

Communication brève

## Comparaison de l'activité EMG du pédalage entre un exercice réalisé sur ergomètre stationnaire et sur tapis roulant motorisé

### Comparison of pedalling EMG activity between when cycling on stationary ergometer and motorised treadmill

S. Duc<sup>a,\*</sup>, T. Bouteille<sup>a</sup>, W. Bertucci<sup>b</sup>, J.-N. Pernin<sup>a</sup>, F. Grappe<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institut FEMTO ST (UMR CNRS<sup>6174</sup>), laboratoire de mécanique appliquée R.-Chaléat, université de Franche-Comté, 24, chemin de l'épitaphe, 25000 Besançon, France

<sup>b</sup> Laboratoire d'analyse des contraintes mécaniques, EA 3304 LRC CEA/UFR STAPS, université de Reims Champagne-Ardenne, campus moulin de la housse (bâtiment-6), 51100 Reims, France

Reçu le 30 mars 2006 ; accepté le 20 juillet 2006

Disponible sur internet le 22 septembre 2006

#### Résumé

**Introduction.** – Le but de ce travail était d'étudier l'effet du type d'ergomètre utilisé en cyclisme sur l'activité électromyographique (EMG) des muscles impliqués dans le mouvement du pédalage.

**Synthèse des faits.** – Sept cyclistes entraînés ont réalisé quatre exercices de pédalage de trois minutes à 70 % de la puissance maximale aérobie sur un tapis roulant incliné à 4 % et sur un ergomètre stationnaire Axiom en utilisant deux postures de pédalage différentes (assis et en « danseuse »). L'activité EMG globale du membre inférieur (somme de l'activité EMG de huit muscles) est significativement plus élevée lorsque les cyclistes pédalent sur l'ergomètre Axiom que lorsqu'ils pédalent sur le tapis roulant, pour une même puissance mécanique développée, et ce quelle que soit la posture de pédalage adoptée.

**Conclusion.** – L'augmentation de l'activité musculaire lors de l'exercice réalisé sur l'ergomètre Axiom peut être due à l'absence des oscillations latérales et sagittales du vélo mais aussi à la force de freinage constante de l'ergomètre qui oblige les cyclistes à maintenir une tension musculaire permanente sur la pédale lors de chaque cycle de pédalage.

© 2006 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

#### Abstract

**Purpose.** – The aim of this work was to study the effect of ergometer cycling condition on the electromyographic (EMG) activity of muscles involved in pedalling.

**Methods and results.** – Seven trained cyclists performed four pedalling trials of three minutes at 70% of maximal aerobic power on a treadmill with a slope of 4% and on an Axiom stationary ergometer. Two postures (seated and standing pedalling) were also studied. The global EMG activity of lower limb (sum of the activity of all muscles) is higher when cyclists pedal on Axiom ergometer compared when they cycle on treadmill for the same power output and regardless the body's posture.

**Conclusion.** – The increase of muscular activity during the stationary ergometer exercise can be due to the lack of lateral and sagittal sways of bicycle and also to the constant Axiom brake force which enhanced cyclists to sustain a higher force pedal during each crank cycle.

© 2006 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Cyclisme ; Activité EMG ; Ergomètre Axiom ; Tapis roulant ; Posture

**Keywords:** Cycling; EMG activity; Axiom ergometer; Treadmill; Posture

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [seb-duc@wanadoo.fr](mailto:seb-duc@wanadoo.fr) (S. Duc).

## 1. Introduction

L'évaluation des capacités physiologiques et biomécaniques des cyclistes est réalisée la plupart du temps, en laboratoire sur un cycloergomètre muni d'un frein mécanique (par exemple : l'ergomètre Monark), ou bien sur un ergomètre à frein électromagnétique (par exemple : les ergomètres, appelés aussi « home-trainer », Velodyne, Computrainer, Axiom), ou enfin sur un tapis roulant motorisé. Il est parfois nécessaire d'équiper le vélo d'un wattmètre mobile (pédalier SRM, moyeu PowerTap, système Ergomo) pour mesurer de manière valide la puissance développée par le cycliste [4].

