

### Fatigue et récupération lors d'efforts prolongés



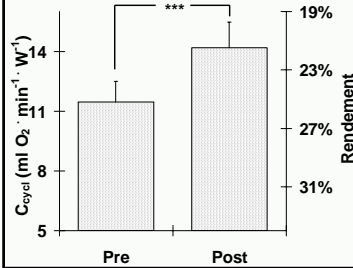
Louvain-la-Neuve – 6 octobre 2007



# Fatigue

**Définition :** la fatigue est une altération des capacités d'un individu

qui induit une augmentation du coût (psychologique, énergétique) nécessaire à la réalisation d'une tâche



**Définition :** la fatigue est une altération des capacités d'un individu

qui induit une augmentation du coût (psychologique, énergétique) nécessaire à la réalisation d'une tâche et/ou l'incapacité de réaliser cette tâche.



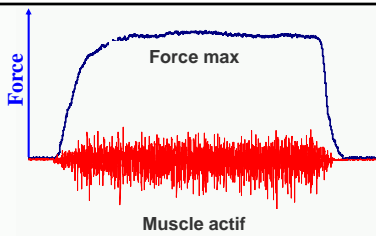
**Définition :** la fatigue est une altération des capacités d'un individu

qui induit une augmentation du coût (psychologique, énergétique) nécessaire à la réalisation d'une tâche

et/ou l'incapacité de réaliser cette tâche.

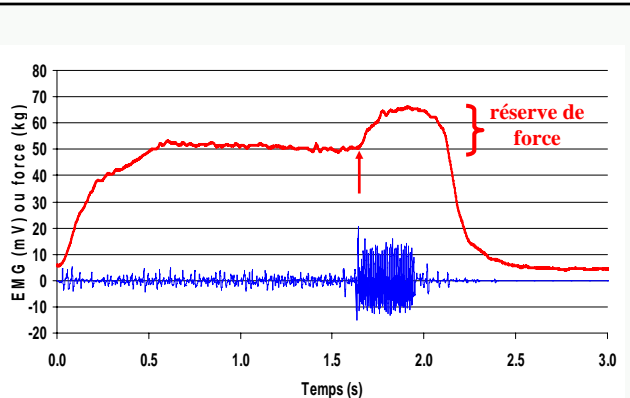
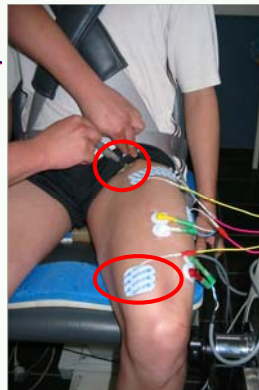
Plus généralement, on considère qu'il y a fatigue lorsque l'exercice induit une perte de force ou de puissance max, peu importe si la tâche peut ou ne peut pas être maintenue.

### Origine de cette perte de force ?

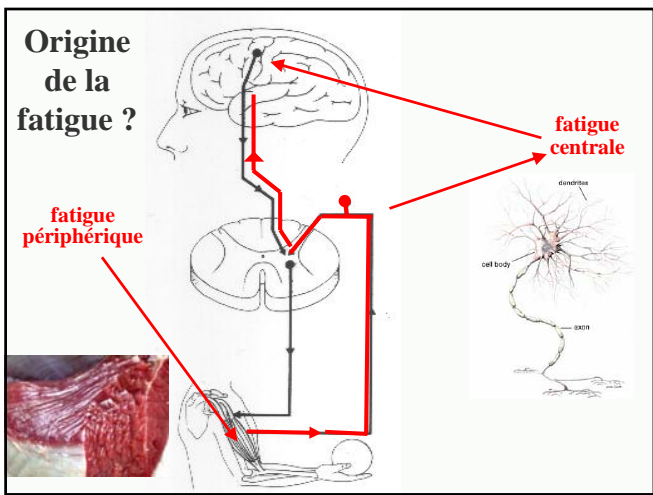
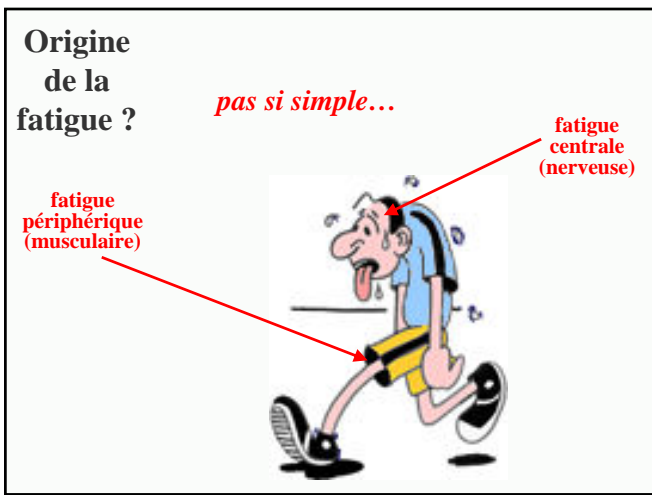
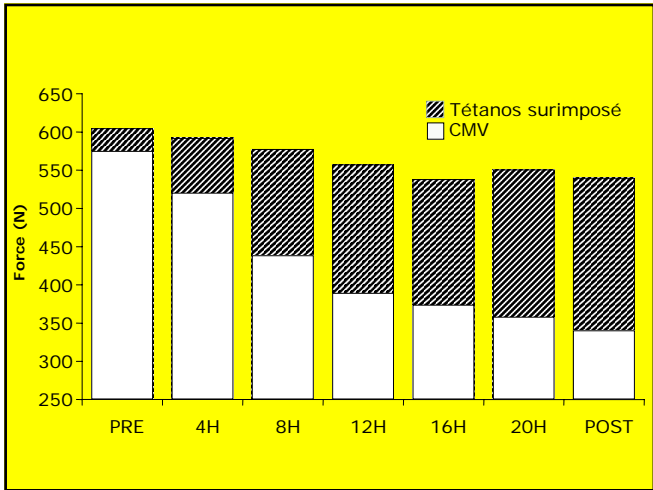
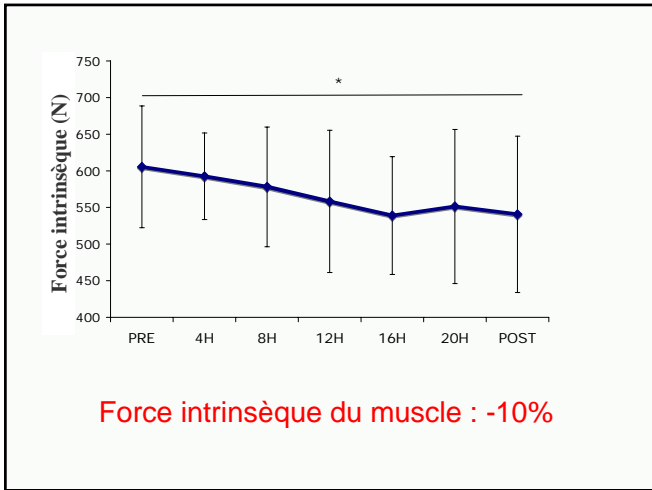
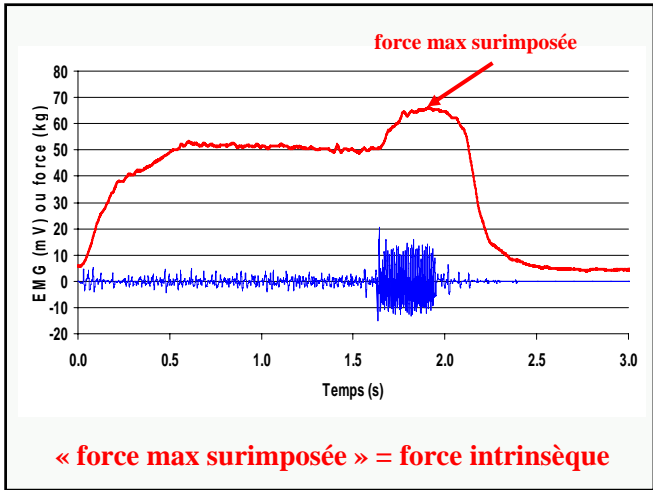
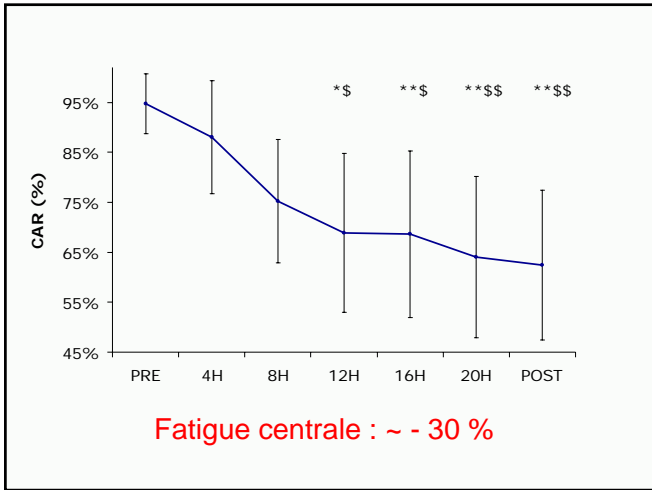


