

Etablir un profil glucido-lipique à l'effort

Comment et pourquoi faire ?



Eglantine Le Chevert - Doctorante
Frédéric Derbré – MCU/HDR
Université Rennes 2 / Laboratoire M2S



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?

Puissance aérobie

→ $\dot{V}O_{2max}$: consommation maximale d'oxygène

Posséder un système cardiovasculaire capable de fournir de l'oxygène en grande quantité aux muscles (débit cardiaque maximal, hémoglobine, vascularisation des muscles)

Posséder une capacité oxydative musculaire importante (mitochondries)

Capacité aérobie

Disposer de réserves musculaires en substrats énergétiques (glycogène, lipides intramusculaires)

Disposer d'un pouvoir tampon musculaire élevé

PERFORMANCE AEROBIE



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?

Posséder un système
cardiovasculaire capable de fournir
de l'oxygène en grande quantité
aux muscles (débit cardiaque
maximal, hémoglobine,
vascularisation des muscles)

Posséder une capacité
oxydative musculaire
importante (mitochondries)

Disposer de réserves
musculaires en substrats
énergétiques (glycogène,
lipides intramusculaires)

Disposer d'un
pouvoir tampon
musculaire élevé



PERFORMANCE AEROBIE



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?

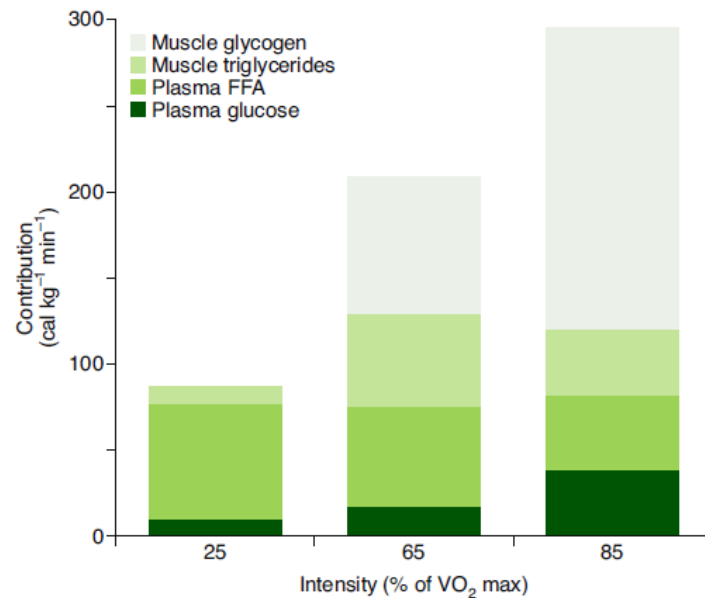


Fig. 3 | Relative contributions of carbohydrate and fat fuel sources during exercise. Trained cyclists exercised at increasing intensities, and the relative contributions of fuels for contracting skeletal muscle were measured with indirect calorimetry and tracer methods. An increasing contribution of carbohydrate fuels, notably muscle glycogen, is observed at higher exercise intensities. FFA, free fatty acids; cal, calorie. Adapted with permission from ref. ¹¹, American Physiological Society.

Le facteur limitant majeur de la performance sur un exercice de longue durée est la disponibilité en hydrates de carbone musculaire

Limite : stocks en glycogène musculaire





Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?

Un des facteurs limitants de la performance sur les sports collectifs est la disponibilité en hydrates de carbone musculaire

