

ASPECTS PHYSIOLOGIQUES DU METABOLISME ENERGETIQUE

Coucou mes petits P1 ! Ce cours ci est la suite des partie 1 et 2 des aspects physiologiques du métabolisme énergétique. Accrochez vous, assurez vous d'avoir les bases avant, et je vous assure que ça va bien se passer

Vous êtes des boss d'avoir tenu jusque-là, donc c'est pas le moment de lâcher d'accord ? Soyez fier de vous, et donnez vous à fond. On vous envoie plein de courage !

Sommaire :

Partie 3 – Intérêt de la mesure de la consommation d'oxygène

I/ Mesure du rendement musculaire

- 1) Déterminants de la consommation d'O₂
- 2) Mesure du rendement musculaire

II/ Surveillance de la rééducation cardiovasculaire

Rééducation cardiovasculaire après un infarctus du myocarde

III/ Optimisation de l'utilisation de l'oxygène chez le sportif

Capacité aérobie et sport

IV/ Conclusion

Partie 4 – Bilan énergétique

I/ Energie disponible – Dépense énergétique = Bilan

- 1) Bilan énergétique
- 2) Energie d'origine alimentaire
- 3) Capital énergétique de l'organisme

II/ Prise de poids

- 1) Un sujet prend du poids
- 2) Dépense énergétique chez l'adulte

III/ Comment garder un poids stable ?

- 1) Calcul de sa dépense supplémentaire
- 2) Conséquence d'une dépense supplémentaire insuffisante

IV/ Conclusion

QCM entraînement

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

1) Déterminants de la consommation d'O₂

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, et finalement de **transporter** l'oxygène dans le sang

2) 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

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

Exemple :

On prend l'exemple d'un sujet au repos avec une consommation d'oxygène de 0,3 L/min et de 2,0 L/min à l'effort. Il va donc consommer 1,7 L/min pour cet effort spécifiquement

Rappel : on fait la différence entre effort et repos

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

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**

Rappel : le coefficient thermique de l'oxygène = 4,82 kcal/L

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

On mesure maintenant son **activité mécanique** à l'aide d'un tapis roulant. On trouve énergie mécanique = 1,88 kcal/min. On peut alors faire le rapport entre cette énergie mécanique (kcal/min) et l'énergie consommée afin de trouver le **rendement de la contraction musculaire**

$$\text{Rendement de la contraction musculaire} = \frac{\text{Energie mécanique } 1,88}{\text{Energie consommée } 8,19} = 23\%$$

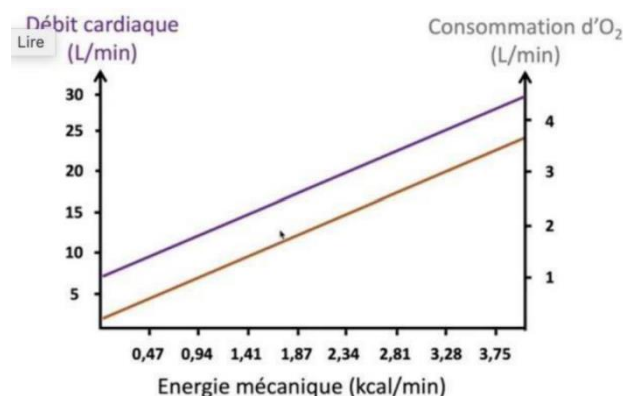
Chez cet individu à ce moment-là, le rendement de la **contraction musculaire** est de 23%. Ce paramètre peut être optimisé dans le cadre d'un entraînement

Vous devez être capable de refaire ça. Ce n'est jamais vraiment tombé tel quel, mais quoi qu'il arrive le nombre de QCM augmente cette année, il est fort probable que le prof demande des choses comme ça étant donné qu'il aime bien les QCM de réflexion...

