

OPTIMISATION DU FONCTIONNEMENT DES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES ET CHARGES DE TRAVAIL

Pascal PREVOST , MCU, Université Paris XII

La source de tous nos soucis

Un point essentiel abordé dans les articles du premier numéro de SSPS est que la seule source d'énergie reconnue par le système actine-myosine est l'**hydrolyse de la molécule d'ATP**. L'ATP est assimilable à une **batterie portative** qui se décharge lors de son utilisation et qui se recharge pendant l'exercice lui-même et/ou pendant les phases de récupération grâce à la présence d'autres substrats (glucose, glycogène, lactate, triglycérides, acides aminés). L'utilisation de l'ATP a pour effet de diminuer la concentration d'ATP d'augmenter celle d'ADP et d'AMP dans le muscle. Le **rapport [ATP]/[ADP-AMP]** (que nous noterons $\Delta\sim P$) sert donc de **régulateur au métabolisme énergétique**, notamment en agissant directement sur l'activation de certaines enzymes spécifiques à chacune des filières.

Évaluation et optimisation de la charge de travail

L'exercice physique est l'un des facteurs responsables de la variation $\Delta\sim P$. En entraînant une utilisation massive d'ATP pour le fonctionnement des muscles actifs, il oblige à resynthétiser rapidement cette molécule à l'aide des différentes filières énergétiques. Par conséquent, l'optimisation du fonctionnement des filières passe par une connaissance de l'effet que les exercices, proposés lors de la séance, ont sur l'organisme. Ces exercices constituent ce que l'on appelle la **charge de travail**. Cette dernière se caractérise par son intensité et sa durée et par le fait qu'elle vise à stimuler l'organisme pour provoquer une adaptation de celui-ci aux contraintes de la pratique sportive. Pour optimiser de façon plus rationnelle les charges de travail, il convient d'**évaluer** avec une précision acceptable **le potentiel de l'individu**. Pour cela, on utilise des tests spécifiques à chaque filière. Le résultat est l'obtention d'une valeur maximale, correspondant à une photographie instantanée de l'état initial dans lequel se trouve l'individu *au moment du test*. Cette valeur étant amenée à changer sous l'effet de l'entraînement, il est conseillé de réévaluer la personne régulièrement afin d'ajuster la charge de travail au potentiel actuellement atteint par le sportif. Par exemple, on utilisera le résultat obtenu avec un test de vitesse maximale aérobie (VMA) pour optimiser l'entraînement d'endurance, cette vitesse servant alors de référent (100%) pour initier le programme des séances et donner à l'athlète des *intensités d'effort* (temps de passage au 400 m par exemple ou *distance à réaliser en 30 secondes*).

Quelle charge ?

On utilise généralement trois formes d'entraînement : continu, fractionné et intermittent. Des formes combinées existent comme le Fartlek par exemple. L'intérêt de l'entraînement fractionné réside dans le découpage d'une séance d'entraînement (30 min) *en 2x15 min ou 3x10 min* avec pour principal effet l'augmentation de la quantité d'oxygène consommée et qui doit être remboursé après chaque unité d'entraînement, en comparaison à la réalisation de la même distance, à la même intensité et de façon continue. Les séances d'entraînement intermittent imposent une charge plus élevée sur le système de transport d'oxygène que ne font les séances continues, et, par voie de conséquence, une amélioration plus rapide. L'entraînement intermittent quant à lui permet de maintenir des intensités maximales ou supra-maximales sans pour autant que cela affecte les capacités de récupération de l'organisme.

Les recherches actuelles montrent que les meilleurs entraînements sont ceux où la période de récupération est gérée de façon optimale par rapport à la charge à laquelle a été soumis l'athlète. Le problème majeur réside donc dans la quantification exacte de cette charge pour savoir quelle durée et quel type de récupération utilisés.

Quelle récupération ?

Il existe deux types de récupération : passive ou active.

Généralement la *récupération passive* est utilisée lors d'exercices de type *anaérobie alactique* et *aérobie*. Pour les premiers, on la justifie par le fait que les substrats de type phosphocréatine (PC) sont régénérés plus rapidement si l'on ne sollicite pas le muscle. Or, il s'avère que la PC est re-synthétisée plus vite lorsqu'il y a conjointement présence d'oxygène et acidité musculaire élevée. Il est en effet illusoire de penser que l'entraînement anaérobie alactique ne produit jamais d'acide lactique. Ceci est vrai pour une répétition mais ne l'est plus pour une séance entière. Il s'avère que la récupération active peut être aussi bénéfique pour les entraînements de ce type.

La *récupération active* quant à elle est principalement utilisée durant les exercices *anaérobie lactique*. Il a été démontré que la modalité de récupération active la plus efficace était de courir ou nager 10 min à 60% de VMA (ou 55-65% de VO₂max). Elle permet d'avoir une diminution plus rapide de l'acide lactique produit en lui permettant :

- 1°) de réintégrer le cycle de la *glycolyse* grâce à la réaction réversible de transformation du lactate en pyruvate qui se déroule dans le cœur, le rein
- 2°) ou d'entrer dans la *néoglucogenèse* qui permet de créer de nouvelles molécules de glucose à partir de lactates, et qui se déroule dans le foie.

Couplage charge-récupération

Partant de ces considérations, il est possible de donner quelques conseils quant à l'optimisation des filières énergétiques.