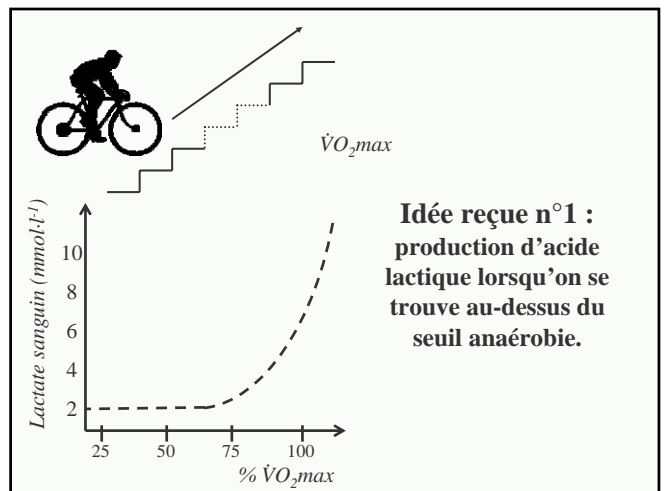
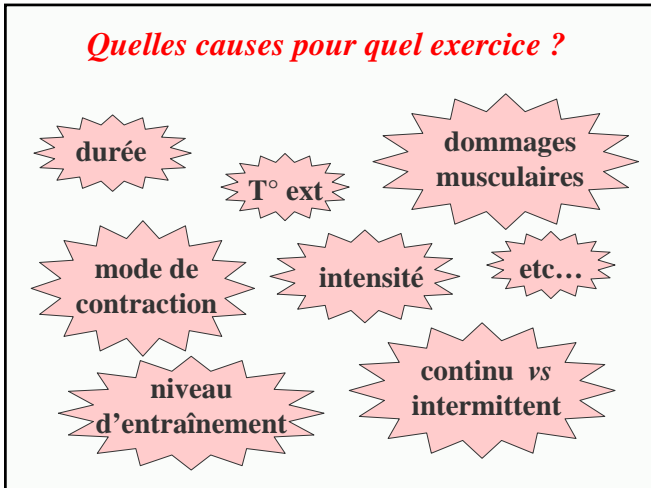
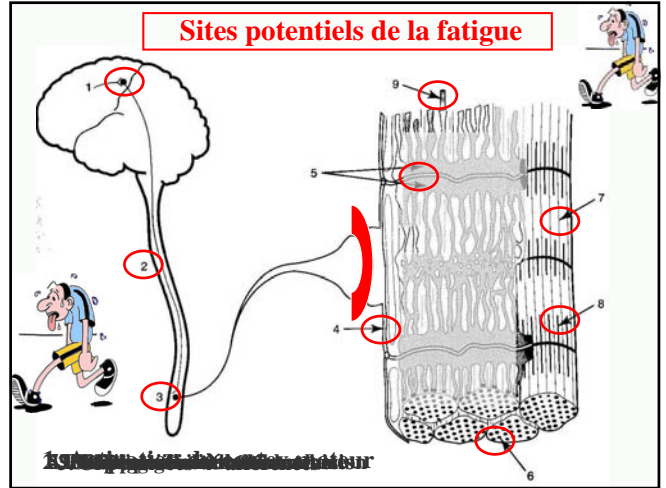
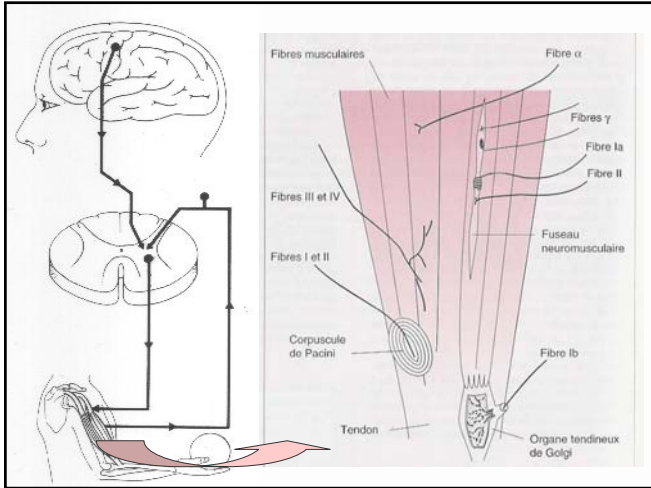
Que se passe-t-il si on surimpose une stimulation électrique ?

Stimulation externe (nerf, muscle)



« réserve de force » = fatigue centrale





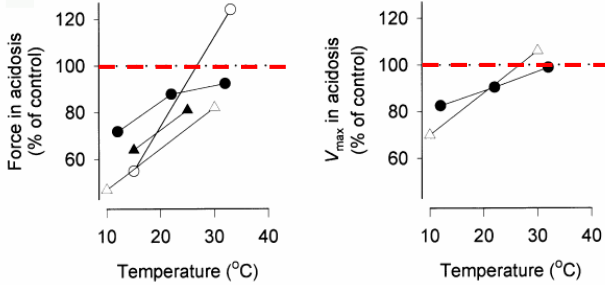
**Idée reçue n°1 : production d'acide lactique lorsqu'on se trouve au-dessus du seuil anaérobie.**



**Idée reçue n°2 : l'acide lactique est un frein à la performance.**

**Théorie classique = perte de force car :**

- a)  $\searrow$  activité enzymatique
- b)  $\searrow$  libération  $\text{Ca}^{2+}$  & rôle  $\text{Ca}^{2+}$  déprécié
- c)  $\searrow$  force pont Actine-Myosine



**Muscle Fatigue: Lactic Acid or Inorganic Phosphate the Major Cause?**

Håkan Westerblad,<sup>1</sup> David G. Allen,<sup>2</sup> and Jan Lännergren<sup>1</sup> News Physiol. Sci. • Volume 17 • February 2002

**Conclusion des auteurs :**

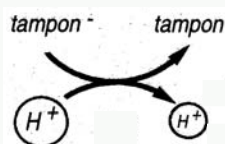
**“contrairement au rôle souvent décrié de l'acide lactique comme une cause de la fatigue musculaire, l'acide lactique pourrait protéger contre la fatigue”.**

(min)

*O. Nielsen, F. de Paoli and K. Overgaard. Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle. Journal of Physiology, 536, 161-166, 2001.*

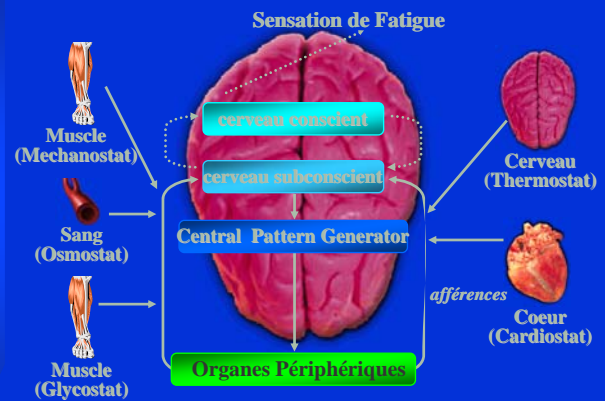
~~Idée reçue n°2 : l'acide lactique est un frein à la performance.~~

**oui mais...substances tampons**

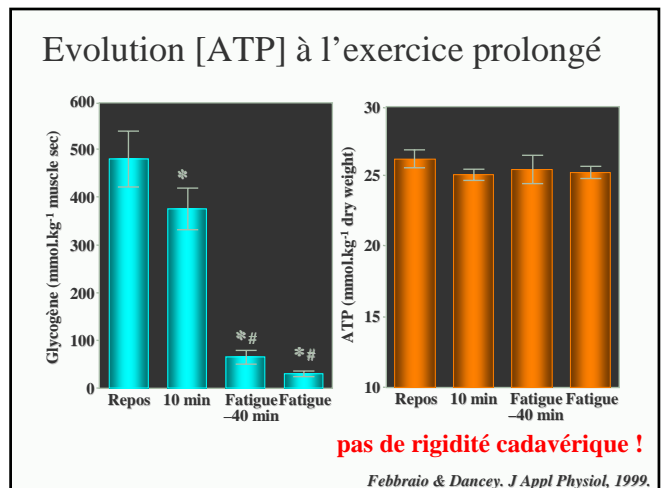
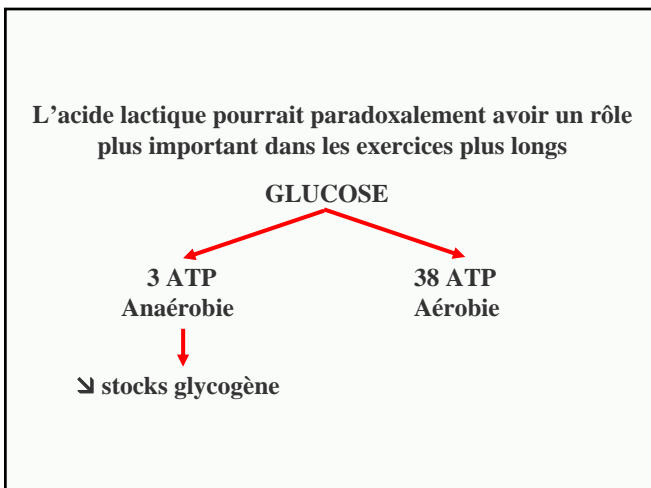
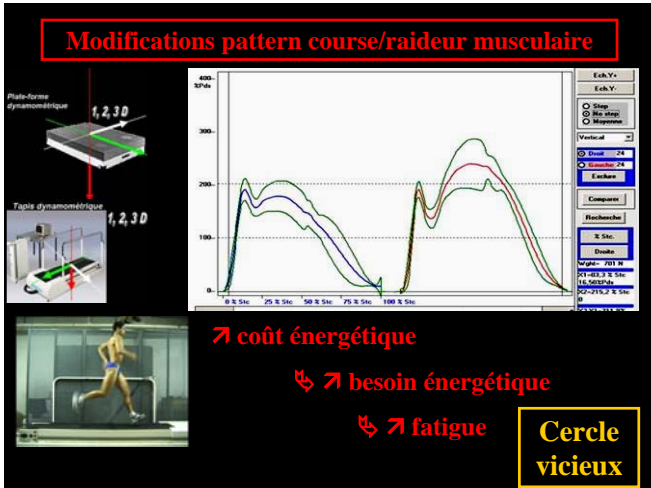
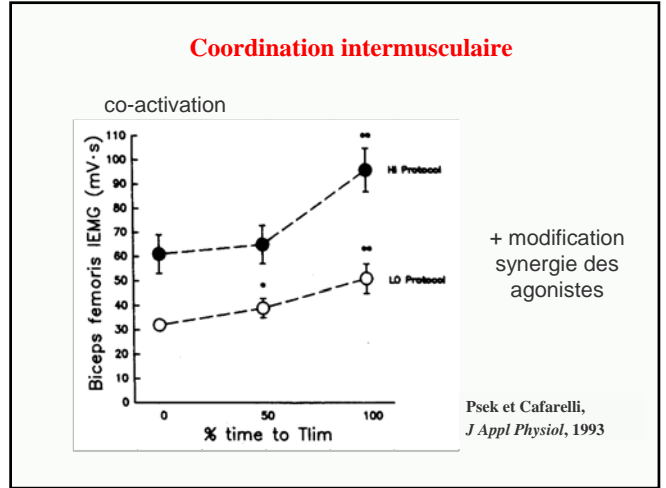
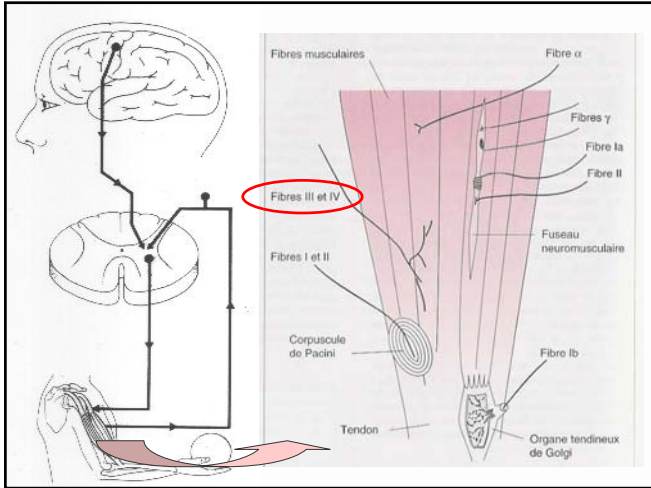


