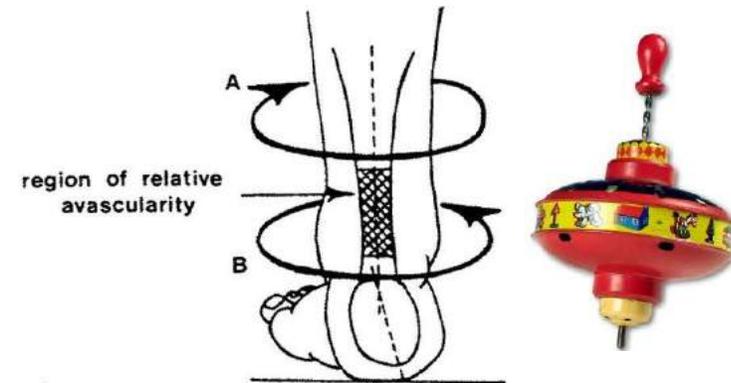


BJSM blog  
courtesy of @runningreform2

- Pronation incontrôlée,
- Angle de traction du tendon d'Achille déplacé médialement.

= « Whipping mechanism »

## Blessure



Dr. Christensen personal website  
<http://www.ccptr.org/KDC/kimd>

Folkowski P et al. J Foot Ankle Surg. 2003  
Fourchet F. PhD thesis. 2012

Giannini S et al. Ital J Orthop Traumatol. 1992  
Snook AG. Foot Ankle Int. 2001

# Que se passe-t-il en cas de défaillance ou faiblesse?

## Performance

### Biomécanique:

-> Augmentation de la pronation en statique debout, à la marche et à la course

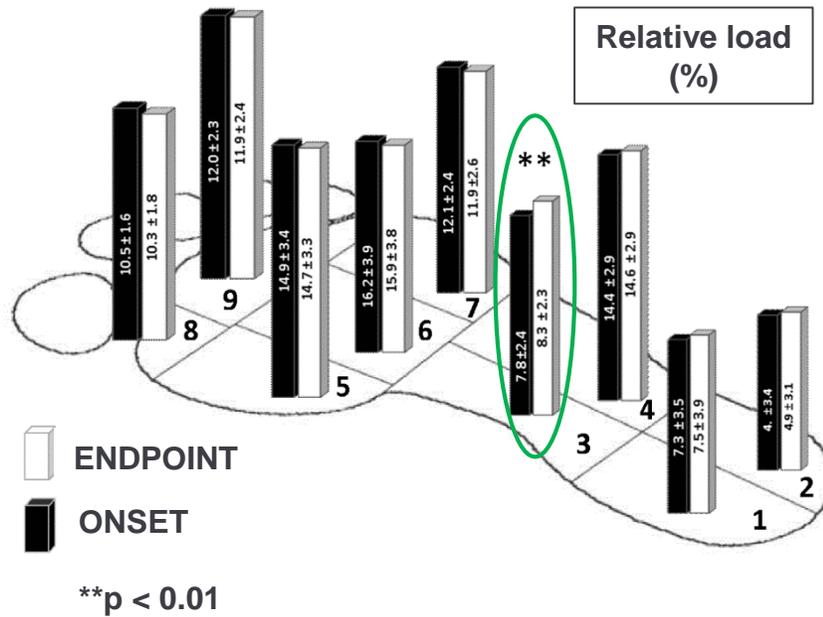
= Pied moins rigide car le medio-pied n'est pas correctement verrouillé

=> Moins de qualité de levier pour transmettre les forces à travers le pied

Giannini S et al. Ital J Orthop Traumatol. 1992  
Snook AG. Foot Ankle Int. 2001

Folkowski P et al. J Foot Ankle Surg. 2003  
Fourchet F. PhD thesis. 2012

# Que se passe-t-il en cas de fatigue?



Fatigue induite par la course à pied à l'épuisement:

- Augmentation des contraintes sous la MLA

- Facteur prédisposant aux blessures

Fourchet F. et al. JAT 2014  
 Weist R, Am J Sports Med. 2004  
 Korpelainen R. et al. Am J Sports Med. 2001

