

BIOCHIMIE

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

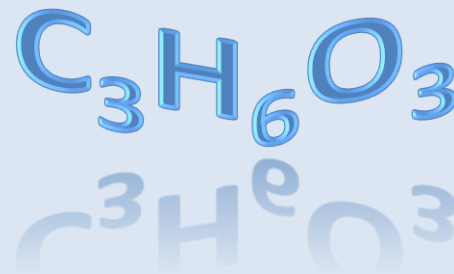
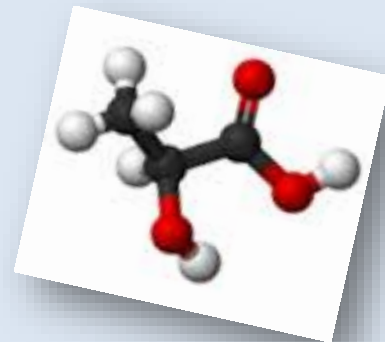
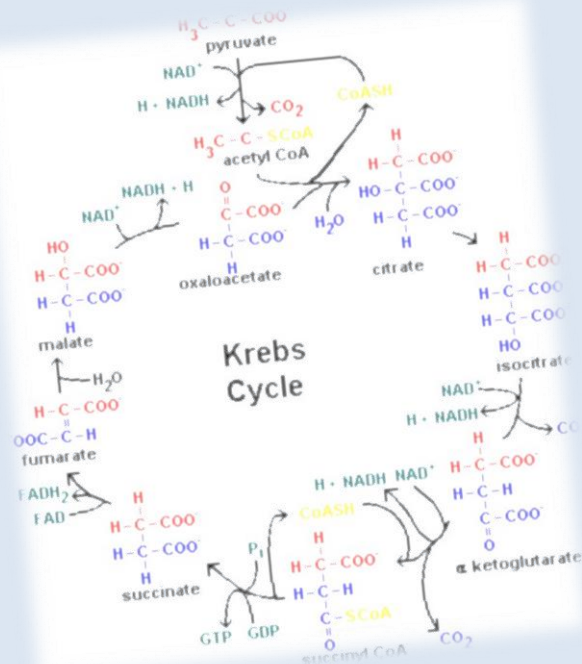
LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



BIOCHIMIE



SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

- Notre organisme = machine de haute précision, hyper complexe à tous les niveaux !
- Au niveau métabolique = des dizaines de réactions chimiques et enzymatiques s'enchaînent pour que nos petites fibres musculaires puissent se contracter !
- Simplification nécessaire : de nombreuses références dans « Biochimie des APS, de Poortmans et Boisseau, édité chez De Boeck en 2012 ».



BIOCHIMIE

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

- Notre organisme = machine de haute précision à différents niveaux !
- Au niveau métabolique = des dizaines de réactions enzymatiques s'enchaînent pour que nos muscles puissent se contracter !
- Simplification nécessaire : de nombreuses réactions métaboliques de l'APS, de Poortmans et Boisseau, édité chez



BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ✓ INTRODUCTION
- ✓ LES DIFFÉRENTS SEUILS

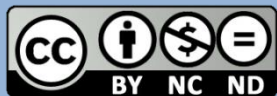
LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ✓ DÉFINITIONS
- ✓ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