Ces trois types de conditions de laboratoire présentent des inconvénients non négligeables. Il est par exemple difficile de reproduire fidèlement la position d'un cycliste lorsque celui-ci pédale sur un ergomètre Monark. Ce désavantage n'existe plus avec les autres ergomètres puisque chaque cycliste peut utiliser son vélo personnel, ce dernier étant fixé par exemple à un ergomètre Velodyne. Cependant, tous ces « home-trainers » entraînent les oscillations latérales du vélo lorsque le cycliste pédale en danseuse. Le tapis roulant motorisé semble être l'outil qui se rapproche le plus possible des conditions du terrain puisque le cycliste peut faire osciller le vélo en danseuse mais aussi se déplacer légèrement dans l'axe antéropostérieur. En revanche, les principales limites de ce système sont, d'une part, qu'il est difficile de réaliser un test charge-vitesse ou Wingate, et d'autre part, que le cycliste ne peut pas réguler seul sa vitesse de déplacement.

Il est légitime de penser que le mouvement de pédalage peut être affecté par le type d'ergomètre utilisé. Les cyclistes ont en effet l'habitude de ressentir que le pédalage sur un ergomètre stationnaire n'est pas aussi fluide que sur le terrain (excepté sur un tapis roulant). L'étude de l'activité électromyographique (EMG) des muscles impliqués dans le mouvement de pédalage couplée à la perception de l'effort du sujet peut permettre de confirmer cette hypothèse. Si l'EMG et la perception sont modifiées par le type d'ergomètre, il est alors fort possible que le mouvement de pédalage soit affecté et que le coût énergétique du pédalage soit altéré (notamment lors d'un exercice de longue durée).

## 2. Matériel et méthodes

Sept cyclistes masculins entraînés ont participé à cette étude (taille :  $178 \pm 7$  cm, masse :  $73 \pm 7$  kg, âge :  $30 \pm 8$  ans ; expérience cycliste :  $10 \pm 5$  années, PMA :  $379 \pm 43$  W), après avoir pris connaissance des conditions de l'expérimentation et des risques encourus. Chaque cycliste devait pédaler avec son propre vélo, contre une pente de 4 %, dans un ordre aléatoire, sur un grand tapis roulant motorisé (S 1830, HEF Techmachine, Anrdézieux-Bouthéon, France) et sur un ergomètre électromagnétique Axiom, en utilisant deux postures différentes : assis sur la selle (mains posées en haut du guidon) et en danseuse (mains positionnées au niveau des poignées de frein). Chaque exercice durait trois minutes et était séparé par cinq minutes de récupération. Le fonctionnement de l'ergomètre

Axiom a récemment été décrit par Bertucci et al. [1]. Le contrôle de l'intensité de l'exercice (70 % de la PMA) a été réalisé à l'aide du wattmètre PowerTap (modèle professionnel, CycleOps, États-Unis). La validité et la reproductibilité des mesures obtenues par ce système ont été récemment démontrées par Bertucci et al. [2] et par Gartner et al. [3]. La fréquence de pédalage employée par chaque sujet était la même pour toutes les conditions de pédalage (rang 60–70 trs.min<sup>-1</sup>). La fréquence cardiaque (FC, bats.min<sup>-1</sup>) et la perception subjective de l'intensité de l'exercice (CR10, Borg) ont été mesurées pour chaque condition de pédalage. Chaque sujet devait également donner pour chaque ergomètre utilisé la perception subjective relative à la similitude du pédalage par rapport au terrain. Cette échelle, analogue à celle du CR10, est présentée dans le Tableau 1.

L'activité EMG du grand fessier (GF), du vaste médial (VM), du droit fémoral (DF), du biceps fémoral (BF), du semi-membraneux (SM), du gastrocnémien médial (GM), du soléaire (S) et du tibial antérieur (TA) a été mesurée et enregistré pendant dix secondes au cours de la dernière minute lors de chaque exercice de pédalage, à l'aide d'électrodes bipolaires de surfaces (Ag, Ag/Cl, diamètre : 20 mm, distance interélectrodes : 30 mm, impédance < 15 kΩ). Chaque signal EMG a été amplifié (gain de 2500), filtré (50–500 Hz) et échantillonné (1000 Hz) à l'aide d'un amplificateur différentiel Biopac MP30 (Biopac Systems Inc., États-Unis, taux de rejection de mode commun = 90 db). La valeur RMS de chaque signal EMG a été moyennée pour cinq cycles de pédalage consécutifs et normalisés par la plus grande valeur obtenue pour chaque muscle et pour chaque sujet. L'activité globale du membre inférieur a été déterminée pour chaque condition de pédalage en additionnant les huit valeurs RMS moyennes.

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Sigma Stat. Les comparaisons des variables EMG ont été réalisées par des tests de Student-t pour séries appariées. Le seuil de signification était fixé à  $p < 0,05$ .