Researchers	Year	Intervention	Population	Measurements	Results
Unger & Wooden	2000	6 week toe flexor strengthening program	15 healthy subjects	Toe strength, vertical jump height, horizontal jump distance	Significant improvement in all categories
Jung, et al	2011	8 weeks of orthotics or SFE+orthotics	28 subjects with pes planus	CSA of ABDH, strength of FH	Increased CSA of ABDH and strength of FH in both groups, but more in the SFE+O group
Mulligan & Cook	2013	4 weeks of short foot/doming	21 asymptomatic subjects	Navicular drop, AHI, balance and reach task	Decrease in ND, increase in AHI, improvement in balance and reach task
Hashimoto, et al	2014	8 weeks of light resistance toe flexion	12 healthy males	Flexion strength, arch length, vertical jump, 1 legged long jump, 50m dash time	Increased flexion strength, decreased arch length, increased 1 legged long jump distance, increased vertical jump height, decreased 50m dash time
Lynn, et al	2012	4 week of SFE or TC, 100 reps/day	24 healthy	Navicular height, ROM of COP in ML direction for static and dynamic balance tests	No difference in navicular height or static balance test. Decrease ML COP movement in dynamic balance test - SFE group more than TCE group in non-dominant limb
Brueggemann, et al	2005	5 months of warm-up in minimalist shoes	25 healthy	Strength: MPJ flexor, subtalar inversion, plantarflexion, dorsiflexion Size: TA, peronei, TP, triceps surae, FH, FD	Increase in all strength measures, increase in ACSA of FH (4%), ABDH (5%), and QP (5%)
Chen, et al	2016	6 month transition to running in minimalist shoes	20 habitual shod runners	Forefoot and rearfoot muscle volume via MRI	Increase in forefoot muscle in experimental group
Miller, et al	2014	12 week transition to minimal footwear	17 runners	Muscle size (CSA, ACSA, MV), AHI, arch deformation	Increase in FDB muscle volume and ADM ACSA, no change in AHI, decrease in RAD
Johnson, et al	2016	10 week transition to minimalist footwear	18 runners	Muscle size	Increase in ABDH (10.6%)

Irene Davis, PT, PhD  
Blaise Dubois, PT  
Sarah Ridge, PhD  
Isabel Sacco, PhD

# The Effects of a Transition to Minimalist Shoe Running on Intrinsic Foot Muscle Size

Authors

A. W. Johnson<sup>1</sup>, J. W. Myrer<sup>1</sup>, U. H. Mitchell<sup>1</sup>, I. Hunter<sup>2</sup>, S. T. Ridge<sup>1</sup>

Affiliations

<sup>1</sup>Department of Exercise Sciences, Brigham Young University, Provo, United States

<sup>2</sup>Exercise Sciences, Brigham Young University, Provo, United States

Changement du volume musculaire des intrinsèques du pied chez les coureurs en transition vers les chaussures minimalistes Vibram FiveFingers™ (VFF) par rapport à un groupe de contrôle courant dans des chaussures de course traditionnelles - **10 semaines** - **Aucun exercice**.

- Maintenir leur distance de course moyenne hebdomadaire en parcourant une partie de cette distance avec les chaussures VFF et le reste avec leurs chaussures de course traditionnelles présentant les mêmes caractéristiques de chaussure que le groupe témoin.
- La transition consistait précisément en ce que le groupe VFF courait entre 1,6 et 3,2 km dans la chaussure VFF la première semaine et augmentait de 1,6 à 3,3 km / semaine pendant 3 semaines.
- Ainsi, à 3 semaines, ils couraient au moins 4,8 km avec les chaussures VFF.
- Après 3 semaines, ils ont été invités à augmenter leur distance de chaussure minimaliste au mieux de leur tolérance.

L'œdème osseux et la taille intrinsèque du muscle du pied ont été mesurés au départ et après 10 semaines.

- Une **augmentation significative de 10,6%** de la section transversale de l'abducteur hallucis s'est produite dans le groupe Vibram FiveFingers™ par rapport au groupe témoin.
  - 8 coureurs Vibram FiveFingers™ et un coureur témoin ont développé un **œdème osseux**.
- Ceux qui ont développé un œdème osseux avaient un volume significativement plus petit de tous les muscles évalués.
  - La taille des muscles intrinsèques du pied semble jouer un rôle important dans la transition en toute sécurité vers la chaussure minimaliste.
  - **Peut-être que le renforcement musculaire intrinsèque du pied pourrait profiter aux coureurs souhaitant passer à des chaussures minimalistes.**

## Accepted Manuscript

Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume

Tony Lin-Wei Chen, Louis K.Y. Sze, Irene S. Davis, Roy T.H. Cheung

PII: S0268-0033(16)30067-5

DOI: [doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010)

Reference: JCLB 4171



This study sought to examine the **effects of minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume** in **habitual shod runners (20)**.

