

ifce

institut français
du **cheval**
et de l'**équitation**



43^{ème} Journée de la Recherche Équine
Jeudi 16 mars 2017

Caractéristiques des efforts chez le cavalier lors d'un parcours de cross : approches neuromusculaire et cinématique

J. Fortier Guillaume¹, D. Laroche^{2,3}, N. Babault^{1,3}

¹ Centre d'Expertise de la Performance, UFR STAPS, Université de Bourgogne-Franche-Comté, 21078 Dijon

² Centre Hospitalier Universitaire de Dijon, 14 Rue Paul Gaffarel, 21000 Dijon

³ INSERM U1093 Cognition, action et plasticité sensorimotrice, UFR STAPS, Université de Bourgogne-Franche-Comté, BP 27877, 21078 Dijon

Résumé

L'objectif de cette étude était de caractériser l'activité électrique des muscles ou électromyographique (EMG) et la cinématique chez des cavaliers amateurs lors d'un parcours de cross. Après une condition contrôle, *i.e.* franchissement individualisé de trois obstacles différents, onze cavaliers ont réalisé un parcours de cross qui débutait et se terminait par les trois mêmes obstacles contrôle. Afin d'évaluer la force maximale des muscles, des contractions maximales volontaires ont été réalisées avant et après le parcours. L'activité EMG a été enregistrée sur sept muscles des membres inférieurs, supérieurs et du dos. De manière synchrone, l'analyse du mouvement a été réalisée à partir de capteurs de mouvement placés sur les cavaliers (casque, dos, ceinture, épaule, coude, main, genou, cheville et pointe du pied). L'activité EMG et la force musculaire n'ont montré aucune modification au cours du parcours, synonyme d'absence de fatigue musculaire chez des cavaliers amateurs. L'activité cinématique a montré quant à elle une variation entre la session contrôle et le parcours de cross. Différentes hypothèses sont évoquées afin d'expliquer cette variation de la cinématique.

Mots clés : cavaliers, électromyographie, cinématique, fatigue neuromusculaire.

Summary

The objective of this study was to characterize the muscle electrical activity or electromyographic activity (EMG) and kinematics of amateur riders during a cross. After a control condition, *i.e.* individualized jumping of three different obstacles, eleven riders realized a cross which began and ended with the same three control obstacles. In order to evaluate maximum muscle strength, maximum voluntary contractions were performed before and after the cross. EMG activity was recorded on seven muscles of the lower, upper and back limbs. Synchronously, motion analysis was carried out using movement sensors placed on the riders (helmet, back, belt, shoulder, elbow, hand, knee, ankle and toe). EMG activity and muscle strength did not change during the race, which indicated the absence of fatigue in novice riders. The kinematic activity showed alterations between the control session and the cross. Different hypotheses are proposed to explain this variation of kinematics.

Key-words: horse riders, electromyography, kinematic, neuromuscular fatigue.



Introduction

L'équitation est couramment définie comme un sport d'équilibre (Favory, 2011). D'un point de vue biomécanique, monter à cheval est une activité où le cavalier doit s'adapter à un support animé de mouvements dans les trois dimensions et en déplacement dans l'espace, tout en gardant la maîtrise des aides (qui donnent les indications au cheval) (Favory, 2011). De ce fait, le risque de blessure induit par les chutes des cavaliers fait partie intégrante des risques de la pratique. De plus, les mouvements des membres et du tronc du cheval varient grandement en fonction de l'allure nécessitant une perpétuelle adaptation de la part du cavalier pour suivre le mouvement du corps du cheval et pour stabiliser sa position (Münz et coll., 2014, Wolfram et coll., 2013). Terada et al., (2004) ont précédemment identifié des pics d'activité des muscles du haut du corps, notamment des muscles droit de l'abdomen, biceps brachial, triceps brachial ou encore deltoïde, lors de déplacements du cheval au trot.