II/ Surveillance de la rééducation cardiovasculaire

Rééducation cardiovasculaire après un infarctus du myocarde

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



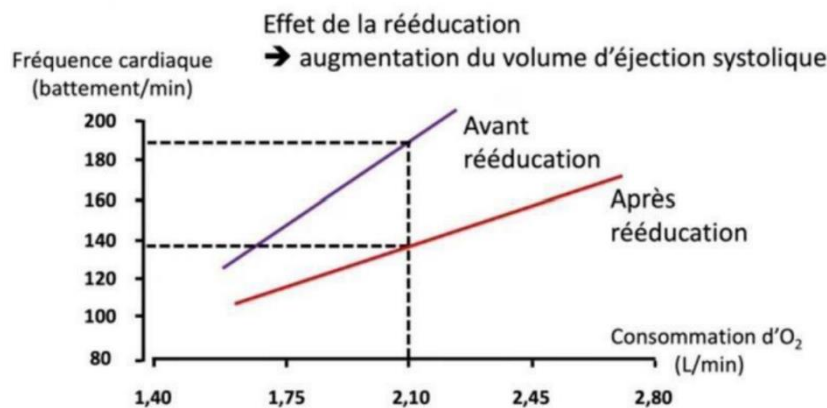
Sur l'axe horizontal, cette **énergie mécanique est proportionnelle à la consommation d'oxygène**. Comme pour consommer l'oxygène il faut le faire circuler, le **débit cardiaque évolue en parallèle** de la relation entre énergie mécanique et consommation d'O₂.

Rappel de biophysie : Débit cardiaque = Fréquence cardiaque x VES

Sachant cela, et sachant que 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)
- ° Après la rééducation, on voit aussi que cette même consommation d'oxygène est obtenue pour une **fréquence cardiaque bien plus modérée** (environ 135 bpm)

→ Ainsi 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)

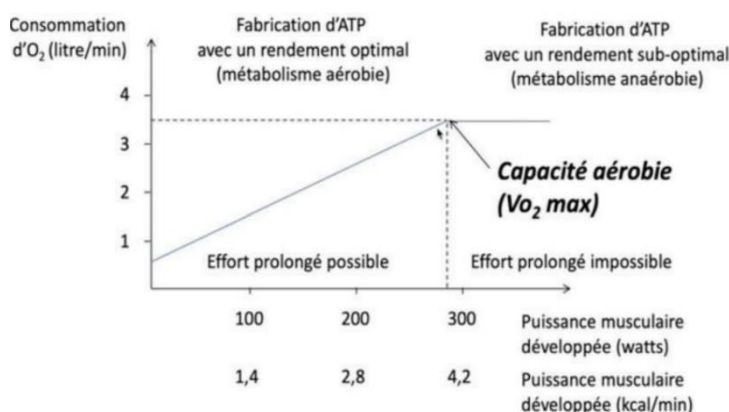


III/ Optimisation de l'utilisation de l'oxygène chez le sportif

Capacité aérobie et sport

Capacité aérobie (VO₂ max) : consommation maximale d'oxygène avant un seuil de plateau

Dans le cadre **sportif** on s'intéresse à cette **capacité aérobie** :

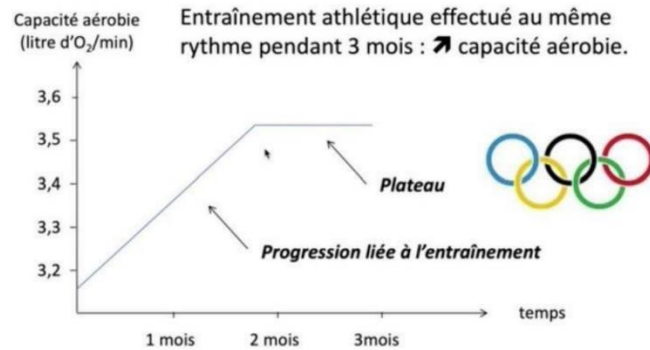


° Il y a toute une phase où la consommation d'oxygène (axe vertical) augmente en fonction de la puissance développée (indiquée en watts ou en kcal/min). Tant qu'on peut augmenter notre consommation d'oxygène en proportion de la puissance développée, on est dans un **rendement optimal** du métabolisme 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. A ce moment, si on continue à augmenter son effort ça ne durera pas longtemps car le **rendement de la fabrication d'ATP devient sub-optimal**. Toute une série de métabolites qui vont limiter l'effort (comme l'acide lactique) sont produits par l'organisme

→ Le point d'inflexion s'appelle la **VO₂ max**

On peut faire **augmenter cette VO2 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

PARTIE 4 – Bilan énergétique

Bilan énergétique : différence entre l'énergie disponible et la dépense énergétique d'un individu. Ce bilan permet d'expliquer des variations pondérales ou des stabilités pondérales.