The relationship between participants' compliance with the minimalist shoes and changes in muscle volume was also evaluated.

Vingt coureurs chaussés « normalement » ont suivi un programme d'entraînement de six mois conçu pour **une transition vers la chaussure minimaliste.**

*= programme d'exercices de renforcement des mollets, exercices d'équilibre et de placement du pied, et des conseils de transition (Spaulding National Running Center, 2016).*

- 18 autres coureurs ont pratiqué le même programme mais ils ont maintenu la pratique de la course à pied avec des chaussures standard.
- Plateforme de surveillance en ligne au cours du programme.
- **Mesure du volume musculaire intrinsèque et extrinsèque global du pied avant et après le programme en utilisant des IRM.**

Accepted Manuscript

Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume

Tony Lin-Wei Chen, Louis K.Y. Sze, Irene S. Davis, Roy T.H. Cheung

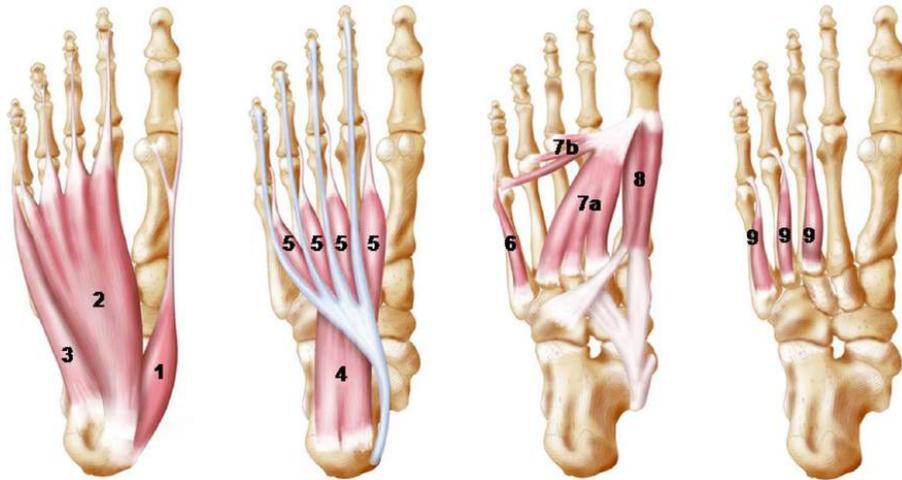
PII: S0268-0033(16)30067-5  
DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010)  
Reference: JCLB 4171



- Les coureurs du groupe expérimental: augmentation volume musculaire intrinsèques et extrinsèques après la transition.
- **Intrinsèques surtout à l'avant-pied mais pas à l'arrière-pied.**

# Muscles intrinsèques du pied

= Origine et insertion distale au niveau du pied



**The plantar intrinsic foot muscles: four plantar layers.**

- (1) abductor hallucis,
- (2) flexor digitorum brevis,
- (3) abductor digiti minimi,
- (4) Quadratus plantae
- (5) lumbricals
- (6) Flexor digiti minimi,
- (7) adductor hallucis oblique (a) and transverse (b) heads,
- (8) flexor hallucis brevis,
- (9) plantar interossei, (10)

[McKeon et al. BJSM 2015](#)

Accepted Manuscript

Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume

Tony Lin-Wei Chen, Louis K.Y. Sze, Irene S. Davis, Roy T.H. Cheung

PII: S0268-0033(16)30067-5  
DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010)  
Reference: JCLB 4171



- Le volume musculaire (jambes et pieds) des coureurs du groupe témoin est resté similaire après le programme.
- Une corrélation positive significative a été observée entre la durée de course en chaussures minimalistes et les modifications du volume musculaire des jambes (EFM +++).

**AUCUNE BLESSURE ... Exercices?!**

# Gainage du pied en courant pied nus ou en chaussures minimalistes?



([www.youtube.com/Vibram Fivefingers](http://www.youtube.com/Vibram_Fivefingers))

Augmentation du volume des IFM après plusieurs semaines/mois de transition vers le minimaliste

Course -> augmentation de la contrainte sous la MLA -> hypertrophie

**=> Réel gain de force en courant en minimalistes ou pieds nus...**

**ET LA MARCHÉ!!!**

Ridge et al.

