

# Métabolisme partie 3

## Intérêt de la mesure de la consommation d'oxygène

Nous allons voir en quoi il est intéressant en physiologie et médecine de mesurer la consommation d'oxygène et comment on fait ça.

C'est intéressant parce que ça nous donne une idée du **rendement musculaire**, que ça nous permet de surveiller la **rééducation cardiovasculaire** chez des personnes qui ont fait un infarctus du myocarde par exemple, et que ça nous permet d'optimiser l'entraînement chez les sportifs de haut niveau.

### I. MESURE DU RENDEMENT MUSCULAIRE

#### DÉTERMINANTS DE LA CONSOMMATION D'O<sub>2</sub>

Globalement la **consommation d'oxygène** est déterminée par la **capacité** de faire :

- **circuler le sang**,
- en amont d'établir un **échange** entre l'air et le sang,
- de **transporter l'oxygène** dans le sang.

#### MESURE DU RENDEMENT MUSCULAIRE

Pour mesurer le **rendement musculaire**, il faut s'intéresser à la **consommation d'oxygène** au repos et à l'effort et **calculer la différence**.

On utilise le **coefficient thermique** de l'oxygène et un tapis roulant.

⇒ On mesure finalement le rapport entre **l'énergie mécanique** et **l'énergie consommée** réellement.

$$\frac{\text{énergie mécanique (kcal)}}{\text{énergie consommée (kcal)}} = \text{rendement de la contraction musculaire}$$

**EXEMPLE**

On prend l'exemple d'un sujet au repos avec :

- une consommation d'oxygènes de **0,3L/min**
- de **2,0L/min** à l'effort.  
⇒ Il va donc consommer **1,7L/min** pour cet effort spécifiquement.

$$2,0 - 0,3 \text{ L/min} = 1,7 \text{ L/min}$$

Si on multiplie cette consommation d'oxygène au **coefficient thermique** de l'oxygène, on obtient la quantité de kcal par unité de temps que l'individu utilise.

- Coefficient thermique oxygène : **4,82 kcal/L**

$$1,7 \text{ L/min} \times 4,82 \text{ kcal/L} = 8,19 \text{ kcal/min}$$

Si on mesure maintenant son **activité mécanique** via un tapis roulant, on peut faire le rapport entre cette énergie mécanique (kcal/min) et l'énergie consommée.

- ⇒ Chez cet individu à ce moment le rendement de la contraction musculaire est de **23%**. Ce paramètre peut être optimisé dans le cadre d'un entraînement.

$$\text{Energie mécanique } 1,88 \div \text{énergie consommée } 8,19 = 0,23 = \underline{\underline{23\%}}$$

## II. SURVEILLANCE DE LA RÉÉDUCATION CARDIOVASCULAIRE

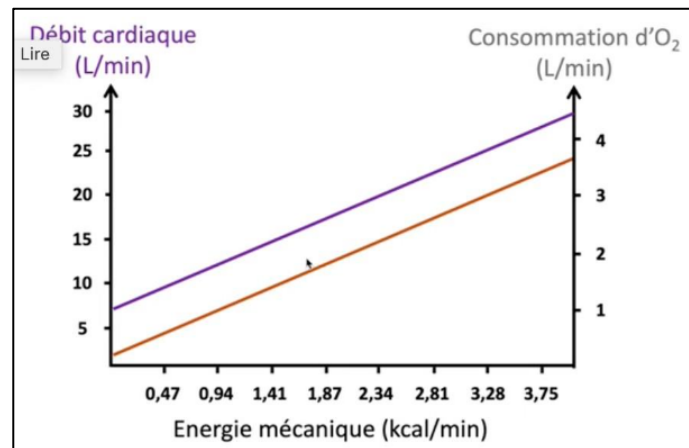
### RÉÉDUCATION CARDIOVASCULAIRE APRÈS INFARCTUS DU MYOCARDE

‡ **Un infarctus** : c'est la **destruction** d'un certain nombre de cardiomyocytes qui aboutit à la **diminution de la force de contraction** du cœur et donc du volume d'éjection systolique (**VES**) du sang par le cœur.

Sur l'axe horizontal,

cette **énergie mécanique** est **proportionnelle** à la **consommation d'oxygène**.

Comme pour **consommer l'oxygène** il faut le faire circuler, le **débit cardiaque** évolue en **parallèle** de la relation entre **énergie mécanique** et consommation d'O<sub>2</sub>.