Limite : stocks en glycogène musculaire

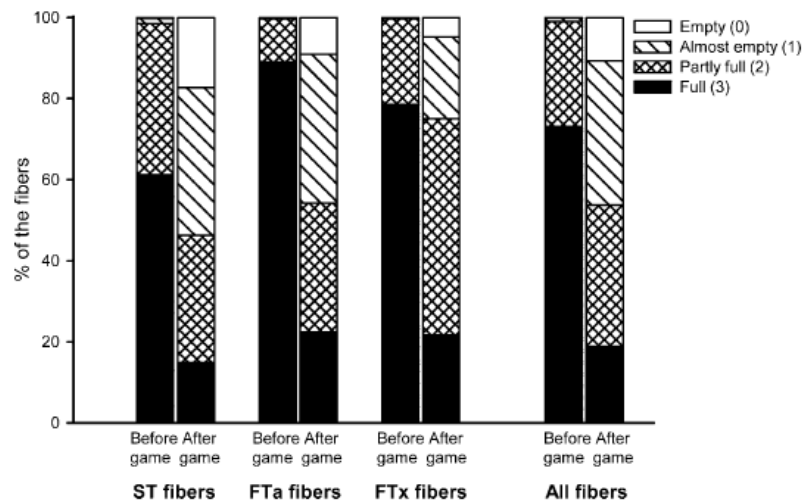


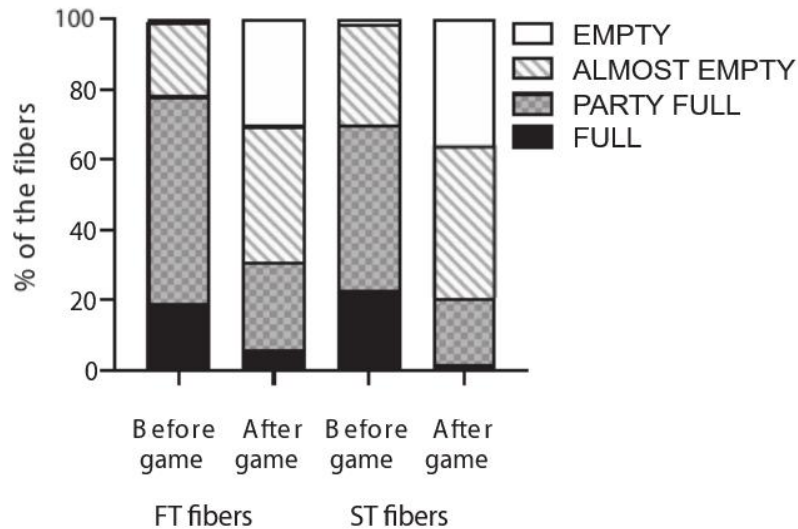
FIGURE 2—Relative glycogen content in ST, FTa, and FTx fibers as well as all fibers before and immediately after a soccer match. Values are means ($N = 10$).



Krustrup et al. 2006



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?



Un des facteurs limitants de la performance sur les sports collectifs est la disponibilité en hydrates de carbone musculaire

Limite : stocks en glycogène musculaire

- **39 %** après une période intense de la seconde mi-temps,
- **42 %** après le match, comparé aux valeurs initiales ($p < 0,05$)

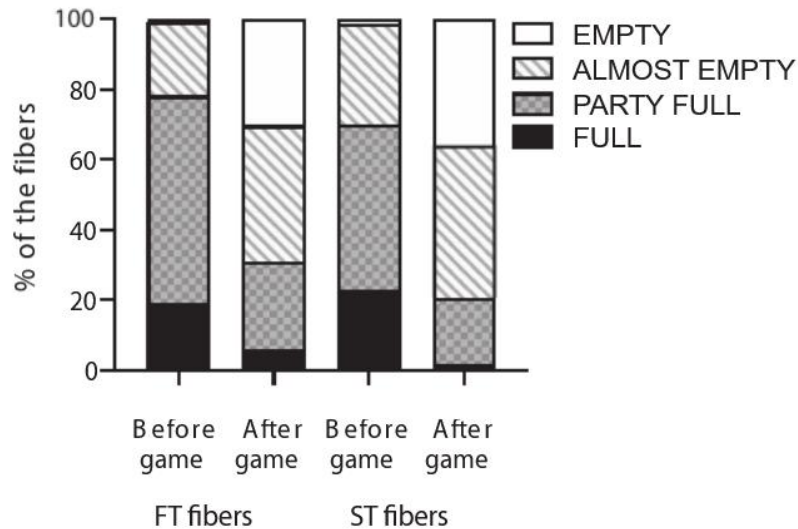
Après le match, **80 % des fibres de type I** et **69 % des fibres de type II** étaient presque vides ou complètement vides de glycogène.