Au cours de certains sports équestres, en plus de suivre les déplacements du cheval aux différentes allures, le cavalier doit également gérer le franchissement d'obstacles. Le concours complet avec l'épreuve de cross a la particularité de se dérouler en terrain naturel et de comporter des obstacles fixes (tronc, haie, gué,...). Ces épreuves se courent sur des distances variant entre 1200m (niveau amateur) et 4200m (niveau professionnel) au cours desquelles le couple doit franchir des obstacles avec un nombre maximal d'effort réglementé (allant de 14 à 36 sauts). Ainsi les contractions musculaires exercées par les cavaliers ont un rôle majeur dans le maintien de l'équilibre tout au long du parcours et notamment lors du franchissement des obstacles, évitant ainsi les chutes par déséquilibre et le maintien des aides efficace. Ces différentes actions musculaires pourraient être optimisées par un entraînement physique ciblé, mais cela nécessite au préalable de connaître les muscles sollicités et leur niveau d'activité pendant un cross.

Bien que de précédentes études se soient intéressées à l'activité des muscles du dos (Terada, 2000) et du haut du corps (Terada et al., 2004) chez des cavaliers aux trois allures, aucune étude n'a investigué l'activité musculaire au cours d'un parcours de cross. Cette étude avait pour objectif de caractériser l'activité musculaire des différents muscles du cavalier lors de sauts d'obstacles standardisés de configurations différentes (condition contrôle) et lors d'un parcours de cross. L'activité électromyographique (EMG) a été mise en relation avec les déplacements des membres supérieurs, du tronc et des membres inférieurs du cavalier. L'évolution de la fatigue neuromusculaire engendrée par cette activité a également été suivie.

1 Matériel & Méthodes

1.1 Cavaliers

Onze cavaliers amateurs, 4 sujets féminins (25 ± 6 ans, 58 ± 4 kg, 168 ± 3 cm) et 7 sujets masculins (27 ± 10 ans, 70 ± 6 kg, 180 ± 5 cm), ont participé à l'étude avec leur propre monture (5 femelles, 10 ± 5 ans et 6 hongres, 9 ± 4 ans). Tous les sujets ont été informés des risques potentiels de l'étude et ont donné leur consentement éclairé par écrit.

1.2 Tests et mesures

Après un échauffement libre, les sujets ont réalisé la condition contrôle *i.e.* le franchissement de trois obstacles (O1 – O2 – O3) de configuration différente (caisson de 91 cm de haut, haie de 88 cm et tronc de 82 cm), de manière individualisée et dans un ordre précédemment tiré au sort. Après la situation contrôle, les cavaliers réalisaient deux contractions maximales volontaires (CMV pré) sur les différents groupes musculaires, avant de remonter à cheval et réaliser leur parcours de cross. Le parcours de cross d'une longueur de 1100 mètres était composé de onze obstacles. Le parcours de cross débutait (PRE) et se terminait (POST) par les trois mêmes obstacles de la condition contrôle. Un test de fatigabilité post-parcours a été réalisé sur le muscle droit fémoral (CMV post) par deux extensions maximales de la cuisse sur une chaise équipée d'un capteur de force.

L'activité EMG a été enregistrée grâce au système portable EMG Trigno Mobile (Delsys, Boston, MA, USA) et ses électrodes placées sur les muscles Biceps Brachial (BB), Deltoïde chef musculaire (DL), Iléo Costal des Lombes (ICL), Gluteus Maximus (GM), biceps femoris (BF), Gastrocnemius medialis (GAM), Rectus femoris (ES) de la partie gauche du corps. De manière synchrone, l'analyse du mouvement a été réalisée avec un système de neuf capteurs de mouvement Captiv Tsens motion (TEA, Vandoeuvre, France) placés sur les cavaliers (casque, dos, ceinture, épaule, coude, main, genou, cheville et pointe du pied). Ces capteurs ont permis d'identifier les déplacements des membres supérieurs (poignet-coude-épaule), du tronc (épaule-ceinture) et des membres inférieurs (pied-cheville-cuisse). La fréquence cardiaque (FC) a été continuellement enregistrée au moyen du système Delsys ainsi que la vitesse de déplacement (GPS Garmin)



lors de la condition contrôle et du parcours de cross. La durée du parcours et les fautes aux obstacles ont été notées pour chaque couple.

