

Physiologie du sport

Dépense énergétique induite par l'activité physique

Dépense énergétique de fond (au repos) = 1 kCal/min = 4 kJ/min = 70 watts

Source d'énergie : hydrolyse de l'ATP en ADP

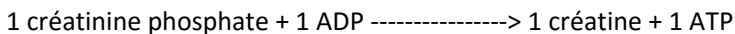
1 ATP fournit 10 kCal.

Le tissu musculaire contient seulement 5 mmol d'ATP.

Les réserves en ATP dans l'organisme sont faibles obligeant à une synthèse au cours de l'exercice.

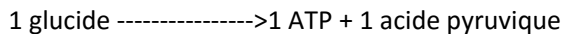
Mécanismes de synthèse de l'ATP :

- Métabolisme anaérobie alactique : précoce, immédiat, bref

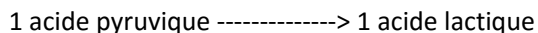


Créatine Phospho Kinase

- Métabolisme anaérobie alactique : débute quelques secondes après le début de l'exercice



Enzyme glycolytique



Lactate Déshydrogénase

1 glycogène fournit 3 molécules d'ATP

L'acide lactique induit une accumulation d'ions H⁺ et donc une acidose.

Un pH inférieur à 6,4 induit un arrêt de l'exercice.

- Métabolisme aérobie : pour les efforts longs

L'acide pyruvique issue du métabolisme glucidique ou les molécules lipidiques sont oxydées dans la mitochondrie qui libère du CO₂, de l'H₂O et des molécules d'ATP.

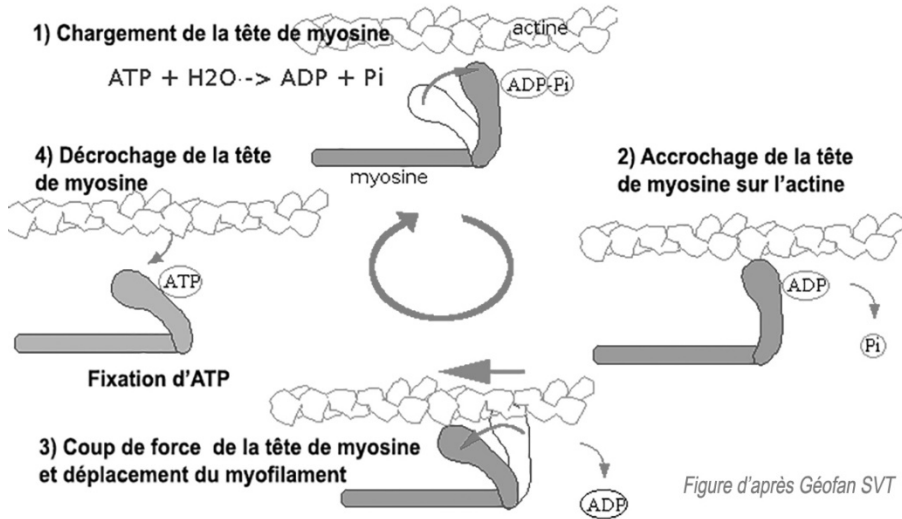
1 LO₂ fournit 5 kCal et donc 20 kJ

Par métabolisme aérobie, une molécule de glycogène fournit 39 molécules d'ATP.

Les substrats du métabolisme aérobie sont le glycogène, les triglycérides, le glucose et les acides gras libres.

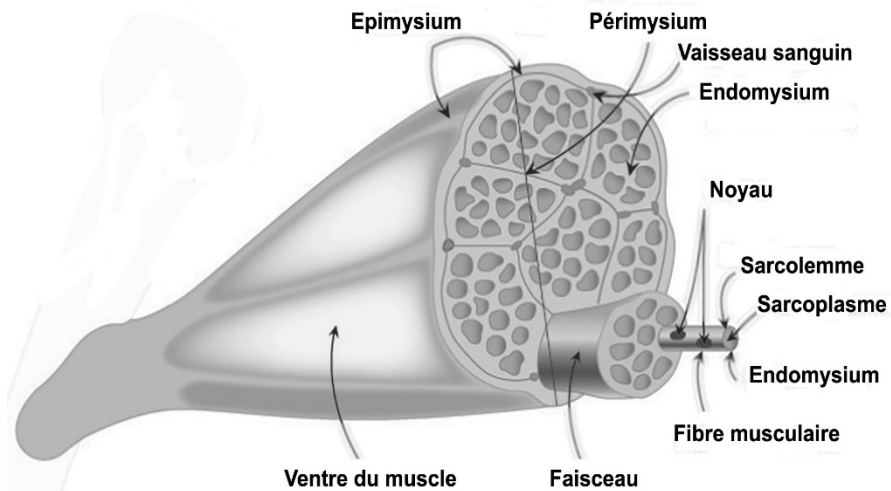
La fibre musculaire est l'effecteur de l'exercice. C'est une cellule géante polynucléée délimitée par une membrane (le sarcolemme) et comprenant les myofibrilles composées de protéines (actine/myosine). Le motoneurone conduit le potentiel d'action et libère de l'acétylcholine (Ach) dans la fente synaptique. L'Ach se fixe sur son récepteur au niveau du sarcolemme induisant une libération de Calcium dans le réticulum sarcoplasmique par le tubule T. Le calcium par une réaction en cascade déclenchée par sa fixation sur la troponine conduit au raccourcissement de la fibre musculaire.