→ **Altération des performances sur des sprints répétés à la mi-temps et à la fin du match.**

Krustrup et al. 2021



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?



Krustrup et al. 2021

Un des facteurs limitants de la performance sur les sports collectifs est la disponibilité en hydrates de carbone musculaire

Limite : stocks en glycogène musculaire

Deux axes d'amélioration par l'entraînement

Augmentation de l'oxydation des lipides à l'exercice

Augmentation de la resynthèse de glycogène en récupération pour augmenter la quantité de glycogène musculaire



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?

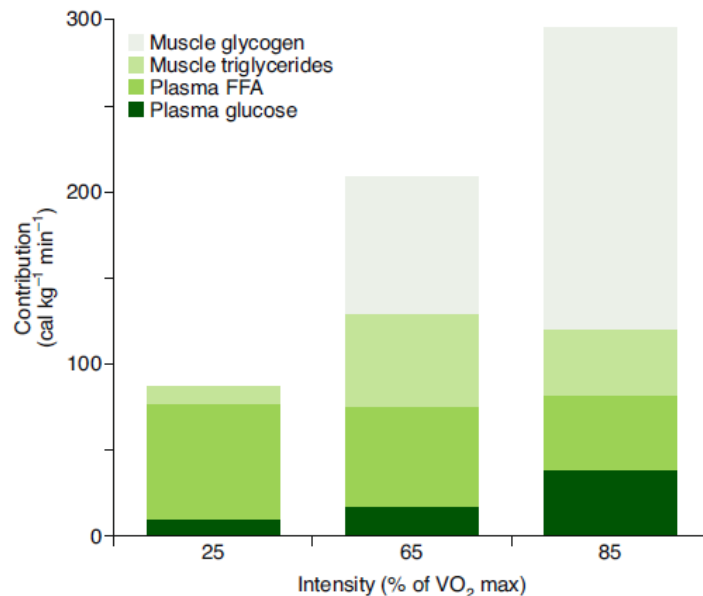


Fig. 3 | Relative contributions of carbohydrate and fat fuel sources during exercise. Trained cyclists exercised at increasing intensities, and the relative contributions of fuels for contracting skeletal muscle were measured with indirect calorimetry and tracer methods. An increasing contribution of carbohydrate fuels, notably muscle glycogen, is observed at higher exercise intensities. FFA, free fatty acids; cal, calorie. Adapted with permission from ref. ¹¹, American Physiological Society.

Le facteur limitant de la performance sur un exercice de longue durée est la disponibilité en hydrates de carbone musculaire

Limite : stocks en glycogène musculaire

Deux axes d'amélioration par l'entraînement

Augmentation de l'oxydation des lipides à l'exercice

Evaluation ?



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?



Le facteur limitant de la performance sur un exercice de longue durée est la disponibilité en hydrates de carbone musculaire

Limite : stocks en glycogène musculaire

Augmentation de l'oxydation des lipides à l'exercice

**Evaluation :
Test d'effort sous-maximal**



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Estimation de la part d'énergie fournie par les glucides et les lipides à l'effort

Utilisation de la calorimétrie indirecte



Le QR témoigne du type de substrat utilisé

Oxydation des glucides : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \longrightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 38 \text{ATP}$ QR = 1

Oxydation des lipides : $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2 + 23 \text{O}_2 \longrightarrow 16 \text{CO}_2 + 16 \text{H}_2\text{O} + 130 \text{ATP}$ QR = 0.7

Oxydation des protéines : considérée comme négligeable chez un individu en bonne santé

QR au repos à jeun $\approx 0.81\text{-}0.82$



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Estimation de la part d'énergie fournie par les glucides et les lipides à l'effort

Equations stœchiométriques

Pour estimer la quantité de glucides ou lipides consommées: il faut donc **mesurer la consommation d'oxygène (VO_2) et la mettre en lien avec le CO_2 proportionnellement rejeté par l'organisme (VCO_2)**