1.3 Traitement et analyses statistiques

Les données ont été extraites du logiciel Captiv et analysées avec le logiciel Matlab. Une ANOVA à deux facteurs à mesures répétées sur les enregistrements EMG a été réalisée. Le facteur obstacle (3 obstacles) et le facteur temps (3 passages sur chaque obstacle) ont été considérés. Chaque muscle et chaque mouvement a été analysé de manière indépendante. En cas d'effet principal significatif ou d'interactions significatives, un test post-hoc SNK de Newman-Keuls a été réalisé. L'analyse statistique des données cinématiques (variations angulaires et vitesses angulaires) a été réalisée par paires à l'aide d'un test non-paramétrique de Wilcoxon. Le seuil de significativité a été fixé à $P < 0,05$.

2 Résultats

Le parcours de cross a été réalisé en moyenne en 2 minutes 16 ± 27 secondes, avec aucune faute aux obstacles pour 9 cavaliers et des refus pour 2 cavaliers. Les valeurs de force, mesurées en pré parcours et en **post parcours n'ont pas montré de différence significative ($466,4 \pm 73,0$ N et $439,4 \pm 109,9$ N respectivement, $p > 0,05$)**. La fréquence cardiaque moyenne sur le parcours était de 142 ± 16 bpm.

2.1 Analyse électromyographique

L'ANOVA réalisée sur les valeurs root mean square de l'EMG n'a pas relevé d'effet principal 'temps' quel que soit le muscle. Aucune différence **significative n'a été observée entre les données EMG des obstacles mesurés** entre le début et la fin du parcours pour un même obstacle ($p > 0,05$). De même, aucune différence **significative n'a été observée entre les valeurs obtenues au début et à la fin** du parcours par rapport aux obstacles de la condition contrôle (O1, O2 et O3) ($p > 0,05$). L'ANOVA n'a pas non plus relevé d'effet principal 'obstacle' quel que soit le muscle considéré. Aucune différence n'a été enregistrée entre les obstacles caisson, haie, tronc ($p > 0,05$).

2.2 Analyse cinématique

La comparaison entre les différents obstacles dans la condition contrôle m'a montré que peu de différences significatives. Aucune différence n'a été observée sur les variations angulaires lors des différents obstacles. Les vitesses angulaires n'ont révélé de différence significative que pour la rotation horizontale de l'épaule entre l'obstacle 1 et l'obstacle 3. L'analyse statistique muscle par muscle met principalement en avant des différences significatives entre le franchissement des obstacles en condition contrôle par rapport aux conditions dans le parcours de cross pour les obstacles 1 et 2 (O1 et O2).

3 Discussion

L'objectif de cette étude était de caractériser les sollicitations musculaires au cours d'un parcours de cross afin de proposer des contenus d'entraînement adaptés.

Les données électromyographiques couplées aux données cinématiques n'ont pas révélé de différence significative entre les obstacles de la condition contrôle O1, O2 et O3. Ainsi les différentes configurations des **obstacles (caisson, haie et tronc) n'ont pas induit de réponses musculaire et cinématique spécifiques**, contrairement à nos hypothèses initiales.

Les principaux résultats cinématiques de cette étude ont mis en évidence quelques différences significatives entre le franchissement des obstacles en condition contrôle par rapport aux conditions PRE du parcours de cross (franchissement au début du parcours). Plusieurs hypothèses pourraient expliquer ces résultats. En effet, le **franchissement de chaque obstacle contrôle était précédé d'une phase de pas, puis de 50 mètres au galop**. Immédiatement après le franchissement, il était demandé aux cavaliers de repasser au pas le plus rapidement possible. Entre chaque obstacle contrôle, une phase de pas de 2 minutes était réalisée. Chaque obstacle de la condition contrôle était donc individualisé et franchit de manière isolée, contrairement à un enchaînement de parcours, ceci pouvant justifier les différences observées.

