



# Le surentraînement: mécanismes et prévention

Nicolas Berryman, M.Sc.

Physiologue de l'exercice



*INSPIRER L'EXCELLENCE!*

[www.insquebec.org](http://www.insquebec.org)



Performance:

État de forme - fatigue



Entraînement



# A Systems Model of the Effects of Training on Physical Performance

THOMAS W. CALVERT, MEMBER, IEEE, ERIC W. BANISTER, MARGARET V. SAVAGE, AND TIM BACH

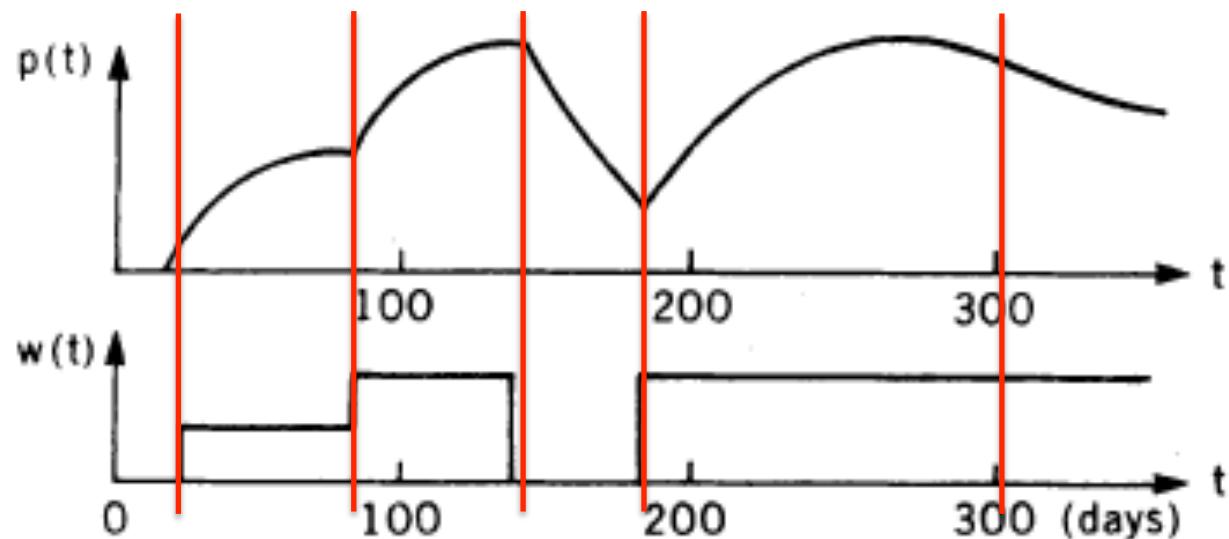
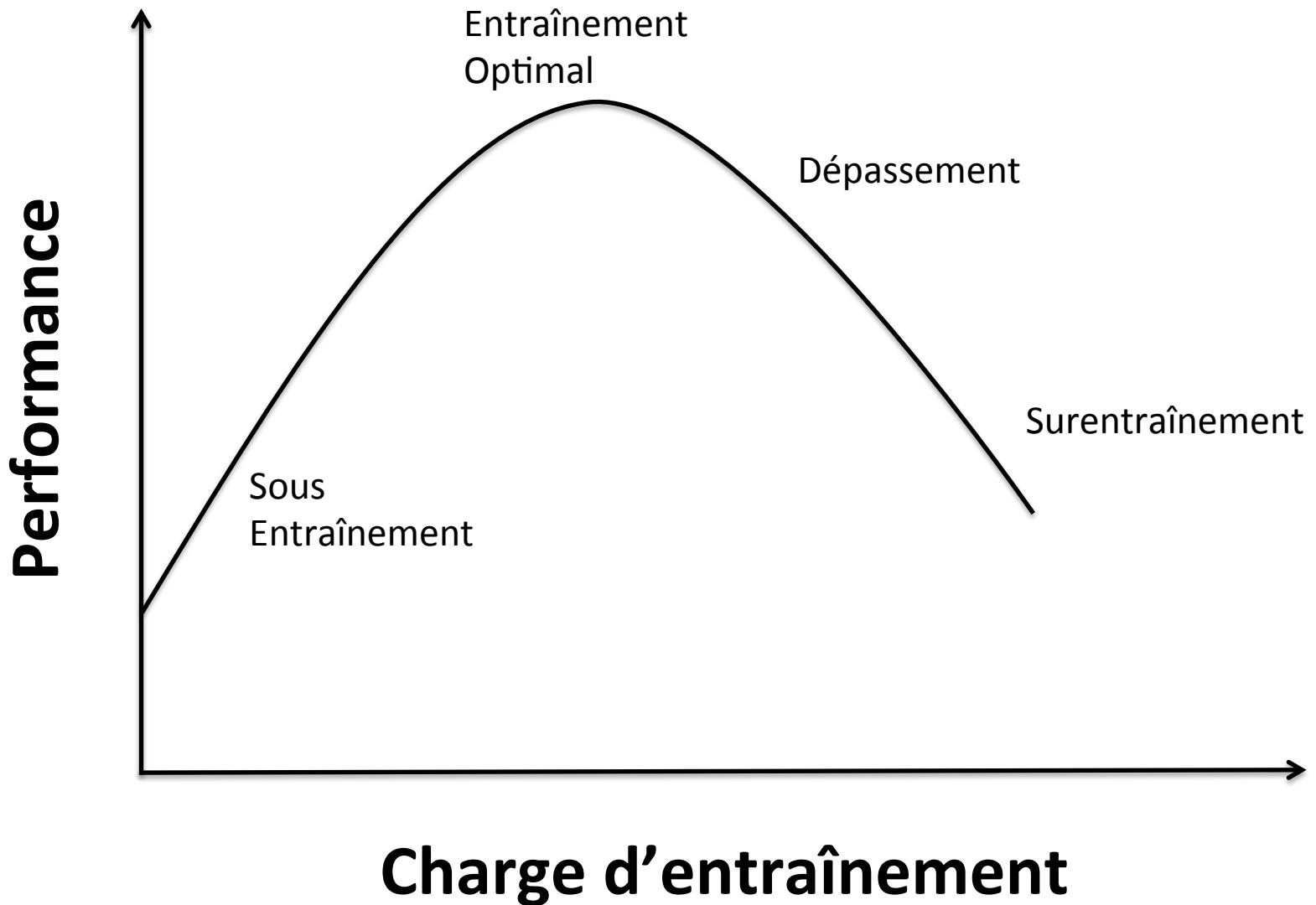
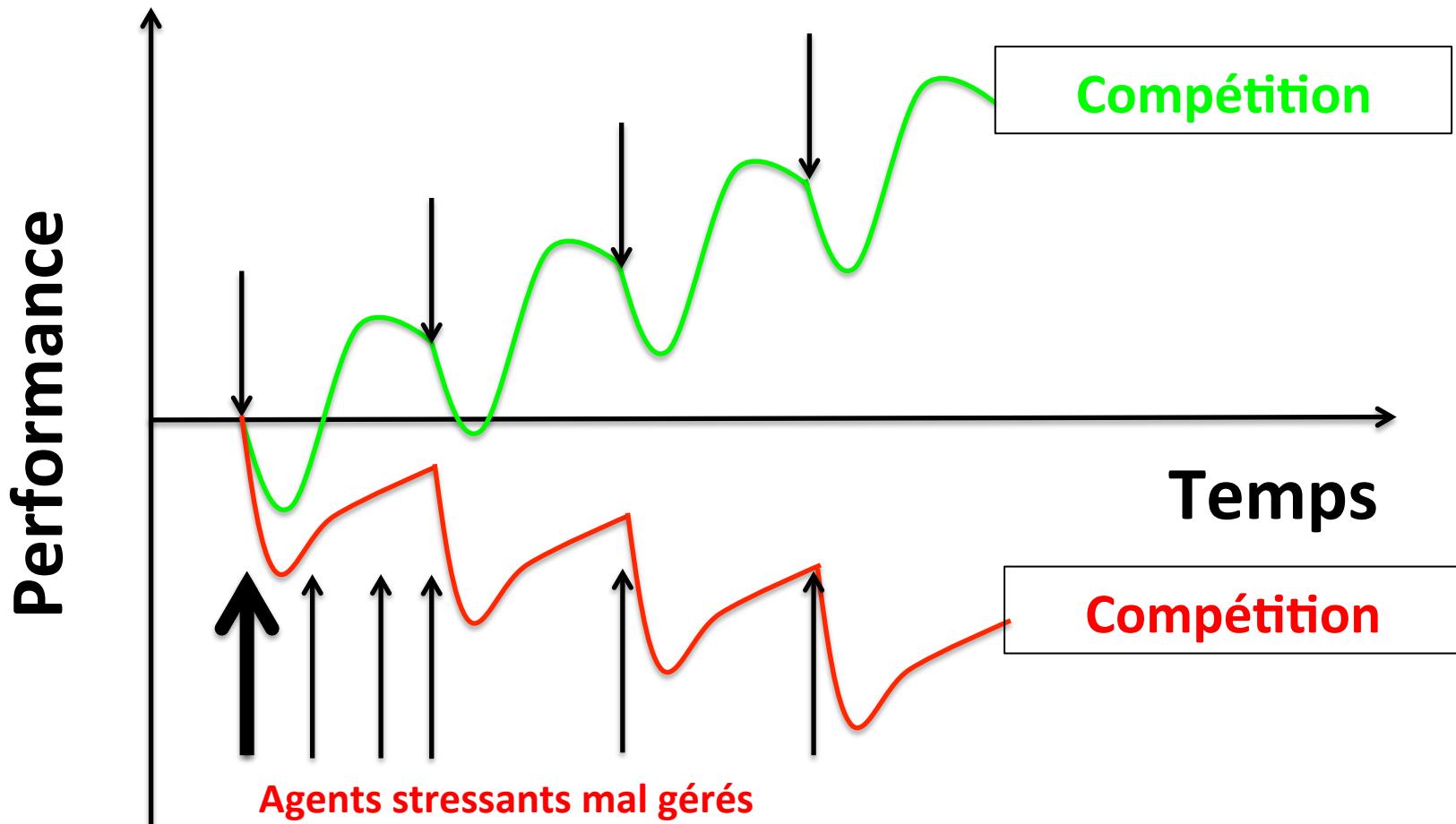


Fig. 1. General relationship between physical training  $w(t)$  (system input) and physical performance  $p(t)$  (system output).





