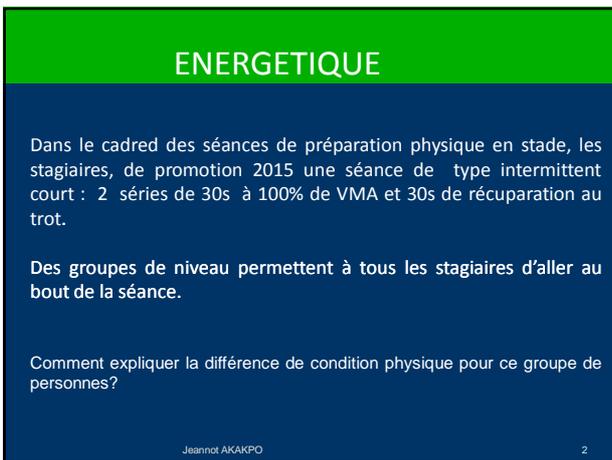


Facteurs énergétiques

Jeannot AKAKPO
CESA

Jeannot AKAKPO 1



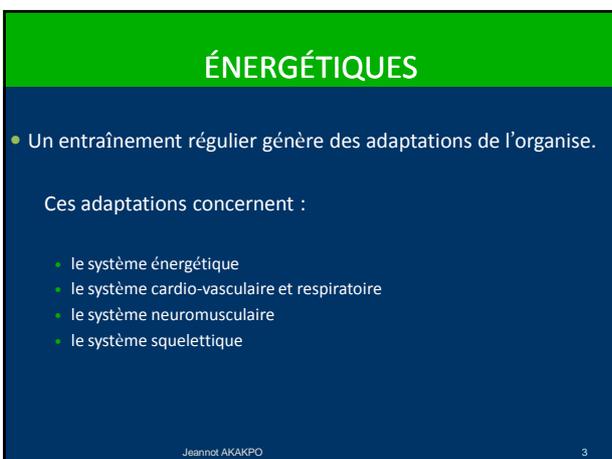
ENERGETIQUE

Dans le cadre des séances de préparation physique en stade, les stagiaires, de promotion 2015 une séance de type intermittent court : 2 séries de 30s à 100% de VMA et 30s de récupération au trot.

Des groupes de niveau permettent à tous les stagiaires d'aller au bout de la séance.

Comment expliquer la différence de condition physique pour ce groupe de personnes?

Jeannot AKAKPO 2



ÉNERGÉTIQUES

- Un entraînement régulier génère des adaptations de l'organisme.

Ces adaptations concernent :

- le système énergétique
- le système cardio-vasculaire et respiratoire
- le système neuromusculaire
- le système squelettique

Jeannot AKAKPO 3

SUBSTRATS ÉNERGÉTIQUES

Quels sont les substrats énergétiques (carburants) que l'organisme utilise lors d'une activité physique ?

Jeannot AKAKPO

4

4

ÉNERGÉTIQUES

Les substrats énergétiques (carburants) que l'organisme utilise lors d'un effort sont-ils les mêmes:

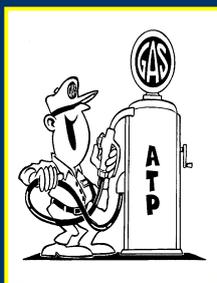
- lors d'efforts courts?
- lors d'efforts longs?
- lors des cours collectifs?
- lors d'une séance aérobie (cardio-training)?
- lors d'une séance de musculation ou de renforcement musculaire?