**Hypothèse gouverneur central ?**

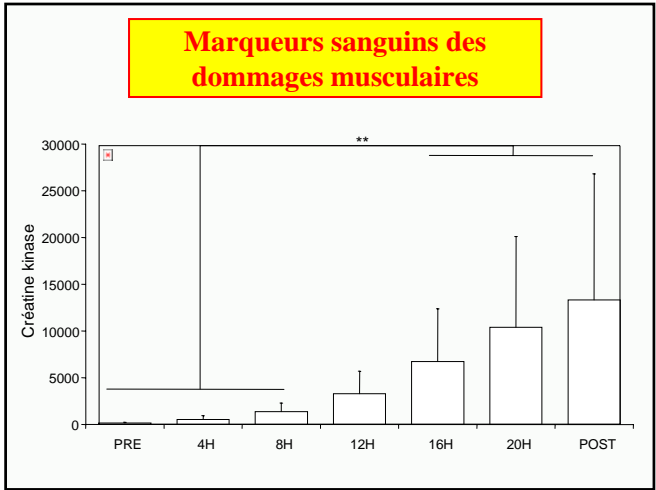
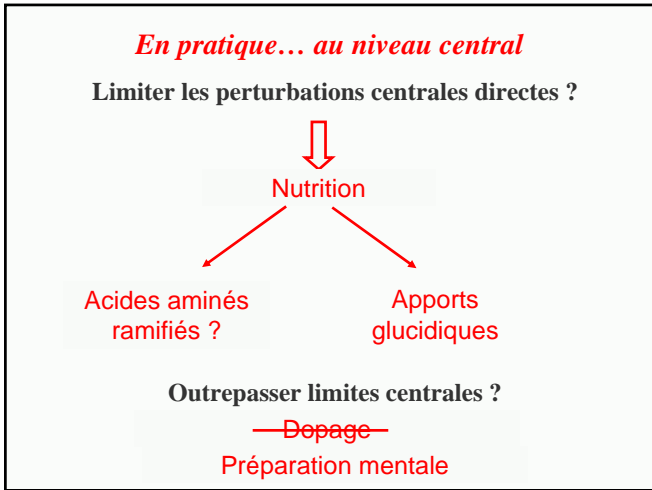
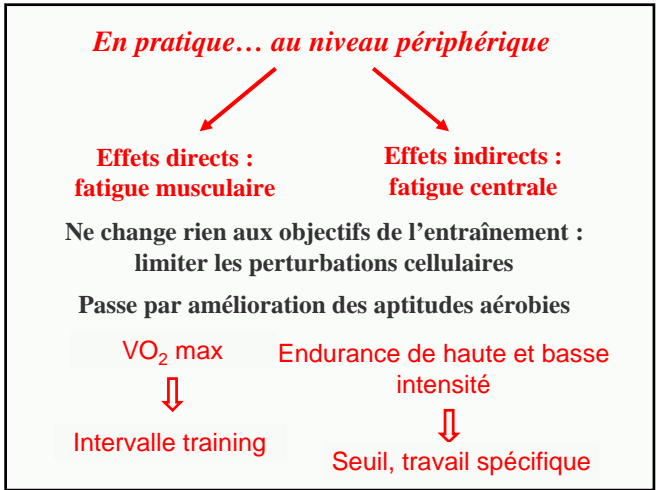
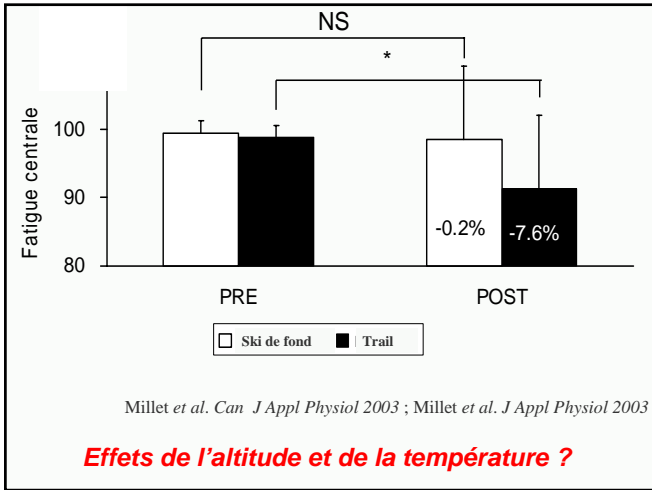
**Modèle du Gouverneur Central**



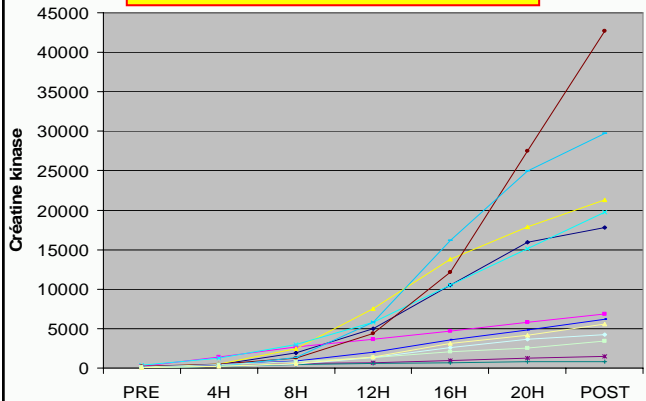
*D'après Tim Noakes*



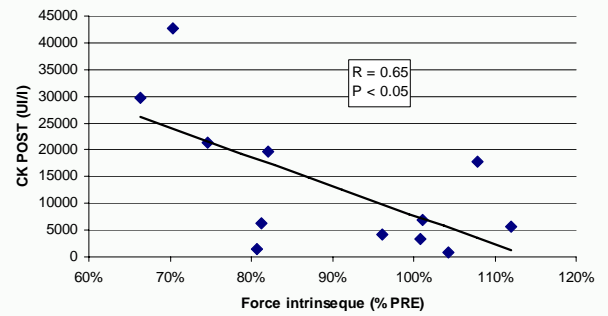




### Marqueurs sanguins des dommages musculaires



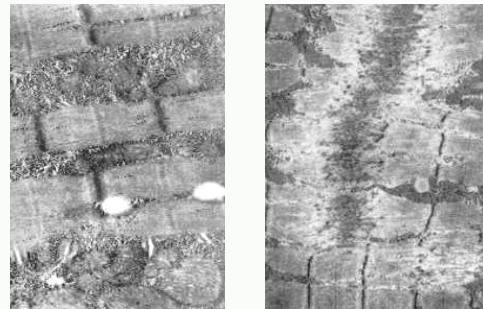
### Marqueurs sanguins des dommages musculaires



### Marqueurs directs des dommages musculaires

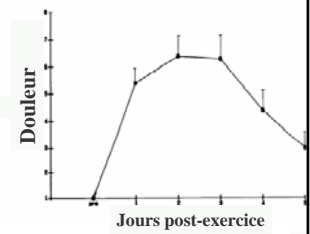
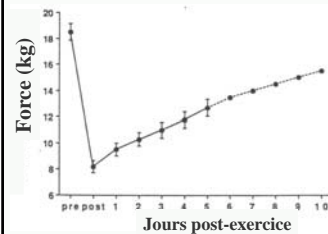
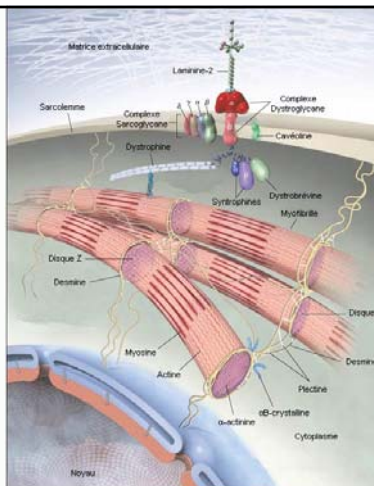


### Dommages de la fibre musculaire

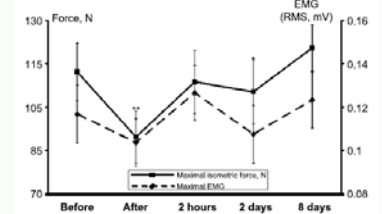


(avant et après un marathon)

Désorganisation du cytosquelette



cycles étirement-détente intensifs



Principalement après contractions excentriques : course à pied, musculation, randonnée (descente)

Attention en particulier à l'**intensité** de la contraction excentrique (davantage que le **nombre**)

### En pratique...

- méthode « brutale » : effet protecteur
- méthode « traditionnelle » : progressivité

Principalement après contractions excentriques

Mais aussi : **les radicaux libres**

L'organisme possède deux systèmes de défense contre les R.L :

- système enzymatique anti-oxydant (nécessité de co-enzymes tels que sélénium, zinc, manganèse)
- nutriments anti-oxydants (composés de la famille des caroténoïdes, vit C, vit E, etc...)

### En pratique...

- germe de blé quotidiennement (riche en vit E, sélénium et zinc)
- un verre de vin/jour
- une tranche de foie/semaine
- fruits de mer (zinc et cuivre) et végétaux frais (vit C,  $\beta$ -carotène)
- attention supplémentation massive en oligo-éléments

## Récupération

Optimiser la récupération permet :

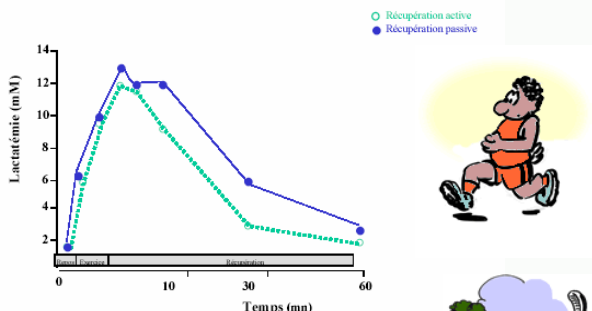
- d'augmenter les charges d'entraînement ( $\searrow$  délais entre les séances ou les séries) et/ou
- de minimiser les risques de surentraînement et de blessures

**≠ méthodes de récupération**

~~récupération de l'athlète blessé~~



### Repos ou récupération active ?



Changements de la lactatémie induits par un exercice intense d'après Choi et coll. (1994)

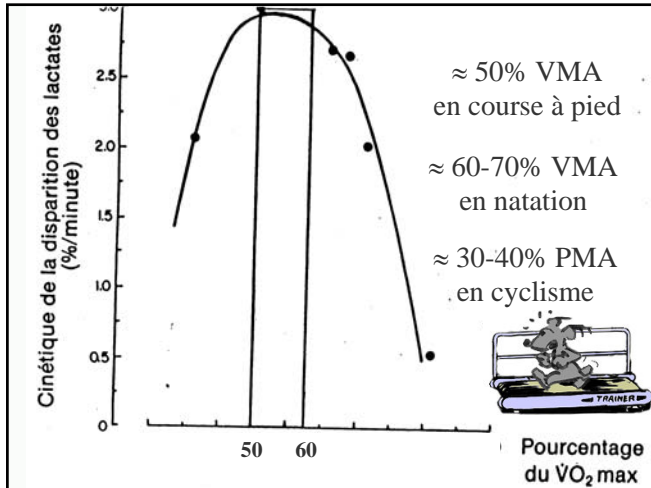


C'est pourquoi, d'après Åstrand :

↳ hockeyeur devrait pédaler quand il sort de la glace au lieu de rester assis sur le banc

A quelle intensité réaliser la récupération active ?