**Phénomène de *surcompensation***  
Relations entre la charge d'entraînement et la récupération

## Charge externe :

caractéristiques de l'exercice (intensité, volume, difficulté)

## Charge interne :

adaptations aiguës et chroniques (positives ou négatives) de l'organisme à la charge externe

(FC, VO<sub>2</sub> requise, marqueurs sanguins, RPE, etc.)

# Overtraining Syndrome in the Athlete: Current Clinical Practice

David G. Carfagno, DO, CAQSM<sup>1</sup> and Joshua C. Hendrix, MS-III<sup>2</sup>

## Entraînement

---



Insuffisant	Surcharge ponctuelle	Dépassement	Surentraînement
<ul style="list-style-type: none"><li>Adaptations physiologiques mineures</li><li>Performances égales</li><li>Récupération minimale</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Adaptations physiologiques modérées</li><li>Améliorations de la performance</li><li>Récupération minimale</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Adaptations optimales (physiologiques et performances)</li><li>Quelques jours à quelques semaines pour récupérer</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Désadaptations physiologiques</li><li>Diminutions de performance</li><li>Récupération de quelques semaines à quelques mois</li></ul>

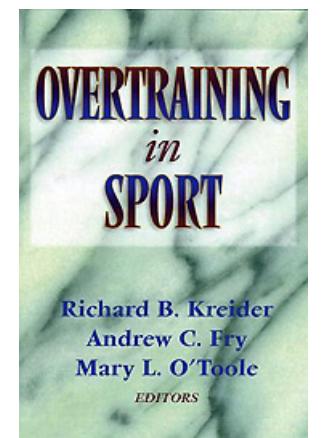
# Définitions

## Dépassemement:

Une accumulation d'agents stressants (reliés ou non à l'entraînement lui-même) qui induisent une diminution de la performance **à court terme** avec ou sans signes et symptômes d'ordre physiologique et psychologique. La récupération d'un tel état avec retour au niveau de performance attendu est d'une durée de **plusieurs jours à plusieurs semaines**.

## Syndrome de Surentraînement:

Une accumulation d'agents stressants (reliés ou non à l'entraînement lui-même) qui induisent une diminution de la performance **à long terme** avec ou sans signes et symptômes d'ordre physiologique et psychologique. La récupération d'un tel état avec retour au niveau de performance attendu est d'une durée de **plusieurs semaines à plusieurs mois**.



# Entraînement

## Augmentation de la charge ( $V^*I$ )

Conséquence	Fatigue aiguë	Dépassement fonctionnel	Dépassement non fonctionnel	Syndrome de surentraînement
Performance	Augmente	Diminution temporaire puis adaptations positives	Stagnation et diminution des performances	Diminution des performances
Récupération	Quelques jours	Jours - semaines	Semaines - mois	Mois et +

# Marqueurs et outils de suivi



**Suivi de la performance est primordial**

**Quelques défis:**

- Implique une mesure de l'état initial
  - Reproductibilité
  - Spécificité à la discipline

# Marqueurs et outils de suivi

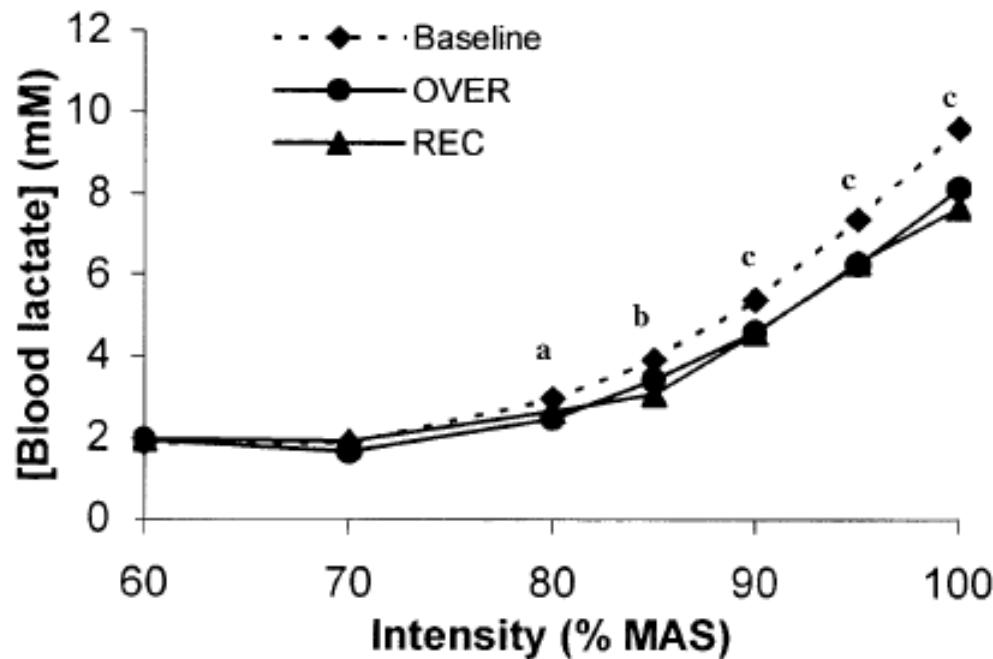
Eur J Appl Physiol (2001) 84: 107–114

© Springer-Verlag 2001

ORIGINAL ARTICLE

Laurent Bosquet · Luc Léger · Patrick Legros

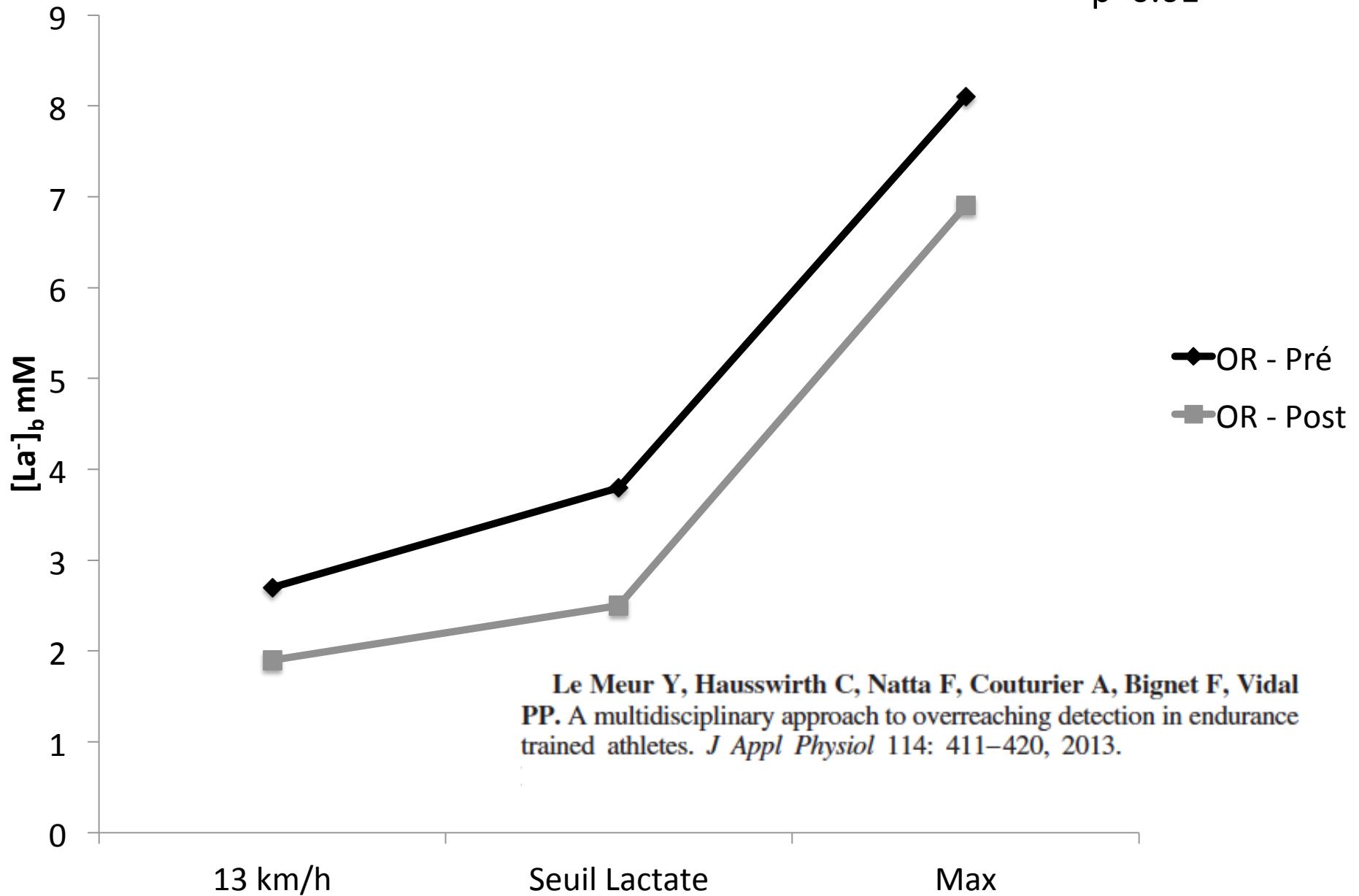
## Blood lactate response to overtraining in male endurance athletes



**Fig. 2** Blood lactate concentrations during the three incremental tests. *Baseline* after 1 week of normal training, *OVER* after 3 weeks of overtraining, *REC* after 2 weeks of recovery training. <sup>a</sup>*OVER* different from baseline ( $P < 0.05$ ), <sup>b</sup>*REC* different from baseline ( $P < 0.05$ ), <sup>c</sup>*OVER* and *REC* different from baseline ( $P < 0.05$ ). *MAS* Maximal aerobic speed

# Marqueurs et outils de suivi

p<0.01



# Marqueurs et outils de suivi

SMITH, D. J., and S. R. NORRIS. Changes in glutamine and glutamate concentrations for tracking training tolerance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 32, No. 3, pp. 684–689, 2000.

