

PHYSIOLOGIE APPLIQUEE AUX APS

BY S. ROFFINO !

Sommaire

I. INTRODUCTION A LA PHYSIOLOGIE DE L'EXERCICE	1
A. L'EXERCICE INDUIT DES ADAPTATIONS DE L'ORGANISME	1
1. Des besoins énergétiques qui augmentent.....	1
2. Des substrats énergétiques qu'il faut mobiliser.....	2
3. Des substrats qu'il faut dégrader.....	3
4. Des adaptations qui découlent de l'augmentation des besoins énergétiques	4
5. Des adaptations ajustées et coordonnées aux besoins	5

I. Introduction à la physiologie de l'exercice

A. L'exercice induit des adaptations de l'organisme

Le but du chapitre A est de comprendre dans la globalité quelles sont les adaptations induites par un effort physique.

1. Des besoins énergétiques qui augmentent

Au cours de l'exercice, les besoins énergétiques augmentent. Ce chapitre explique quelle est l'origine de cette augmentation.

Diapo 1. Réaliser une activité physique implique une mise en mouvement du corps. Lors d'un mouvement, les déplacements des segments osseux sont permis par la contraction des muscles. Quand le muscle se contracte, la production de force est transmise au tendon qui lui-même la transmet à l'os ce qui permet le déplacement articulaire.

Les mécanismes de la contraction musculaire seront traités en détail l'année prochaine au S1. En bref, la contraction d'un muscle est permise par la contraction des fibres musculaires recrutées par la commande nerveuse. A l'échelle de la cellule musculaire, la contraction est due au raccourcissement des sarcomères et aux déplacements des myofilaments fins le long des myofilaments épais. Ce déplacement nécessite de l'énergie pour se réaliser. Cette énergie est apportée par la molécule d'ATP. La contraction musculaire consomme donc de l'énergie.

Au cours de l'exercice, les contractions musculaires étant plus nombreuses, les besoins énergétiques sont plus importants. Or, dans la fibre musculaire, les stocks d'ATP sont limités. En quelques secondes, les réserves intramusculaires sont épuisées. **Il faut donc être capable de reconstituer des molécules d'ATP au cours d'un exercice** sinon l'exercice ne durerait pas au delà de quelques secondes. L'exercice implique donc des adaptations métaboliques.

2. Des substrats énergétiques qu'il faut mobiliser

Diapo 2 : La resynthèse des molécules d'ATP au cours de l'exercice se fait à partir de molécules dites à énergie potentielle (phosphagènes, glucides, lipides et protéines) qui sont stockées au sein de notre organisme. Leur dégradation permet de libérer de l'énergie sous forme d'ATP. Les phosphagènes tel que la **phosphocréatine** est stockée dans le muscle. Il est possible de produire de l'ATP très rapidement à partir de celle-ci. Une seule réaction chimique est nécessaire et elle est catalysée par une enzyme la créatine phosphokinase.

L'organisme est aussi capable de produire de l'ATP à partir du **glycogène**, molécule de stockage des glucides dans le corps. Le glycogène est stocké dans le foie et dans les muscles. Sa dégradation conduit à produire du **glucose** dont la dégradation produit de l'ATP.

L'organisme est aussi capable de produire de l'ATP à partir des lipides. La forme de stockage des lipides de réserve est le **triglycéride** (TG). Il est stocké principalement dans le tissu adipeux (tissu sous-cutané constitué d'adipocytes dans lequel sont stockés les TG). Il existe aussi des réserves moindres dans le foie et dans les muscles. La dégradation des TG conduit à produire des **acides gras** dont la dégradation produit de l'ATP.

Enfin, il est possible de produire de l'ATP à partir de la dégradation de **protéines**. Lorsque cela est le cas, ce sont les protéines de structure qui sont dégradées et en particulier les protéines musculaires. Leur dégradation conduit à former des **acides aminés** à partir desquels on fabrique de l'ATP.

Toutes ces molécules à partir desquelles on produit de l'ATP dans la cellule musculaire sont nommées substrats énergétiques. **A l'effort, il faut être capable d'ajuster l'apport en substrats énergétiques.**

Le type de substrats que l'on dégrade au cours d'un exercice dépend des caractéristiques de celui-ci (**Diapo 3**). L'intensité et la durée de l'effort sont des paramètres déterminants. Pendant les premières secondes d'un exercice, l'ATP et la créatine phosphate constituent les substrats principaux de l'effort. Quand l'exercice se prolonge, les glucides et les lipides constituent les sources énergétiques de l'effort. Plus le temps passe et plus les lipides sont utilisés. Dans les exercices dont l'intensité est faible, les lipides constituent la source principale énergétique. A mesure que l'intensité de l'exercice s'élève, ce sont les glucides qui sont utilisés en priorité.

A l'effort, il existe donc des mécanismes qui permettent de mobiliser les substrats selon le type d'effort.

3. Des substrats qu'il faut dégrader

Différents systèmes énergétiques permettent de produire l'ATP au cours d'un exercice à partir de la dégradation des substrats énergétiques (**Diapo 4**). Ces différents systèmes seront étudiés l'année prochaine. En bref, le système énergétique qui permet de produire de l'ATP à partir de la **phosphocréatine** est appelé **Métabolisme des phosphagènes** (ou *métabolisme anaérobie alactique ou voie anaérobie*). La production d'ATP à partir de la créatine phosphate dans la fibre musculaire ne nécessite pas la présence d'oxygène. On parle de **métabolisme anaérobie**.