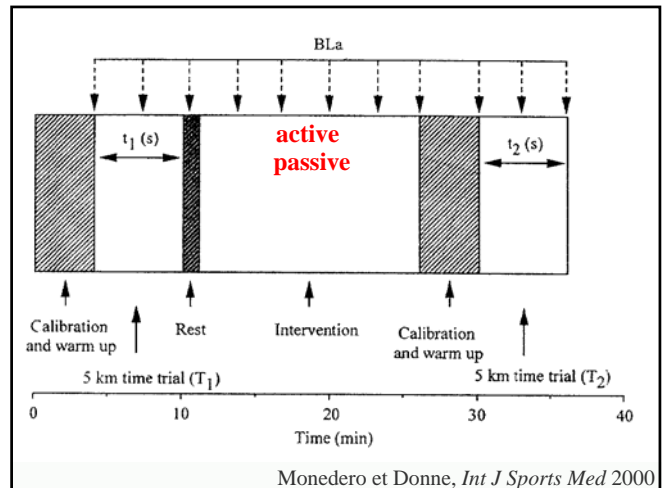
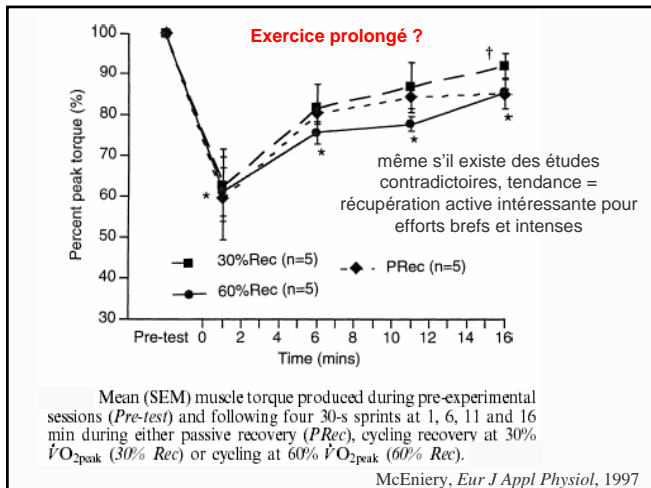
donc OK pour influence > 0 de récup active sur élimination du lactate (nbes études) ...  
...mais lactate n'a pas d'effets délétères

Acidose ?

Rôle de la récupération active dans l'aptitude à limiter baisse de performance lors d'un exercice subséquent ?

↓

Discuté par certains auteurs  
Moins d'études sur ce problème plus pratique



Mean increase in 5 km trial time (s)  $\pm$  SEM across intervention, n = 18, difference calculated as time for 2nd trial minus time for 1st trial ( $t_2 - t_1$ )

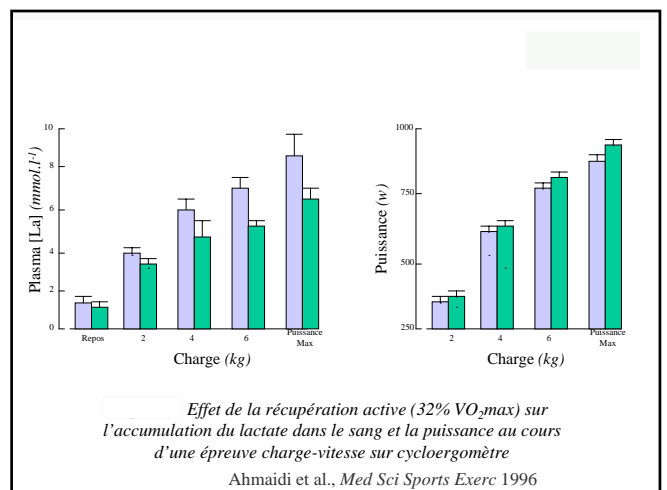
Intervention	Mean increase (s)	SEM
Passive	9.9**	1.6
Active	6.9*	1.3

≠ mais faible

Existent aussi études contradictoires

↳ synthèse : effets modérés, visibles essentiellement à intensité supra-max.

L'explication physiologique n'est peut-être pas aussi simple que l'on estimait il y a peu...

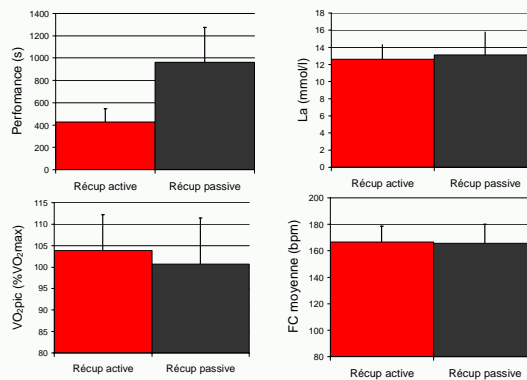


même pour efforts assez brefs, récupération active pourrait être intéressante (même s'il existe des études contradictoires)



Attention toutefois aux effets néfastes de l'entraînement en endurance sur l'explosivité

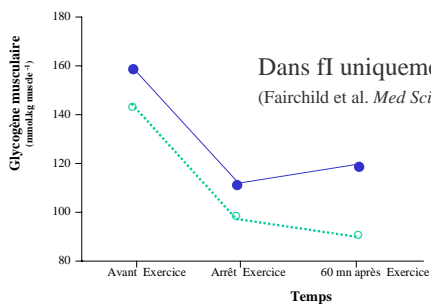
➤ Exercice intermittent 15 s/15 s (intensité > PMA)  
↳ récupération passive vs active (40% PMA)



Dupont et al. *Med Sci Sports Exerc* 2004

Autre limite : récupération active freine le remplissage des réserves glycoligéniques

Récupération Active  
Récupération Passive



Dans f1 uniquement  
(Fairchild et al. *Med Sci Sports Exerc* 2003)

Changements de concentration de glycogène musculaire induits par un exercice intense  
Choi et coll. (1994)



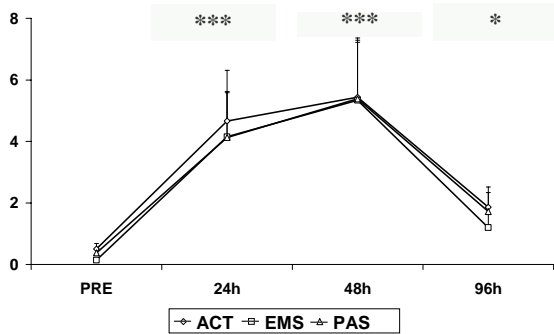
10 x 30 s descente (-12%)  
R = 1 mn

récupération = 30 min pendant 4 jours post-exercice

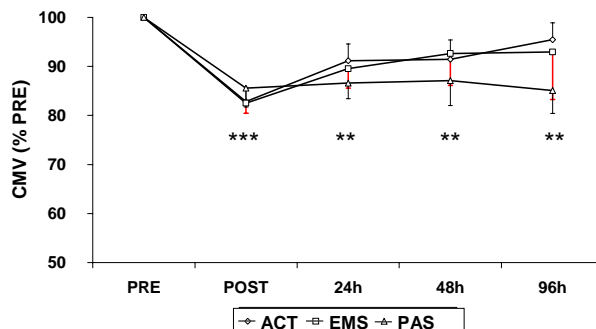
- 1) EMS ⇨ cf ci-après
- 2) Course à pied (50% VMA)
- 3) Passif

Martin et al., *Med Sci Sports Exerc* 2004

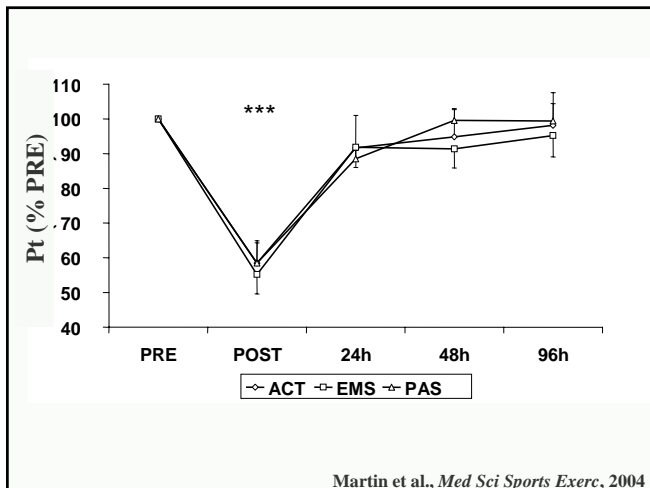
courbatures



Martin et al., *Med Sci Sports Exerc*, 2004



Martin et al., *Med Sci Sports Exerc*, 2004



Après un marathon

- groupe repos complet
- groupe récup active (footing de 20 à 40 min/jour à 50-60% VO<sub>2</sub>max)

- Gr repos complet : pics de force > à Gr récup active à J+5 et J+7

- perf sur un test d'extensions de jambe restaurée à J+3 pour Gr repos complet

mais encore dépréciée à J+7 pour Gr récup active

Sherman et al., *J Appl Physiol*, 1984

De plus, ajouter des traumatismes limite le remplissage des réserves glycogéniques

↓

Donc : efforts longue durée traumatisants = pas de récupération active en course à pied

Récup active sans traumatisme (cyclisme) ou EMS après des efforts longs en course à pied ?

- ↳ entretien aptitudes aérobies du muscle ?

OK mais 1 à 2 j passif

**Récupération active et dommages musculaires**

Processus inflammatoires

- ↳ phagocytose puis stimulation des cellules satellite → régénérescence
- ↳ ↗ flux sanguin pour accélérer ce processus ?