Contraction des cellules musculaires grâce à l'ATP



	Contraction	Contenu en myoglobine	Potentiel oxydatif	Contenu en lipides	Recrutement	Capillarisation
Fibres 1	Lente	++	++	++	Lent	++
Fibre 2 A	Intermédiaire	+	+	+	Intermédiaire	+
Fibre 2 B	Rapide	-	-	-	Rapide	-

Le mode d'entraînement réalisé oriente le type de fibres musculaires contenues dans l'organisme. L'entraînement aérobie oriente vers les fibres 1 et 2A et l'entraînement anaérobie vers les fibres 2A et 2B.



Réserve en glycogène : 20% hépatique, 80% musculaire

Réserves en lipides : acides gras libres, triglycérides, tissu adipeux

L'oxydation d'une molécule de lipide fournit 140 ATP mais le rendement est moindre que pour les glucides. Leur Quotient Respiratoire est faible (QR = 0,7) donc les lipides sont utilisés comme substrat énergétique pour les exercices de faible intensité.

Vitesse de dégradation des métabolites énergétiques par ordre croissant : Lipides < Glucides aérobies < Glucides anaérobies < PhosphoCréatine < ATP

Le métabolisme protidique par oxydation des acides aminés conduit à la production d'azote et à l'élimination d'urée.

Mesure de la dépense énergétique au cours de l'exercice par :

- Mesure de la consommation d'oxygène en pléthysmographie
- Mesure de la FC

Mesure de la dépense énergétique au cours de la journée par :

- Calorimétrie directe
- Questionnaire alimentaire
- Questionnaire d'activité physique

1 MET (Metabolic Equivalent Task) = 3,5 ml d'O₂/kg/min

Le MET est la plus petite quantité d'oxygène consommée par minute et par kilogramme au repos en étant à jeun plus de 12 heures. Il correspond au métabolisme de base.

Exploration du métabolisme aérobie

L'ATP, par la création d'un pont actine myosine aboutit à la fourniture d'énergie mécanique (force).

La voie énergétique aérobie est la seule voie pouvant utiliser les acides gras.

Le potentiel aérobie est mesuré par le débit de la consommation maximum d'oxygène (VO₂ max calculé mL/min).

Les facteurs limitants de la consommation d'O₂ sont :

- L'adaptation du système respiratoire (mécanique → ventilation, respiratoire → hématoxe)
- La quantité d'hémoglobine
- L'adaptation du système cardiaque (débit maximal = Q max)
- La possibilité musculaire d'extraction et d'utilisation d'O₂

Mesure de la consommation d'O₂ :

- Évaluation directe par ergomètres (course sur tapis roulant ou utilisation d'ergocycles)
- Évaluation indirecte par estimation à partir de la FC

Facteurs de variabilité de VO₂ max : âge, sexe, entraînement physique, hérédité, environnement et état nutritionnel.

Étape ventilatoire :

- $VE = VT \times FR$
- $VO_2 = VE \times FiO_2$
- VE = Volume d'air expiré (débit ventilatoire)
- VT = Volume courant
- FiO_2 = Fraction d'O₂ dans l'air inspiré

Étape circulatoire :

- $Q = P/R = VES \times FC$
- $VO_2 = Q \times (CaO_2 - CvO_2)$
- Q = débit cardiaque P = Pression
- R = Résistance
- VES = Volume d'Éjection Systolique
- CaO_2 = quantité d'oxygène dans le sang artériel
- CvO_2 = quantité d'oxygène dans le sang veineux

L'aptitude physique est mesurée en METs ou en VO₂ max. Avec le vieillissement, cette aptitude physique diminue. Le seuil de décompensation correspond au niveau minimum requis pour l'activité quotidienne. Si l'aptitude physique du sujet passe sous le seuil de décompensation, le sujet devient dépendant.

Exploration du métabolisme anaérobie

Tests de détente :

- Aptitude au saut vertical = Sargent test = mesure la hauteur verticale atteinte lors d'un saut sans élan, déduction de la puissance anaérobie alactique à partir du poids du patient et la hauteur atteinte
- Ergojump = un tapis composé de contacteurs déclenche un chronomètre lorsque le sujet est en contact ou lorsqu'il est en suspension ; lors du squat jump, le sujet commence les genoux fléchis à 90°, mains sur les hanches, pour effectuer une poussée maximale vers le haut.



Test sur ergocycle avec mesure de la cinétique charge-vitesse

L'épreuve d'effort chez le sportif

Elle s'effectue sur ergocycle ou sur tapis roulant. Elle doit être maximum, progressive et individualisée. À l'échauffement de 10 à 15 minutes succède des paliers de puissance croissante (à fréquence de pédalage fixe) de 1 à 3 minutes. Tout au long de l'épreuve d'effort, le sportif est surveillé sur le plan électrocardiographique et tensionnel.



Critères de maximalité d'une épreuve d'effort :

- Épuisement du sujet
- Plateau de VO_2 (= VO_2 max)
- FC > 90% FC max théorique
- Quotient respiratoire ($QR = VCO_2/VO_2$) > 1,1
- Lactatémie > 9 mmol/L

La Puissance Maximale Aérobie (PMA) et la Vitesse Maximale Aérobie (VMA) correspondent à la plus petite puissance ou vitesse associée à VO_2 max.

Zones de transition ventilatoires ou seuils de rupture ventilatoire :

- SV1 correspond à 50-70% de la capacité maximale d'effort. C'est l'intensité maximale pour laquelle le métabolisme reste aérobie, sans augmentation de la lactatémie. Ce seuil correspond à l'allure d'endurance à laquelle une sensation de dyspnée apparaît.
- SV2 correspond à 80-90% de la capacité maximale d'effort. Il s'agit de l'intensité maximale aéroanaérobie qui ne génère pas de déséquilibre cellulaire majeure.