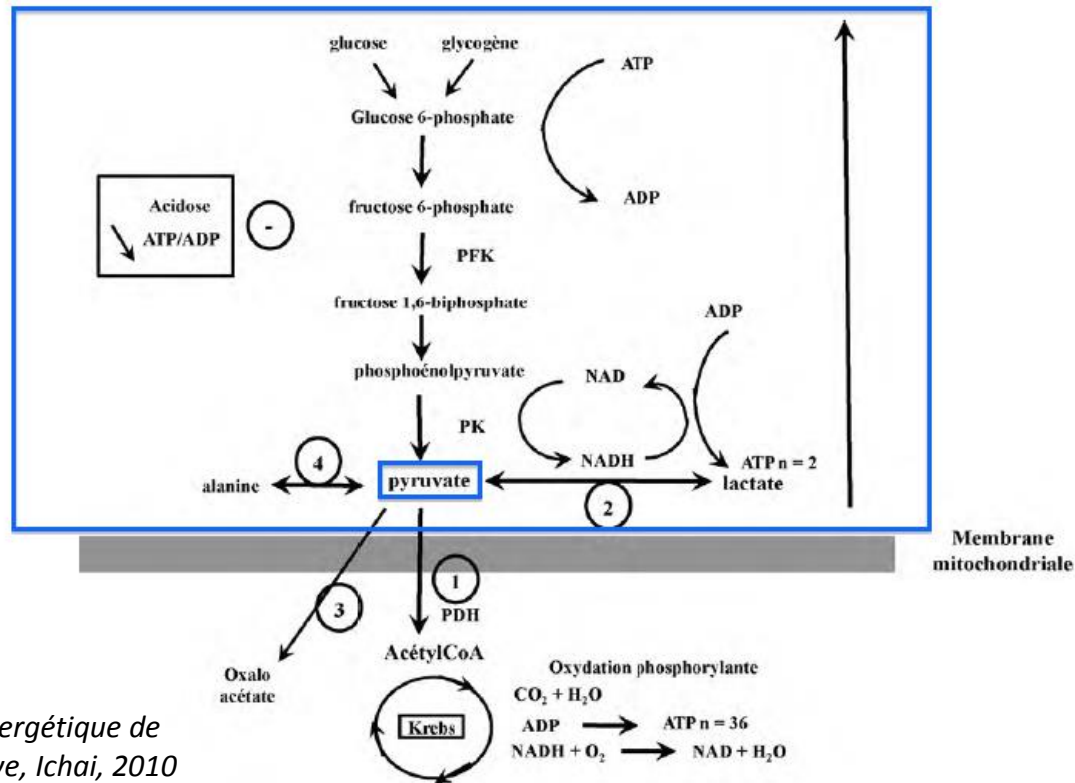
BIOCHIMIE

- ✓ LES LACTATES
- LES GLUCIDES

NUTRITION



- 1^{ère} étape : la formation du pyruvate = glycolyse, 10 étapes pour transformer glucose et glycogène en pyruvate



« Lactate: le substrat énergétique de demain », Orban, Leverage, Ichai, 2010

BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ✓ INTRODUCTION
- ✓ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ✓ DÉFINITIONS
- ✓ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

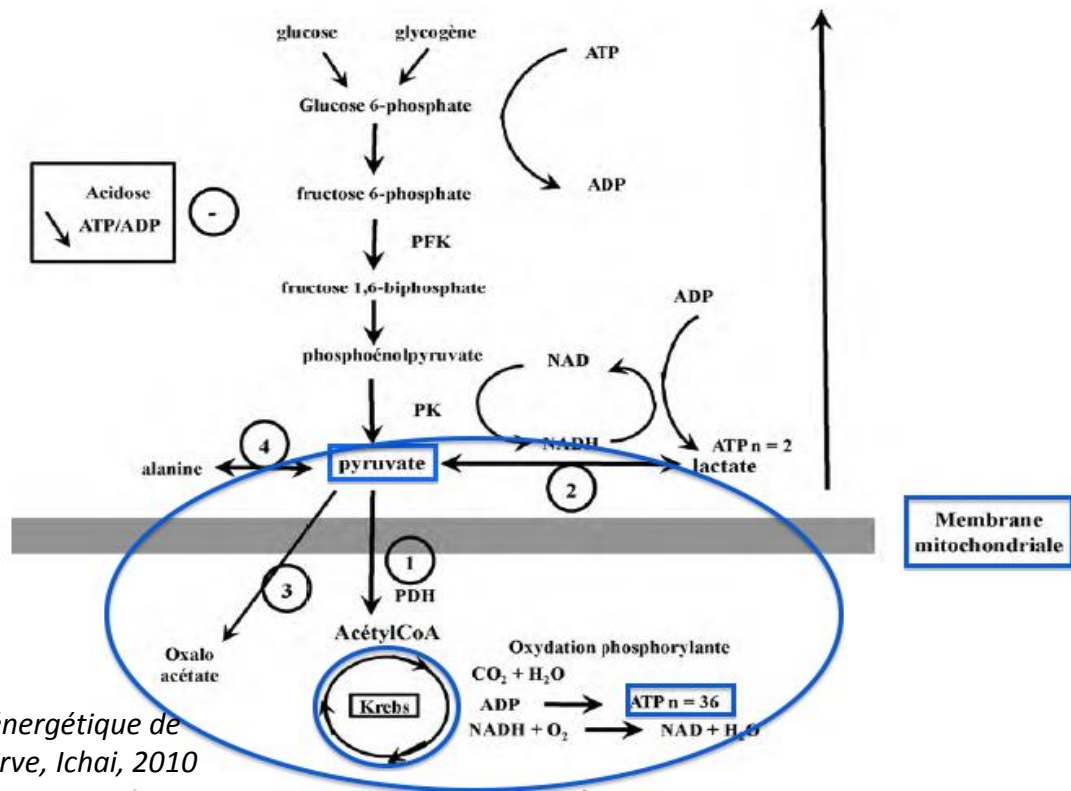
- ✓ LES LACTATES
- LES GLUCIDES

NUTRITION



- 2 solutions pour le pyruvate :

