

Indicateurs biomécaniques de l'optimisation du cycle étirement-détente en condition de fatigue

^{1,2}Cédric Morio, ¹Caroline Nicol, ¹Pascale Chavet, ²Matthieu Foissac, ¹Eric Berton

¹ UMR6233 Institute des Sciences du Mouvement, Marseille. ² Oxylane Research, Villeneuve d'Ascq.

Correspondant. Email: cédric.morio@oxylane.com

Mots clés : Cycle étirement-détente, Optimisation, Fatigue, Biomécanique

INTRODUCTION

Le cycle étirement détente (CED) caractérise des formes naturelles de locomotion comme la course à pied ou les sauts [1]. Le CED est une tâche motrice complexe, qui peut nécessiter nombre de répétitions avant de se stabiliser dans sa forme optimale. Ainsi, il a été montré que pour des tâches de type CED (course [2], sauts répétés [3]), un temps d'optimisation du geste est nécessaire même chez des sujets entraînés. Cela pose le problème des tests pré-post fatigue. Ceci est d'autant plus critique lorsque l'exercice de type CED est intermittent car la fatigue post-exercice engendrée est alors particulièrement modérée [3].

La présente étude s'intéresse aux indicateurs mesurables de l'optimisation initiale du CED afin de séparer cette dernière des effets réels de la fatigue engendrée par l'exercice.

METHODE

Dix sujets sains ont réalisé un exercice de type CED jusqu'à épuisement en position assise sur un ergomètre de type « sledge » [4] (Fig. 1). L'exercice comportait des séries de 30 rebonds unilatéraux contre une plateforme de force (Kistler 9281CA) perpendiculaire au déplacement, avec des périodes de repos inter-séries de 3 min. Les sujets avaient pour consigne d'éviter tout impact du talon. La hauteur des rebonds était imposée à 70% de leur rebond maximal. L'épuisement était atteint lorsque les sujets n'atteignaient plus la hauteur imposée pendant plus de 10 rebonds successifs (Fig. 2).

L'activité électromyographique de surface a été enregistrée en continu à 2000Hz (Biopac MP150) pour 7 des muscles du membre inférieur. Les 3 composantes de la force de réaction de la plateforme (GRF) et de l'accélération tibiale (TAcc) ont été enregistrées en parallèle. L'analyse a porté sur les amplitudes moyennes des activités EMG, des composantes de GRF et sur les amplitudes et fréquences moyennes (MPF) des TAcc lors de la phase de freinage, ainsi que sur les temps de contact au sol.

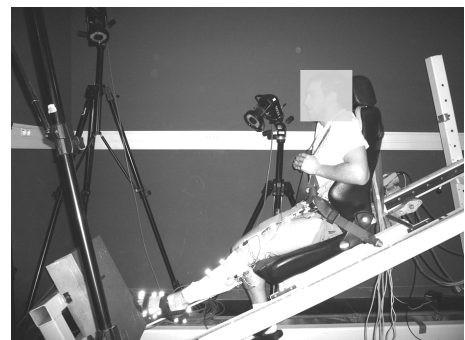


Figure 1 : Sujet rebondissant sur le sledge.

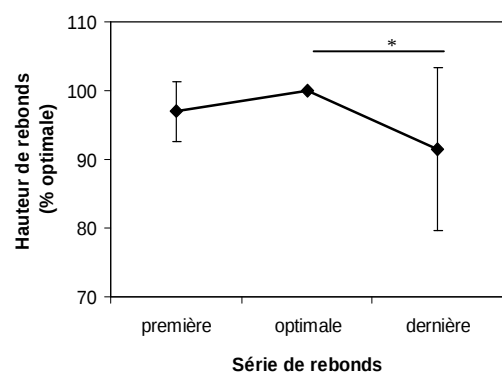


Figure 2 : Evolution de la hauteur moyenne de rebond ($\pm$ écart-type) au cours des différentes étapes de l'exercice. * : différence significative ($p < 0,05$) obtenue sur les valeurs absolues.