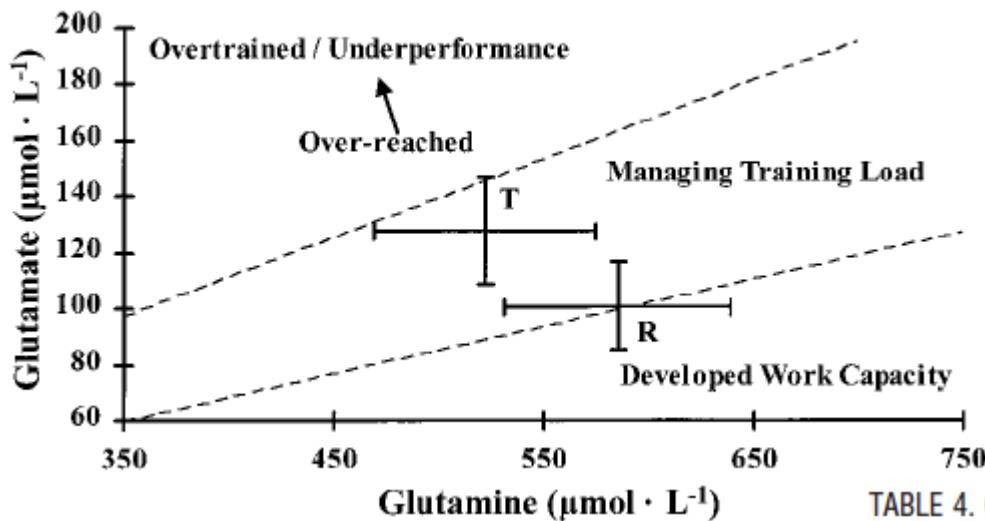
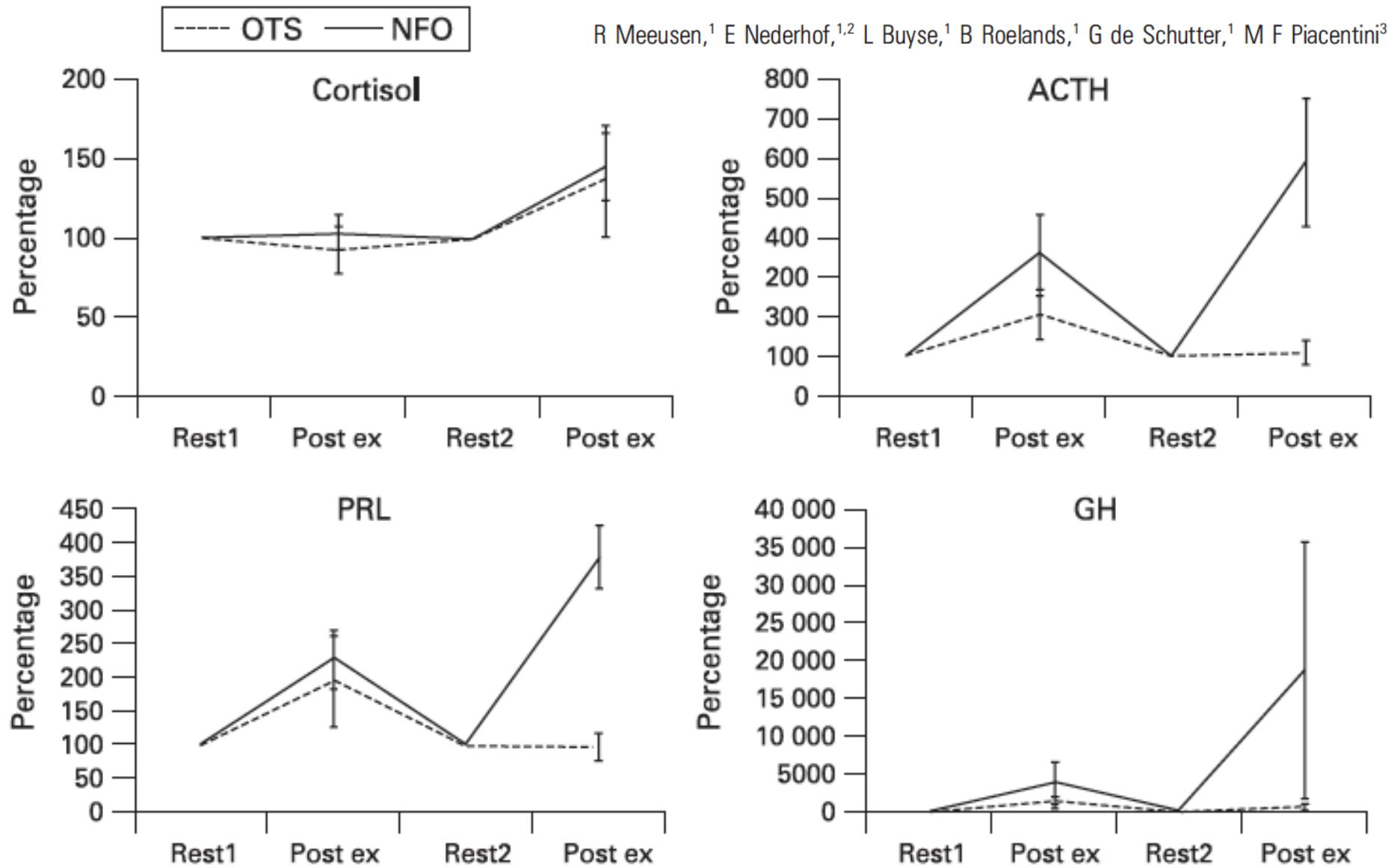


TABLE 4. Gm/Ga ratio ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) as a classification of athlete training tolerance.

Gm/Ga Ratio	Condition	Characteristics
>5.88	Developed work capacity	Athletes with years of training background. Blood sample obtained during early season when training volume is low to moderate or in a tapered condition.
3.58–5.88	Managing training load	Athletes are managing training stressors and are performing to expected levels.
<3.58	Over-reached	Complaint of fatigue and below par expected training levels or performance. Recovery to >3.58 occurs within two weeks with reduced training load.
	Overtrained/under-performance	Gm/Ga ratio does not recover to >3.58 with rest or low intensity aerobic exercise within four weeks; decreased training and competition performance.

# Marqueurs et outils de suivi

Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol



# Marqueurs et outils de suivi

Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol

R Meeusen,<sup>1</sup> E Nederhof,<sup>1,2</sup> L Buyse,<sup>1</sup> B Roelands,<sup>1</sup> G de Schutter,<sup>1</sup> M F Piacentini<sup>3</sup>

## What is already known on this topic

- ▶ The diagnoses NFO and OTS must be made based on an exclusion diagnosis. The most important marker to distinguish NFO from OTS is duration of recovery, which is only known retrospectively.
- ▶ Athletes with NFO or OTS show a disturbed functioning of the hypothalamic–pituitary–adrenal (HPA) axis, which parallels disturbances in other stress-related syndromes.

## What this study adds

- ▶ The two-bout exercise protocol seems a useful tool for prospectively diagnosing underperforming athletes, with an overshoot of adrenocorticotropic hormone (ACTH) and prolactin (PRL) after the second exercise bout in NFO athletes and a suppression in OTS.
- ▶ A possible explanation for the difference is hypersensitivity of glucocorticoid receptors in NFO versus insensitivity in OTS.

# Marqueurs et outils de suivi

La variation de FC représente le reflet des mécanismes de contrôle du système nerveux autonome à destinée cardiaque

- Système nerveux sympathique réduit le temps entre deux battements
- Système nerveux parasympathique augmentera la durée des intervalles

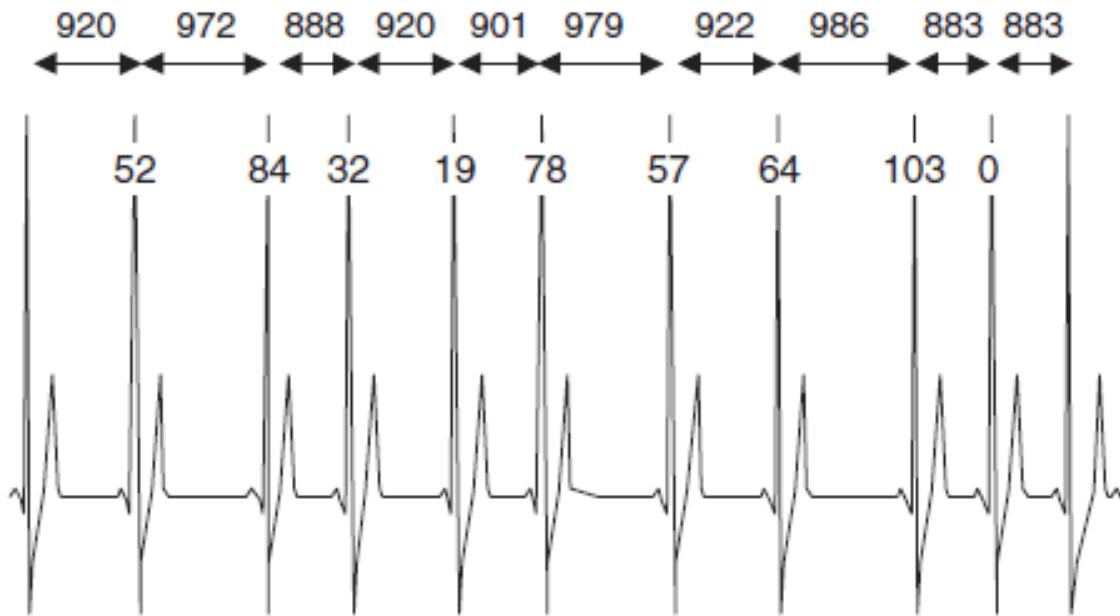


Fig. 2. Example of an ECG output over 11 beats. R-R interval times and difference between adjacent R-R intervals are displayed.