**Attention: longue durée, habitude/education++, dommages collatéraux (oedème osseux), exercices en parallèle+++ (Spaulding National Running Center, Vibram website...), Résultats à confirmer car volume  $\neq$  force)...**

([Johnson et al., 2015](#); [Miller et al., 2014](#), [Chen et al. 2017](#))

# Questions?

## Le gainage du pied

- Bases scientifiques et applications pratiques -



# Pathologies /croissance

Performance et prévention = même "combat"

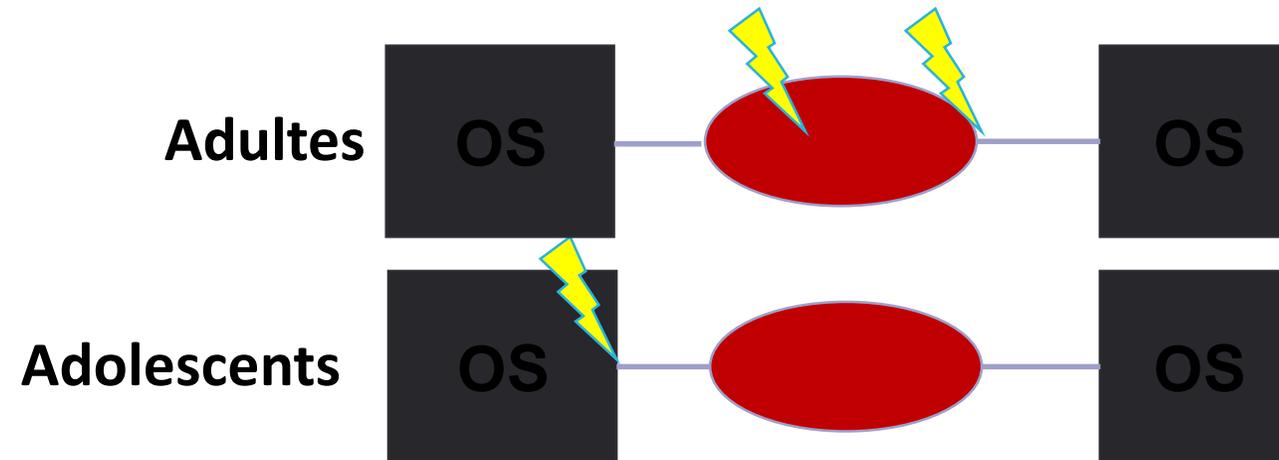
→ entraîneurs, parents, dirigeants, médical...

- Connaître la spécificité enfants/ados (peu de déchirures, tendinopathies ...)
- Connaître les sites à risque (os mou et cartilages de conjugaison, pas "petits adultes" ...)