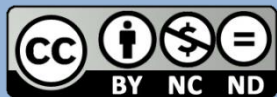
- 1) intensité sous maximale, quantité d'O₂ suffisante, passage dans la mitochondrie, intégration au cycle de Krebs, formation de 36 ATP



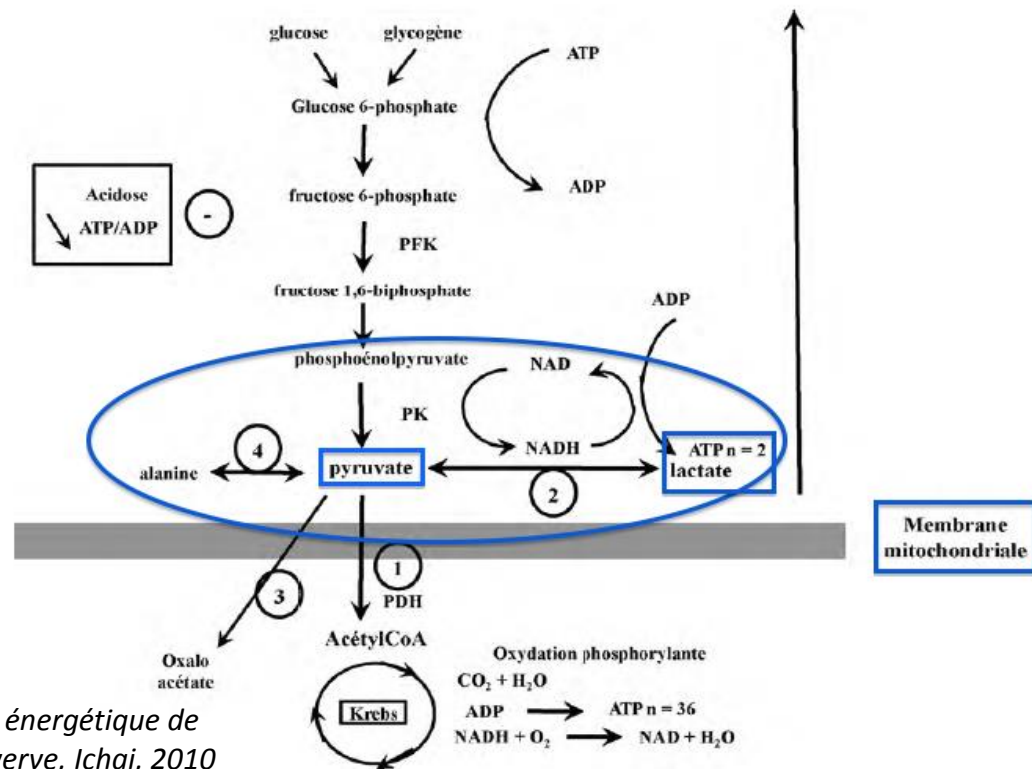
« Lactate: le substrat énergétique de demain », Orban, Leverage, Ichai, 2010

LES LACTATES

NUTRITION



2) Intensité maximale, quantité d'O₂ insuffisante, excès de pyruvate dégradé en lactates, formation de 2 ATP et poursuite de la glycolyse.

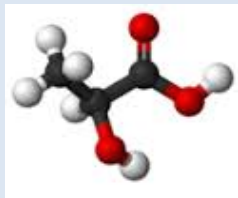


« Lactate: le substrat énergétique de demain », Orban, Leverve, Ichai, 2010

BIOCHIMIE



LES LACTATES



- **Acide lactique / lactates ?**
- En fait : acide lactique formé mais converti à plus de 99 % en ions lactates :
- $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (l'acide lactique) $\rightarrow$ $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$ (du lactate) et des ions H^+ (des protons)
- H^+ responsable de l'acidification du milieu cellulaire
- Acidose métabolique sévère incompatible avec l'intégrité tissulaire
- Accumulation de H^+ responsable de la baisse de l'intensité de l'exercice voire de son arrêt
- Les lactates ne sont pas directement impliqués !