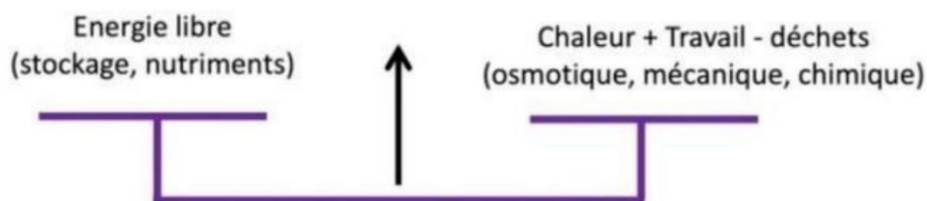
$$\text{Bilan énergétique} = \text{Energie disponible} - \text{Dépense énergétique}$$

I/ Énergie disponible – dépense énergétique = bilan

1) 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 et l'acide urique**

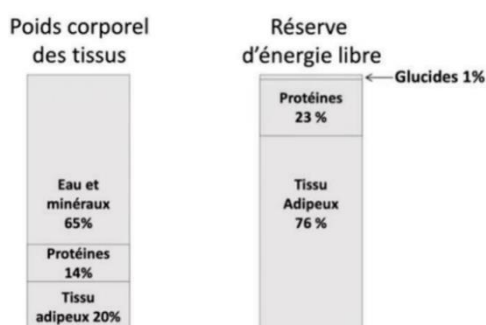


2) Energie d'origine alimentaire

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

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 qui sont 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

3) 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

1) Un sujet prend du poids

Exemple

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

Comment calculer cet apport de 3100 kcal ?

° En **mesurant sa consommation d'oxygène** sur quelques minutes puis en extrapolant la consommation quotidienne à **623,2 L/j**

° Ensuite on **multiplie 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. **Donc $623,2 \times 4,82 = 3100 \text{ kcal}$**

Comment expliquer sa prise de poids ?

La prise de poids se fait au profit du **tissu adipeux**. Dans 400g de tissu adipeux, on a **$400\text{g} \times 9 \text{ kcal/g} = 3600 \text{ kcal}$** . S'il a pris 400g en 15 jours ça veut dire qu'il a une dépense énergétique quotidienne de **2860 kcal/j**

$$\text{Dépense énergétique} = \frac{(3100 \text{ kcal par jour} \times 15 \text{ jours}) - 3600 \text{ kcal}}{15 \text{ jours}} = 2860 \text{ kcal}$$

Comme il a une consommation de 3100 kcal et qu'il dépense 2860 kcal, il a donc 240 kcal/j qui sont ingérés mais qui ne sont pas dépensés : **$3100 - 2860 = 240 \text{ kcal/j}$** . Il a donc **240 kcal d'excès** par jour. On va donc dire à ce sujet **d'augmenter sa dépense énergétique**

2) 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/m² /h
- Travail de bureau : 60 Kcal/m² /h
- Faire le ménage : 140 Kcal/m² /h
- Cyclisme : 250 Kcal/m² /h
- Natation : 350 Kcal/m² /h
- Footing : 600 Kcal/m² /h

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

III/ Comment garder un poids stable ?

