



Association des Entraîneurs d'Ile de France d'Athlétisme

Effets de la fatigue sur la dépense énergétique et sur l'énergie mécanique en course de demi-fond. Par Slawinski Jean et Billat Véronique

INTRODUCTION

Depuis les années 70, les effets de la fatigue sur la mécanique de la foulée ont été abordés en situation de compétition (Williams et coll. 1991). Les différentes études montrent que la diminution de la vitesse de course est le principal effet de la fatigue. Cette diminution entraîne des modifications de différents paramètres mécaniques et énergétiques de la course à pied : diminution de l'amplitude de pas et de la consommation d'oxygène, augmentation du temps d'appuis,.... Cependant, même si ces études avaient le double avantage d'obtenir un état de fatigue complet de la part des sujets et d'étudier ces sujets en situation réelle de course, il était difficile de différencier les effets de la fatigue de ceux de la diminution de la vitesse. Pour comprendre les modifications mécaniques et énergétiques induites, chez le coureur de demi-fond, par la fatigue des protocoles d'exercices à vitesse constante ont donc été utilisés. Ainsi, différents auteurs ont montré que pour un exercice d'intensité supérieure au seuil lactique, la fatigue provoque chez certains coureurs un surcoût en oxygène ainsi qu'une modification des paramètres mécaniques de la foulée (Billat et coll. 1998 ; Candau et coll. 1998, Gazeau 1998). Afin de comprendre si ce surcoût en oxygène en état de fatigue peut-être diminué par modification de la mécanique de la foulée, le présent travail a pour objectif :

- de mesurer les effets de la fatigue sur la demande en énergie (consommation d'oxygène) et sur la production d'énergie (énergie mécanique) du coureur de demi-fond,
- d'analyser les relations entre la mécanique de la foulée et la demande énergétique en état de fatigue.

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Le coût en oxygène de la course, ou coût énergétique (C_r) représente la consommation d'oxygène d'un coureur divisée par la vitesse à laquelle il est mesuré. Il est alors exprimé en $J.kg^{-1}.m^{-1}$. C_r est mesuré à l'aide d'un analyseur des échanges gazeux (K4b², Cosmed).

De multiples paramètres permettent de décrire la mécanique de la foulée, nous avons choisi la fréquence de pas, et l'énergie mécanique associée aux mouvements horizontaux, verticaux du centre de masse ainsi qu'aux mouvements des segments autour du centre de masse (CM). L'énergie mécanique est divisée par la masse et la vitesse de déplacement du coureur pour exprimer la notion de coût mécanique (C_m). C_m se décompose donc en trois composants :

- Le coût mécanique potentiel, C_{pot} (oscillations verticales du CM lors d'un pas),
- Le coût mécanique cinétique, C_{cin} (oscillations horizontales du CM lors d'un pas),
- Le coût mécanique de gesticulation, C_{gest} (gestuelle du coureur).

L'ensemble de ces composants sont mesurées à l'aide d'une caméra (25 trames/s) et d'un système d'analyse d'image (ANIMAN 3D). Ils sont exprimés en $J.m^{-1}.kg^{-1}$.

C_r , C_{cin} , C_{pot} et C_{gest} sont mesurés chez 14 coureurs, au début (2 à 3 min après le début de l'exercice) et à la fin (durant la dernière minute d'exercice) d'un exercice d'intensité constante réalisé sur piste à 95% de la vitesse maximale aérobie.

RESULTATS

Les l'analyse statistique des résultats montre que C_{gest} et C_r ont augmenté significativement entre le début et la fin de l'exercice (respectivement $0,55 \pm 0,07$ contre $0,60 \pm 0,07$ $J.kg^{-1}.m^{-1}$ et $4,10 \pm 0,39$ contre $4,32 \pm 0,42$ $J.kg^{-1}.m^{-1}$; $p \leq 0,05$). Cependant, l'augmentation de C_{gest} n'est pas reliée à l'augmentation de C_r ($r = 0,06$; $p = 0,84$). Contrairement à C_{gest} , C_{cin} , C_{pot} et la fréquence de pas sont restés constants entre le début et la fin de l'exercice (respectivement $1,33 \pm 0,33$ contre $1,38 \pm 0,29$ $J.kg^{-1}.m^{-1}$, $p = 0,79$; $0,47 \pm 0,11$ contre $0,48 \pm 0,10$ $J.kg^{-1}.m^{-1}$, $p = 0,67$ et $2,98 \pm 0,12$ contre $3,00 \pm 0,16$ Hz, $p = 0,60$). En revanche, C_{cin} et C_{pot} sont significativement corrélés avec C_r (figure 1A, B).