- On utilisera généralement des exercices maximaux (par rapport à la vitesse de course sur 60-100 m) pour la **filière anaérobie alactique**, de courtes durée (4 à 10 s), avec des récupérations actives si l'on veut améliorer les capacités de régénération de la PC. Elle sera d'environ 3-4 minutes environ si l'on veut que l'intégralité de la PC soit reconstituée (cette durée est identique pour l'ATP). Il faut savoir que l'on peut recommencer plus tôt, puisque 80% de la réserve de PC est re-synthétisée après les 20-30 premières secondes de récupération, quelle que soit l'intensité de l'exercice.
- Concernant l'entraînement de type **anaérobie lactique**, on utilise des exercices dont l'intensité est proche du maximum sur des durées supérieures à 15 secondes, la récupération active s'impose d'elle-même compte tenu qu'il y a fabrication d'acide lactique, et que ce dernier est alors éliminé (réutilisé plus exactement) en 15-20 min contre 60 min en récupération passive, sachant que les ¾ de l'acide produit sont éliminés entre la 10^{ème} et la 12^{ème} minute au cours de la récupération active. Entre les exercices, la récupération peut être complète (15-20 minutes) ou incomplète (pour les durées inférieures).
- Pour la filière **aérobie**, un entraînement à des vitesses égales ou supérieures à la VMA se fera avec des répétitions courtes (15-30 secondes) avec un durée de récupération passive d'égale durée (intermittent), alors qu'avec un entraînement sous-maximal, on mettra l'accent sur un découpage de la distance (fractionnement) entrecoupé de récupération active si l'intensité est supérieure à 70% de VMA environ puisque c'est à partir de cette intensité que l'acide lactique commence à augmenter en concentration dans le sang.

Ainsi, la bonne gestion de la récupération par rapport à la nature de la charge à laquelle le sujet a été soumis, permet de **maintenir une intensité de travail plus élevée** au cours de la séance que si l'on ne faisait rien pour l'optimiser. Ceci entraîne une amélioration des capacités d'adaptation de notre organisme à la spécificité de la charge.

Tableau 1. Estimation du pourcentage de contribution des différents substrats dans la production d'ATP pour diverses épreuves.

Pourcentage de contribution dans la production d'ATP					
Epreuves (m)	Phosphocréatine (%)	Glycogène		Glucose sanguin (glycogène hépatique) (%)	Triglycérides (acides gras) (%)
		Anaérobie (%)	Aérobie (%)		
100	50	50	–	–	–
200	25	65	10	–	–
400	12.5	62.5	25	–	–
800	6	50	44	–	–
1500	a	25	75	–	–
5000	a	12.5	87.5	–	–
10000	a	3	97	–	–
Marathon	–	–	75	5	20

a – Dans ces épreuves, la PC sera utilisée dans les premières secondes et, si elle a été resynthétisée pendant la course, elle servira aussi pour l'accélération finale.

Encart n°1 : Le métabolisme énergétique

Le **métabolisme** possède deux versants : l'**anabolisme** dont le but est de construire des produits complexes à partir de produits simples (par exemple, l'augmentation des protéines musculaires avec l'entraînement de force) et le **catabolisme** dont le but est de casser les grosses molécules en plus petites. Le processus est utilisé pour stocker l'énergie alors que le second permet de la libérer.

Encart n°2 : L'hydrolyse

L'**hydrolyse** est une réaction chimique qui permet de **casser une molécule en deux parties** en présence d'**eau** ou en présence d'une **enzyme** spécifique. Dans le muscle, cette enzyme est l'ATPase présente sur la tête de la molécule de myosine, et dont l'activation se fait grâce à la libération de calcium par la stimulation nerveuse du muscle. Le calcium entraîne la modification de la forme de la molécule d'actine, ce qui permet de libérer le site de l'hydrolyse situé sur la tête de myosine.

Encart n°3 : En bref...

Dans une étude récente (Billat et coll. 1997), il a été démontré qu'un entraînement spécifique pouvait ne pas entraîner d'augmentation de performance, ni d'amélioration des processus physiologiques, lorsque l'entraînement normal était mené à une intensité optimale. Il existerait donc des seuils d'adaptation spécifique au-delà desquels une augmentation de volume n'entraînera aucun autre gain de performance ou physiologique. Ce résultat est en contradiction avec les pratiques communes de terrain qui visent à augmenter les volumes d'entraînement quelle que soit l'intensité en pensant que cela sera bénéfique. Ceci représente un challenge difficile pour les entraîneurs que de diminuer le nombre de sessions d'entraînement spécifique qui sont demandées aux athlètes, plutôt que de les soumettre à un entraînement excessif improductif.

Un complément d'information à SSPS sur Internet avec : Sciensport©

L'auteur de ce site propose de porter un regard critique sur plusieurs concepts clés de l'entraînement sportif au vu des derniers développements dans le secteur des sciences biologiques. Après les rappels nécessaires sur certains aspects théoriques de ces concepts, il est proposé quelques conseils quant à leur application au niveau de l'entraînement. Ainsi, un va-et-vient entre théorie et pratique s'opère et l'on comprend un peu mieux comment une aide mutuelle peut se tisser entre le chercheur (laboratoire) et l'entraîneur ou le sportif (terrain).

En bref...

Une étude parue en 1992 (Torii et coll.) suggère que l'entraînement aérobic est plus efficace dans l'après-midi. Les effets de l'entraînement sont moindres le matin et le soir. S'entraîner durant ces deux périodes est probablement plus propice à l'entretien physiologique qu'à l'amélioration.