**Données scientifiques**

- ↳ absence d'effet bénéfique (Donnelly *Eur J Appl Physiol* 1992, Saxton *Int J Sports Med* 1995)
- ↳ à la fois exercice léger et immobilisation améliore la récup par rapport à condition contrôle (Sayers *Med Sci Sports Exerc* 2000)

**phénomène complexe !**

**Les méthodes et produits de récupération**

Plan :

1. Les vertus supposées...
2. Ce qu'en dit la science ?
3. Utilisation dans le monde sportif.

**ELECTROMYOSTIMULATION**

**Les vertus supposées...(1) : traitement de la douleur**

Courbatures → TENS (*transcutaneous electrical nerve stimulation*)

rôle analgésique

≠

accélération de la récupération musculaire

## Les vertus supposées... (2) : effets hyperémiant

EMS basse fréquence =  $\nearrow$  débit sanguin musculaire

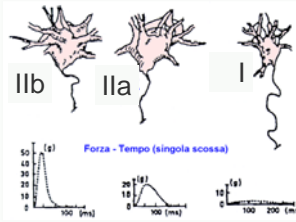


↓  
clairance de métabolites

↓  
similaire à récupération active traditionnelle

il existe cependant une particularité

## Spécificité de l'EMS : recrutement unités motrices



**Pas inversion de la loi d'Henneman**

Dépend aussi agencement des fibres à l'intérieur du muscle

~~EMS = recrutement sélectif des fil~~

**EMS = sollicitation > des fil**

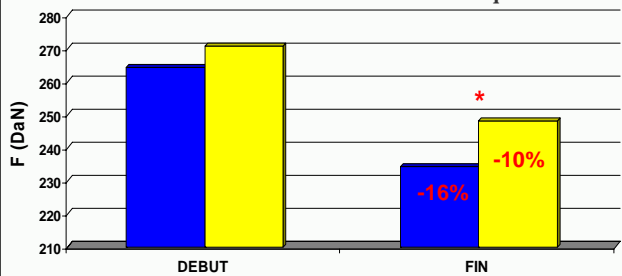


## Ce qu'en dit la science ? (1)

*Lors d'un entraînement en musculation*

■ Récupération Passive    ■ Récupération Electrostimulation

Fréquence = 5 Hz



Maître et al. 2001

## Ce qu'en dit la science ? (1)



*Lors d'un exercice intense*

10 x 1 mn à 120 % VMA (+18%)  
R = 2 mn

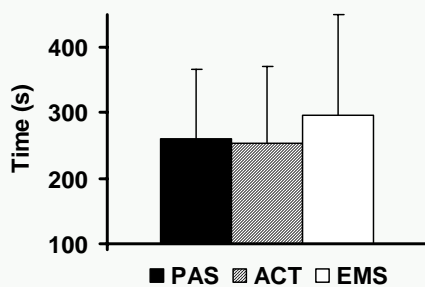
**récupération = 20 min après exercice**

- 1) EMS (8Hz; intensité libre : 20-30 mA)
- 2) Course à pied (50% VMA)
- 3) Passif



Lattier et al. *Int J Sports Med*, 2004

## Temps limite 95% VMA



Lattier et al. *Int J Sports Med*, 2004

## Ce qu'en dit la science ? (2)

*Lors de dommages musculaires*

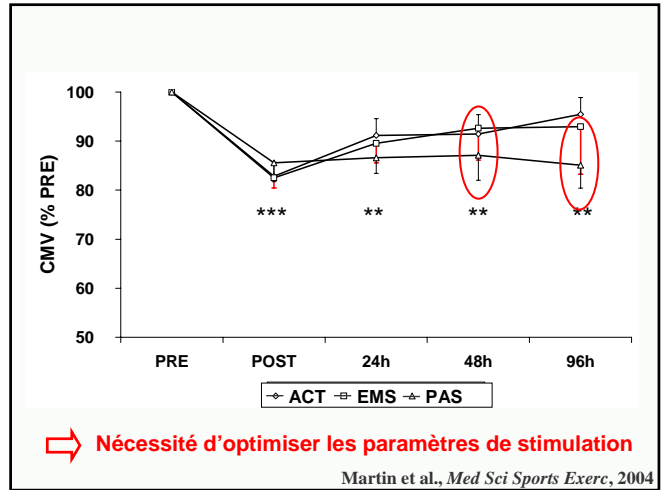
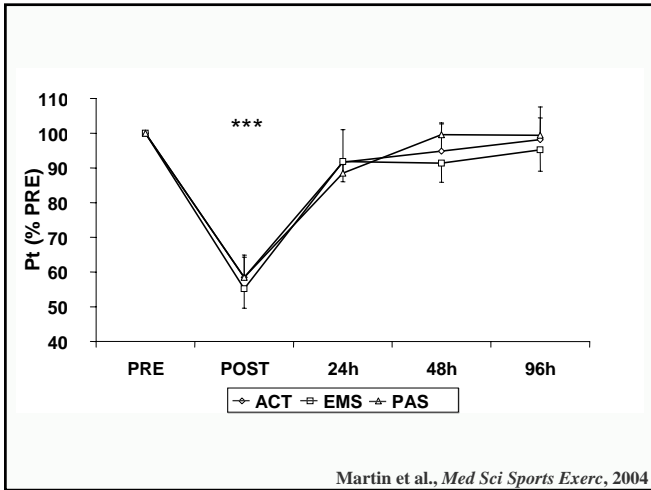


10 x 30 s descente (-12%)  
R = 1 mn

**récupération = 30 min pendant 4 jours post-exercice**

- 1) EMS (8Hz; intensité libre : 20-30 mA)
- 2) Course à pied (50% VMA)
- 3) Passif

Martin et al., *Med Sci Sports Exerc* 2004

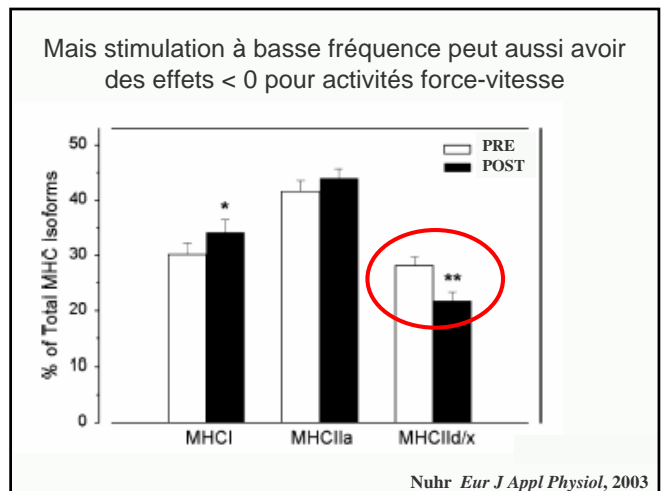
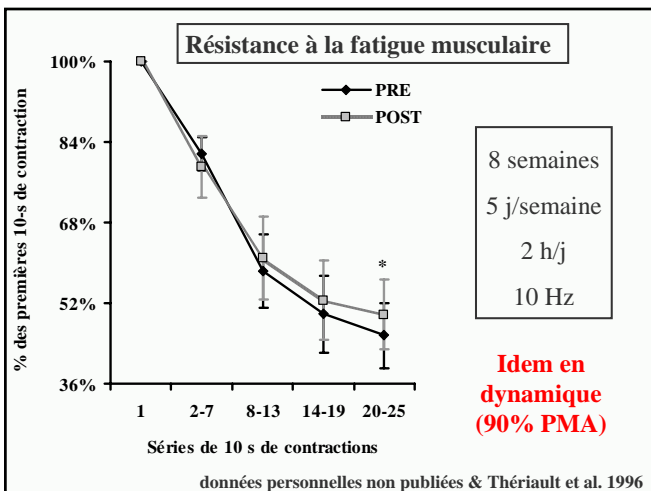
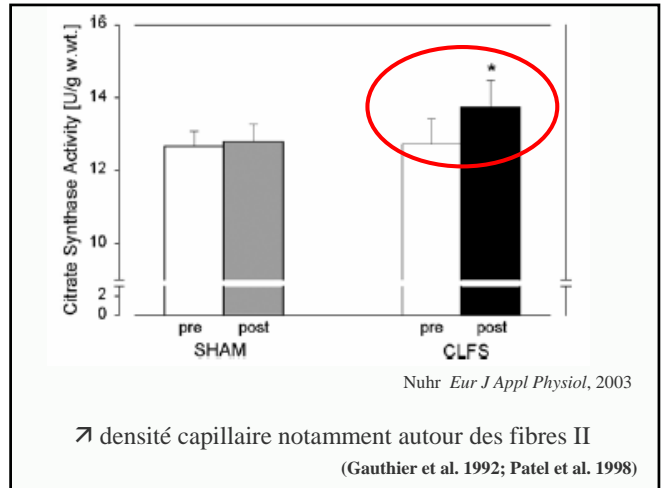


**Utilisation dans le monde sportif.**

Oui, surtout lorsque la récupération active est impossible ou problématique

↳ contraintes temporelles ou voyages

Nuhr *Eur J Appl Physiol*, 2003





stimulation basses fréquences  
pour athlètes explosifs



répétition de séances d'EMS en récupération  
pour ces athlètes ?  
(au moins en période de compétition)

## STRETCHING

### Les vertus supposées...

- stimule la synthèse protéique
- favorise le retour veineux
- limite les courbatures
- prévention des blessures



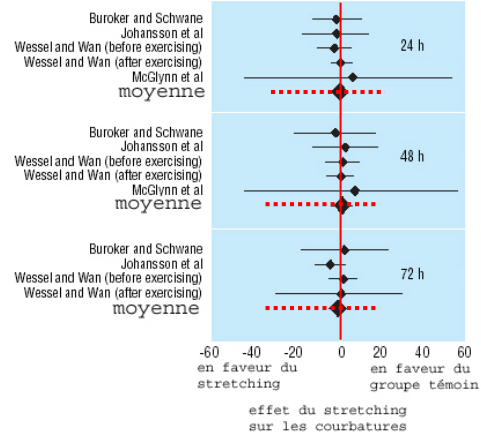
## STRETCHING

### Ce qu'en dit la science ?

- stimule la synthèse protéique
  - ↳ données sur l'animal
- favorise le retour veineux
  - ↳ N.S
- limite les courbatures ?



### Diminution des courbatures ?



### Prévention des blessures ?

- ✓ quelques études > 0
  - Safran, *Sports Med*, 1989
- ✓ 2 études longitudinales
  - ↳ N.S.
  - (Pope, *Aust J Physiother* 1998 & *Med Sci Sports Exerc* 2000)
- ✓ voire effets < 0 (Lally 1994)



### Utilisation dans le monde sportif.

- ✓ oui... malgré les débats récents.
- ✓ pas suffisamment de données pour recommander leur abandon.
- ✓ reste le choix du moment de pratique :
  - ✓ avant la séance : étirements raisonnés (attention effets <0 explosivité)
  - ✓ post-séance (⇨ après une séance traumatisante ? ⇨ protéines du cytosquelette)
  - ✓ et/ou séances spécifiques (après échauffement) ?