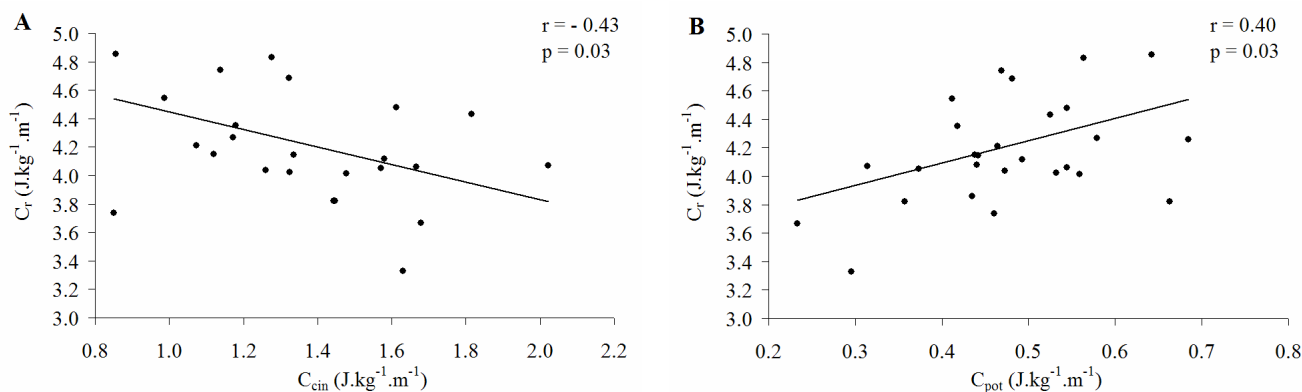


Fig. 1: Corrélation entre C_r et C_{cin} (A) et C_{pot} (B) au début et à la fin de l'exercice.

CONCLUSION

L'analyse des résultats montre que le surcoût énergétique (augmentation de C_r) induit par la fatigue n'est pas liée à une modification de la mécanique de la foulée (fréquence de pas, C_{cin} , C_{pot} ou C_{gest}). En effet, en dépit de l'augmentation simultanée de C_r et de C_{gest} , ces deux variations n'ont aucun lien entre elles. Contrairement à l'idée généralement admise, il semble qu'en état de fatigue la modification de la gestuelle du coureur de demi-fond n'influence pas l'économie du coureur. Ce résultat montre d'une part que la modification de la mécanique de course d'un coureur (dans des proportions raisonnable) n'est pas forcément associée à l'augmentation ou à la diminution de sa demande énergétique. D'autre part que la performance en endurance, paraît dépendre à la fois de paramètres énergétiques et de paramètres mécaniques. Ainsi, l'entraînement du coureur de demi-fond doit viser à améliorer à la fois ses qualités aérobies (VMA, seuil, coût énergétique...) et ses qualités mécaniques (qualités des appuis, fréquence, amplitude, style de course,...). Le travail technique, comme par exemple un travail du rythme des appuis en fin de séance de seuil ou de VMA ou un travail de la trajectoire du pied dans la phase de retour de la jambe libre, doit constituer une partie non négligeable de l'entraînement.

Chaque coureur possède ses propres qualités physiologiques, mais également mécaniques. L'optimisation des qualités mécaniques par la musculation et la technique de course constitue, à notre avis, une possible voie dans l'amélioration de la performance.

BIBLIOGRAPHIE

Billat, V., Richard, R., Binsse, V., Koralsztein, J. P., Haouzi, P. (1998). The $V(O_2)$ slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue. *J. Appl. Physiol.* 85, 2118-24.

Candau, R., Belli, A., Millet, G. Y., Georges, D., Barbier, B. Rouillon, J. D. (1998). Energy cost and running mechanics during a treadmill run to voluntary exhaustion in humans. Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 77, 479-85.

Gazeau F., (1998). Prédiction du délai de fatigue par les modifications mécaniques de la foulée en course à pied. [Thèse]. Paris : Université de Paris V.

Williams K., R., Snow R., Agruss C. (1991a). Change in distance running kinematics with fatigue. Int. J. Sport Biomech. 7, 138-162.

Remerciements

Les auteurs remercient très sincèrement la Fédération Française de Ski et le Dr. Michel Tavernier pour leur aide dans le traitement des résultats.

Laboratoire d'Etude de la Physiologie de l'Exercice (LEPHE), Université d'Evry-Val d'Essonne, Bâtiment des Sciences Boulevard François Mitterrand 91025 EVRY cedex, France. e-mail : jeanslawinsi@hotmail.fr

Les articles cités ou leur résumé peuvent vous être envoyés par mail. (sergeolivares@free.fr)

Pour adhérer à notre association ou avoir des renseignements, une seule adresse :

AEIFA, 16 rue Vincent Compoint 75018 PARIS

Courriel : aeifa@aeifa.com Internet : www.aeifa.com