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

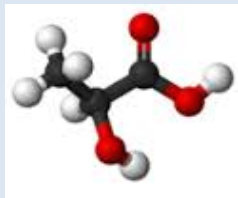
NUTRITION



BIOCHIMIE



LES LACTATES



- Pas de « cul de sac métabolique » !
- la réaction pyruvate $\rightarrow \leftarrow$ lactates est entièrement réversible suivant les conditions de diffusion des lactates hors du muscle d'abord dans le milieu sanguin puis dans l'ensemble de l'organisme :
- dans les urines et la sueur (élimination directe)
- dans les muscles « inactifs » (par exemple les bras chez nous), où il est métabolisé en pyruvate et sert de comburant pour le cycle de Krebs
- dans le cœur, où là aussi, son oxydation permet de couvrir une grande quantité de ses besoins énergétiques.

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ✓ INTRODUCTION
- ✓ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

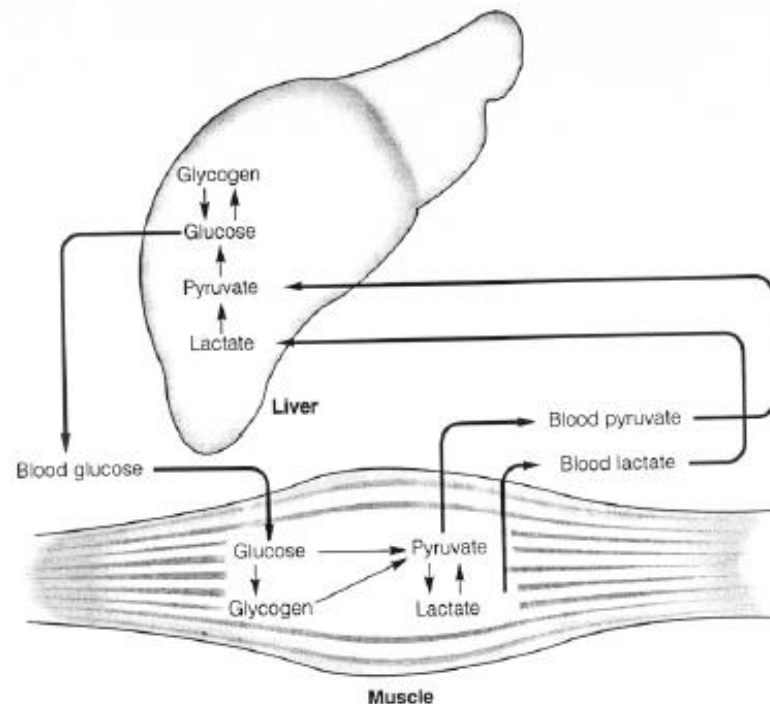
- ✓ DÉFINITIONS
- ✓ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ✓ LES LACTATES
- LES GLUCIDES

NUTRITION

- et puis dans le foie : une partie des lactates est transportée au niveau du foie où elle est remétabolisée en glucose !
- la boucle est bouclée !
Phénomène de néoglucogénèse.
- cycle des Cori (du nom des chercheurs ayant découvert ce phénomène).