Frayn et al. 1983

Débit d'oxydation des lipides (g/min) = $1.67 \times VO_2$ (L/min) - $1.67 \times VCO_2$ (L/min)

Débit d'oxydation des glucides (g/min) = $4.55 \times VCO_2$ (L/min) - $3,21 \times VO_2$ (L/min)

Equivalents en kcal/min

1 g glucose dégradé → 4.1 kcal

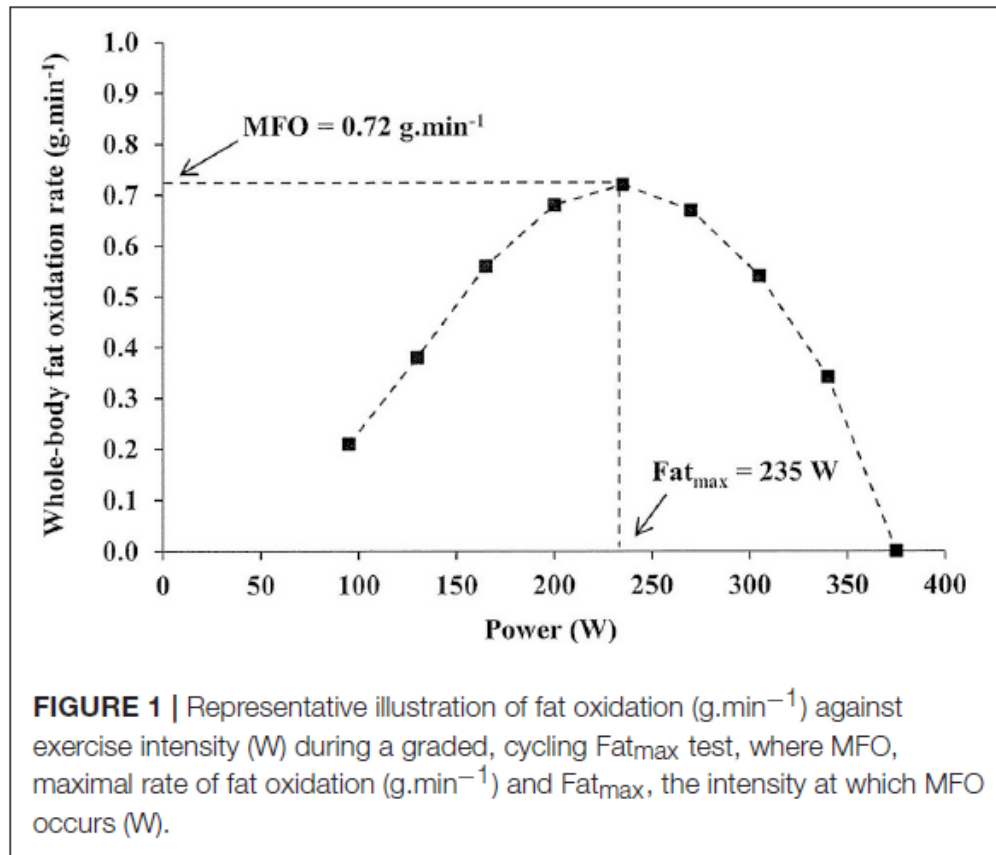
1 g lipides dégradé → 9 kcal

L'estimation des débits d'oxydation des substrats par le biais de la calorimétrie indirecte est basée sur l'hypothèse que $V'O_2$ et $V'CO_2$ mesurés au niveau de la bouche reflète la consommation d' O_2 et la production de CO_2 au niveau des tissus et donc que le QR mesuré au niveau de la bouche équivaut au QR cellulaire.



