

Bilan – Chapitre 17 : Origine de l'ATP nécessaire à la contraction de la cellule musculaire

Unité 1 Des voies de fabrication de l'ATP dans les cellules musculaires

• Les quantités d'**ATP** disponibles dans les cellules musculaires sont déterminées par bioluminescence : les valeurs obtenues sont extrêmement faibles, l'ATP n'est pas stocké dans les cellules et pourtant, il y est consommé en permanence pour leur contraction. Diverses voies métaboliques permettent de régénérer l'ATP avec des délais différents et assurent alors le maintien d'une certaine quantité disponible dans les cellules :

– l'hydrolyse de la phosphocréatine est la voie la plus rapide, elle intervient sans délai. Elle permet une libération d'énergie très importante sur une durée de quelques secondes à quelques dizaines de secondes et permet ainsi par couplage la synthèse d'ATP à partir d'ADP ;

– la **voie anaérobie** lactique utilise le glucose mis en réserve dans les cellules musculaires et intervient majoritairement après 20 à 30 secondes d'effort. Elle permet une synthèse d'ATP lors de la réalisation d'efforts musculaires plus longs mais ne dépassant pas quelques minutes ;

– la **voie aérobie**, ou respiration, utilise diverses molécules organiques mises en réserve (glucose musculaire, acides gras du tissu adipeux). Son délai d'intervention est de l'ordre de 2 à 4 minutes. Elle peut se maintenir jusqu'à plusieurs heures ce qui en fait la voie de régénération de l'ATP majoritaire dans les sports d'endurance.

Unité 2 La fermentation, une voie pour régénérer l'ATP des cellules musculaires

- À l'échelle cellulaire, la fermentation se traduit par la consommation de molécules organiques (ex. glucose) sans consommation de dioxygène, ce qui génère un résidu organique dont la nature dépend du type de fermentation. Dans la cellule musculaire, la **fermentation lactique** produit du lactate à partir de glucose que consomme la cellule.
- Le glucose subit en premier une oxydation dans le cytoplasme lors d'une série de réactions qui constituent la **glycolyse**. Cette étape ne consomme pas de dioxygène et permet par couplage la régénération d'ATP. La glycolyse se traduit aussi par la production d'un pouvoir réducteur sous la forme de transporteurs réduits (NADH). Le pyruvate est le produit final de la glycolyse. Ce dernier est ensuite transformé en lactate dans le cytoplasme de la cellule musculaire.

Unité 3 La respiration, une autre voie pour régénérer l'ATP des cellules musculaires

- Des mesures ExAO montrent que la **respiration cellulaire** se caractérise par une consommation de dioxygène et un rejet de dioxyde de carbone en présence de molécules organiques. Le glucose est le principal substrat respiratoire des cellules ; il sera complètement oxydé à l'issue de la respiration. Le **rendement énergétique** de la respiration est d'environ 40 % et est ainsi beaucoup plus élevé que celui de la fermentation lactique.

- L'étude de mutants cellulaires incapables de respirer permet d'envisager que la respiration se déroule dans un organite particulier de la cellule, la mitochondrie.

L'étude de la consommation en dioxygène et du rejet de dioxyde de carbone par une suspension de mitochondries en présence de glucose montre que celui-ci n'est pas le substrat oxydé, contrairement au pyruvate. Cela démontre que la mitochondrie est le compartiment de la respiration et que cette dernière intervient après la glycolyse, étape commune à la fermentation lactique et à la respiration.

- Des technologies modernes permettent d'observer finement l'organisation d'une mitochondrie (longueur entre 1 à 2 μm et une largeur entre 0,5 à 1 μm). Cet organite se caractérise par une enveloppe dont la membrane interne forme de nombreux replis au sein de la matrice.

Unité 4 Le fonctionnement de la mitochondrie

- Le pyruvate issu de la glycolyse traverse l'enveloppe de la mitochondrie. Il subit dans la matrice mitochondriale une série d'**oxydations** et de décarboxylations (qui produisent du CO_2 rejeté par la respiration), couplées à la fabrication de transporteurs réduits (NADH, FADH_2) et d'ATP. L'ensemble des réactions catalysées par des enzymes, localisées uniquement dans la matrice, constitue le **cycle de Krebs**. Pour les deux moles de pyruvate issues de la glycolyse (donc pour une mole de glucose), le cycle produit 6 moles de CO_2 , 2 moles d'ATP ainsi qu'une quantité importante de transporteurs réduits (10 moles).

- L'observation de la membrane interne de la mitochondrie en microscopie électronique montre qu'elle est recouverte de très nombreuses sphères pédonculées en contact avec la matrice : il s'agit d'ATP synthases, protéines synthétisant l'ATP de

manière couplée à l'oxydation des transporteurs réduits produits par le cycle de Krebs et par la glycolyse. D'autres protéines enchâssées dans la membrane interne assurent cette oxydation : organisées en complexes proches les uns des autres, ces protéines constituent la chaîne respiratoire. Les électrons et les protons issus de l'oxydation des transporteurs réduits sont transférés au dioxygène qui est alors réduit en eau. Ceci explique la consommation de dioxygène et la production d'eau par la respiration. L'oxydation de l'ensemble des transporteurs réduits (12 moles au total) permet ainsi la fabrication d'une grande quantité d'ATP (32 moles).

- Ainsi, la respiration cellulaire permet de régénérer dans son ensemble 36 moles d'ATP pour chaque mole de glucose complètement oxydée.

Unité 5 Dopage et fonctionnement de la cellule musculaire

- Le métabolisme des cellules musculaires est contrôlé notamment par des hormones produites par l'organisme, comme la testostérone. La liaison à son récepteur permet l'augmentation de la masse et de la force musculaires, surtout chez des personnes qui suivent un entraînement physique.
- Il existe des médicaments à base de molécules de synthèse dérivées de la testostérone. Ces molécules, détournées de leur usage initial, ont une structure tridimensionnelle qui permet leur fixation sur les récepteurs de la testostérone afin d'en reproduire et d'amplifier les effets. Le recours à ces substances augmente ainsi artificiellement les performances physiques d'un sportif : on parle de dopage. C'est notamment le cas du stanozolol, stéroïde de synthèse qui figure sur la liste des produits interdits par l'Agence mondiale antidopage en compétition sportive comme en dehors.

- De plus, l'usage de stéroïdes représente des risques pour la santé des individus qui en abusent. Ces risques sont diversifiés et très graves, allant jusqu'à mettre en péril la vie des individus.