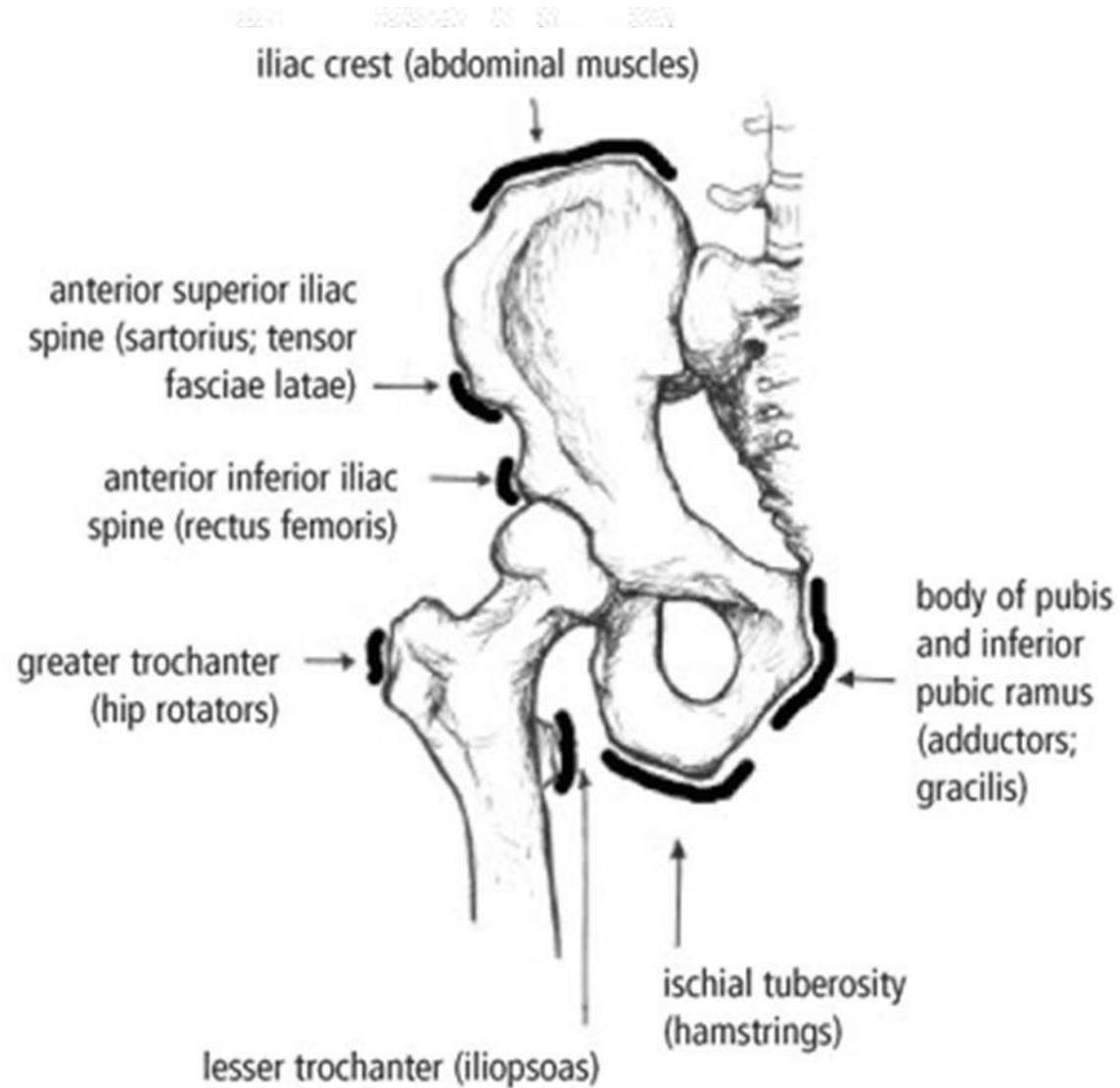
**Gestion des charges (vélo, aquajogging, hypoxie etc...)+++**

**Suivi (éviter le "désentraînement") et reprise progressive**

# Blessures



# Sites à risque - bassin



# Le dos des adolescents

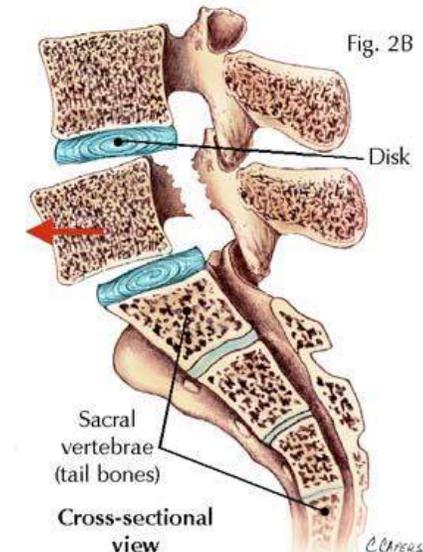
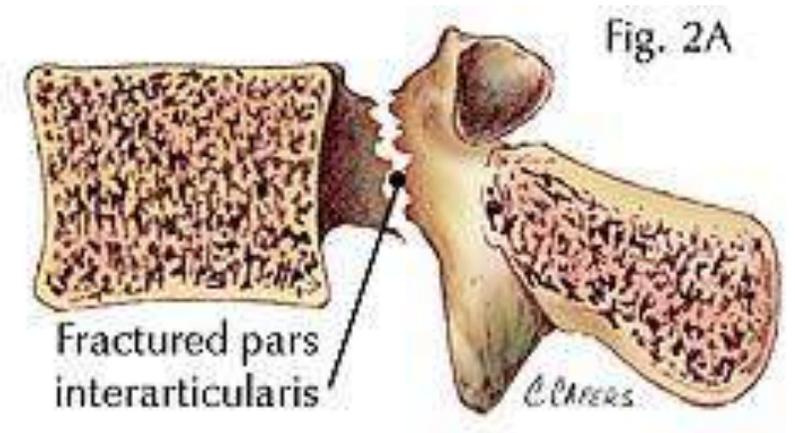
# Spondylolyse