## MASSAGE

### manuel ou « mécanique »



LPG System



© LPG Systems

### Les vertus supposées...

- effets sur le flux sanguin
- accélère clairance du lactate
- ↘ courbatures
- effet relaxant

### Ce qu'en dit la science ? (1)

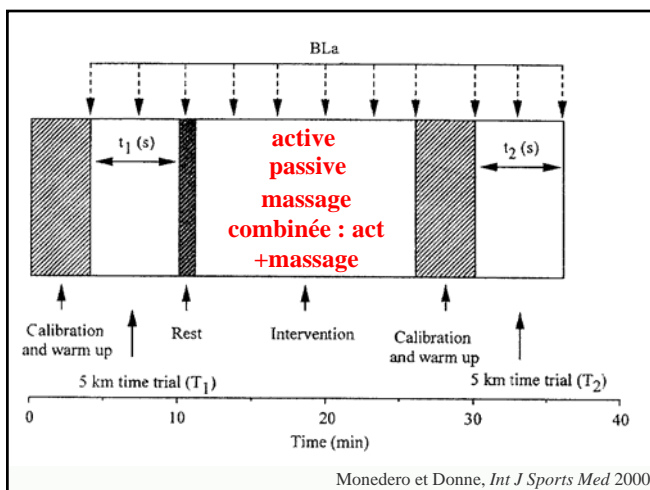
- ↗ flux sanguin ?
  - ↳ non (seulement capillaires peau)
- ↗ clairance du lactate ?
  - ↳ non (cohérent avec absence modif flux sanguin)
- ↘ courbatures ?
  - ↳ études contradictoires
- effets psychologiques ?
  - ↳ fréquemment reporté + confirmé par plusieurs études avec mesure de l'anxiété ou de l'humeur

Hemming, *Phys Therapy Sport*, 2001

### Ce qu'en dit la science ? (2)

#### Influence sur la performance

- ↳ pas de ≠ de perf post-compétition en cyclisme (4 jours de course) (Drews, *Int J Sports Med* 1990)
- ↳ pas de ≠ non plus sur force ergomètre boxe (Hemming, *Br J Sports Med* 2000)
- mais :
  - ↳ ↗ tps-limite (+ 45%) après un 1<sup>er</sup> tps-limite (Zelikowski *Br J Sports Med* 1993)
  - ↳ Monedero et Donne, *Int J Sports Med* 2000

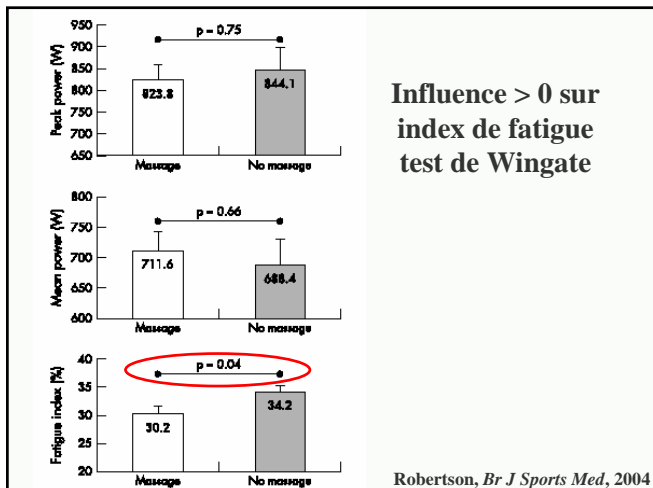


**Table 2** Mean increase in 5 km trial time (s) ± SEM across intervention, n = 18, difference calculated as time for 2nd trial minus time for 1st trial ( $t_2 - t_1$ )

Intervention	Mean increase (s)	SEM
Passive	9.9**	1.6
Active	6.9*	1.3
Massage	7.7*	1.5
Combined	2.9 → effets physio + ψ ?	1.5

\*\* implies combined recovery significantly less at  $P < 0.01$ , \* implies combined recovery significantly less at  $P < 0.05$

Monedero et Donne, *Int J Sports Med* 2000



### PLATE-FORMES VIBRANTES

**Les vertus supposées...**  
Pas très clair.

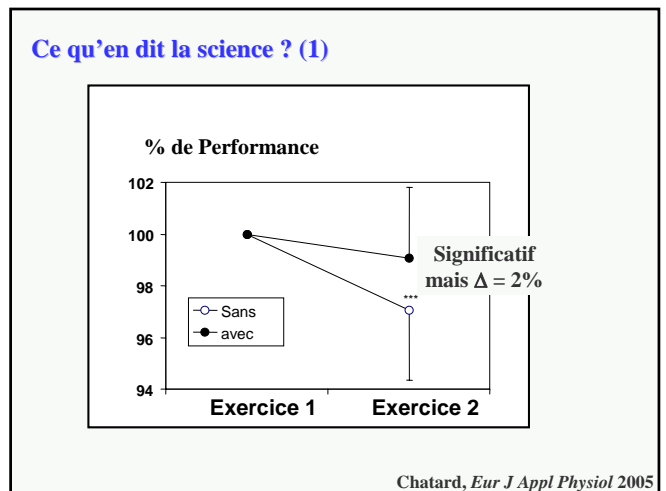
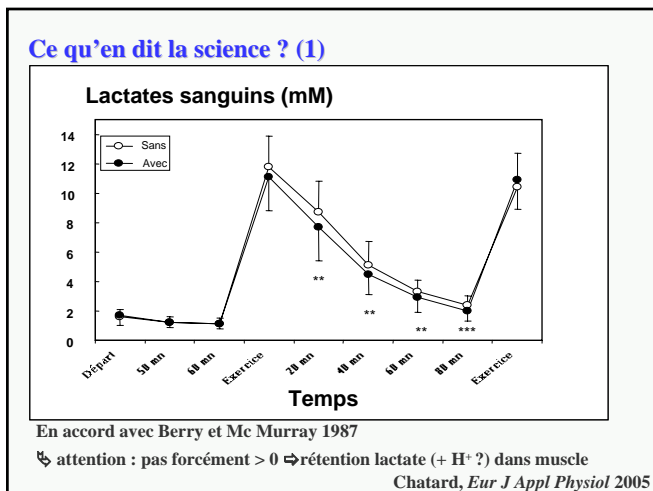
**Ce qu'en dit la science ?**  
Rien (en récup)

**Utilisation dans le monde sportif.**  
Anecdotique

### CONTENTION

**Les vertus supposées...**

- amélioration retour veineux
- aide à l'élimination des toxines
- prévention des blessures



## Ce qu'en dit la science ? (2)

### Exercice excentrique

- 40 secondes compression/min pendant 20 min (5 jours)  
 ↳ raideur et œdème mais n'accélère pas récupération de la force max

Chleboun et al., *Arch Phys Med Rehab*, 1995

- compression en continu pendant 5 jours  
 ↳ courbatures, œdème, limite chute amplitude articulaire et amélioration récupération de la force max

Kraemer et al., *J Orthop Sports Phys Ther*, 2001

**Mais existent aussi résultats opposés !**

Trennel et al. *J Sports Sci Med*, 2006

## Ce qu'en dit la science ? (3)

### Exercice statique : après T-lim 50% CMV

- Pas d'amélioration signif. délai de récupération, ni EMG mais...

Subject N°	T récup (sans)	T récup (avec)
1	600	180
2	360	180
3	120	120
4	390	240
5	180	180
6	210	330
7	90	210
8	600	600
9	150	90
10	330	360
11	600	150
12	360	330
13	90	150
14	480	390
15	120	120
Mean	312	242
SD	192	137

⇒ grande variabilité entre les sujets sur les effets

⇒ tendance

Maton et al., *Eur J Appl Physiol*, 2006

## Ce qu'en dit la science ? (en résumé)

Tendance globale à amélioration de la fonction veineuse et des paramètres hémodynamiques musculaires

Quelques résultats > 0 sur récupération de la fonction muscul.

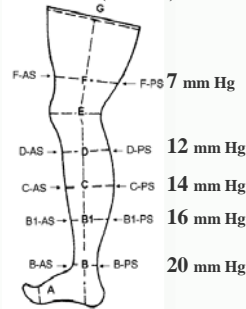
Nécessaire prise en compte la physiologie vasculaire :

- pressions adaptées individuellement
- ≠ exercice-récup
- contention progressive ?



Bringard et al. *Science et Sports* 2007

### Contention DEGRESSIVE (classe 1)



Maton et al., *Eur J Appl Physiol*, 2006

### Contention PROGRESSIVE Brevet *live sport*



## Utilisation dans le monde sportif.

- quasi-systématique en voyage (surtout en avion)



- très élevée de façon générale



## ANTI-INFLAMMATOIRES

### Les vertus supposées...

Lutter contre l'inflammation et accélérer réparation

### Ce qu'en dit la science ?

Résultats contrastés mais globalement : effets > 0 sur courbatures et sur récupération de la fonction musculaire

↳ néanmoins, a-t-on intérêt à limiter les processus inflammatoires ?

↳ se poser la question à long terme car inflammation nécessaire à régénérescence

- W excentrique chez des rats suivi d'un traitement aux anti-inflammatoires ou placebo
- 2 semaines après 1<sup>ère</sup> séance : 2<sup>ème</sup> séance W excentrique



Post 1<sup>ère</sup> séance : Force : - 45% (placebo) vs -25% (anti-infl)

Mais post 2<sup>ème</sup> séance : ↘ force seulement chez anti-infl

Lapointe et al., *Am J Physiol* 2001

### Utilisation dans le monde sportif.

- Difficile à dire
- Sport-dépendant
- Utilisé même en prévention dans certaines disciplines
- Peut masquer douleur ⇔ risque blessure

Attention aux risques de troubles digestifs, d'anémie voire d'insuffisance rénale et pbs cardio-vasculaires

Conduite dopante ?

**Prise d'anti-inflammatoire doit rester exceptionnelle en cas de fort traumatisme**

## BAINS GLACÉS

### Les vertus supposées...

- effet anti-inflammatoire
- ↓
- cf discussion ci-avant
- effet antalgique
- sécrétion de testostérone (ho) et œstrogènes (fe)



### Ce qu'en dit la science ? (1)

#### Exercice intense

- 17 sujets.
- 2 tests de Wingate, 1h de récupération
  - ↳ 10 min récup active
  - ↳ 15 min récup passive vs immersion (13 - 14 °C)
- Résultats : Lact max et performance (pic et total) diminuées après immersion.

Crowe et al., *Int J Sports Med*. 2007

### Ce qu'en dit la science ? (2)

- 60 rats
  - course sur tapis roulant à intensité modérée ou intense
  - groupe expérimental : immersion eau 4 °C pendant 5 min après entraînement
  - analyses ultra-structurales des muscles gastrocnemius ⇔ dommages étaient + précoces et + marqués pour groupe immersion !
- Fu et al *Scand J Med Sci Sports*, 1997
- Idem chez l'homme : utilisation bains glacés 20 min après chaque entraînement en endurance (jambes) ou en force (bras) mais non excentrique pdt 6 semaines

↳ ↘ effets de l'entraînement !

Yamane et al. *Eur J Appl Physiol* 2006

### Ce qu'en dit la science ? (3)

#### Exercice excentrique

- fléchisseurs coudes
  - 15 femmes
  - immersion eau froide (15 °C) pendant 15 min toutes les 12h pendant 3 jours (7 sessions).
  - Résultats : - angle coude (raideur) et CK < pour gr expérimental à J + 2 & J + 3
    - pas de ≠ sur DOMS, ni CMV.
- Eston & Peters, *J Sports Sci*. 1999.

**Mais là aussi : résultats contradictoire (ex : ↘ DOMS pour Isabell et al. *J Athl Train*. 1992)**

### Utilisation dans le monde sportif.

La méthode « dans le vent » actuellement  
(NBA, football, rugby, ....)

Plutôt sous forme eau glacée que froide  
(existe aussi caissons hypothermes)

Seul effet analgésique peut expliquer cet engouement



Pourrait avoir des effets négatifs

### BALNEOTHERAPIE

- ↪ sauna
- ↪ jacuzzi
- ↪ bains écossais



### Les vertus supposées...

Pas très clair !