<http://staps.univ-lille2.fr/fr/lemh/membres-de-lea4488/frederic-daussin.html>

BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

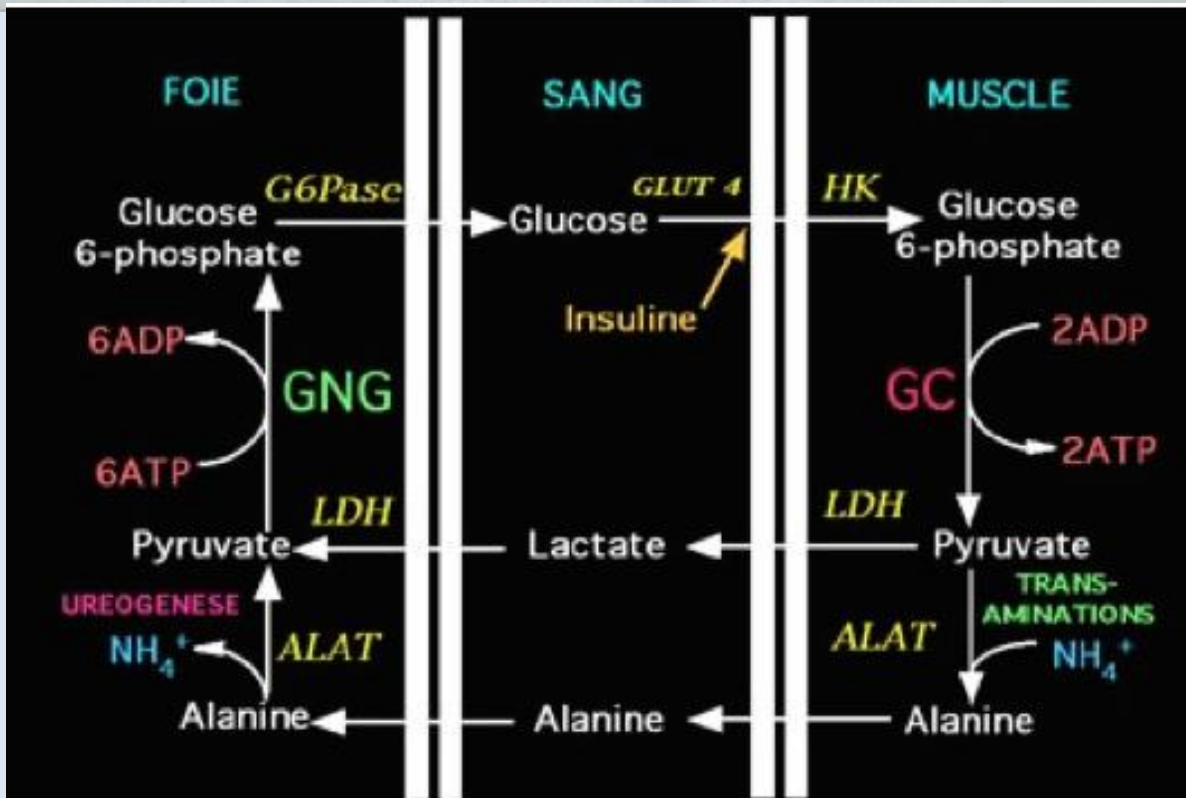
- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

- Les lactates dans le cycle des Cori = un rouage précieux



BIOCHIMIE



LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

- Lactatémie = concentration de lactates dans le sang
- Résultante du lactate produit et du lactate éliminé.
- En état stable (au repos mais aussi lors d'exercice sous maximaux, de longue durée) le débit de production = le débit d'utilisation.



BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

- Hausse de la lactatémie = soit hausse de la production soit baisse de la disparition !
- La baisse de la lactatémie causée par l'entraînement de longue distance = augmentation de la clairance (de l'enlèvement) du lactate.



BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

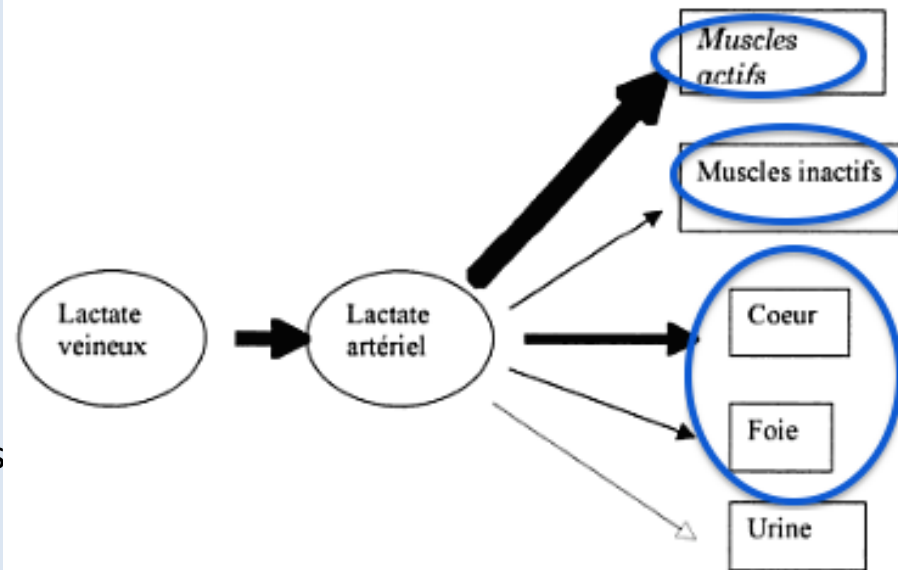
NUTRITION

Phénomène accru de clairance grâce :

- une augmentation de l'élimination du lactate sanguin par d'autres organes (cœur et foie)

- par les muscles squelettiques inactifs

- par une augmentation de l'élimination du lactate produit par les fibres glycoliques (fibres rapides) grâce aux fibres oxydatives (les fibres lentes) présentes dans les muscles actifs.



BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

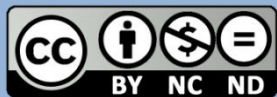
LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



En course :

- taux de lactates sanguins important en début d'épreuve
- Puis décroissance de la lactatémie
- Pour arriver à des valeurs stables

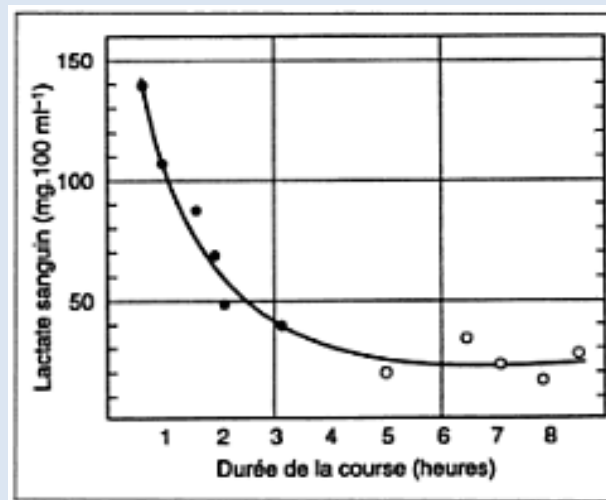


Figure 6.61

Evolution du lactate veineux lors d'une compétition de ski de fond de 85 km (Astrand, Hallbäck et coll. 1963).

• moyenne de plusieurs sujets
○ valeurs individuelles, après les 85 km.

Biochimie des APS

BIOCHIMIE



LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

Quelques conseils pour la gestion de course



« La lactatémie d'un exercice réalisé en état stable serait dépendante du lactate accumulé lors des premières minutes d'exercices » (Brooks, 1985).

= attention aux départs trop rapides !



« Un échauffement réalisé à 50 % de $VO_2\text{max}$ diminuerait la concentration de lactate précoce » (Pendergast, 1993).

= à bon entendeur salut ! Évitez de faire flamber vos lactates d'entrée de jeu !

BIOCHIMIE



LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



La récupération :

- A l'arrêt de l'exercice, la concentration musculaire du lactate décroît immédiatement et hausse légère des taux de concentration de lactates dans le sang pendant 7-8 minutes : puisque diffusion.
- Ensuite baisse régulière jusqu'à stabilisation

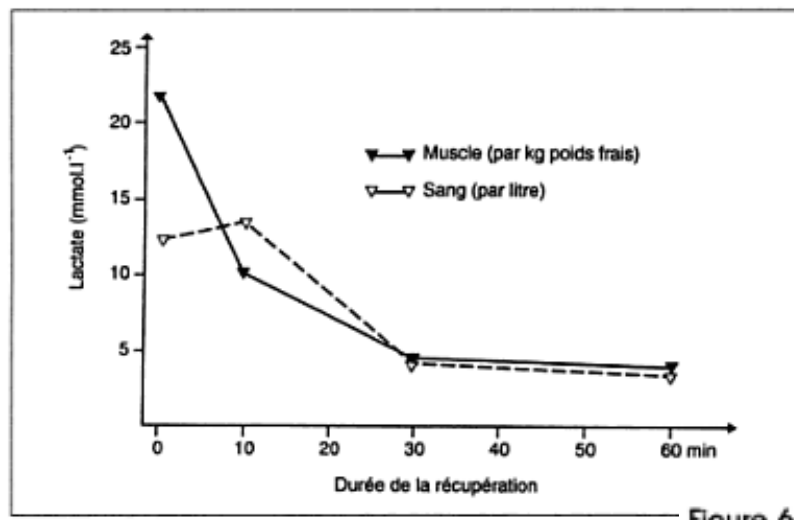


Figure 6.63

Biochimie des APS

Evolution des concentrations de lactate sanguin (capillaire du doigt) et intramusculaire (vaste externe) suite à un exercice exhaustif réalisé sur ergocycle. D'après (Diamant, Karlsson et coll. 1968).

BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ✓ INTRODUCTION
- ✓ LES DIFFÉRENTS SEUILS

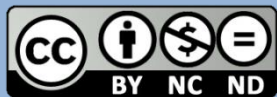
LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ✓ DÉFINITIONS
- ✓ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ✓ LES LACTATES
- LES GLUCIDES

NUTRITION



Quid de la récupération active ? :

- Intérêt mais si bien dosée et individualisée !
- pour des sujets entraînés récupération autour de 50-60% (max) de $\dot{V}O_2\text{max}$ intéressante
- au-dessus, le ratio production / élimination bascule dans le mauvais sens !
- Si intensité de récup supérieure = récup passive plus efficace

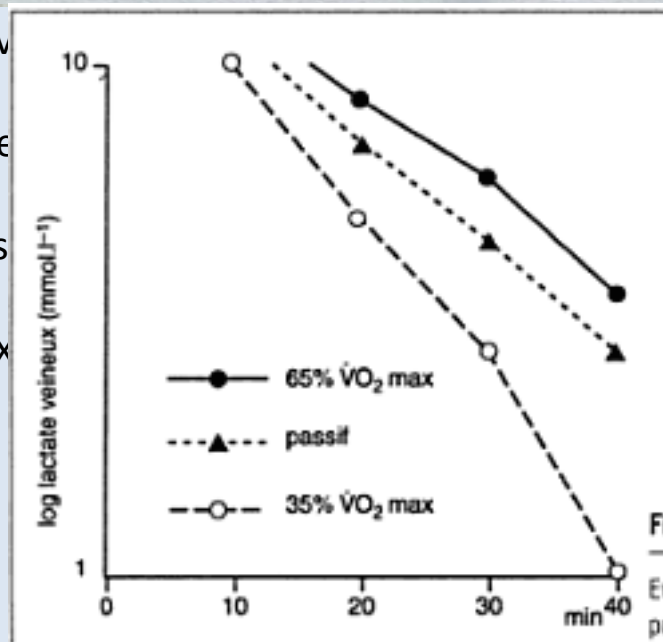


Figure 6.64

Évolution de la lactatémie en phase post-exercice lors d'une récupération active ou passive.
D'après (Dodd, Powers et coll. 1984).

Biochimie des APS

BIOCHIMIE



LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

Les mécanismes de la récupération active :



J.Mercier dans « Récupération active ou passive », article paru dans « lutter contre le dopage en gérant la récupération physique, de JC.Chatard, (2005)

Effort modéré = récup active

FC relativement élevée

débit sanguin favorisé

meilleure diffusion des lactates sanguins au niveau des autres muscles, du foie, du coeur

BIOCHIMIE

LES LACTATES

Les mécanismes de la
récupération active :

Fibres rapides

Produisent

des lactates

qui sont transportés au niveau

Fibres lentes riches en
capillaires et en
mitochondries

favorise la réversibilité du phénomène :

Lactates

 Pyruvates

 Intégration cycle de Krebs

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

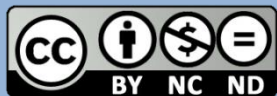
LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



Les mécanismes de la récupération active :

- vitesse d'élimination du lactate chez les sportifs d'endurance nettement supérieure à celle des sprinteurs
- l'entraînement aérobique développe fortement les déterminants de l'oxydation du lactate : augmentation de la surface des fibres lentes, de leur capillarisation, augmentation du nombre de mitochondries, augmentation des qualités enzymatiques...
- par contre un point négatif : la récupération ne favorise pas la resynthèse des stocks de glycogène :
 - les muscles consomment un minimum de glycogène
 - peu de lactate renvoyé au niveau du foie, il entre très peu dans le cycle des Cori, donc néoglucogénèse peu importante.

BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

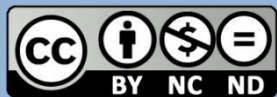
LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



Chassez toutes les mauvaises idées reçues !

1) Les courbatures ne sont pas provoquées par les lactates !



