

Langlois Charlotte TS2
09/01/2018

**DM de Sciences de la Vie et de la Terre spécialité
« La production d'ATP dans les cellules musculaires »**

Mr BARNIER Romain
Entraîneur de l'équipe de France
masculine de natation
13000 MARSEILLE

Dr LANGLOIS Charlotte
CHU de Caen
14000 CAEN

Cher Monsieur,

Je vous écris cette lettre en réponse à votre courrier dans lequel vous me demandiez une explication concernant l'origine et la production de l'énergie utilisée par des nageurs lors des courses de 100m et de 1500m.

Tout d'abord, il faut savoir que l'énergie utilisée par les muscles sert en partie à la contraction de ceux-ci. Cette contraction représente une dépense énergétique importante. L'énergie utilisée par les muscles provient de l'hydrolyse de molécules d'ATP. La molécule d'ATP (adénosine triphosphate) se compose d'une base azotée (l'adénine), d'un sucre (le désoxyribose) et de 3 groupements phosphates. L'hydrolyse d'une de ces molécules libère 31kJ d'énergie et se déroule de la manière suivante:



Maintenant que nous savons que l'énergie utilisée par les nageurs provient des molécules d'ATP, nous allons nous intéresser à la production de ces molécules par notre organisme. En effet, les réserves en ATP de notre corps sont très faibles, c'est pourquoi il existe plusieurs « méthodes » appelées voies métaboliques de régénération de l'ATP. D'après le premier document, on peut voir qu'il existe 3 voies métaboliques différentes: deux voies anaérobies (c'est-à-dire qui ne nécessitent pas de dioxygène pour fonctionner): alactique et lactique ainsi qu'une voie aérobie. Nous allons donc étudier chacune de ces voies puis nous verrons ensuite leur contribution dans une course de 100m puis dans une autre de 1500m.

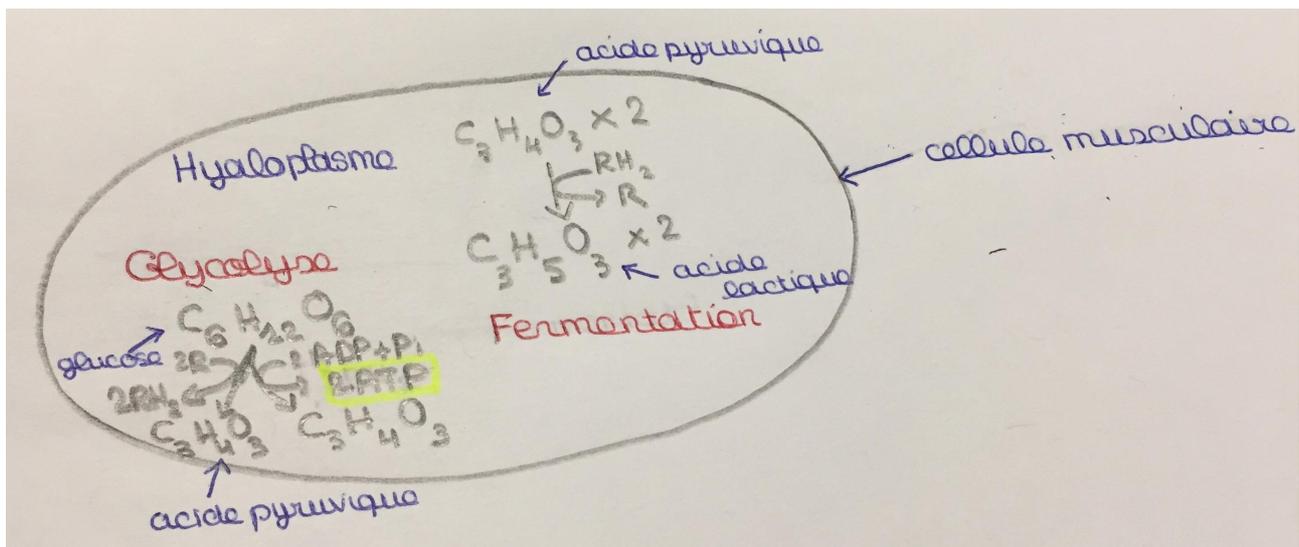
Tout d'abord, la voie anaérobie alactique utilise de la créatine phosphate pour produire de l'ATP. La créatine phosphate est un composé métabolique présent en très faible quantité dans les muscles qui permet de fournir instantanément de l'énergie aux muscles sans apport de dioxygène ou de glucose. Cependant, les réserves en créatine phosphate étant très faibles, elles s'épuisent en

moins de 20 secondes. Cette voie métabolique est donc utilisée au tout début d'un effort physique.