Jeannot AKAKPO

5

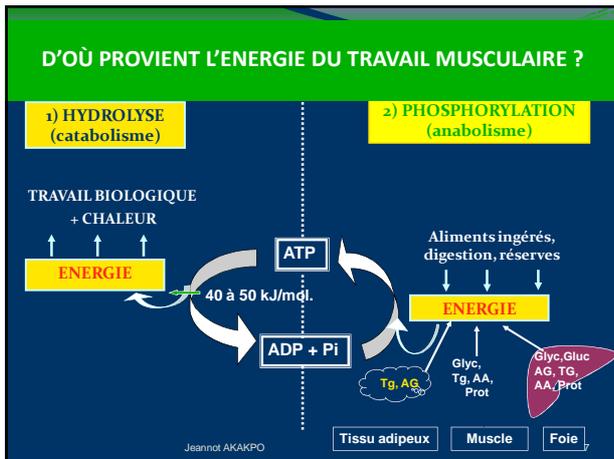
5

Pour faire le plein... je vais à la pompe!



Jeannot AKAKPO

6

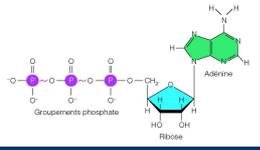
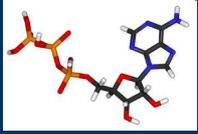


- ### Facteurs énergétiques de la performance: bioénergétique.
- Rôle de l'ATP dans les échanges d'énergie
 - Resynthèse de l'ATP par les voies métaboliques: sources énergétique de l'activité musculaire.
 - Sources immédiates:
 - Métabolisme des phosphagènes
 - Sources retardées:
 - Métabolisme des hydrates de carbone
 - Rôle de l'acide pyruvique
 - L'acide lactique et exercice
 - Métabolisme des acides gras
 - Métabolisme de acides aminés.
- Contribution des différents métaboliques à l'exercice
- Jeannot AKAKPO 8

- ### ÉNERGÉTIQUE
- L'énergie permet au corps de fournir un travail
 - La physiologie de l'exercice s'intéresse:
 - à la transformation de l'énergie chimique (ATP) en énergie mécanique
 - à sa manifestation chez l'Homme:
 - ⇒ la contraction musculaire (observée au microscope)
 - ⇒ la création de mouvements
- Jeannot AKAKPO 9

ENERGETIQUE: ATP

Structure de l'ATP

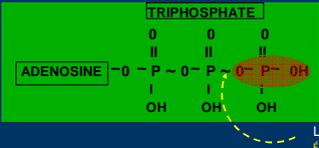



- Adénosine Tri-Phosphate (ATP) [Lohmann en 1929]
 - adénosine = adénine + sucre 5C (ribose)
 - + 3 groupements phosphates
 - **L'ATP seul composé chimique qui permet la contraction musculaire**

Jeannot AKAKPO10

L'ATP : Adénosine triphosphate

Structure de l'ATP et libération d'énergie

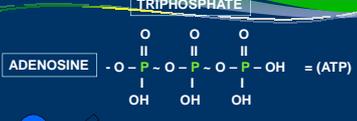


Liaison
Energie potentielle

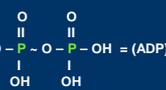
L'hydrolyse de l'ATP

$$\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{ATPase}} \text{ADP} + \text{P}_i + \text{H}^+ + \text{Energie}$$

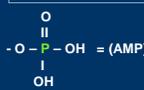
Jeannot AKAKPO7,3 kcal utilisables pour la contraction musculaire 11



1



2



$$\text{Mg ATP} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{ATPase}} \text{ADP}^{3-} + \text{MgHPO}_4^{2-} + \text{H}^+$$

$$2\text{ADP} \xrightarrow{\text{AK}} \text{ATP} + \text{AMP}$$

Jeannot AKAKPO12

Rôle de l'ATP

- La dégradation d'1 - ATP libère 42 kilojoules en conditions biologique soit entre 7 et 10 Kcal:
 - Seul 1/4 sert au travail musculaire
 - Le reste est transformé en chaleur
- ATP est la seule molécule capable de fournir directement au muscle l'énergie dont il a besoin pour se contracter et se relâcher.
- **Problème:**
 - ⇒ les réserves d'ATP sont insuffisantes pour répondre aux différents besoins du travail musculaire.