### Ce qu'en dit la science ?

Influence > 0 de traitement par bain à remous chauds pendant une semaine de musculation (5 séances) chez élite finlandaise athlétisme junior



moins puissance RJ  
Associé avec ↗ [Mb] et [CK] dans sang

↳ hypothèse : non pas inhérent à + grands dommages musculaire mais dû à dilatation capillaire qui permettrait meilleur « rinçage » de l'espace extra-cellulaire

Viitasalo et al. *Eur J Appl Physiol* 1995



### Utilisation dans le monde sportif.

Avant tout amélioration du confort (i.e. récup ψ)

### Études comparées

#### Exemple 1

➤ Comparaison récupération passive, récupération active, massage, et immersion eau à 15°C sur performance cyclisme haute intensité répétée 24h après.

➤ Les 3 interventions étaient significativement > à récupération passive.

Lane & Wenger, *J Strength Cond Res*. 2004

#### Exemple 2

➤ Comparaison récupération passive, récupération active (RA), et bains écossais (BE : 42°C /15°C) sur performance course à pied haute intensité répétée 4h après.

➤ pas de ≠ de perf, ni pH sanguin malgré [Lact] et RPE < et après RA et BE.

Coffey et al. *J Sci Med Sport*. 2004

### Études comparées

#### Exemple 3

- 17 joueurs football Australien semi-pro

- 4 protocoles 1) Repos complet

2) 15 min étirements statiques

3) 15 min marche en piscine chauffée à 28° C

4) Bains écossais

+ séance de récupération standardisée pour tous le lendemain

- résultats : 48h après le match ⇒ pas de ≠ entre les groupes sur le plan de : courbatures ressenties, souplesse, détente verticale, sprint de 6 s cycloergomètre

- seule ≠ : détente & puissance < groupe repos complet à match + 15h

Dawson B et al. *J Sci Med Sport*, 2005



### Études comparées

#### Exemple 4

- 23 joueurs rugby haut-niveau

- 4 protocoles post-match :

1) Bains écossais

2) Chaussettes de contention

3) Récupération active

4) Récupération passive

- résultats : élimination CK accélérée dans les 3 premières conditions comparativement à récup passive.

## CRÈMES, GELS ET SELS

Les vertus supposées...

???

Ce qu'en dit la science ?

Rien

Utilisation dans le monde sportif.

???



Et encore : *ultrasons, électromagnétisme, oxygénothérapie, hyperbarie, acupuncture, drainage lymphatique, ....*

Peu d'études et lorsqu'elles existent = résultats contradictoires & protocoles souvent critiquables

### Limites des études sur la récupération

- qualité inégale des journaux scientifiques
- niveau des sujets souvent faible (application haut-niveau ?)
- pb de la lactatémie (interprétation difficile, intérêt ?)
- aucune ne reflète les réelles pratiques d'entraînement (cours ou moyen terme seulement)

## Boissons et produits de récupération



Les vertus supposées...

1. recharge glucidique
2. ↘ acidose
3. favorise synthèse protéique

Ce qu'en dit la science ?

Peu ou pas d'études spécifiques publiées

Utilisation dans le monde sportif.

Difficile à évaluer

Il n'en reste pas moins...

1. recharge glucidique
2. ↘ acidose
3. favoriser synthèse protéique

= éléments importants

Quels autres moyens ?

1. Aliments classiques ⇒ fenêtres métaboliques
2. Eau bicarbonatée (ex : St-Yorre, Donat, ...)
3. Supplémenter en acides aminés ramifiés



## Notion de fenêtres métaboliques

- ✓ « open window phenomenon » initialement décrit pour baisse immunité post-exercice
- ✓ Fibres musculaires aussi « ouvertes »
  - ↳ recharge glucidique & synthèse protéique majorées dans heures qui suivent effort en endurance (exemple des Keynians)
- ✓ Durée ouverture fenêtre proportionnelle sévérité effort mais 2 à 4 premières heures sont essentielles
- ✓ Ne pas négliger hydratation (stocks hydriques + synthèse glycogène)
- ✓ Consensus sur type glucides mais débats sur type protéines (OK AAR mais viande ?)
  - ↳ tyrosine précurseur adrénaline + acidification ?

### Notion de fenêtres métaboliques – en pratique...

- ✓ Ne pas attendre avant de s'alimenter ⇔ 2h après exercice = reΣ glycogène / par 3
- ✓ Commencer par boissons (8-15°C) index glycémique élevé (jus raisin, sodas, boissons récup) + quelques fruits mûrs (glycogène hypotique) [+ eau bicarbonatée si exercice intense]
  - ↳ vidange gastrique, absorption et passage membrane cellulaire optimisés (étape limitante)
- ⇒ = 1 à 3 verres (selon besoin hydrique) tous les ¼ d'heure à raison de 0,2 à 0,4/kg/15 min pendant 2h
- ✓ Enchaîner avec glucides solides (index glycémique encore élevé : pain blanc, purée, barres) + protéines digestes (viande maigre)
- ✓ Pas de lipides, ni d'alcool (frein act enzym stockage glycogène)
- ✓ 1<sup>er</sup> repas (+ 2 à 4h) : hyperglucidique, sels minéraux, hydratation (soupe, germe blé, féculents, laitages, AAR, pain, eau – viande?)

### Vitamines, minéraux et récupération

#### Supplémentation en minéraux ?

- vrai que besoins accrus chez sportifs
- mais attention aux suppléments en « aveugle »
  - ↳ inhibition d'absorption d'autres minéraux



Effort doit porter sur alimentation

Attention particulière au fer :

- privilégier fer héminique : abats, viande rouge
- absorption favorisé si vit C
- absorption ↓ par thé, excès laitages, pdt complets

### Vitamines, minéraux et récupération

#### Supplémentation en vitamines ?

- nécessité apports importants en vit E et C (anti-oxydants), vit B12 (GR), vit B (coenzymes), etc...
- besoins seraient accrus chez sportif
- mais ne signifie pas que doses largement > aux apports quotidiens recommandés soient nécessaires
- on conseille parfois une supplémentation en vit E et vit C en phase de récup (supplém. vit C efficace pour limiter fréquence d'épisodes infectieux après ultra-marathon mais pas après marathon pour coureurs de niveau régional)

#### En pratique



1. Sommeil (sieste)
2. Alimentation (précocité, qualité) & hydratation
3. Récupération active seulement si intensité élevée
4. EMS et bas de contention en déplacement

➤ Prise de conscience assez récent du rôle de la récupération

↳ l'entraînement invisible

- Beaucoup de pratiques n'ont pas fait la preuve de leur efficacité... sauf bien sûr si l'athlète y croit fortement !
- Le risque n'est cependant (sauf exception) que de perdre son temps

#### Coupe du monde 2007

Et si le principal intérêt était la mise en conditions ψ pour match ou entraînement suivant ?

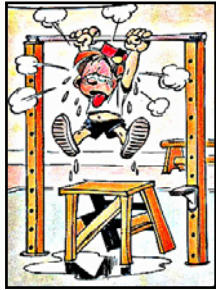


Dans l'ordre :

- bain glacé (~ 5 min)
- Douche
- Plate-formes vibrantes (~ 5 min)
- jambes en l'air (~ 5 min)
- récupération active (ergocycle ~ 10 min)
- collants de contention



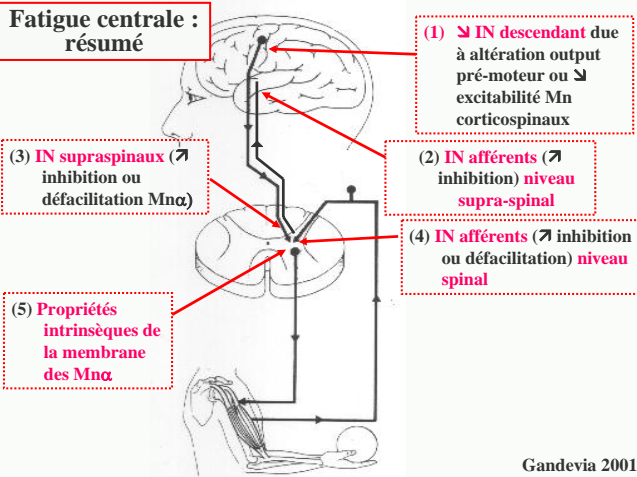
**Merci de votre attention**



**Bibliographie**

- Abbiss C, Laursen P. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Med* 35: 865-898, 2005
- Barnett, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports Med*, 36: 781-796, 2006.
- Chatard JC (ed). Lutter contre le dopage en gérant la récupération physique, publications Université St-Etienne, 2003.
- Héral H (ed). Sport de haut niveau et récupération, Cahiers de l'Insep, 2000.
- Millet GY, Lepers R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Med*, 34: 105-116, 2004.
- Millet GY, Perrey S. Physiologie de l'exercice musculaire, Ellipses, 2005
- Westerblad H et al. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause ? *News Physiol Sci* 17: 17-21, 2002.

**Fatigue centrale : résumé**



Gandevia 2001

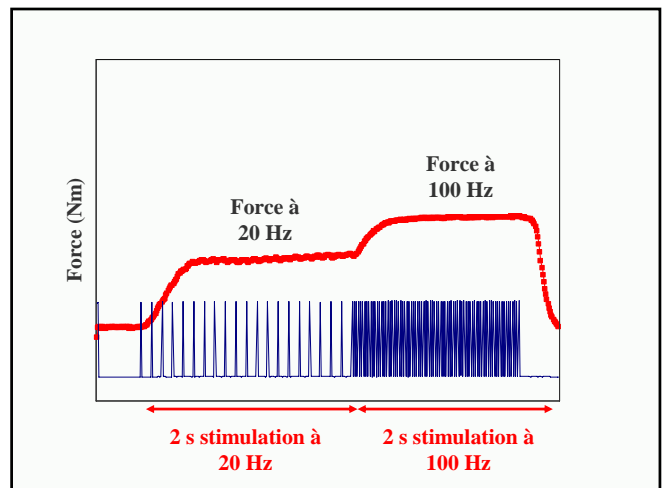
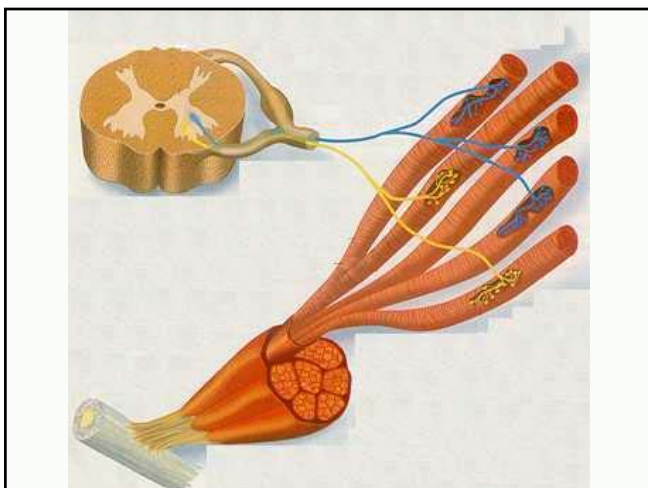
**Dépense énergétique du muscle peut être multipliée par + de 100 fois**