Un autre système énergétique permet de produire de l'ATP de manière anaérobie, c'est le **métabolisme anaérobie lactique** (ou *voie anaérobie lactique ou métabolisme glycolytique*). Cette autre voie énergétique permet de produire de l'ATP en dégradant du **glucose en l'absence d'O₂**.

Enfin, il existe une dernière voie énergétique qui permet de produire de l'ATP et qui requiert la présence d'O₂, il s'agit de la **voie aérobie** (*métabolisme oxydatif*). Cette voie dégrade 3 types de substrats: le glucose, les acides gras et les acides aminés.

Quel que soit le type d'exercice, ces 3 voies énergétiques interviennent ensemble pour fournir de l'énergie. Toutefois, selon le type d'exercice, certaines voies prédomineront sur les autres. Dans un exercice de sprint (100m réalisé en 10s), le métabolisme des Phosphagènes sera celui qui apporte la plus grande partie de l'énergie requise par l'exercice (mais le métabolisme glycolytique et oxydatif apportera aussi une petite part d'énergie dans cet effort). A l'inverse, sur un 10000m réalisé en 30min, la plupart de l'énergie sera apportée par le

métabolisme oxydatif (mais le métabolisme des phosphagènes et le métabolisme glycolytique produiront une faible part d'énergie). Au cours des efforts aérobies, la production d'énergie nécessitant de l'oxygène, il faut être capable d'ajuster l'apport d'oxygène à la demande énergétique.

4. Des adaptations qui découlent de l'augmentation des besoins énergétiques

Dans les efforts aérobies, l'O₂ nécessaire à la production d'énergie est utilisée dans les cellules musculaires. On peut alors se demander comment ce gaz parvient jusqu'aux cellules et comment la quantité est ajustée aux besoins de l'organisme (**Diapo 5**).

Lorsque nous respirons au cours de la phase inspiratoire, de l'oxygène pénètre dans les voies respiratoires et parvient jusqu'aux poumons. Les structures des poumons sont très vascularisées. A ce niveau, l'Oxygène quitte le système respiratoire et pénètre dans le sang. C'est le sang, propulsé dans le réseau vasculaire par le cœur qui va acheminer l'oxygène vers les muscles. L'oxygène est alors utilisée par les tissus pour produire de l'ATP. Cette production d'ATP par la voie aérobie produit du CO₂ qui fait alors le trajet inverse de l'oxygène pour être rejeté au cours de l'expiration.

Au cours d'un exercice physique, la demande en O₂ s'accroît (pour produire plus d'ATP), le système respiratoire et cardiovasculaire vont travailler plus pour permettre d'acheminer plus d'O₂ vers les muscles. L'exercice implique donc des adaptations respiratoires destinées à ajuster les échanges gazeux O₂/CO₂. L'augmentation du rythme respiratoire ressentie quand vous pratiquez un effort physique est l'une de ces adaptations. Les adaptations du système respiratoires permettent d'ajuster l'apport en O₂ mais également de rejeter le CO₂ dont la production s'accroît dans les efforts aérobies. En effet, la dégradation des substrats de manière aérobie produit du CO₂ qu'il faut éliminer.

L'exercice induit aussi des adaptations cardiovasculaires pour augmenter la quantité de sang qui arrive aux muscles afin d'acheminer plus d'O₂ et plus de substrats. Parallèlement, cela permet de drainer les déchets produits par les cellules (CO₂, acide lactique par exemple). L'augmentation de la fréquence cardiaque est l'une des adaptations du système cardiovasculaire. Enfin, ce dernier permet aussi de réguler la température corporelle. En effet, au cours d'un exercice, la production d'ATP est concomitante à une production de chaleur. Cette augmentation de chaleur dans les

muscles se transmet rapidement à l'ensemble du corps. Des mécanismes régulateurs permettent de la contrôler et ces derniers impliquent le système cardiovasculaire.



L'apport des apports de nutriments et de O_2 ne sert pas qu'à la production d'ATP dans les muscles! (**Diapo 6**). Elle sert aussi à alimenter les autres organes et tissus impliqués dans l'ajustement de l'organisme à l'effort (pour production d'ATP). Le cerveau, le diaphragme, le cœur et la peau font partie des organes et tissus sollicités au cours de l'exercice.

5. Des adaptations ajustées et coordonnées aux besoins

L'exercice induit des adaptations métaboliques, respiratoires et cardiovasculaires (**Diapo 7**). Ces adaptations qui impliquent des organes et tissus différents sont coordonnées et ajustées aux besoins de l'organisme. Cette coordination et cet ajustement impliquent que les différentes structures puissent communiquer entre elles. Le système nerveux et le système endocrinien sont deux systèmes physiologiques qui sont impliqués dans cette coordination et cet ajustement. Le cours du second semestre a pour objectif de détailler en détail les adaptations du système cardiovasculaire et respiratoire au cours de l'exercice aigu (les adaptations métaboliques ayant été abordées au S1). Cela implique de pré-requis sur le système endocrinien, le système nerveux, sur la structure et la fonction des systèmes respiratoire et cardiovasculaire (Diapo 8).