Sports Med 2003; 33 (7): 517-538

Juul Achten and Asker E. Jeukendrup

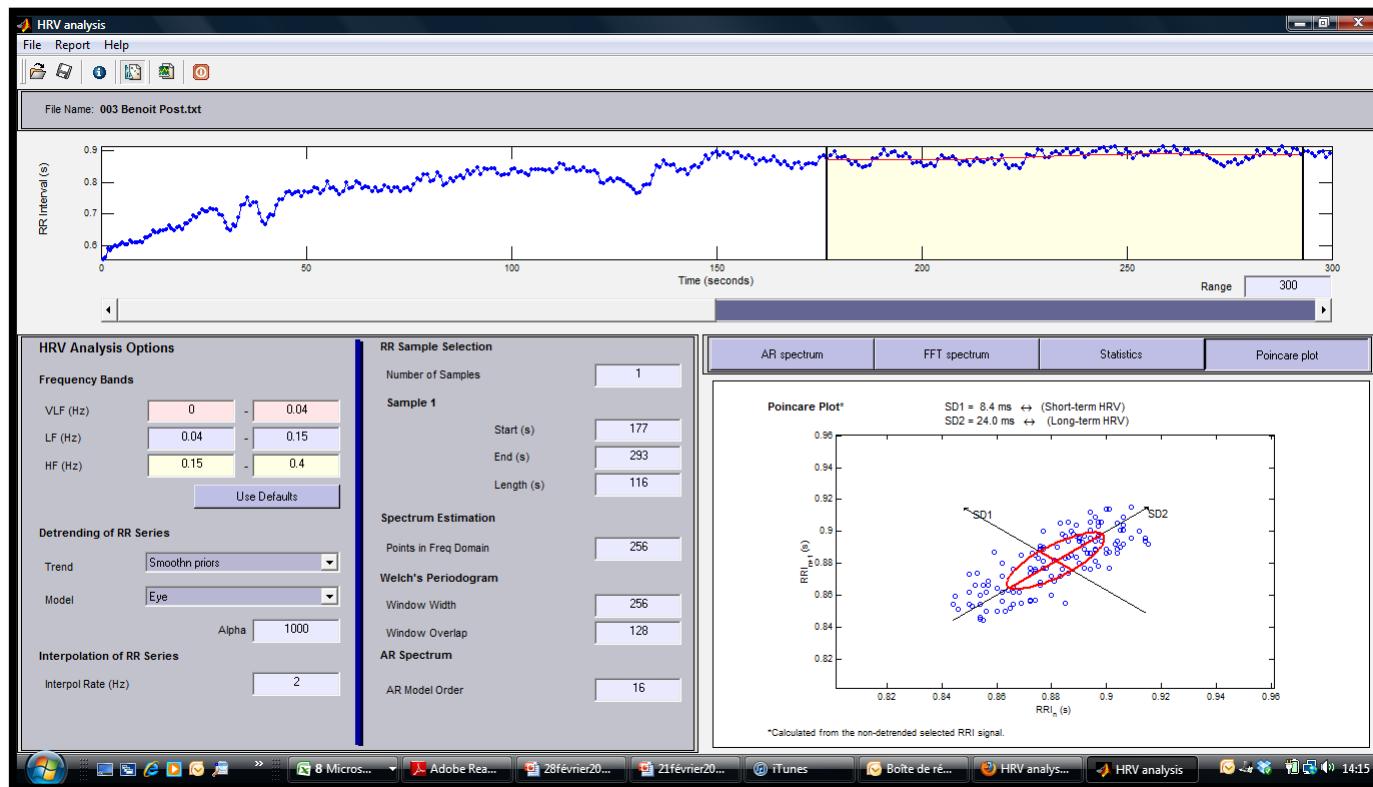
# Marqueurs et outils de suivi

## Analyse de la Variabilité de la Fréquence Cardiaque (HRV)

Protocole très rigide et difficile à instaurer sur le terrain.

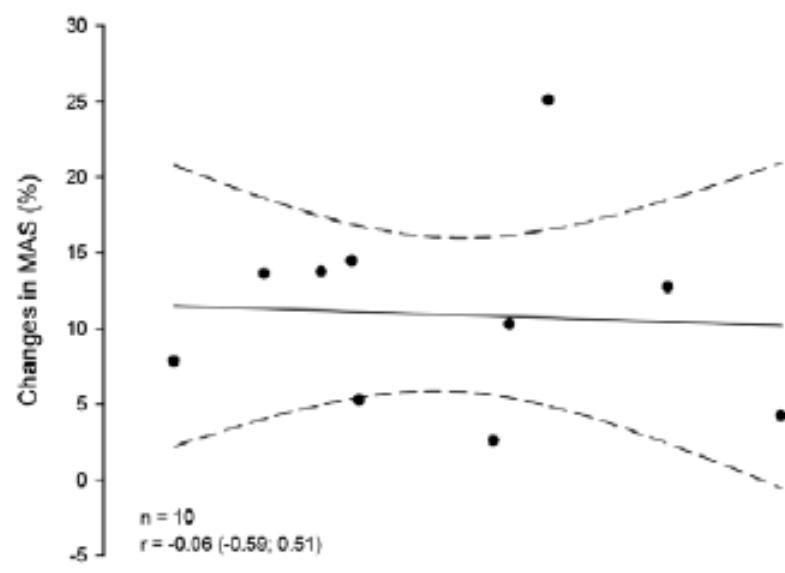
Analyse des données doit être très rigoureuse.

Mesure au repos le matin; moyenne sur une semaine.

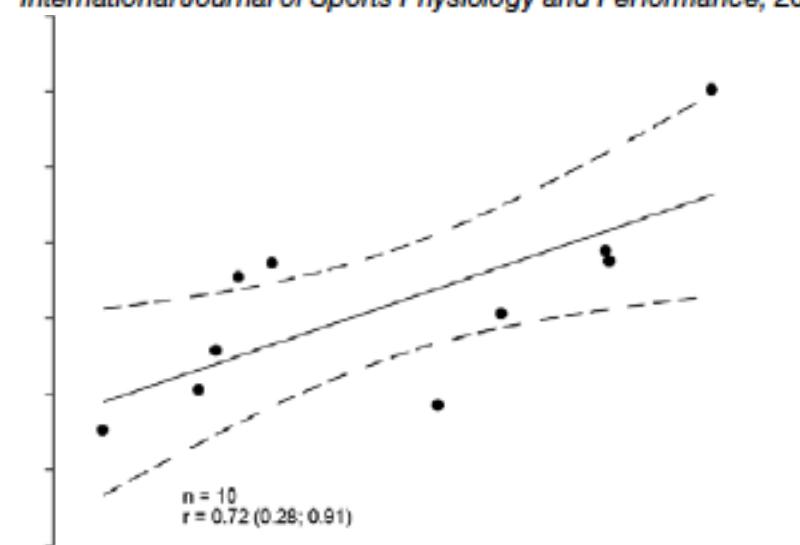


# Marqueurs et outils de suivi

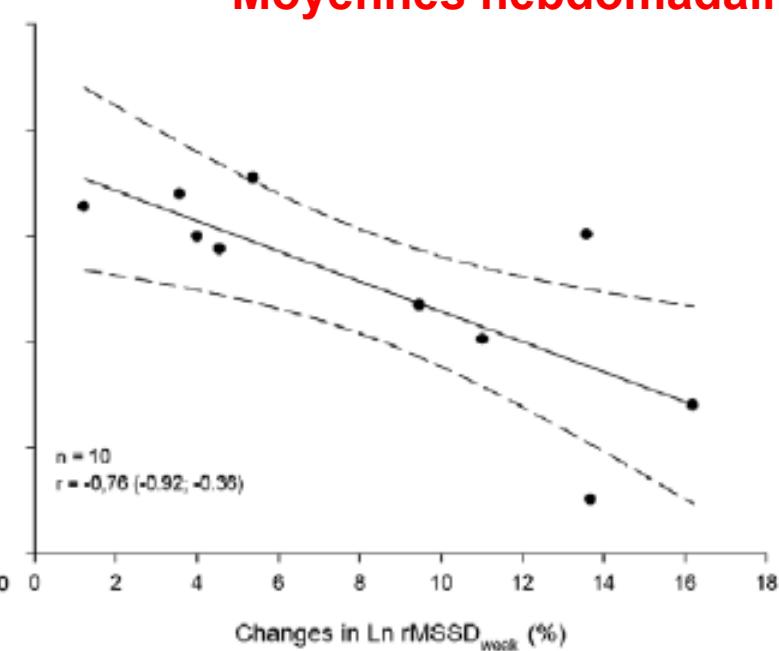
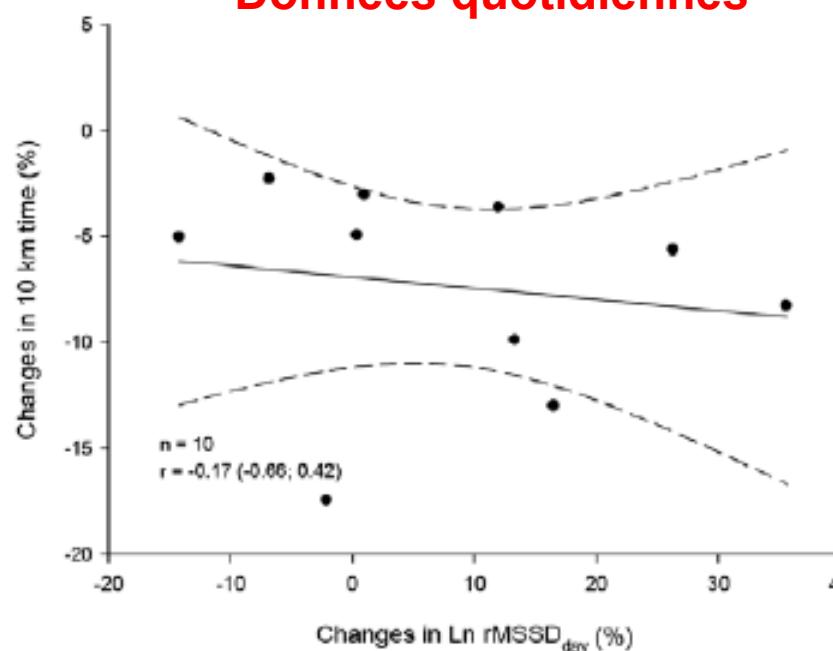
*International Journal of Sports Physiology and Performance, 2013, 8, 688-691*