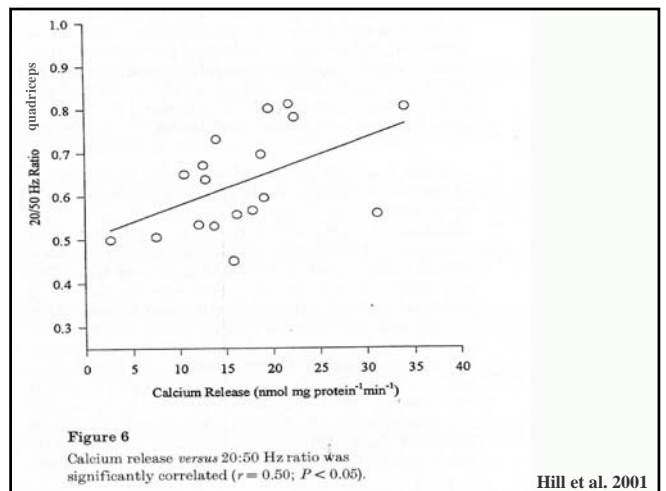
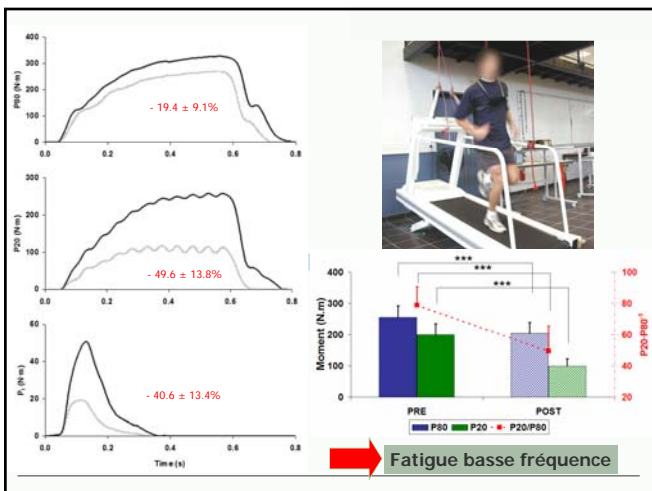
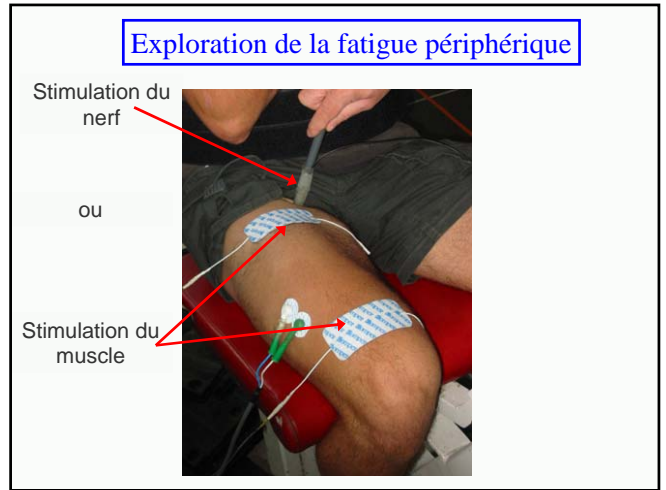
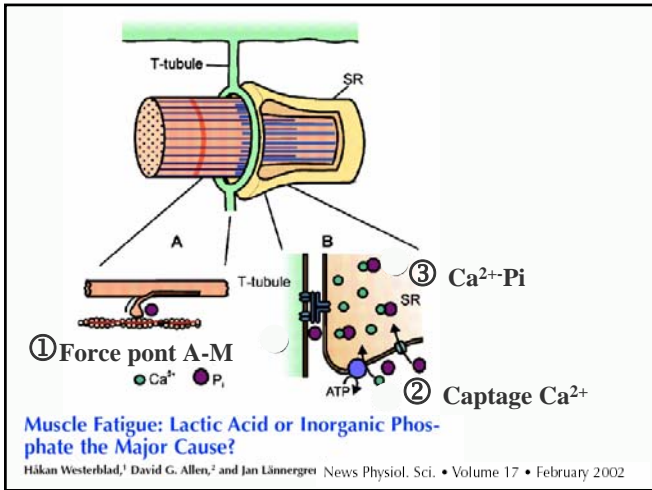
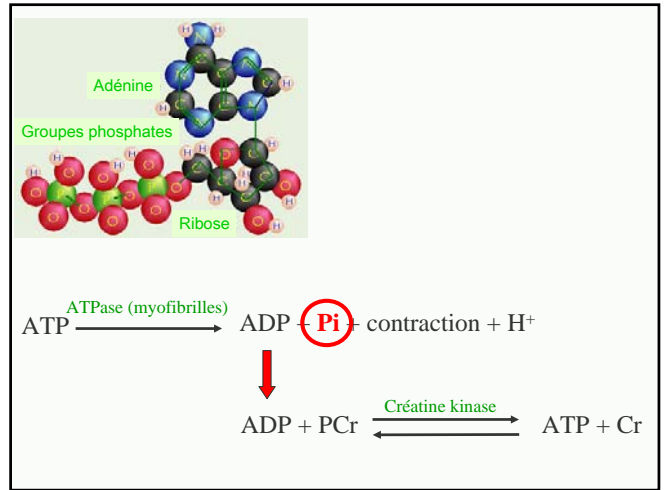
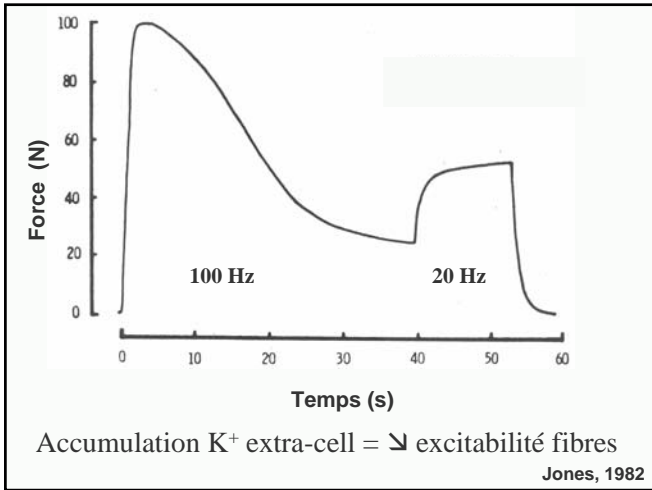


**Grande puissance musculaire développée**

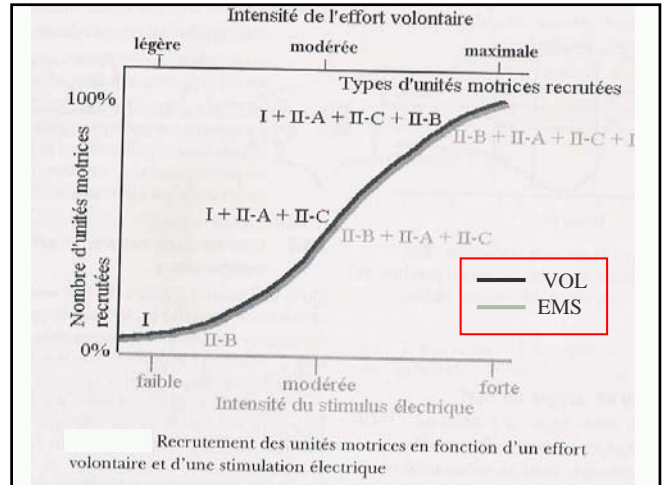
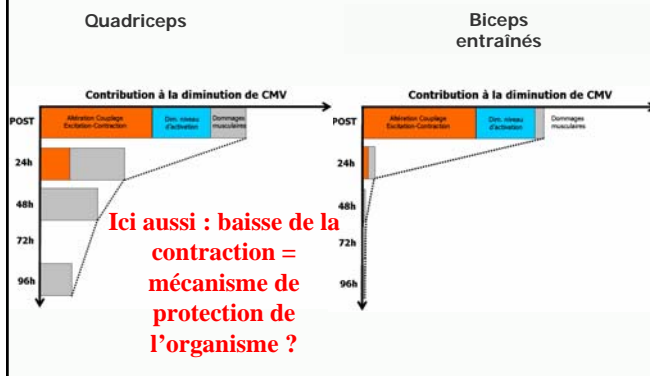


**Fréquence de décharge des unités motrices très élevée**





## Pertes de force après musculation excentrique

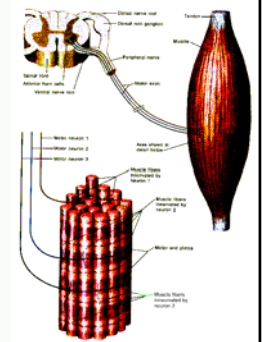


## recrutement UM

2. Stimulation électrique  
 ↓  
 activation des récepteurs cutanés  
 ↓  
 recrutement préférentiel fibres II  
 (Enoka Sports Med 1988)

## recrutement UM

3. fibres type II + souvent superficielles  
 (Lexell et al. 1983)  
 ↓  
 proche des électrodes de stimulation  
 ↓  
 recrutement préférentiel fibres II



## HYPERBARIE

= oxygénothérapie hyperbare

### Intérêts supposés en récupération

- ↘ hypoxie tissulaire locale en  $\uparrow$   $PO_2$
- ↘ œdème (vasoconstriction)

### Données scientifiques

Ici aussi, limité à exercice excentrique

Mekjavic *Med Sci Sports Exerc*, 2000  
 Babul, *Clin J Sport Med*, 2003

Staples *Am J Sports Med*, 1999

pas d'effets sur récup de la fonction musculaire, ni sur courbatures

↗ récup de la force excentrique

donc ???

(attention toutefois aux radicaux libres)

## Magnétothérapie



### Le traitement par ultra-sons

Revue de question : Tiidus *Can J Appl Physiol*, 1999

## Les acides aminés

Entraînement = lyse musculaire

≠ en fonction des sports : dépend de la durée, du type de contraction (≠ entre câp et cyclisme)

mais dans tous les cas, respecter les apports en acides aminés :

- aspect quantitatif : 1,5 g/kg/jour (davantage si anabolisme recherché : masse maigre, croissance)

- aspect qualitatif : AA essentiels

↳ régime végétarien (méthionine et lysine ?)

supplémentation en acides aminés ramifiés (ex :ACM 20)



## CRYOTHERAPIE

- ✓ utilisé en traumatologie
- ✓ apparu plus récemment en récupération

### Les vertus supposées...

Similaire bains glacés

*la récupération par cryothérapie  
marche d'autant mieux que les  
athlètes y croient fermement !*



### Ce qu'en dit la science ?

Exercice excentrique : pas de diminution des courbatures, ni de l'œdème (Yackzan, *Am J Sports Med*, 1984 ; Paddon-Jones, *Int J Sports Med* 1997)

Utilisation dans le monde sportif. ⇔ ??