Exemple : on a un sujet qui a **3000 kcal/j** de ration alimentaire et qui a un métabolisme de base de **40kcal/h/m²**

1) Calcul de sa dépense supplémentaire

Dépense supplémentaire = dépense énergétique totale – métabolisme de base

Ici le métabolisme de base = **40kcal/h/m² x 24h x 1,73 m² = 1660 kcal** (environ)

Donc dépense supplémentaire = **3000 – 1660 = 1340 kcal/jour**

Le professeur considère la dépense énergétique supplémentaire comme l'excès de calories ingérées. Puisqu'en effet, ce sont des calories qu'il faudra éliminer si on ne veut pas prendre du poids. Donc c'est tout bête, pour savoir la dépense supplémentaire, donc le nombre de calorie que le sujet devra « brûler » pour être à l'équilibre, on prend le nombre de calories ingérées (3000 kcal ici) et on soustrait le métabolisme de base (1660 kcal ici)

Il sait également que ce sujet **dépense 800kcal** en travaillant dans la journée (travail de bureau). Donc on soustrait la dépense supplémentaire à cette dépense-là. Il lui reste donc à peu près 600kcal

$$1340 - 800 = 600 \text{ kcal}$$

Il faut donc avoir une activité physique soutenue qui **dépenserait 600 kcal tous les jours** pour ne pas prendre de poids. Cependant ce n'est pas rien d'aller faire 10 km de footing tous les jours.

2) 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

Rappel, on fait : 3000 kcal/j – (1661 + 800) = 539 kcal/jour. Comme on est en positif on est dans de l'excès (donc prise de poids)

$$\text{Gain de masse grasse} = \frac{539 \text{ kcal/jour} \times 31 \text{ jours}}{9 \text{ kcal/g}} = 1856 \text{ g en 31 jours}$$

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**.

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

QCM d'entraînement :

QCM 1 : L'oxydation biologique des composés chimiques du métabolisme énergétique nécessite l'intervention de certains éléments parmi les suivants. Lesquels ?

- A) Enzymes
- B) Chaînes respiratoires mitochondriales
- C) Oxygène
- D) Apports alimentaires
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

QCM 2 : D'après les principes de la bioénergétique, un déchet du métabolisme est défini par l'une des propositions suivantes. Laquelle ?

- A) Molécule toxique
- B) Molécule ionisée
- C) Molécule assimilable
- D) Molécule non assimilable
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

QCM 3 : Un athlète s'entraîne pendant 2 mois et vous mesurez les progrès effectués. Certaines valeurs sont attendues. Lesquelles ?

- A) Augmentation de la capacité aérobie
- B) Augmentation de la consommation d'oxygène maximale
- C) Augmentation de l'énergie mécanique musculaire pour une consommation d'oxygène inchangée
- D) Diminution de la fréquence cardiaque pour la même consommation d'oxygène
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

QCM 4 : Le métabolisme de base est de 1500 kcal/j et l'apport énergétique quotidien de 3000 kcal/j. Le sujet perd du poids. Certaines propositions sont probables. Lesquelles ?

- A) La dépense musculaire est supérieure à 1500 kcal/j
- B) La dépense musculaire est inférieure à 1500 kcal/j
- C) La dépense musculaire est égale à 1500 kcal/j
- D) Les aliments ingérés ne sont pas absorbés en totalité par l'épithélium digestif
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

Correction –**QCM 1 : ABC**

- A) Vrai
- B) Vrai
- C) Vrai
- D) Faux : mettre justification
- E) Faux

QCM 2 : D

- A) Faux
- B) Faux
- C) Faux
- D) Vrai
- E) Faux

QCM 3 : ABCD

- A) Vrai
- B) Vrai
- C) Vrai
- D) Vrai
- E) Faux

QCM 4 : AD

- A) Vrai
- B) Faux
- C) Faux
- D) Vrai
- E) Faux

* Instant dédis *

° Dédis aux autres tuteurs, je pourrais pas faire de dédis individuelles parce qu'il ça prendrait trop de place (il y a un trop grand nombre de personnes incroyables parmi vos tuteurs), mais vraiment le cœur y est <3

° Dédis à mes deux boloss de sœur, et à toutes les personnes qui sont nées au milieu (vous savez l'injustice que c'est)

° Dédis aux gens qui regardent des animes, c'est tellement bien

° Dédis à Nintendo (jouez à Zelda BOTW et TOTK après votre P1) et à Dreamworks (le meilleur studio d'animation juste après les studios Ghibli)

° PAS dédi à l'administration

° PAS dédi à la réduction exponentielle de mon capital financier depuis que je suis en P2 😞