## 3. Résultats et discussion

Il n'a pas été trouvé de différences significatives de FC entre les deux conditions de pédalage :  $152 \pm 9$  (Axiom) vs  $153 \pm 9$  bats.min<sup>-1</sup> (tapis roulant). Le coût énergétique du

Tableau 1  
Échelle de la perception subjective relative à la similitude du pédalage par rapport au terrain

	<i>Est-ce que tu te sens comme sur le terrain ?</i>		
0	Je me sens	<i>vraiment pas</i>	comme sur le terrain
1			
2	Je me sens	<i>pas vraiment</i>	comme sur le terrain
3			
4	Je me sens	<i>moyennement</i>	comme sur le terrain
5			
6	Je me sens	<i>à peu près</i>	comme sur le terrain
7			
8	Je me sens	<i>presque</i>	comme sur le terrain
9			
10	Je me sens	<i>vraiment</i>	comme sur le terrain

pédalage lors d'un exercice sous-maximal (80 % PMA) semble donc être indépendant du type d'ergomètre utilisé.

Lorsque les cyclistes pédalent en posture assise sur l'ergomètre Axiom, l'activité EMG du DF et du GM est significativement plus importante par rapport à la condition de pédalage sur tapis roulant (Fig. 1). Lorsqu'ils pédalent en danseuse sur ce même ergomètre, l'activité EMG du DF est aussi significativement plus élevée de même que celle du TA (Fig. 2). L'activité EMG des autres muscles n'est modifiée par le changement de type d'ergomètre quelle que soit la posture adoptée ( $p > 0,05$ ). L'activité EMG globale du membre inférieur est plus importante lorsque les cyclistes pédalent sur l'ergomètre Axiom que ce soit en posture assise ( $175 \pm 66$  vs  $159 \pm 55$  %,  $p < 0,05$ ) ou en danseuse ( $216 \pm 44$  vs  $197 \pm 37$  %,  $p = 0,056$ ). Ce surcoût EMG est fortement lié à la perception de l'effort des cyclistes. La perception subjective de l'intensité de l'exercice est significativement plus élevée lorsque les cyclistes pédalent sur l'ergomètre Axiom ( $3,2 \pm 0,7$ ) que sur le tapis roulant ( $2,7 \pm 0,5$ ). La perception de la similitude du pédalage par rapport au terrain est significativement meilleure pour le tapis roulant ( $6 \pm 1,6$ ) que pour l'ergomètre Axiom ( $1,8 \pm 1,3$ ). La

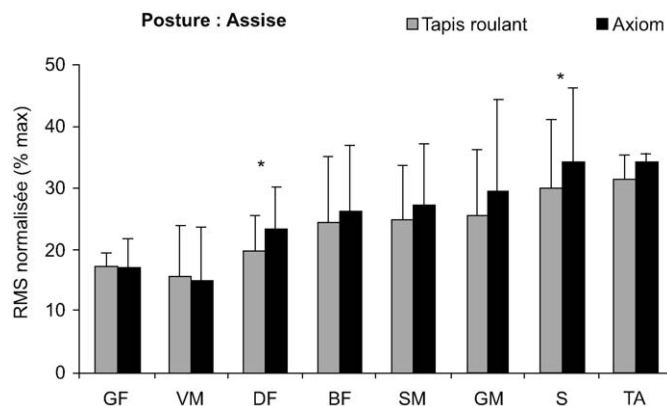


Fig. 1. Comparaison de l'activité EMG (RMS) pour la posture assise entre l'exercice réalisé sur le tapis roulant et l'exercice réalisé sur l'ergomètre Axiom. GF : grand fessier ; VM : vaste médial ; DF : droit fémoral ; BF : biceps fémoral ; SM : semi-membraneux ; GM : gastrocnémien médial ; S : soléaire ; TA : tibial antérieur. \*  $p < 0,05$ .

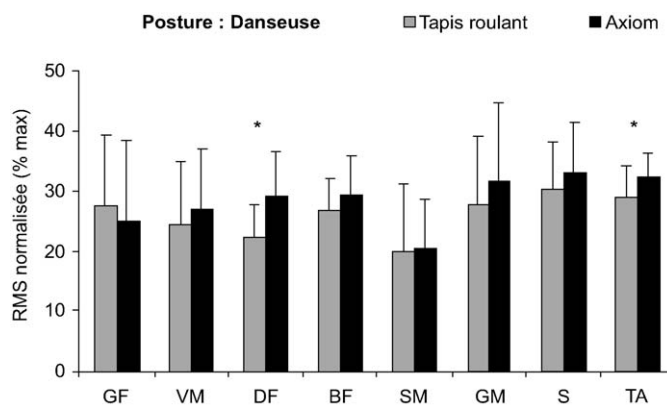


Fig. 2. Comparaison de l'activité EMG (RMS) pour la posture en danseuse entre l'exercice réalisé sur le tapis roulant et l'exercice réalisé sur l'ergomètre Axiom.

fatigue musculaire lors d'un exercice intense et prolongé pourrait donc survenir plus rapidement chez des cyclistes pédalant sur un ergomètre stationnaire que sur un tapis roulant motorisé. Les entraîneurs, les médecins, les scientifiques et bien entendu les cyclistes doivent prendre en compte cette considération lorsqu'ils réalisent des tests en laboratoire.