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Notion de Fat_{max}



Fat_{max} : débit maximal d'oxydation lipidique pendant l'exercice

situé entre 50 et 70% VO_{2max} en fonction du niveau d'entraînement

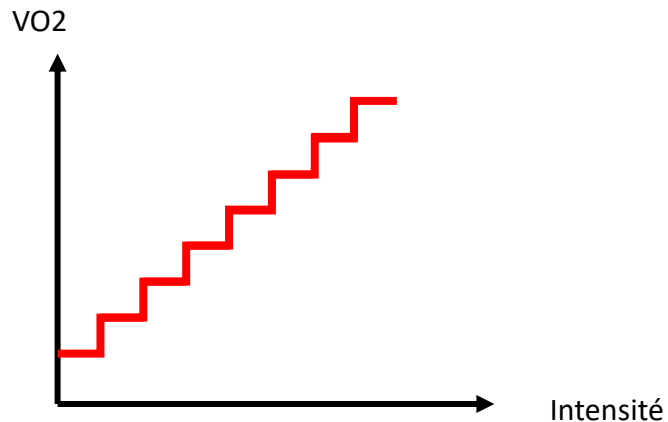


Besoin d'évaluer l'oxydation lipidique et glucidique dans ces zones d'intensité pour établir le profil

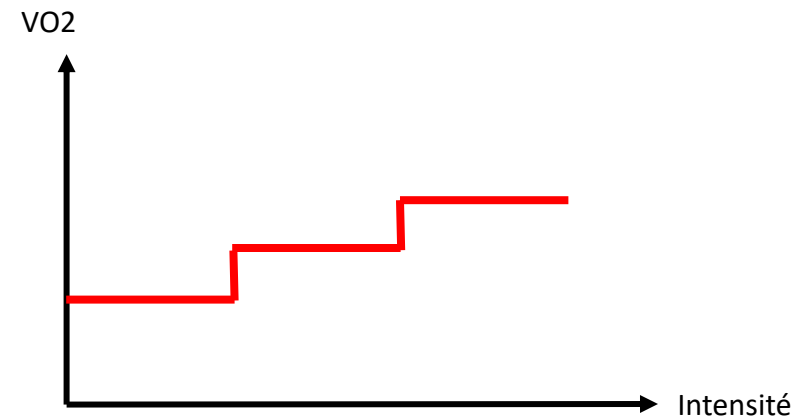


Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Protocole d'évaluation du métabolisme glucido-lipidique à l'effort



Etape 1 : Test incrémental
(Détermination $\text{VO}_{2\text{max}}$)