La voie anaérobie lactique est quant à elle un peu plus durable. En effet, cette voie correspond au phénomène de fermentation lactique puisque comme on le sait, la fermentation ne nécessite pas la présence de dioxygène mais celle de glucose et produit un déchet: l'acide lactique. Le document 1 nous permet donc de confirmer que cette voie correspond à la fermentation lactique puisque l'on peut voir la présence de glucose sans O₂ dans les substrats utilisés de la voie n°2 et la présence d'acide lactique dans les produits formés de cette même voie. La fermentation lactique a lieu dans le cytoplasme de la cellule. Dans un premier temps, le glucose est dégradé en 2 molécules d'acides pyruviques et fournit 2 molécules d'ATP par molécule de glucose dégradée.

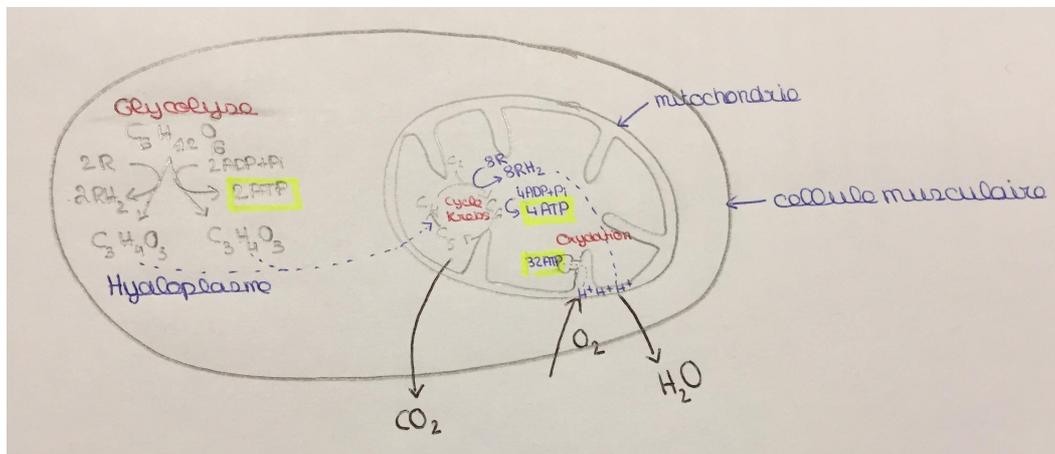
La seconde étape, indispensable pour que la glycolyse puisse se poursuivre est la réduction des acides pyruviques en lactates qui forment un déchet pour l'organisme.

On remarque donc que la fermentation lactique est un processus de régénération de l'ATP peu durable puisqu'elle nécessite une importante quantité de glucose pour une faible production d'ATP mais a l'avantage de pouvoir produire de l'ATP sans présence de dioxygène. Elle est donc très utile en début de course ou lors d'un sprint. On peut résumer le phénomène de fermentation lactique par le schéma suivant (simplifié):



Pour finir, la dernière voie métabolique de notre organisme, capable de produire de l'ATP est la voie aérobie. Comme son nom l'indique, cette voie nécessite la présence de dioxygène pour être réalisée mais également de glucose comme nous l'indique le document 1. Par ailleurs, on remarque que les produits formés par cette voie en plus de l'ATP sont de l'H₂O et du CO₂. Grâce à ces informations, on peut en conclure que cette voie correspond au phénomène de respiration. Ce phénomène se déroule en 3 étapes: la première est commune à celle de la fermentation car il s'agit de la glycolyse qui a lieu dans le cytoplasme dégradant la molécule de glucose en 2 acides pyruviques et produisant 2 molécules d'ATP. Néanmoins, grâce à l'apport d'hydrogène, les 2 acides pyruviques vont être transportés dans les mitochondries où va se dérouler le cycle de Krebs, permettant la production de 4 molécules d'ATP par molécule de glucose dégradée. Finalement, la dernière étape de la respiration a toujours lieu dans les mitochondries. Il s'agit de la régénération des transporteurs R. Cette étape est indispensable pour que le cycle de Krebs puisse se poursuivre indéfiniment. En plus de régénérer les transporteurs R, cette étape permet la production de 32 molécules d'ATP par molécule de glucose dégradée. Si on fait le bilan de la production d'ATP par la voie aérobie, on obtient un rendement de 38 molécules d'ATP par molécule de glucose dégradé. Ce

qui est largement supérieur au rendement de la fermentation lactique mais la respiration nécessite un apport important en dioxygène. C'est pourquoi cette voie ne sera réellement efficace que lorsque le système cardio-vasculaire du nageur se sera adapté à l'effort et apportera une quantité suffisamment importante d'O₂ aux cellules. On peut résumer le phénomène de respiration par le schéma suivant (simplifié):