Données quotidiennes

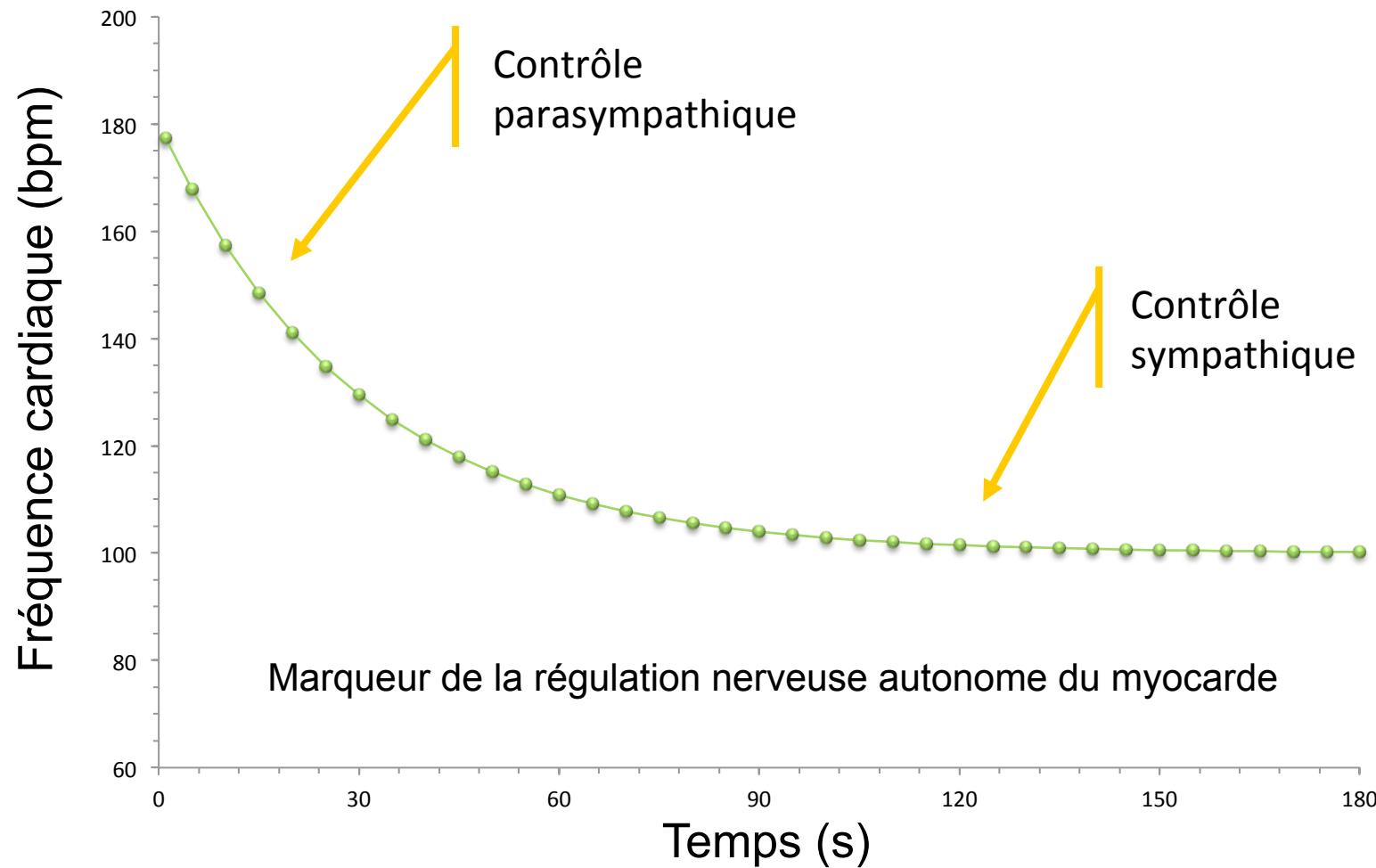


Moyennes hebdomadaires



# Marqueurs et outils de suivi

## Analyse de fréquence cardiaque post-exercice



# Marqueurs et outils de suivi

## A Systematic Review on Heart-Rate Recovery to Monitor Changes in Training Status in Athletes

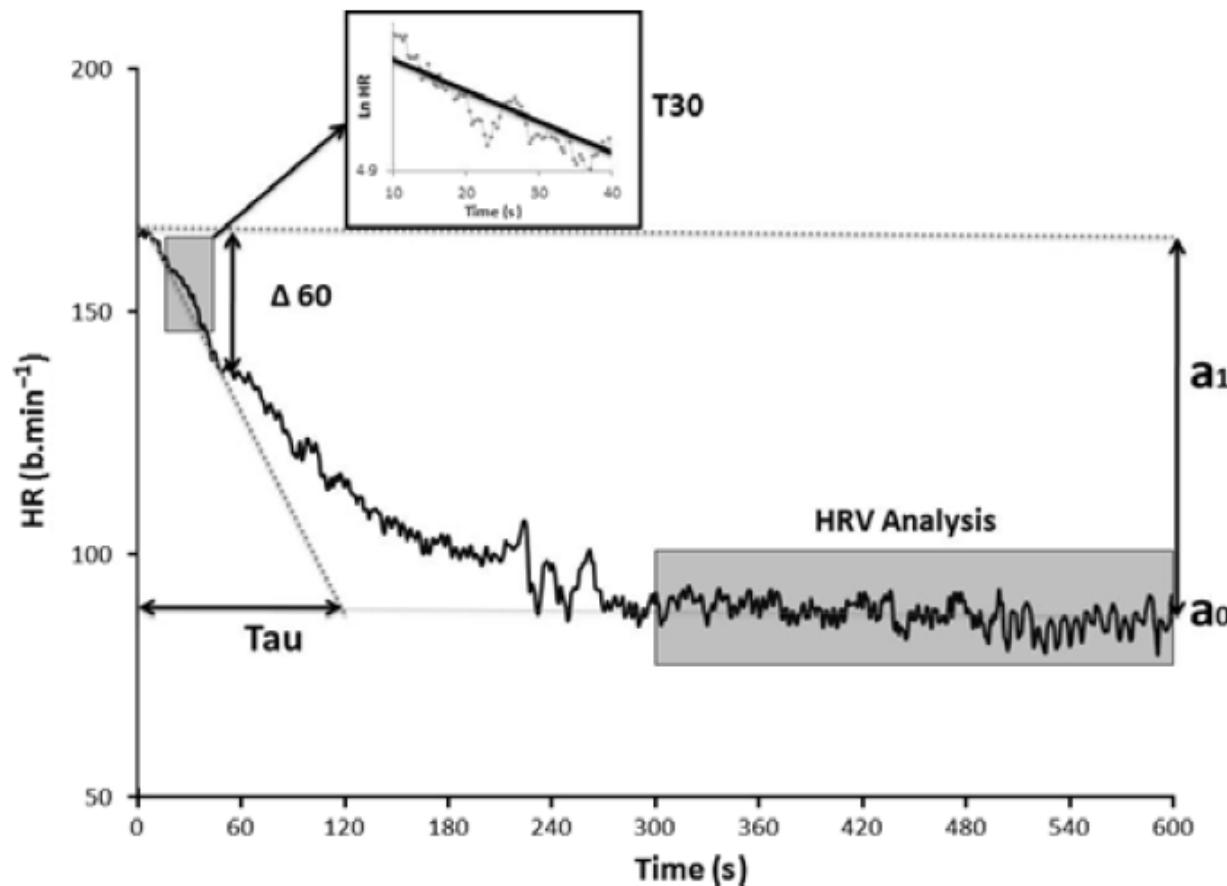
*International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2012, 7, 251-260

### Practical Applications

Cross-sectional studies show that HRR is faster in trained than in untrained healthy individuals. All longitudinal studies, except for that of Hautala et al,<sup>51</sup> support the capacity of HRR to quantify differences in training status between trained and untrained healthy individuals. When fatigue or a state of overreaching are excluded, HRR improves with a better training status, remains unchanged with no change in training status, and decreases with a decrement in training status. Therefore, based on the limited and diverse literature available, we recommend HRR as a possible tool to monitor training status in athletes and less well-trained subjects, to optimize training programs and monitor the accumulation of fatigue. The use of HRR to indicate overreaching still has to be investigated.

# Marqueurs et outils de suivi

Modélisation de la récupération de la Fréquence cardiaque à partir d' une fonction mono exponentielle  
 $(Fc(t) = a_0 + a_1 \cdot e^{(-t/t)})$  après un exercice sous maximal



$a_0$  (bpm) est la valeur asymptotique de la FC ;

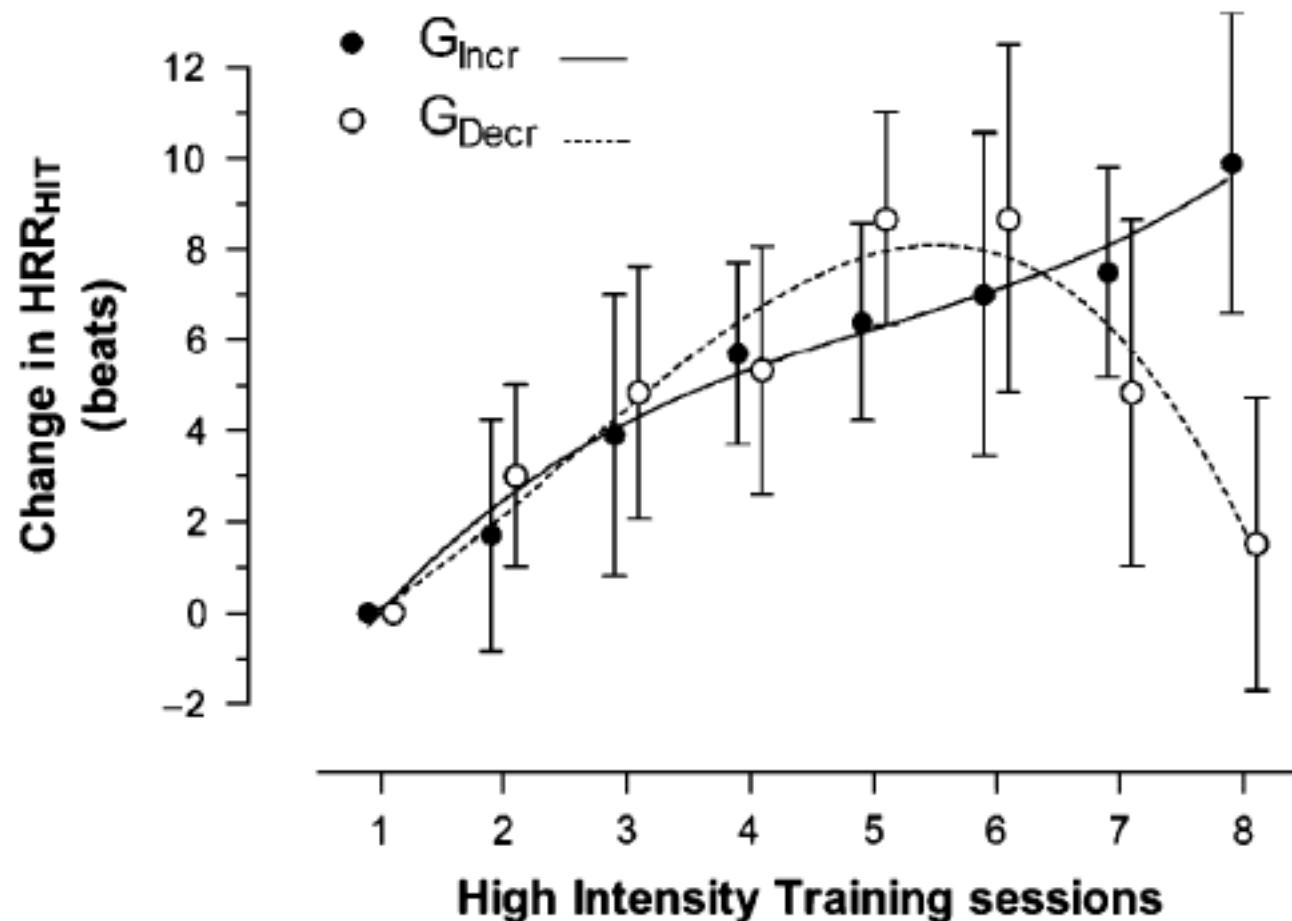
$a_1$  (bpm) est la différence entre la FC à la fin de l'exercice et  $a_0$