**Etape 2 : Test sous maximal à
des intensités de 50, 60 et 70 %
de $\text{VO}_{2\text{max}}$**

6 à 8 min par palier

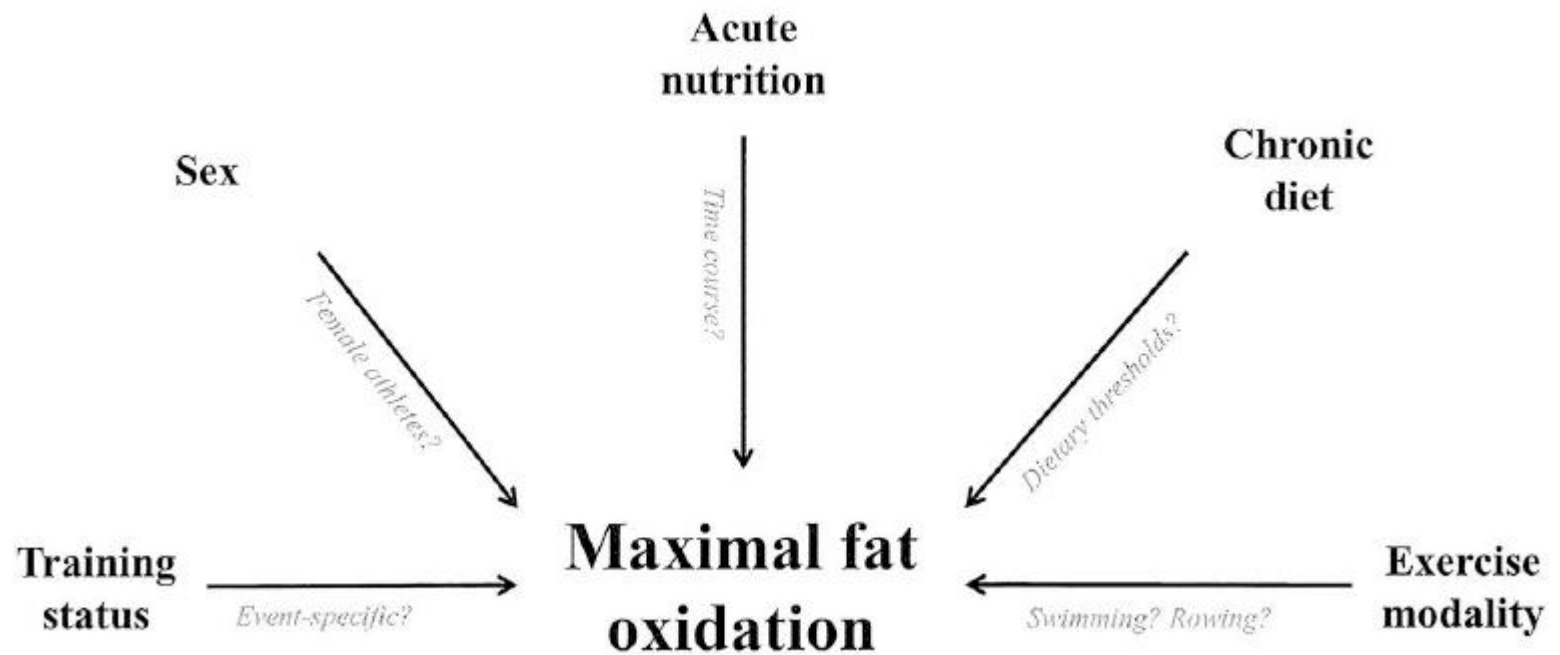
A jeun

Ergomètre adapté à la discipline



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Protocole d'évaluation du métabolisme glucido-lipidique à l'effort





Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Quelques repères concernant l'oxydation maximale de lipides à l'exercice (MFO)

Personnes en surpoids ou obèse présentent des valeurs très faibles (**0.1 à 0.3 g/min**) et donc facilement perfectibles avec une reprise d'activité physique

Les sportifs et sportives 1) avec une activité physique régulière non spécialisé dans l'endurance ou 2) expert dans les disciplines d'explosivité ou de répétitions d'efforts présentent des valeurs entre **0.4 à 0.7 g/min**

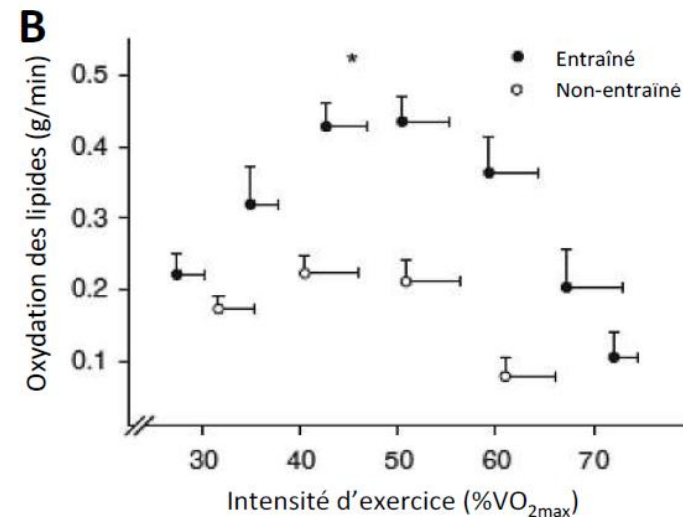
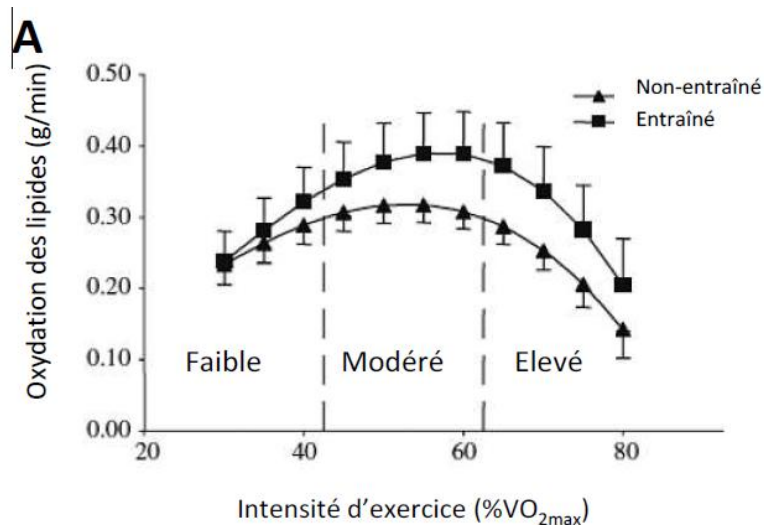
Les sportifs et sportives entraînés en endurance (cyclistes, course à pied, ultra endurance, triathlon) peuvent présenter des valeurs allant de **0.8 à 1.4 g/min**