## Spondylolisthésis

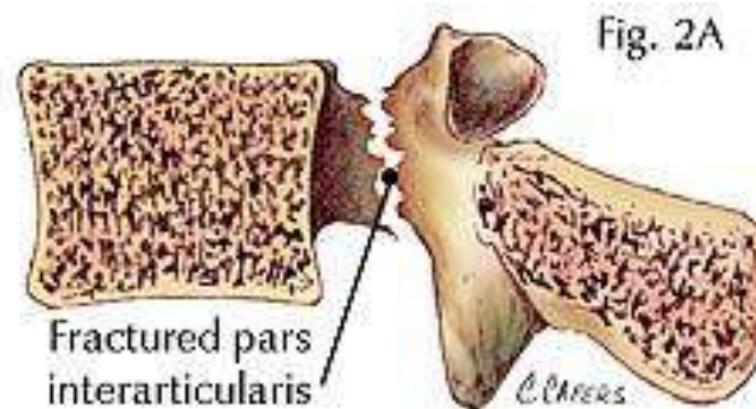
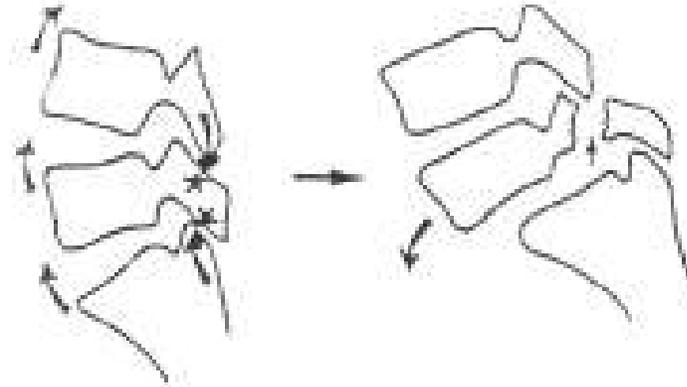
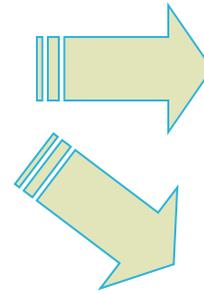
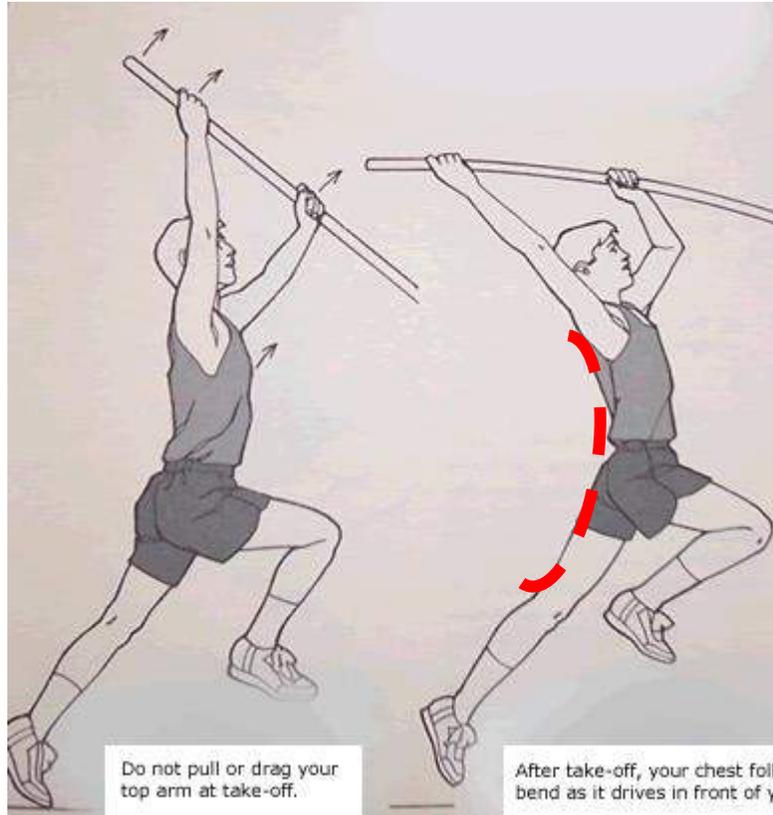
- Hyperextension répétée + douleur subite
- Douleur retrouvée en recréant une hyperextension

