



41^{ème} Journée de la Recherche Équine
Jeudi 12 mars 2015

Dépense énergétique et coordinations posturales de l'Homme sur un cheval mécanique

Par

H. Baillet¹, D. Leroy¹, E. Vérin², C. Tourny-Chollet¹, R. Thouwarecq¹

¹ Laboratoire CETAPS, EA 3832, UFR STAPS Rouen, boulevard Siegfried, 76821 Mont Saint Aignan Cedex

² CRMPR Les Herbiers, 111 rue Herbeuse BP 524, 76235 Bois Guillaume

Résumé

A ce jour, la littérature sur le cheval mécanique ne propose pas de caractérisation des contraintes physiologiques, ni de description des coordinations posturales induites par ce dispositif. Les objectifs de l'étude sont donc de mesurer la dépense énergétique et de quantifier les coordinations posturales à différentes fréquences d'oscillation du cheval chez des sujets sains et de déterminer comment l'expertise (cavaliers et non-cavaliers) modifie ces paramètres. Les 8 sujets devaient réaliser une session sur le cheval mécanique à différentes vitesses : V1 (57,7 osc.min⁻¹) pendant 3 minutes, V2 (88,2 osc.min⁻¹) 6 minutes, V3 (103,5 osc.min⁻¹) 6 minutes et V4 (150 osc.min⁻¹) 6 minutes. La consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$), la production de dioxyde de carbone ($\dot{V}CO_2$) et la fréquence cardiaque (FC) étaient relevées, le quotient respiratoire (QR) était calculé. Les coordinations posturales étaient caractérisées par le calcul des phases relatives (tronc/cheval, tête/cheval et coude/cheval). Aucune différence significative de dépense énergétique n'a été observée entre ces deux groupes. En revanche, l'analyse descriptive du QR a montré que les non-cavaliers ont tendance à se trouver en anaérobie lactique lorsque la vitesse d'oscillation augmente (à V4 = 1,22±0,34) alors que les cavaliers restent en aérobie (à V4 = 0,95±0,03). En ce qui concerne la dynamique posturale, des modifications posturales sont apparues, uniquement pour les participants non-cavaliers lorsque la fréquence d'oscillation du cheval mécanique était augmentée (à la vitesse maximale : V4).

Mots clés : Coordination posturale, Dépense énergétique, Cheval mécanique, Expertise, Phase relative

Summary

Existing literature in mechanical horse riding tasks do not characterize physiological or postural coordination tendencies induced by this device, both of which might contribute in combination to the performance on these devices. The objectives of this study are to measure and quantify, at different oscillation frequencies of the horse, the energy expenditure and postural coordination in healthy subjects, and determine how the expertise (riders and no-riders) influences these parameters. All subjects performed one session on the mechanical horse at different speeds and durations: V1 (57.7 osc.min⁻¹), 3 minutes, V2 (88.2 osc.min⁻¹), 6 minutes, V3 (103.5 osc.min⁻¹) 6 minutes and V4 (150 osc.min⁻¹), 6 minutes. The oxygen consumption ($\dot{V}O_2$), carbon dioxide production ($\dot{V}CO_2$) and heart rate (HR) were measured, the respiratory quotient (RQ) was calculated. The postural coordinations were characterized by the calculation of relative phases (trunk/horse, head/horse and elbow/horse). No significant differences of energy expenditure were observed between the two groups. In contrast, the RQ descriptive analysis showed that non-riders tend to be in an anaerobic state when the speed of oscillations increases (at V4 = 1.22±0.34) while the experienced riders maintain an aerobic state (at V4 = 0.95±0.03). Furthermore, a postural disorganization appeared for non-riders when the oscillation frequency was increased (V4) corresponding to the frequency at which these riders entered the anaerobic state.

Key-words: Postural coordination, Energy expenditure, Mechanical horse, Expertise, Relative phase



Introduction

D'après la Société Française d'Equithérapie (2005), « l'équithérapie est un soin psychique fondé sur la présence du cheval comme médiateur thérapeutique et dispensé à une personne dans ses dimensions psychique et corporelle ». Le véritable engouement pour cette pratique thérapeutique a débuté en 1952 lorsque Liz Hartel, cavalière danoise atteinte de poliomyélite, gagne la médaille d'argent au concours de dressage lors des jeux olympiques d'Helsinki. A partir de cette date, de nombreuses études furent réalisées dans ce domaine chez des personnes atteintes de déficiences. Beaucoup d'entre elles sont centrées sur les effets bénéfiques du contact Homme/cheval chez des personnes porteuses de troubles mentaux, notamment l'autisme (Hameury *et al.*, 2010). Plus récemment, les effets de l'équithérapie ont été démontrés sur des patients touchés par différentes pathologies telles que, par exemple, l'accident vasculaire cérébral (Beinotti, Christofolletti, Correia, & Borges, 2013), l'atteinte de la moelle épinière (Choi, 2013) ou bien encore la paralysie cérébrale (Long, 2014).

Toutefois, la pratique de l'équithérapie n'est pas toujours accessible chez des patients atteints de troubles moteurs. L'utilisation de chevaux mécaniques permet alors de les préparer à passer à de l'équithérapie réelle mais également de pratiquer des exercices moteurs dans un cadre sécurisé. L'origine de cette méthode provient des travaux du kinésithérapeute, P. Klavins, dans les années 90. Dans un premier temps, un simulateur fut utilisé, au sein du programme Persival (Jouffroy, 1991) dans un but de performance chez des cavaliers de haut niveau afin d'améliorer leur posture. Ce n'est que dans un second temps qu'il a été proposé d'utiliser cette méthode à des fins de rééducation. Afin de garantir la sécurité des utilisateurs, ce cheval mécanique oscille dans un plan antéro-postérieur à des fréquences d'oscillation réglables (de 12,1 à 150 oscillations par minute). Cependant, peu d'études sont disponibles dans ce domaine, les effets de cet outil chez des personnes atteintes de handicaps sont peu connus (Herrero *et al.*, 2012). En effet, à ce jour, la littérature scientifique ne propose pas de caractérisation des contraintes physiologiques, ni de description des coordinations posturales induites par ce dispositif.