$t$  (s) constitue l' intersection entre la tangente à l' origine et  $a_0$ .

# Marqueurs et outils de suivi

Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters

R. P. Lamberts, J. Swart, B. Capostagno, T. D. Noakes, M. I. Lambert



# Marqueurs et outils de suivi

Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters

R. P. Lamberts, J. Swart, B. Capostagno, T. D. Noakes, M. I. Lambert

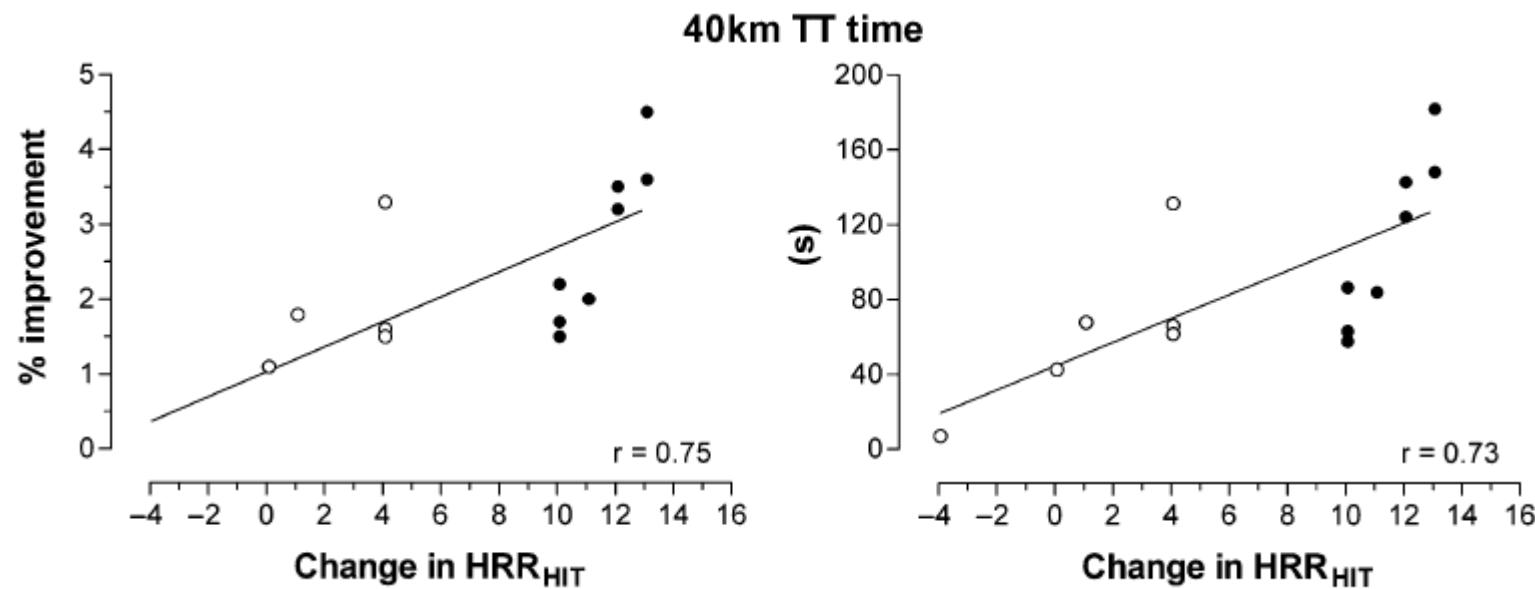


Fig. 3. Change in heart rate recovery ( $\text{HRR}_{\text{HIT}}$ ) [between the eighth and first high-intensity training (HIT) session] and change in absolute and relative 40-km time trial (40-km TT) performance parameters in  $G_{\text{Incr}}$  (●) and  $G_{\text{Decr}}$  (○).

# Marqueurs et outils de suivi

## Attention reproductibilité!!!!

Clin Physiol Funct Imaging (2012)

doi: 10.1111/j.1475-097X.2012.01125.x

## Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation

Olivier Dupuy<sup>1,2</sup>, Saïd Mekary<sup>1,3</sup>, Nicolas Berryman<sup>1,2,3</sup>, Louis Bherer<sup>3,4</sup>, Michel Audiffren<sup>2</sup> and Laurent Bosquet<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Kinesiology, University of Montreal, Montreal, Qc, Canada, <sup>2</sup>Faculty of Sport Sciences, University of Poitiers, Poitiers, France, <sup>3</sup>Research Center, Montreal Institute of Geriatrics, Montreal, Qc, Canada, and <sup>4</sup>Department of Psychology, University of Quebec at Montreal, Montreal, Qc, Canada

### Conclusion

Heart rate recovery and HRV parameters measured after the cessation of exercise are commonly used to assess cardiac parasympathetic reactivation. Although it would be hazardous to generalize our results to other populations than the participants tested in this study, it appears that these measures are poorly to moderately reliable. Care should therefore be taken to implement highly standardized protocols and to control some participant's characteristics known to affect HRR and HRV parameters in the inclusion criteria. Even though these precautions should increase statistical power and decrease MD in interventional studies, the reliability of measures used to assess cardiac parasympathetic reactivation remains moderate.

# Marqueurs et outils de suivi

## Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature

L Bosquet,<sup>1,2</sup> S Merkari,<sup>1</sup> D Arvisais,<sup>3</sup> A E Aubert<sup>4</sup>

**Table 3** Effect of overload on resting and maximal heart rate

Categories	n	WMD (95% CI), beats/minute	p Value
Rest			
≤2 weeks	89	4.49 (−2.22 to 6.75)	0.0001
>2 weeks	155	0.27 (−1.16 to 1.96)	0.62
Overall effect	244	1.99 (0.58 to 3.41)	0.006
Submaximal exercise			
≤2 weeks	61	−1.25 (−4.87 to 1.58)	0.39
>2 weeks	132	−3.59 (−5.87 to −1.31)	0.002
Overall effect	193	−2.61 (−4.39 to −0.84)	0.004
Maximal exercise			
≤2 weeks	26	−7.47 (−12.21 to −2.74)	0.002
>2 weeks	163	−3.62 (−5.60 to −1.64)	0.0003
Overall effect	189	−4.19 (−6.02 to −2.36)	<0.00001

HR, heart rate; HRV, heart rate variability; HF, high frequency; LF, low frequency; WMD, weighted mean difference.

*Br J Sports Med* 2008;42:709–714.