Médecine du sport pour le praticien, article de JM. Coudreuse et P.Rochcongar :

« Auparavant différents mécanismes et en particulier l'acide lactique avaient été évoqués pour expliquer l'apparition de nos bonnes vieilles courbatures, en langage médical, les DOMS (les douleurs musculaires d'apparition retardée, Delayed Onset Muscle Soreness !) ». Mais en fait « l'acide lactique ne peut être à l'origine des douleurs qui apparaissent plusieurs heures après l'effort (entre 12 et 48 h) puisque son taux se normalise en 1 à 2 h environ ». C'est clair non ?!!

BIOCHIMIE

LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



Cazorla, Petibois, Bosquet et Léger dans leur article « lactate et exercice : mythes et réalités » (STAPS 2001) décrivent bien ces situations et tirent plusieurs conclusions :

« D'une façon générale, les douleurs musculaires retardées se développent inévitablement, même chez le sportif très entraîné, lorsqu'il réalise un exercice inhabituel sollicitant de façon intense un groupe musculaire non entraîné à ce type d'exercice ». → souvent le cas lors de contractions excentriques.

Conclusion : thèse des micro déchirures, des micro lésions au niveau musculaire et tendineux pour expliquer le déficit de force, la raideur, la perte de proprioception que l'on associe aux courbatures.

BIOCHIMIE



LES LACTATES

Chassez toutes les mauvaises idées reçues !

2) Et les crampes ?



Cazorla, Petibois, Bosquet et Léger dans leur article « *Lactate et exercice : mythes et réalités* » (STAPS 2001) : « Des crampes peuvent survenir en même temps qu'une forte accumulation de lactate, mais si une relation de cause à effet existait, il faudrait que chaque fois qu'il y a accumulation lactique, il y ait crampe. » Or ce n'est heureusement pas le cas !



SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

NUTRITION



BIOCHIMIE



LES LACTATES

SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

Chassez toutes les mauvaises idées reçues !

2) Et les crampes ?



« En conséquence la crampe n'a aucune relation ni de près ni de loin avec l'accumulation de lactate ».

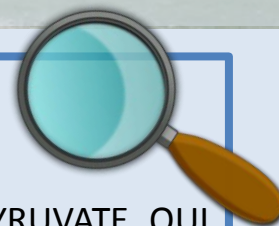
« Phénomène mal connu, la crampe résulte probablement d'une hyperexcitabilité neuromusculaire due elle même à des déséquilibres minéraux, soit par déshydratation, soit par carences minérales ».



BIOCHIMIE



CE QU'IL FAUT RETENIR



SEMAINE 3

DÉFINITIONS

☒ INTRODUCTION

☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

☒ DÉFINITIONS

☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

☒ LES LACTATES

☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

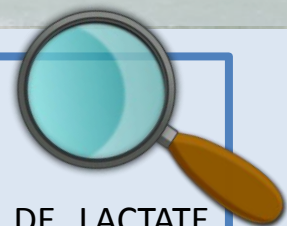
- LE GLUCOSE ET LE GLYCOGÈNE SE TRANSFORMENT EN PYRUVATE QUI FOURNIRA DES MOLÉCULES D'ATP
- **L'ACCUMULATION DES IONS H^+** EST RESPONSABLE DE L'ACIDIFICATION DU MILIEU CELLULAIRE ET DE LA **DIMINUTION DE L'INTENSITÉ DE L'EXERCICE**
- **NÉOGLUCOGÉNÈSE** : RESYNTHÈSE DU GLUCOSE À PARTIR DES MOLÉCULES DE LACTATE ET DE PYRUVATE



BIOCHIMIE



CE QU'IL FAUT RETENIR



SEMAINE 3

DÉFINITIONS

- ☒ INTRODUCTION
- ☒ LES DIFFÉRENTS SEUILS

LES INTENSITÉS DE TRAVAIL

- ☒ DÉFINITIONS
- ☒ PARAMÈTRES D'ENTRAÎNEMENT

BIOCHIMIE

- ☒ LES LACTATES
- ☐ LES GLUCIDES

NUTRITION

- LA LACTATÉMIE EST LA CONCENTRATION DE MOLÉCULES DE LACTATE DANS LE SANG
- UNE RÉCUPÉRATION ACTIVE PERMET UNE MEILLEURE DIFFUSION ET ÉLIMINATION DU LACTATE PAR LE FOIE, LE CŒUR ET LES MUSCLES MOINS ACTIFS
- LES COURBATURES OU LES CRAMPES **NE SONT PAS DUES** À UNE ACCUMULATION DU LACTATE DANS LE SANG