### ■ TRAITEMENT

- Si détecté tôt: courte immobilisation + rééducation + adaptation entraînement
- Si détecté tard: risque de non consolidation

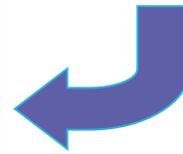
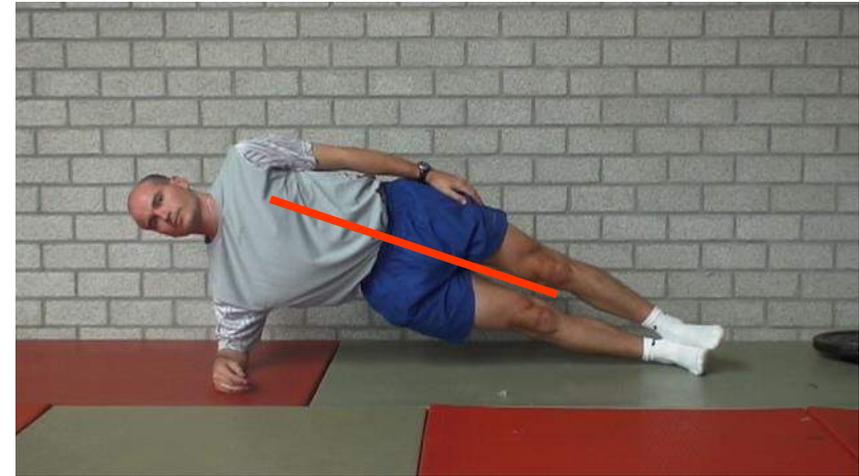
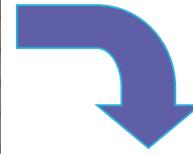


# Exemple: saut à la perche

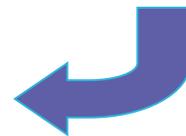
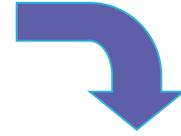


**Mais la spondylolyse n'est pas une contre-indication à la pratique sportive!**

# Gainage(1) statique



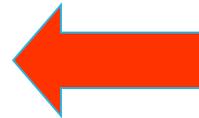
# Gainage(2) semi-dynamique



# Gainage(3) dynamique

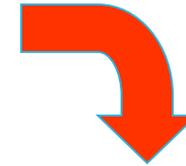


# Gainage(4) spécifique



Statique

# Gainage (5) spécifique



Dynamique

# STRETCHING ILIO-PSOAS



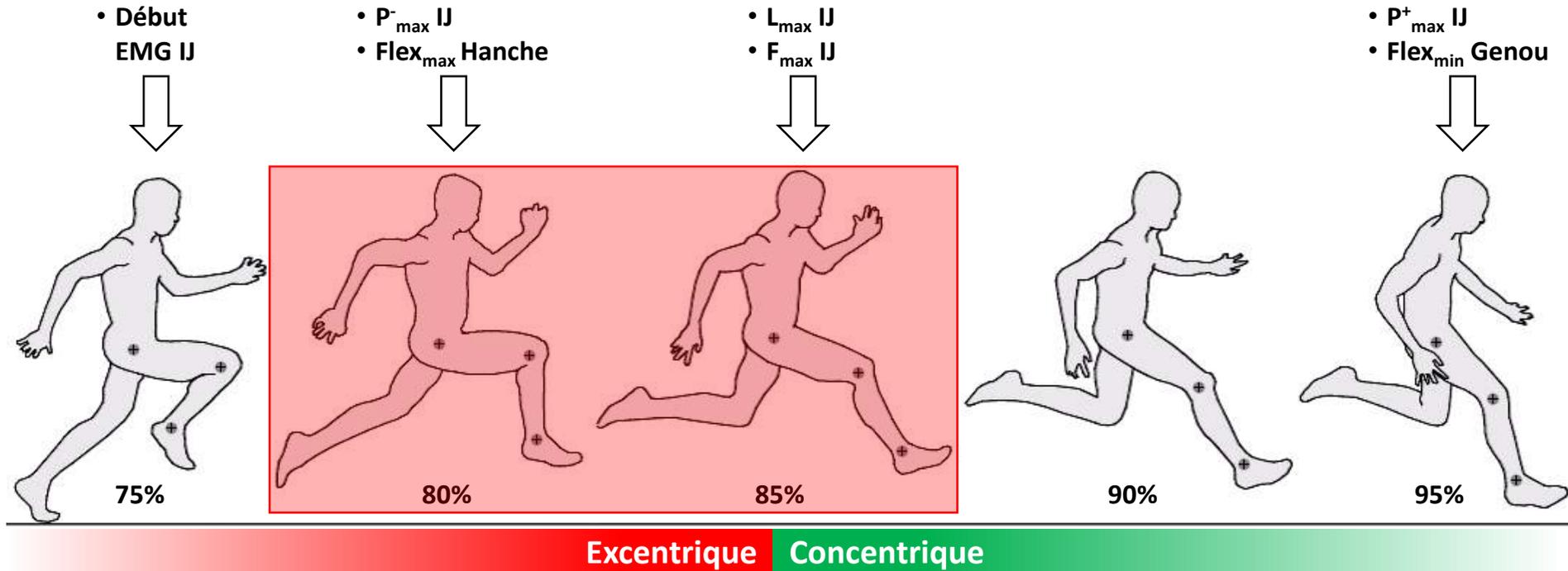
# Principales causes de blessures des ischios ... et comment les éviter