Jeannot AKAKPO 13

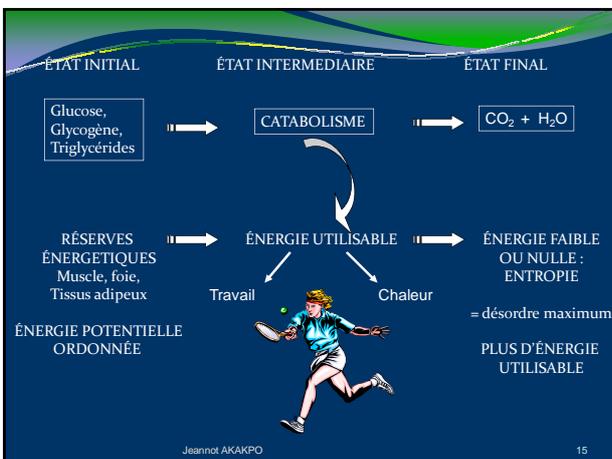
Énergétique: rôle de l'ATP

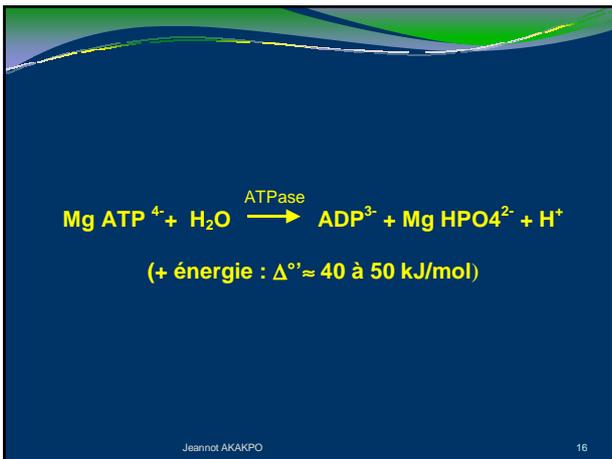
Les réserves en ATP musculaires sont faibles : 4 à 6 millimoles par kilogramme de muscle frais.

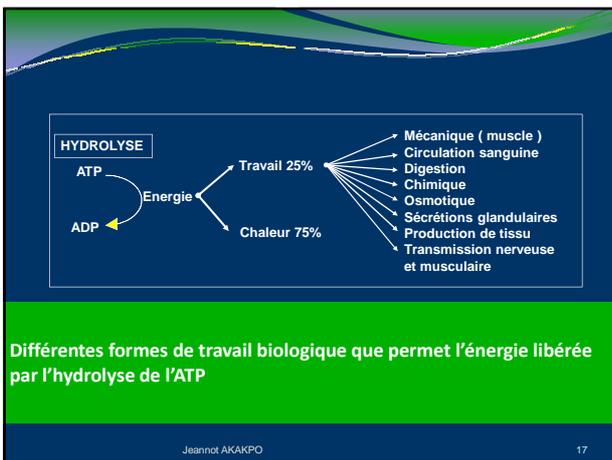
Personne de 70 kg: le travail musculaire ne peut compter au total que sur une réserve de 1.3 à 1.6 kJ, c'est l'énergie nécessaire pour parcourir :

- 1 m à 1 m 20 à une vitesse de course de 10 m/s soit 10 s au 100 m,
- 4 m 15 à 5 m 10 à une vitesse de course de 5,6 m/s soit 2 h 10 au marathon,
- ou 7 m 80 à 9 m 60 à une vitesse de marche de 1,11 m/s soit 4 km/h - à une allure de promenade.

Jeannot AKAKPO 14







Energétique: l'ATP

- Dégradation (**catabolisme**) de l'ATP
 - en ADP (adénosine diphosphate) = perte d'un ion phosphate
 - en AMP (adénosine monophosphate) = perte de deux ions phosphate
- → libération l'E nécessaire aux glissement des filament d'actines et de myosine donc à la contraction,
- → ce qui permet de fournir un travail musculaire encore appelé **travail mécanique**.