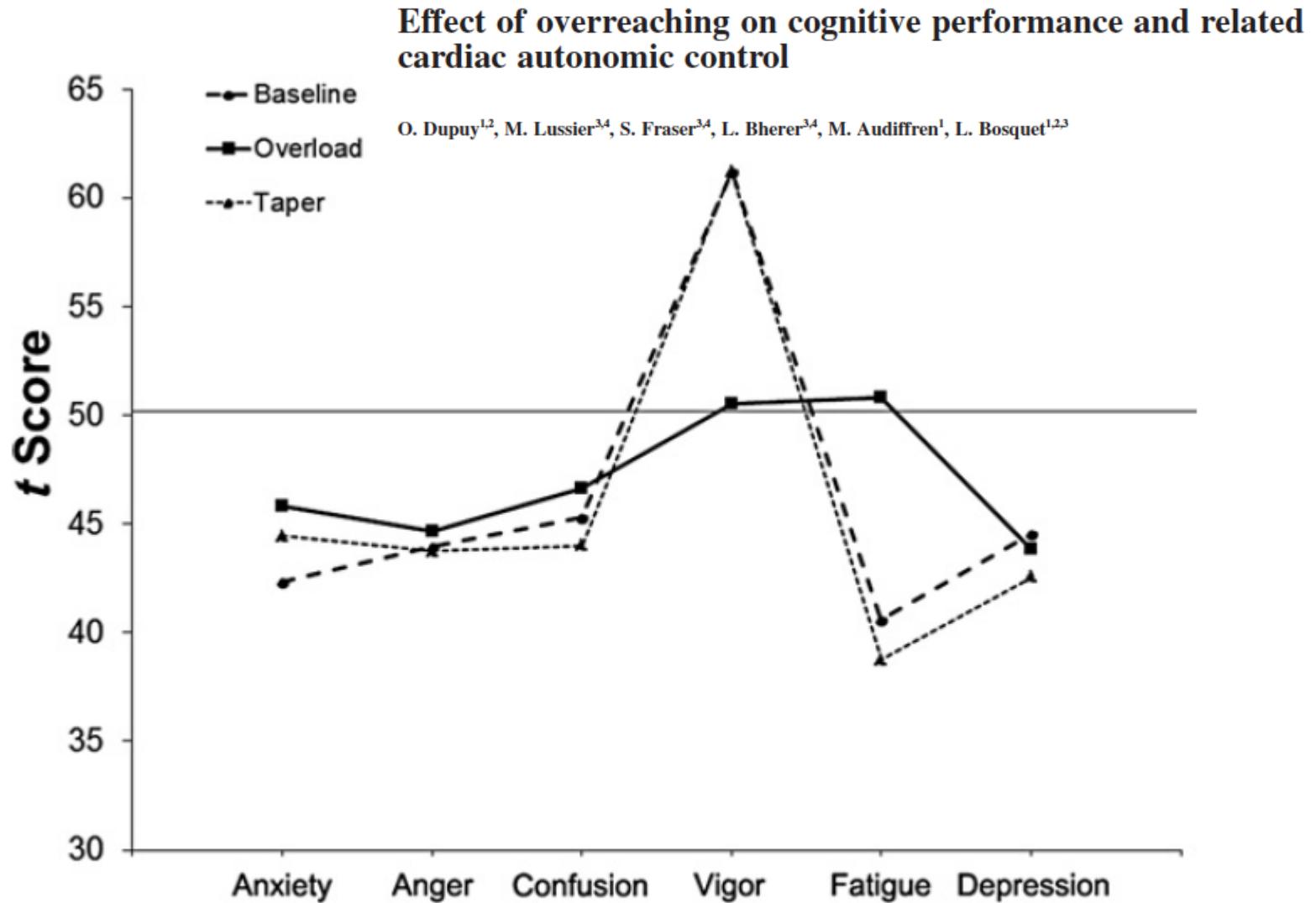
## Marqueurs et outils de suivi

Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature

L Bosquet,<sup>1,2</sup> S Merkari,<sup>1</sup> D Arvisais,<sup>3</sup> A E Aubert<sup>4</sup>

**Conclusion:** The small to moderate amplitude of these alterations limits their clinical usefulness, as expected differences may fall within the day-to-day variability of these markers. Consequently, correct interpretation of HR or HRV fluctuations during the training process requires the comparison with other signs and symptoms of over-reaching to be meaningful.

# Marqueurs et outils de suivi



*Fig. 1.* *t*-Scores for the subscales of the Profile of Mood States at baseline and after overload and taper.

# Marqueurs et outils de suivi

Effect of overreaching on cognitive performance and related cardiac autonomic control

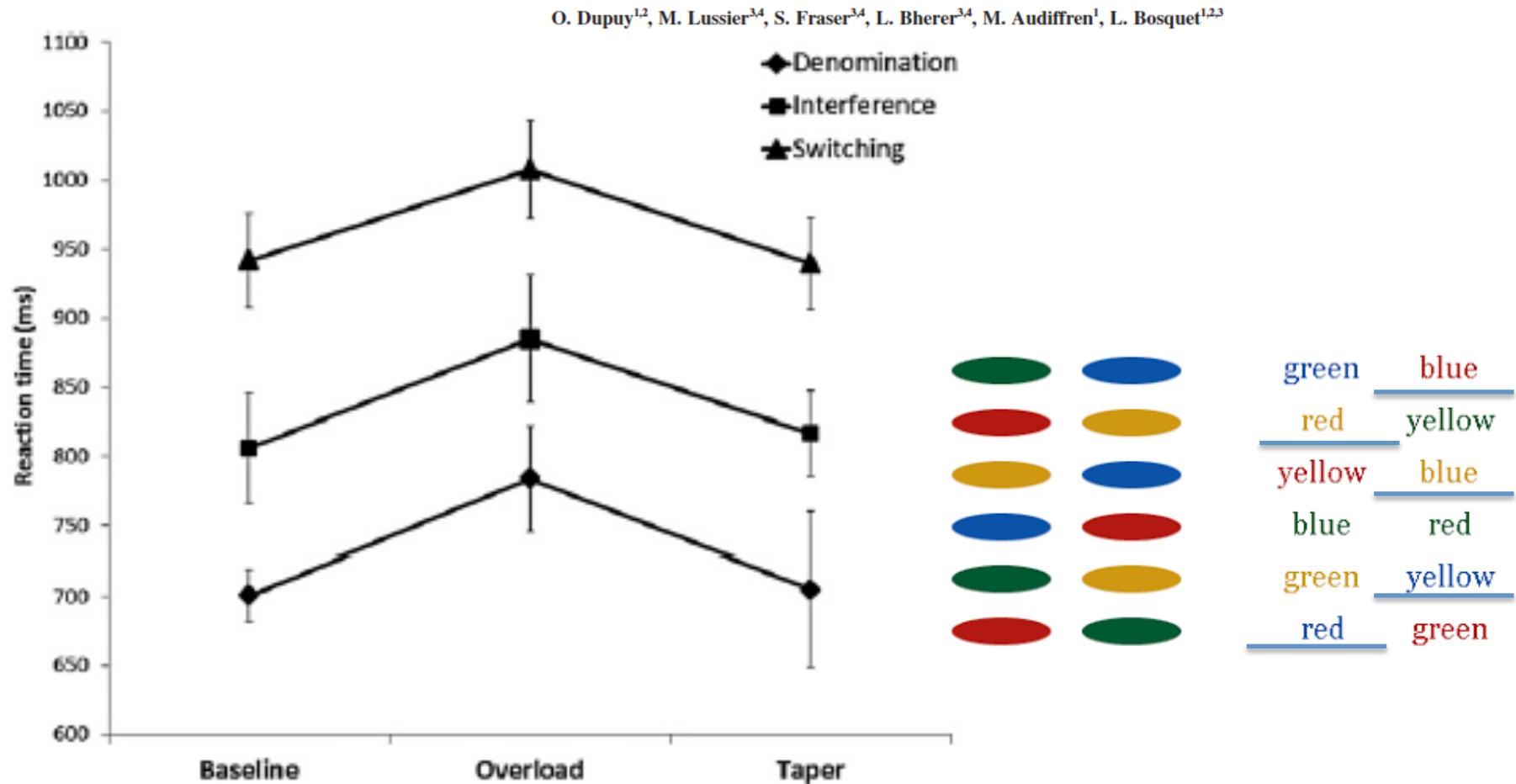
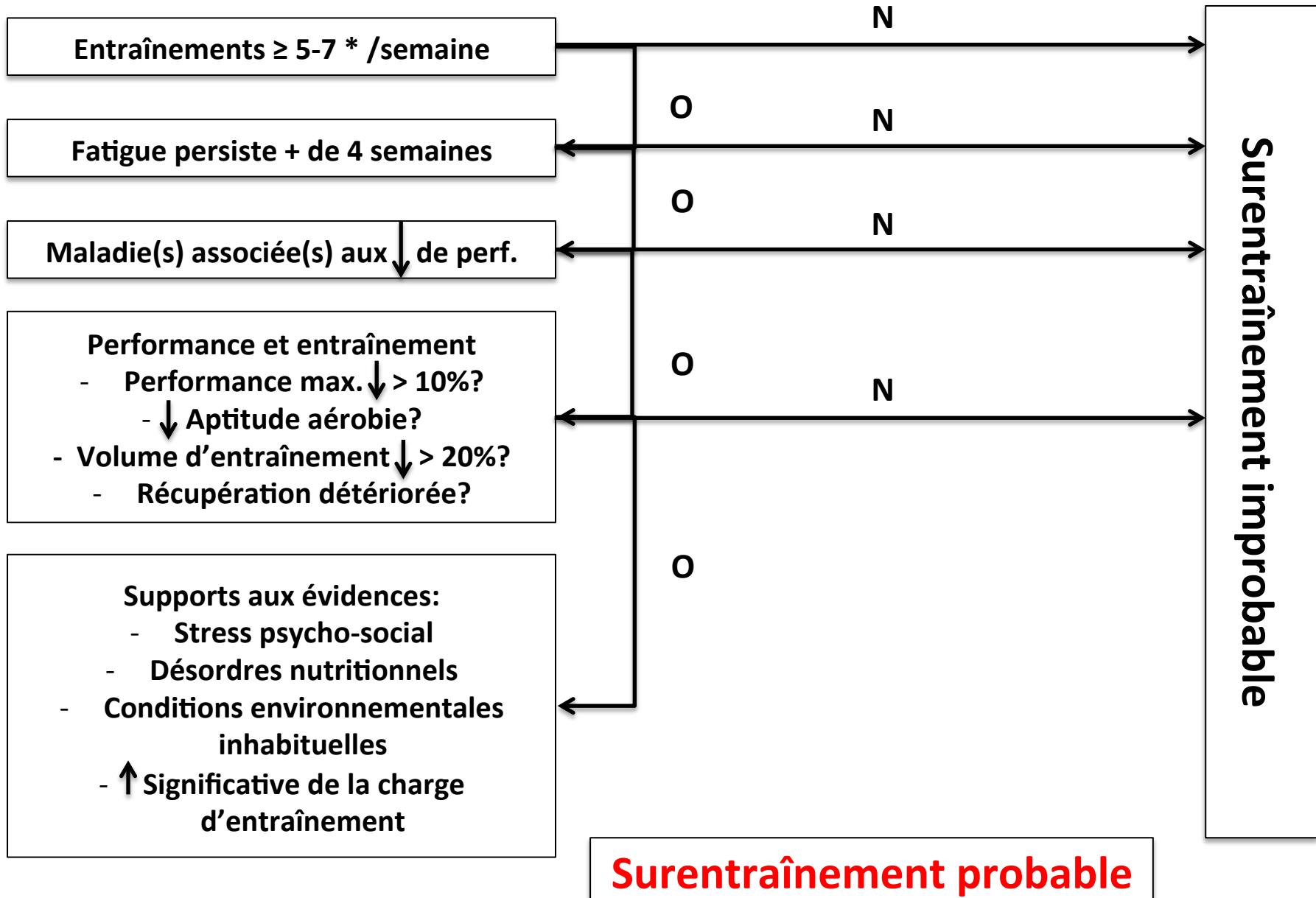


Fig. 3. Mean reaction time for separates conditions of the Stroop task at baseline and after overload and taper. Data are reported as mean  $\pm$  standard deviation.