Ces différences peuvent être expliquées principalement par deux causes. La première est l'absence des oscillations latérales du vélo lorsque les cyclistes pédalent sur l'ergomètre Axiom, le vélo étant fixé à ce dernier. Il est possible que les cyclistes sollicitent davantage sur un ergomètre fixe certains muscles pour maintenir leur bassin dans une position fixe. Ryschon et al. [6] ont suggéré que l'orientation de la force appliquée sur la pédale est meilleure en danseuse grâce aux oscillations latérales du vélo. Lorsque les cyclistes pédalent en danseuse sur l'ergomètre Axiom, l'efficacité mécanique du pédalage pourrait donc être diminuée, ce qui les obligerait à produire une force musculaire plus importante. La seconde cause peut être due à la force de freinage constante de l'ergomètre, qui oblige les cyclistes à pédaler en maintenant une tension musculaire permanente lors de chaque cycle de pédalage. Pour répondre au frein constant du moteur, ils ne peuvent s'octroyer aucune période de relâchement musculaire. L'augmentation de l'activité EMG du DF semble confirmer cette hypothèse. Raasch et al. [5] ont montré que la fonction de ce muscle était d'assurer la continuité et la fluidité du pédalage lors du passage du point mort haut. Ainsi, lorsque les cyclistes pédalent sur l'ergomètre Axiom, ils semblent solliciter davantage le DF pour obtenir une vitesse angulaire de rotation du pédalier la plus régulière possible, notamment lors de la phase de transition entre la flexion et l'extension du membre inférieur. En revanche, lorsque les cyclistes pédalent sur un tapis roulant, ils oscillent autour d'une position d'équilibre en fonction de la vitesse de déroulement de la bande du tapis. En conséquence, la vitesse de déplacement du vélo varie légèrement, comme sur le terrain. Il est donc possible que les courtes périodes de décélérations, dues au déplacement du cycliste dans l'axe antéropostérieur, soient suffisantes pour que les cyclistes aient un léger relâchement musculaire et diminuent ainsi la charge de travail des membres inférieurs.

#### 4. Conclusion

Cette étude montre que le coût neuromusculaire du pédalage, en terme d'activité EMG globale, est supérieur, lorsque les cyclistes pédalent sur un ergomètre Axiom, à celui déterminé, que lorsqu'ils pédalent sur un tapis roulant motorisé. La perception subjective de l'intensité de l'exercice est supérieure lorsque les cyclistes pédalent sur l'ergomètre Axiom alors que la perception de la similitude du pédalage par rapport au terrain est meilleure lorsqu'ils pédalent sur le tapis roulant motorisé.

Ces résultats suggèrent donc que le tapis roulant motorisé soit l'ergomètre qui reproduit le mieux possible les conditions réelles du terrain puisqu'il permet au cycliste de se déplacer dans l'espace tridimensionnel.

**Références**

- [1] Bertucci W, Duc S, Villerius V, Grappe F. Validity and reliability of the Axiom Powertrain egometer when compared with an SRM powermeter. *Int J Sports Med* 2005;26:59–65.
- [2] Bertucci W, Duc S, Villerius V, Pemin JN, Grappe F. Validity and reliability of the PowerTap mobile cycling powermeter when compared with the SRM device. *Int J Sports Med* 2005;26:868–73.
- [3] Gardner AS, Stephens S, Martin DT, Lawton E, Lee H, Jenkins D. Accuracy of SRM and Powertap power monitoring systems for bicycling. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1252–8.
- [4] Paton CD, Hopkins WG. Tests of cycling performance. *Sport Med* 2001;31:489–96.
- [5] Raasch CC, Zajac FE, Maß B, Levine WS. Muscle coordination of maximum-speed pedalling. *J Biomech* 1997;6:595–602.
- [6] Ryschon TW, Stray-Gundersen J. The effect of body position on the energy cost of cycling. *Med Sci Sport Exerc* 1991;23:949–53.