Jeannot AKAKPO 18

Energétique: l'ATP

- ATP: autre utilisation que **travail mécanique**:
 - **travail osmotique**: transport de certaines grosses molécules à travers les membranes cellulaires
 - **travail chimique**: dégradation de molécules complexes comme les glucides, protéines, lipides (croissance cellulaire) et également
 - synthèse de nouvelles macromolécules de glucide, lipide et protéines

Jeannot AKAKPO19

Energétique

Des précisions....

- **Catabolisme ou hydrolyse**: opération qui consiste à dégrader une molécule, exemple ATP en ADP, AMP et Pi
- **Anabolisme**: resynthèse de la molécule afin de reconstituer ses liaisons avec (ATP), le ou les phosphate(s) antérieurement libéré(s).
- **Phosphorylation**: incorporer un radical phosphate à une molécule organique

Jeannot AKAKPO20

Energétique: les sources

- La fibre musculaire:
 - - Consomme du « carburant » pour produire de l'énergie
 - - Utilise une partie de l'E pour fournir de l'énergie
 - - Dissipe l'autre partie sous forme de chaleur
 - - Transforme ou évacue les déchet résultants des combustions dont elle est le siège

Le seul carburant est l' Adénosine Triphosphate => ATP

- La dégradation de l'ATP permet de fournir l'E nécessaire aux différentes forme de travail biologique
- La consommation de molécules d'ATP augmente au cours d'exercices intenses; leur concentration est très faible: 4 à 6 millimoles/kg de muscles frais

Jeannot AKAKPO21

L'ATP: adénosine triphosphate

Réserves dans l'organisme

- [ATP] au repos : 4,5 à 5,5 mmol/kg de muscle frais (dans la cellule)
- [ATP] est peu ou pas augmentée par l'entraînement
- L'ATP ne descend pas en-dessous de 80% de sa valeur de repos (même jusqu'à épuisement)

Remarques :

7,3 kcal non utilisables pour la contraction musculaire

Jeannot AKAKPO 22

L'ATP: adénosine triphosphate

Réserves dans l'organisme

Problème:

- Stock intramusculaire limité – 0,076 Kg
- e permet d'effectuer qu'1 exercice intense/max de 2 à 3''
- Exemple: un marathonien renouvelle 10g d'ATP/sec

(Re)-Synthétiser l'ATP???

Jeannot AKAKPO 23

Energétique : l'ATP

- Lors d'un exercice, même très intenses, le niveau des réserves en ATP n'accuse qu'une discrète diminution en début d'exercice et tend à se stabiliser par la suite à des valeurs proches de la moitié de celles de repos.
 - → les molécules d'ATP sont synthétisées à mesure qu'elles sont dégradées
- Fort taux de renouvellement (turn-over) car l'organisme ne dispose que de quelques dizaines de grammes d'adénosine pour fabriquer de dizaines de Kg d'ATP par jour.

Jeannot AKAKPO 24

Energétique: resynthèse de l'ATP

- Catabolisme de l'ATP permet de libérer l'énergie nécessaire aux différentes formes de travail biologique dans l'organisme
- Faibles réserve en ATP → constant renouvellement pour répondre aux très importants besoins biologiques
- Synthèse de l'ATP à partir de l'ADP et du Pi nécessite de l'E
- → **cette réaction biochimique est dite endergonique.**

Jeannot AKAKPO 25

Energétique: resynthèse de l'ATP

D'où provient cette énergie????

- Réserves intracellulaire que constituent les molécules:
 - de phosphocréatine (PCr),
 - de glycogène
 - d'acide gras
 - parfois d'acides aminés
- Le catabolisme de ses molécules libère de l'énergie requise.
 - → **Elle sont exergoniques**

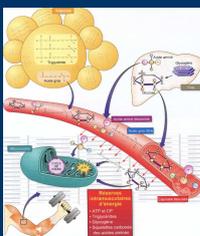
Jeannot AKAKPO 26

Energétique resynthèse de l'ATP

Resynthèse de l'ATP

ADP + → ATP

- grâce aux substrats énergétiques
 - phosphagènes
 - glucides
 - lipides
 - protides
- grâce aux 3 voies métaboliques (=filères de production d'E)
 - **anaérobie alactique**
 - **anaérobie lactique**
 - **aérobie**