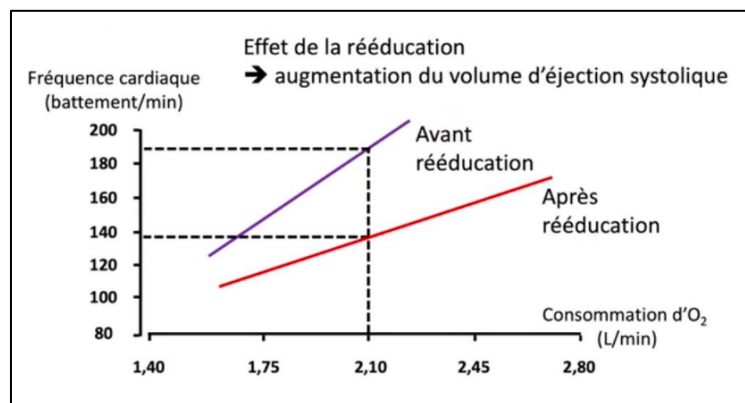


Si,

$$\text{le débit cardiaque} = \text{fréquence cardiaque} \times \text{VES}$$

et qu'on se rappelle que le VES diminue après un infarctus du myocarde,

⇒ on peut mesurer la relation entre la fréquence cardiaque (axe vertical) et la consommation d'oxygène à différents moments de la rééducation :



- Avant la rééducation, pour une consommation d'oxygène de 2,10 L/min on peut observer une fréquence cardiaque très élevée (environ 190 bpm).
- On voit aussi que cette même consommation d'oxygène après rééducation est obtenue pour une fréquence cardiaque bien plus modérée (environ 135 bpm).
- Ainsi, si on a pu diminuer la fréquence cardiaque pour une même consommation d'oxygène, on a aussi pu la diminuer pour un même débit cardiaque donc le VES a augmenté au cours de la rééducation ce qui était l'objectif.

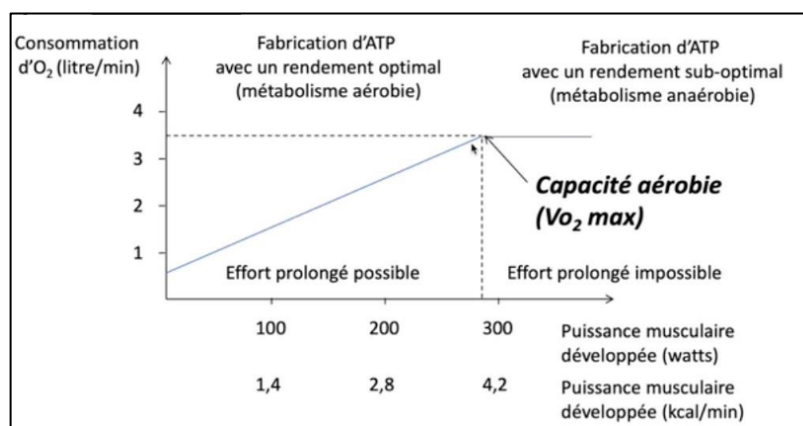
### III. OPTIMISATION DE L'UTILISATION DE L'OXYGÈNE CHEZ LE SPORTIF

#### CAPACITÉ AÉROBIE ET SPORT

Dans le cadre sportif on s'intéresse à la **capacité aérobie (VO<sub>2</sub> max)** : c'est la consommation maximale d'oxygène **avant un seuil** de plateau.

Il y a toute une phase où la **consommation d'oxygène** (axe vertical) **augmente en fonction** de la **puissance** développée (indiquée en watts ou en kcal/min).

⇒ Tant qu'on peut augmenter notre **consommation d'oxygène** en proportion de la **puissance** développée, on est dans un rendement optimal du **métabolisme aérobie** c'est-à-dire de la **fabrication d'ATP** avec un rendement qui n'est quand même que de **40%**.



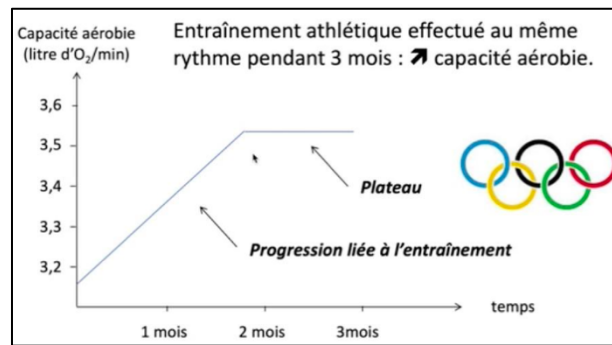
Il arrive un point entre la phase croissante et la phase de plateau, à ce moment, si on continue à augmenter son effort ça ne durera pas longtemps car on a un rendement sub-optimal de la **fabrication d'ATP**.