La série de rebond dite « optimale » (référence 100%) a été détectée grâce à une analyse de variance (ANOVA) à un facteur, en comparant les séries sur leurs valeurs moyennes (du 6^{ème} au 25^{ème} rebond) de temps de contact et d'activation du triceps sural. Une ANOVA à mesures répétées a été réalisée entre les différentes étapes de l'exercice fatigant (première série, série optimale, dernière série) pour suivre l'évolution des différents paramètres biomécaniques mesurés.

RESULTATS

Les sujets ont réalisé en moyenne 15±7 séries (de 6 à 32) de 30 rebonds. L'analyse couplée des paramètres mécaniques et de l'activité EMG montre que l'optimisation du CED demande aux sujets 3±1 séries de 30 rebonds, soit presque 3 minutes d'exercice en moyenne. Comme le montre le Tableau 1, la première série de rebond se différencie significativement ($p < 0,05$) de la série optimale par un temps de contact au sol plus élevé (+18%) et par des valeurs plus faibles de l'amplitude moyenne de la GRF verticale (-0,15BW) et de la MPF TAcc médiolatérale (-2,8Hz). Les données EMG révèlent des stratégies très individualisées.

DISCUSSION et CONCLUSION

Nos résultats confirment la réduction notable de la durée d'appui avec l'optimisation du CED [3] et le rôle essentiel de la phase de freinage dans l'efficacité du CED [1]. Cette étude souligne également les écarts inter-sujets dans l'atteinte de l'épuisement, même lorsque la hauteur de rebonds imposée est individualisée.

L'analyse pré-post fatigue (Tableau 1) démontre la différence des résultats obtenus selon la série pré-fatigue choisie (première ou optimale). Ainsi, la première série tend à surestimer les effets de la fatigue. Les variables du tableau 1 apparaissent donc comme des indicateurs de l'optimisation du CED plutôt qu'en tant que marqueurs de la fatigue du sujet.

En conclusion, l'évaluation de la fatigue dans cette tâche complexe de type CED nécessite, tout comme en course à pied, la prise en compte de la période d'optimisation du geste. Cette optimisation, tout comme la durée de l'exercice nécessaire à l'atteinte de l'état d'épuisement, reste très individuelle.

REFERENCES

1. Komi P.V., Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech*, **2000**, 33, 1197-1206.
2. Ftaiti F., Grelot L., Coudreuse J.M. et Nicol C., Combined effect of heat stress, dehydration and exercise on neuromuscular function in humans. *Eur J Appl Physiol*, **2001**, 84, 87-94.
3. Reguème S., Nicol C., Barthélemy J. et Grélot L., Acute and delayed neuromuscular adjustments of the triceps surae muscle group to exhaustive stretch-shortening cycle fatigue. *Eur J Appl Physiol*, **2005**, 93, 398-410.
4. Kaneko M., Komi P.V. et Aura O., Mechanical efficiency of concentric and eccentric exercise performed with medium to fast contraction rates. *Scand J Sport Sci*, **1984**, 6, 15-20.

Tableau 1: Moyennes et écart-types des rebonds (6^{ème} au 25^{ème}) au cours des différentes étapes de l'exercice.
* : différence significative ($p < 0,05$) par rapport à la première série de rebonds.

		Série de rebonds		
		Première	Optimale	Dernière
Phase d'appui total	Durée (s)	0,661	0,562 *	0,582 *
		0,081	0,065	0,104
Phase de freinage	Force verticale moyenne (BW)	1,31	1,42 *	1,43 *
		0,13	0,15	0,21
	MPF TAcc médiolatérale (Hz)	29,3	32,1 *	32,6 *
		10,0	10,4	10,2
	MPF TAcc verticale (Hz)	15,1	17,5	19,6 *
		6,3	6,9	7,6