Jeannot AKAKPO 27

Energétique- resynthèse de l'ATP les sources

- Nombre élevé et durée longue des opérations nécessaires à la complète dégradation des glucides.
 - Ils ne sont pas adaptées aux besoins requis par un travail musculaire urgent.
- Il faut palier la baisse rapide des réserves d'ATP:
 - → présence d'un autre composé phosphoré contenu essentiellement dans la cellule musculaire : la **phosphocréatine (PCr)**.
 - → réservoir riche en énergie immédiatement et massivement utilisable pour produire de l'ATP
- Selon l'urgence et l'intensité d'un exercice
 - → le muscle peut faire appel à plusieurs sources énergétiques.

28

Energétique: les sources

Source immédiate:

- disponible, elle permet de libérer une très grande quantité d'énergie grâce au catabolisme de ses deux composés:
- L'ATP et la PCr = phosphagènes
- → Anaérobie alactique (sans oxygène)

Sources retardés:

Retardées par les nombreuses étapes que nécessite le catabolisme des substances utilisées:

- glycogène,
- acide gras libres,
- acides aminés.

29

Energétique: les sources

Retardées 1: sans oxygène (- O2)

- La source qui utilise le catabolisme du glycogène sans intervention de l'oxygène et produit de l'acide lactique:
 - → cette source est définie comme : anaérobie lactique ou glycolyse lactique

Retardées 2 – très retardées: avec oxygène (+O2)

- Les sources qui utilisent l'O2 pour extraire l'E des molécules de glycogène, d'acide gras et d'acide aminés.
- → Définies comme aérobies, elles nécessitent de nombreuses réactions biochimiques intermédiaires et de nombreuses adaptations.

30

Filières énergétiques

Caractéristiques des filières

- Un **délat d'intervention (inertie)**
 AE: 2-3'
 Ana Lact: quelques secondes
 Ana AL: immédiat

The diagram shows three energy systems: aerobic (aérobie), anaerobic lactate (Anaérobie Lactique), and anaerobic alactate (Anaérobie Alactique). It illustrates the flow of substrates and the production of ATP. The aerobic system is shown with a mitochondrion, while the anaerobic systems are shown in the cytoplasm. A red bar highlights the anaerobic systems, indicating their immediate availability.

- fonction localisation des substrats (dans la cellule ou non; cytoplasme, mitochondrie)
- fonction processus impliqués (enzymes, nombre de réactions)

Jeannot AKAKPO 34

Filières énergétiques

Caractéristiques des filières

- Une disponibilité : **capacité** (quantité d'E totale: J ou cal)
 Aérobie: infinie
 Anaérobie lactique: 30'' à 2'
 Anaérobie alactique: 15-20''

Disponibilité ou Capacité:
 AE > AnaLact > AnaAL

The diagram shows three energy systems: aerobic (aérobie), anaerobic lactate (Anaérobie Lactique), and anaerobic alactate (Anaérobie Alactique). It illustrates the flow of substrates and the production of ATP. The aerobic system is shown with a mitochondrion, while the anaerobic systems are shown in the cytoplasm. A grey bar highlights the anaerobic systems, indicating their limited capacity.

Jeannot AKAKPO 35

Filières énergétiques

Caractéristiques des filières

- Une **Puissance** (débit d'E: J.sec⁻¹ ou Watt)

Puissance AE < AnaLact < AnaAL

- Facteurs limitants

The diagram shows three energy systems: aerobic (aérobie), anaerobic lactate (Anaérobie Lactique), and anaerobic alactate (Anaérobie Alactique). It illustrates the flow of substrates and the production of ATP. The aerobic system is shown with a mitochondrion, while the anaerobic systems are shown in the cytoplasm. A green bar highlights the anaerobic systems, indicating their high power output.

Jeannot AKAKPO 36