⇒ Toute une série de métabolites comme **l'acide lactique** qui vont limiter l'effort sont produits par l'organisme.

Le point d'inflexion s'appelle la **VO<sub>2</sub> max**

On peut faire **augmenter** cette **VO<sub>2</sub> max** au cours d'un entraînement programmé. Sur le schéma (pendant 3 mois) elle part de **3,1 L/min** pour arriver à **3,55 L/min**.

⇒ Cette progression liée à l'entraînement optimise les performances du sportif donc il est prêt pour la compétition lorsqu'il est sur la phase de plateau à partir d'environ 2 mois d'exercice.



#### IV. CONCLUSION

- L'analyse de la **consommation d'oxygène** qui est **facile** à mesurer permet de diriger :
  - L'entraînement des sportifs
  - La rééducation des patients cardiaques
- Attention, il s'agit d'une **mesure globale**. Lorsqu'on a une anomalie sur cette mesure on ne peut pas identifier l'origine du problème sans de plus amples explorations.

*Non ce n'est pas fini bg l'autre partie est à la suite 😊*

## Partie 4 : Bilan énergétique

Nous allons mesurer l'intérêt de faire un bilan énergétique en physiologie et en médecine.

≠ Un bilan énergétique : c'est la **différence** entre l'énergie disponible et la dépense énergétique d'un individu qui permet d'expliquer des variations pondérales ou des stabilités pondérales.

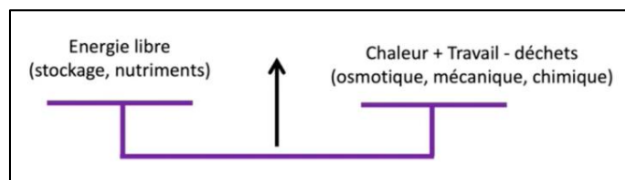
### I. ÉNERGIE DISPONIBLE – DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE = BILAN

#### BILAN ÉNERGÉTIQUE

D'un côté il y a **l'énergie libre** des nutriments, des éléments stockés dans l'organisme et de l'autre côté il y a la **production de chaleur** et le **travail** moins les déchets qui sont produits.

⇒ L'organisme est **incapable** d'utiliser ces déchets entièrement car les liaisons covalentes ne sont pas accessibles au métabolisme énergétique :

- L'urée
- L'acide urique



#### ÉNERGIE D'ORIGINE ALIMENTAIRE

Il faut bien comprendre que lorsqu'on mange, tous les nutriments qui possèdent des molécules de **transport** sur l'épithélium intestinal vont être absorbés par l'intestin grêle. (#fluxtransépithéiaux)

La prise alimentaire est contrôlée par l'individu qui gère son assiette et biologiquement par un certain nombre **d'hormones**

⇒ ex : hormones de la satiété produites par l'estomac et par le tissu adipeux → la ghréline et la leptine.

La dimension culturelle chez l'homme peut aboutir à des excès alimentaires ce qui ne se produit pas chez les animaux sauvages.

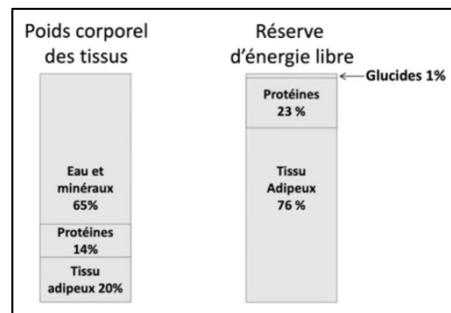
## CAPITAL ÉNERGÉTIQUE DE L'ORGANISME

Les tissus ont un potentiel énergétique :

- Le **tissu adipeux** est une énorme réserve énergétique.
- Les **muscles** sont aussi une réserve énergétique.

Le poids corporel des tissus n'est pas proportionnel aux réserves **d'énergie libre**.

⇒ On voit qu'il y a une grande proportion **d'eau** et de **minéraux** dans l'organisme par rapport au poids total.



## II. PRISE DE POIDS

### UN SUJET PREND DU POIDS

Un sujet prend du poids. Il a un apport énergétique moyen de **3100 kcal** et en 15 jours il a pris **400g**.

Comment je sais qu'il a un apport de 3100 kcal ?