# Diagnostic



# Diagnostic



## Quelques défis:

Diagnostic par élimination de facteurs

Souvent, le diagnostic survient trop tard!

Manque de données probantes de la recherche scientifique... éthique!

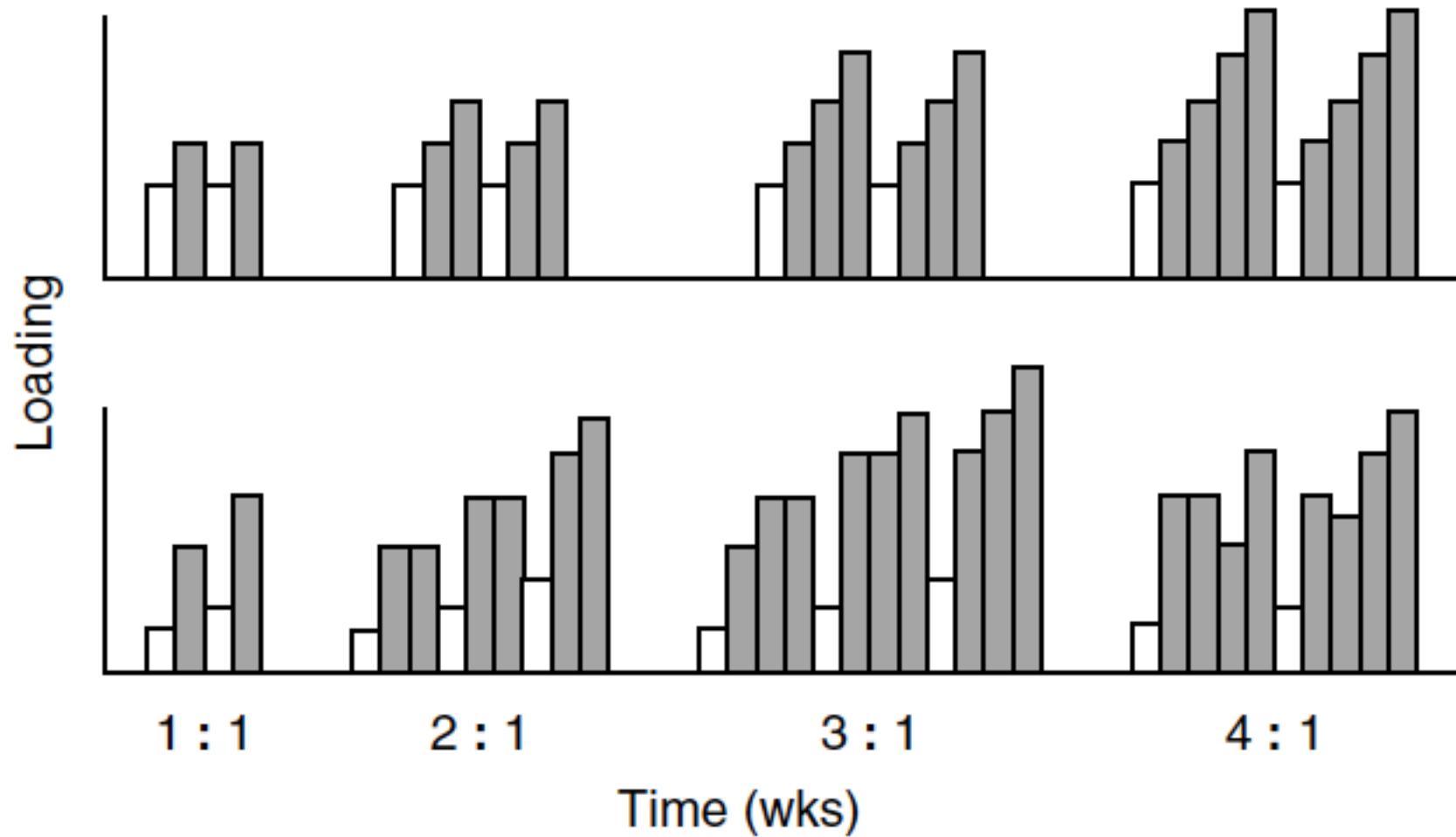
État clinique varie énormément d'un individu à l'autre et symptômes non spécifiques.

# **Optimisation de l'entraînement**

## **Quelques Défis...**

- Ne pas avoir peur du repos
- Ajuster les séances
- Individualiser l'intensité des entraînements
- Inclure questionnaires du profil des états émotionnels
  - Attention aux exigences démesurées
    - Sommeil, Nutrition
  - Suivi équipe intégrée de soutien

# Optimisation de l'entraînement



**Fig. 4.** Examples of training cycles.<sup>[3]</sup>

A Framework for Understanding the  
Training Process Leading to  
Elite Performance

Sports Med 2003; 33 (15): 1103-1126

# Optimisation de l'entraînement

## La période de forme



**Un point dans le temps où les différences entre la forme physique et la fatigue sont maximisées en faveur d'une performance optimale**

A Framework for Understanding the  
Training Process Leading to  
Elite Performance

Sports Med 2003; 33 (15): 1103-1126

# Optimisation de l'entraînement

## La période de forme

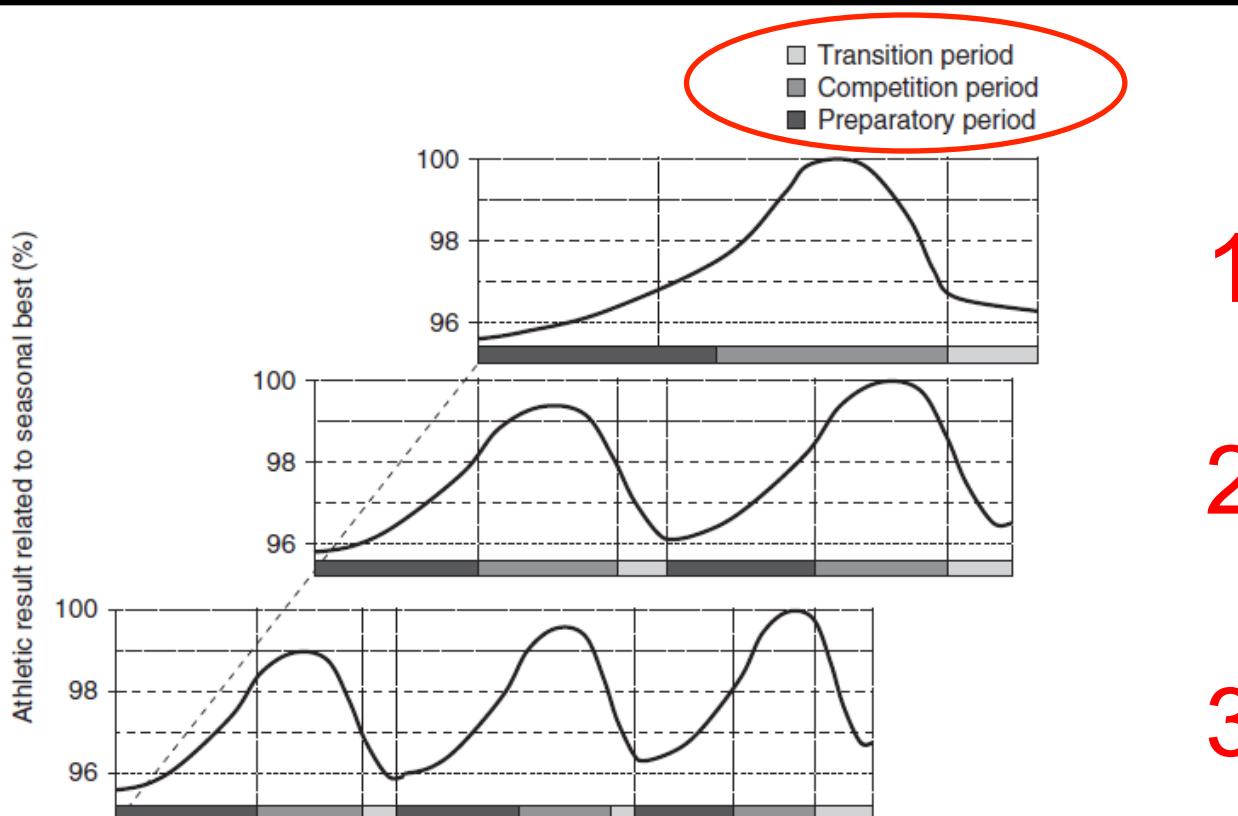


Fig. 2. One-peak, two-peak and three-peak annual cycles, displaying the annual trend of athletic results related to the seasonal best achievement.

New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization

Sports Med 2010; 40 (3): 189-206

# Optimisation de l'entraînement

## Scientific Bases for Precompetition Tapering Strategies

ÍÑIGO MUJICA and SABINO PADILLA

MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE®  
Copyright © 2003 by the American College of Sports Medicine

7. Tapering strategies are usually effective at improving performance, but they do not work miracles! A realistic performance goal for the final taper should be a competition performance improvement of about 3% (usual range 0.5–6.0%).

**Il est très important d'individualiser la démarche selon votre contexte**

**La charge d'entraînement qui précède l'affûtage aura un grand impact sur les effets de l'affûtage lui-même!**

# Optimisation de l'entraînement

Scand J Med Sci Sports 2010; 20 (Suppl. 2): 24-31  
doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01189.x

© 2010 John Wiley & Sons A/S  
SCANDINAVIAN JOURNAL OF  
MEDICINE & SCIENCE  
IN SPORTS

Review

Intense training: the key to optimal performance before  
and during the taper

I. Mujika<sup>1,2</sup>

## Intensité à l'entraînement lors de l'affûtage permet d'anticiper des améliorations

### Sports individuels:

Endurance aérobie  
Coût énergétique de la locomotion  
Force et puissance musculaire



### Sports collectifs:

Force et puissance musculaire  
Performance en sprints  
Capacité à répéter des sprints



## Optimisation de l'entraînement

**Le plus important n'est pas  
ce que l'athlète fait à  
l'entraînement mais plutôt  
sa façon de s'adapter aux  
stimulations présentées**



# Optimisation de l'entraînement

## EXEMPLES





# Optimisation de l'entraînement

**Merci de votre attention!**

*INSPIRER L'EXCELLENCE!*

[www.insquebec.org](http://www.insquebec.org)