Maintenant que nous connaissons les 3 voies métaboliques de régénération de l'ATP, nous allons voir leur contribution dans une course de natation de 100m. Tout d'abord, il faut savoir qu'une course de 100m dure généralement moins d'une minute puisque le médaillé d'or des derniers Jeux Olympiques a mis 47 secondes et 52 centièmes pour réaliser cette distance. Il s'agit donc d'un effort très court. D'après le document 2, les voies anaérobies assurent 90% de la régénération en ATP contre seulement 10% pour la voie aérobie lors d'une course de 100m. Ces résultats sont tout à fait en accord avec ce que l'on a vu précédemment puisque l'effort étant très court, le système cardio-vasculaire n'a pas le temps de s'adapter et de fournir un apport en dioxygène suffisant aux cellules qui passent donc par des voies anaérobies pour fournir de l'énergie aux muscles. L'effort étant relativement court, ces deux voies sont suffisantes et permettent au nageur d'assurer sa course avec une vitesse moyenne élevée. Le document 3 nous apporte des précisions quant à la contribution des deux voies anaérobies. On remarque que la voie alactique assure 90% des dépenses énergétiques pendant les premières secondes d'effort avant de redescendre puis de s'annuler vers les 50 premières secondes d'effort. Ce qui est tout à fait normal puisque les réserves de l'organisme en créatine phosphate sont très faibles. Cette voie ne peut donc être utilisée qu'au début d'un effort car le renouvellement de créatine phosphate n'a lieu que lorsque les muscles sont au repos. On remarque qu'alors qu'au bout des 30 premières secondes, la voie anaérobie lactique prend le relais dans la régénération de l'ATP et assure même 85% de cette régénération lors des 50 premières secondes d'effort. La voie aérobie n'intervient qu'à partir des 20 dernières secondes du 100m assurant seulement 20% de la régénération d'ATP. On peut donc dire que lors d'un 100m, les voies métaboliques les plus utilisées sont les voies anaérobies.

En revanche, ce n'est pas la même chose pour une course de 1500m. En effet, le document 2 nous montre que pour une course de cette distance, la contribution des voies anaérobies n'est plus que de 10% contre 90% pour la voie aérobie. Ce qui est tout à fait normal puisqu'une course de 1500m dure en général plus de 15 minutes, le médaillé d'or des derniers Jeux Olympiques ayant mis 14 minutes et 31 secondes pour réaliser sa course. Or, on a vu que la voie aérobie était efficace à partir du moment où le système cardio-vasculaire de la personne réalisant un effort s'adapte à cet effort, c'est-à-dire plusieurs minutes après le début de celui-ci et jusqu'à la fin de cet effort. D'après le document 3, la voie aérobie assure à elle seule la quasi-totalité des apports en ATP à partir des 5 minutes d'effort et ce jusqu'à la fin de l'effort puisque dans les 90 minutes suivants le début de l'effort, la voie aérobie est encore la seule régénératrice d'ATP. C'est donc la voie la plus durable: elle produit de l'ATP sur de longues durées et en quantité élevée, ce qui permet au nageur

d'un 1500m d'assurer sa course avec une vitesse moyenne élevée de 103m/min, ce qui reste bien évidemment en-dessous de la vitesse moyenne d'un nageur de 100m puisque l'effort demandé est bien plus long.

En conclusion, la régénération de l'ATP est majoritairement assurée par les voies anaérobies pour les efforts de petite durée mais pour ceux de longue durée, c'est la voie aérobie qui assure principalement cette régénération. Or, cette voie métabolique dépend du système cardio-vasculaire de chacun qui ne prend pas la même durée pour s'adapter à l'effort. C'est pourquoi je vous conseille d'axer vos entraînements sur des courses de longues distances afin de diminuer la durée d'adaptation du système cardio-vasculaire de vos nageurs et ainsi d'améliorer leurs performances car si leur système cardio-vasculaire est lent, la voie aérobie mettra plus de temps à se mettre en place, c'est donc la voie lactique qui produira l'énergie nécessaire mais celle-ci demandant une grande quantité de glucose, conduira à un épuisement précoce de vos nageurs.

En espérant que mes explications vous ont aidé,

Cordialement,

Dr LANGLOIS