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Effets de l'entraînement

Débits absolus d'oxydation des lipides en fonction de l'intensité relative d'exercice lors d'un test incrémental chez des sujets entraînés et nonentraînés féminins (A) et masculins (B)



Explications:

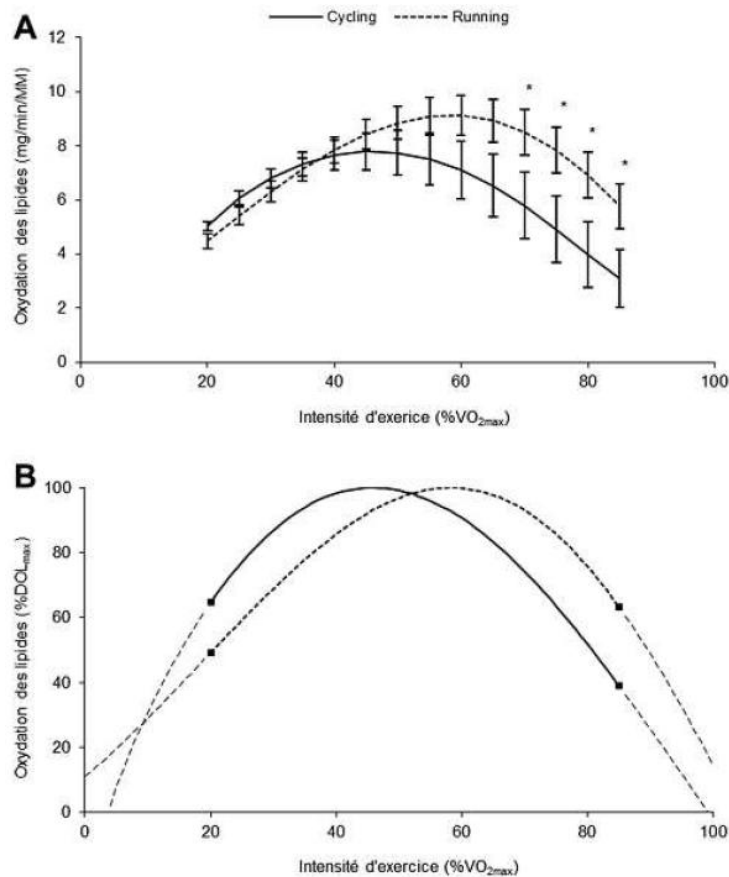
- Densité mitochondriale
- Capillarisation des muscles squelettiques
- Meilleure activité de certaines enzymes oxydatives
- Plus grande utilisation des TG intramusculaire
- Augmentation du transport des AGL vers la membrane musculaire et mitochondriale



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Effets du type d'effort

Cinétique d'oxydation des lipides, en valeurs absolues (A) et relatives(B)



Explications:

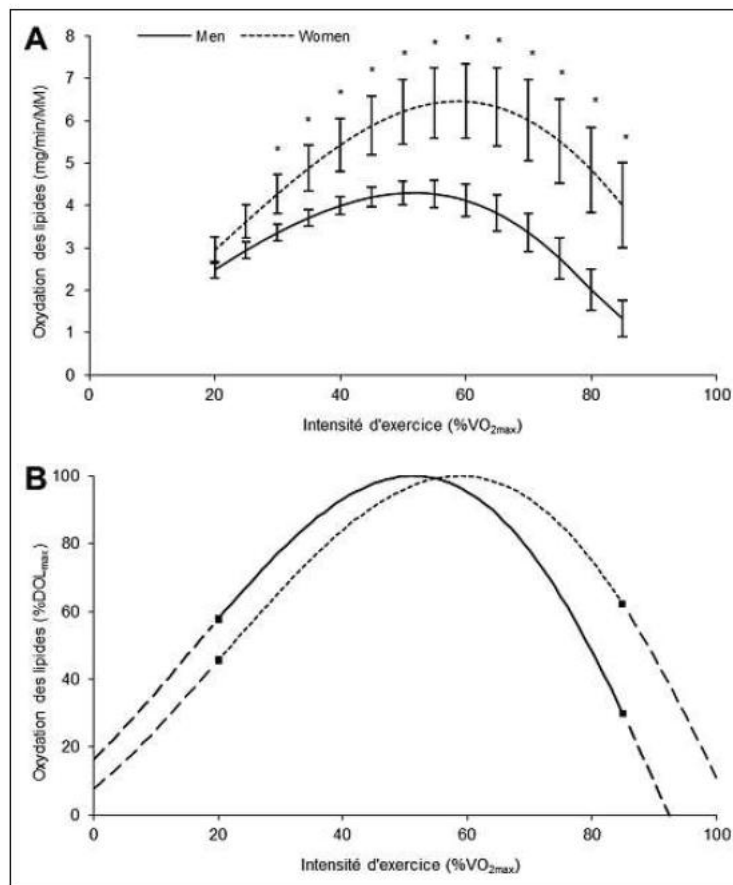
- (Plus grande masse musculaire impliquée dans la course) A vérifier !!
- Modes de contraction différents (concentrique VS pliométriques)



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Effet du sexe

Cinétique d'oxydation des lipides, en valeurs absolues (A) et relatives(B)



Explications :

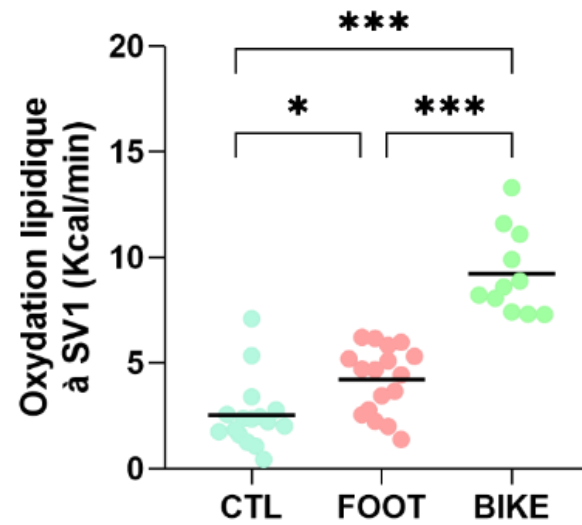
- Plus grande quantité basale du tissu adipeux
- Plus grand stock de tissus intramusculaires
- Proportion plus importante de fibres de type I
- Catécholamines → stimulent davantage la lipolyse et transport des AGL



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Pourquoi ?



ETUDE EXOMIC



Martin et al. 2025



Etablir un profil glucido-lipidique à l'effort – Comment ?

Pour aller plus loin

Review

La cinétique d'oxydation des lipides à l'exercice: modélisation et modulations

Xavier Chenevière¹, Stefano Lanzi², Davide Malatesta²

¹ Unité des Sciences du Mouvement et du Sport, Département de Médecine, Faculté des Sciences, Université de Fribourg, Suisse

² Institut des Sciences du Sport de l'Université de Lausanne, Département de Physiologie, Faculté de Biologie et Médecine, Université de Lausanne, Suisse

Contextualising Maximal Fat Oxidation During Exercise: Determinants and Normative Values

Ed Maunder, Daniel J. Plews and Andrew E. Kilding*

Sports Performance Research Institute New Zealand, Auckland University of Technology, Auckland, New Zealand