# Facteurs de risques

- Athlètes > **23-24 ans**
  - Risque ↑ de **1.8x** chaque année
- **Déchirure précédente** des IJ → 12x plus de risque
- Ratio  $IJ_{con}/Q_{con} < 0.45-0.47$  et ratio  $IJ_{exc}/Q_{con} < 0.80-0.89$
- **Disbalance bilatérale** > 8-15%
- Pic de force dans position plus **courte**
- **Fatigue**
- Souplesse
  - Football : SLR < 90°
  - Sprint, football et foot australien : ∅ de lien avec risque de blessure

# Fin de phase d'oscillation et IJ



← Début ↑ L IJ (45%)

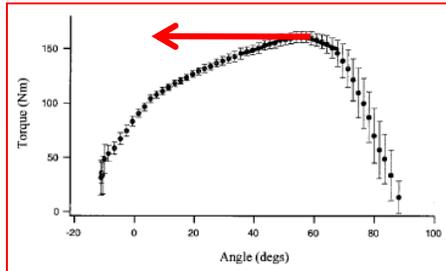
← V<sup>-</sup><sub>max</sub> IJ (60%)

- ✓ Contraction **excentrique** des IJ
- ✓ Chaîne cinétique **ouverte**
- ✓ Position spécifique de hanche : **70-80°** de flexion
- ✓ Extension de genou allant jusqu'à **30-35°** de flexion

V<sup>+</sup><sub>max</sub> IJ (100%) →

# Eccentric training (3)

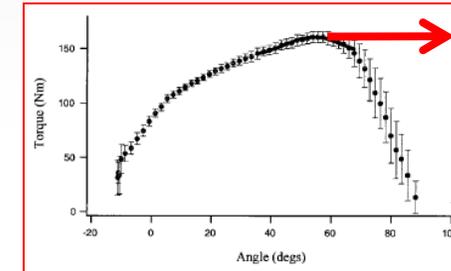
Certain factors  
shift the PT to  
the LEFT



- Lack of Flexibility
- Former Hamstrings strain
- Concentric Strengthening ?
- Lack of Core stability (52)

**DANGER = MUST BE AVOIDED**

Certain factors  
shift the PT to  
the RIGHT



- Eccentric Strengthening
- Immobilization in a lengthened position + contraction of the muscle throughout its normal ROM (87)
- Stretching
- Stability training of the lumbo-pelvo-hip complex (LPHC)

**BENEFICIAL = MUST BE PROMOTED**

# Mon avis:

1/ Assurer une amplitude suffisante.

2/ Force suffisante

3/ Etre sur que les IJ ne sont pas surmenés par d'autres taches<sup>+++</sup>

- Muscles phasiques = movers

- Muscles toniques = stabilizers

→ Gainage, Moyen Fessier<sup>+++</sup>, Jumeaux

24 ans

200m

20''65







# Athlétisme, pied et blessure

... et un peu plus