En outre, ces différences pourraient également être liées à l'activité des chevaux puisque les mouvements des cavaliers sont principalement conduits par ceux des chevaux (Münz et al., 2014 ; Wolfram et al., 2013). Les obstacles de la condition contrôle étaient tous franchis pour la première fois par chaque couple, pouvant **potentiellement créer une modification de l'activité du cheval (vitesse plus élevée, saut plus haut,...)**. L'activité du cavalier serait donc directement liée à celle du cheval, qui sans modification de l'activité musculaire, subirait des déplacements (variations et vitesses angulaires) plus importants pendant les sauts. Ceci a d'ailleurs été montré au trot où des cavaliers novices, comparés à des cavaliers expérimentés,



présentaient des difficultés à se coordonner avec le corps des chevaux et à rester en équilibre lors des déplacements du cheval (Terada, 2000). Ainsi, nos résultats confirment que l'activité du cheval conditionne celle du cavalier et cela semble d'autant plus marqué que le cavalier est non expérimenté. La familiarisation du couple cheval/cavalier aux obstacles semble néanmoins relativement rapide, puisqu'un seul franchissement a été suffisant aux chevaux pour s'adapter à la configuration de l'obstacle et au cavalier pour ajuster ses stratégies de contrôle postural. Cette hypothèse nécessiterait d'être confirmée par des essais supplémentaires.

L'objectif de cette étude était de déterminer l'activité musculaire synchronisée avec des mesures cinématiques au début et à la fin du parcours et par conséquent de quantifier l'apparition d'une potentielle fatigue neuromusculaire. Nos résultats n'ont pas permis de mettre en évidence l'apparition d'une fatigue neuromusculaire au cours du parcours de cross. Ces résultats peuvent en partie s'expliquer par les caractéristiques du parcours de cross, où la distance totale et le nombre d'obstacles étaient légèrement inférieurs aux parcours amateurs en compétition (1100 mètres avec 11 obstacles *versus* 1200 m avec un nombre maximal d'effort réglementé allant de 14 à 36 sauts respectivement). Des essais complémentaires sur un parcours amateur voir professionnel seraient intéressants et permettraient d'investiguer si la fatigue neuromusculaire est un facteur de performance chez des cavaliers de concours complets.

4 Conclusion

Les résultats de cette étude n'ont pas permis de mettre en évidence des modifications de l'activité électromyographique au cours d'un parcours de cross. Cette absence de fatigue au cours du parcours pourrait être attribuée aux caractéristiques du parcours mais pourrait également indiquer que la fatigue neuromusculaire n'est pas un facteur de performance chez des cavaliers amateurs.

Cette étude a également mis en évidence une variation de la cinématique des cavaliers notamment entre la session contrôle et le parcours de cross. Différentes hypothèses pourraient expliquer ces résultats comme l'influence de la coordination cheval-cavalier dans la stratégie posturale des cavaliers.

Remerciements

Nous remercions l'Institut Français du Cheval et de l'Équitation pour leur participation financière à ce projet.

Références

- Favory, E. 2011. Santé et équitation, Editions Chiron, 171p.
- Münz, A., Eckardt, F., Witte, K. 2014. Horse-rider interaction in dressage riding. *Human Movement Science* 33, 227-237.
- Terada, K. 2000. Comparison of head movement and EMG activity of muscles between advanced and novice horseback riders at different gaits. *Journal of Equine Science* 11, 83–90.
- Terada, K., Mullineaux, D.R., Lanovaz, J., Kato, K. Clayton, H.M. 2004. Electromyographic analysis of the rider's muscles at trot. *Equine and Comparative Exercise Physiology* 1, 193–198.
- Wolframm, I.A., Bosga, J., Meulenbroeck, R.J. 2013. Coordination dynamics in horse-rider dyads. *Human Movements Science* 32, 157-170.