Car j'ai mesuré sa **consommation d'oxygène** sur quelques minutes et que j'ai extrapolé la consommation quotidienne à **623,2 L/j**.

Ensuite j'ai multiplié cette consommation par le **coefficient thermique** de l'oxygène (**4,82 kcal/L**) ce qui nous donne le nombre de kcal ingérées par le sujet qui est proportionnel au nombre de kcal brûlées par ce même sujet.

Comment expliquer sa prise de poids ?

La prise de poids se fait au profit du tissu adipeux. Dans **400g** de tissu adipeux, on a 3600 kcal :

$$400g \times 9 \text{ kcal/g} = 3600 \text{ kcal}$$

S'il a pris **400g** en 15 jours ça veut dire qu'il a une **dépense** énergétique quotidienne de **2860 kcal/j**.

Il a une consommation de 3100 kcal, il a donc 240 kcal/j qui sont ingérés mais qui ne sont pas dépensés :

$$3600 - 2860 = 240 \text{ kcal/j}$$

On va donc dire à ce sujet d'augmenter sa **dépense** énergétique.

$$\text{Dépense énergétique} = \frac{(3\,100 \text{ kcal.L} \times 15\text{J}) - 3\,600 \text{ kcal}}{15\text{J}} = \mathbf{2\,860 \text{ kcal.L}}$$

### DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE CHEZ L'ADULTE

On peut voir les dépenses énergétiques de manière schématique assez artificielle, car selon la manière dont on pratique le footing, la natation ou le cyclisme la dépense n'est pas la même mais en moyenne :

**Métabolisme de base : 40 Kcal/m<sup>2</sup>/h**

Travail de bureau : 60 Kcal/m<sup>2</sup>/h

Faire le ménage : 140 Kcal/m<sup>2</sup>/h

Cyclisme : 250 Kcal/m<sup>2</sup>/h

Natation : 350 Kcal/m<sup>2</sup>/h

Footing : 600 Kcal/m<sup>2</sup>/h

### III. COMMENT GARDER UN POIDS STABLE ?

Si on prend l'exemple d'un sujet qui a **3000 kcal/j** de ration alimentaire, qui a un métabolisme de base de **40 kcal/h/m<sup>2</sup>**. Que doit-il faire comme activité pour que son poids reste stable ?

### CALCUL DE SA DÉPENSE SUPPLÉMENTAIRE

$$\text{Dépense supplémentaire} = \text{dépense énergétiques totale} - \text{métabolisme de base}$$

Ici le métabolisme de base = 40kcal/h/m<sup>2</sup> x 24h x 1,73 m<sup>2</sup> donc la dépense supplémentaire = 1339 kcal/jour :

$$40 \times 24 \times 1,73 = \mathbf{1\,660 \text{ (environ)}}$$
$$\text{Dépense supp} = \mathbf{3\,000} - \mathbf{1\,660} = \mathbf{1340 \text{ (environ)}}$$



Il dépense 800kcal en travaillant dans la journée, il lui reste donc à peu près 600 kcal.

$$1340 - 800 = 600 \text{ (environ)}$$

Pour les dépenser il faut avoir une activité physique soutenue tous les jours.

⇒ Ce n'est pas rien d'aller faire 10 km de footing tous les jours. (je suis dacc)

natation (2,5 km/h) → 1160 kcal/h
footing (10 km/h) → 690 kcal/h
marche (4 km/h) → 200 kcal/h

### CONSÉQUENCE D'UNE DÉPENSE SUPPLÉMENTAIRE INSUFFISANTE

On prend l'exemple d'une dépense totale de 2461 kcal/jour pour 3000 kcal/jour d'apports.  
Donc la différence est de 539 kcal/jour.

$$3\,000 - 2\,461 = 539 \text{ kcal/jour}$$

Si on extrapole sur 1 mois (si on multiplie ces 539 kcal/j par 31 et qu'on divise par la quantité de calories libérée par la combustion 1g de lipide) on trouve que ce sujet, s'il ne fait pas 10km de footing par jour et s'il continue à manger de la même manière va prendre 1,856 kg en 1 mois.

- 1g de lipide = 9 kcal/g

$$(539 \text{ kcal/J} \times 31 \text{ jours}) / 9 \text{ kcal/g} = 1\,856 \text{ g} / 31 \text{ jours}$$

## IV. CONCLUSION

- Le bilan énergétique est intéressant et nécessaire devant des variations de poids
- Lorsque le bilan énergétique est perturbé, il n'indique pas forcément la cause du déséquilibre.