Il s'agit donc de la première étape d'un projet de recherche plus étendu qui s'intéressera plus particulièrement à l'utilisation du cheval mécanique chez des patients atteints de paraplégie traumatique. Les objectifs principaux de cette étude préliminaire (en cours) sont donc de mesurer la dépense énergétique et de quantifier les coordinations posturales à différentes fréquences d'oscillation du cheval mécanique chez des sujets non porteurs de handicap et de déterminer comment le niveau d'expertise modifie ces paramètres.

1. Matériel et méthode

1.1. Population

La population était composée de 8 sujets volontaires (4 cavaliers et 4 non-cavaliers) pour les données physiologiques et 7 sujets (2 cavaliers et 5 non-cavaliers) pour les données posturales. Tous étaient étudiants ou salariés de l'Université de Rouen (pour des questions d'assurance). Les sujets étaient répartis en deux groupes selon leur niveau d'expertise : groupe cavalier (C) et groupe non-cavalier (NC).

1.2. Matériel

Pour l'analyse des échanges gazeux respiratoires, le système K₄b² (masque + cardio-fréquence-mètre) a été utilisé. C'est un système portable mis en point par l'entreprise COSMED afin de mesurer les échanges gazeux (consommation d'oxygène : $\dot{V}O_2$ et production de dioxyde de carbone : $\dot{V}CO_2$) en mode cycle à cycle réel. Par ailleurs, pour l'analyse de la posture, le dispositif Optitrack, système optocinétique basé sur la reconnaissance de marqueurs (par réflexion infrarouge), a été utilisé. Il est composé de 10 caméras à une vitesse de 100Hz.

1.3. Protocole

Après signature du consentement libre et éclairé, chaque sujet était équipé du système K₄b² ainsi que de 15 mires placées sur différents points anatomiques permettant de caractériser des angles : l'angle du coude, ainsi que les angles formés par la tête et la verticale et le tronc et la verticale. Une dernière mire était positionnée sur le dos du cheval, afin de mesurer les coordinations posturales des sujets sur le cheval (Lagarde *et al.*, 2005).

Chaque participant devait ensuite réaliser le protocole sur le cheval mécanique à 4 vitesses d'oscillation différentes :



V1 (57,7 oscillations.min⁻¹) pendant 3 minutes, V2 (88,2 osc.min⁻¹) pendant 6 minutes, V3 (103,5 osc.min⁻¹) pendant 6 minutes et V4 (150 osc.min⁻¹) pendant 6 minutes. Ces vitesses ne retranscrivent pas à l'identique les allures « naturelles » du cheval. Mais selon les commentaires de certains cavaliers, V1 est proche du pas, V2 et V3 du galop et V4 du trot.

La consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$), la production de dioxyde de carbone ($\dot{V}CO_2$) ainsi que la fréquence cardiaque (FC) étaient relevées pendant toute l'expérimentation, pour chaque participant.

Par la suite, le quotient respiratoire (QR) était également calculé grâce au rapport $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ afin de savoir si le sujet se trouvait en aérobie (QR<1) ou en anaérobie (QR>1) pendant qu'il évoluait sur le cheval mécanique.

Les coordinations posturales ont quant à elles été caractérisées par le calcul des phases relatives (tronc/cheval, tête/cheval et coude/cheval) qui permettent de résumer les coordinations en un paramètre global (paramètre d'ordre) (Bardy, Marin, Stoffregen, & Bootsma, 1999). La phase relative est obtenue à partir des pics de revirement (figure I) des mouvements sinusoïdaux produits par les « articulations » de la tête, du coude, du tronc et du cheval. La différence de temps entre deux événements similaires au niveau de deux « articulations » est rapportée sur la période du cycle d'une des « articulations », prise en tant que référence (ici, le cheval). Ce rapport est exprimé en degré permettant de traduire la nature circulaire de la phase relative : 0° et 360° révèlent une coordination en phase, 180° traduit quant à elle une coordination en antiphase.

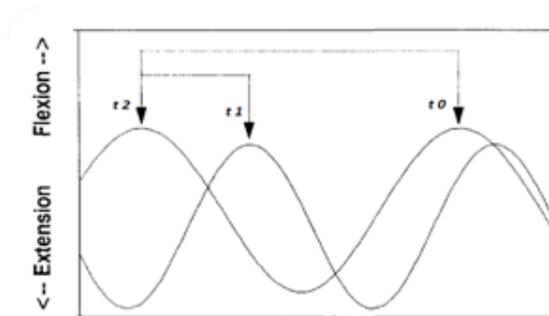


Figure I : pics de revirement
Figure I: Shifting peaks

2. Résultats

Aucune différence significative de dépense énergétique n'a été observée entre les deux groupes ($\dot{V}O_2$: p = 0,89 ; FC : p = 0,20). En revanche, l'analyse descriptive du QR a montré que les sujets du groupe NC ont tendance à se trouver en anaérobie lactique lorsque la vitesse d'oscillation augmente (à V4 = 1,22±0,34) alors que les sujets du groupe C restent en aérobie (à V4 = 0,95±0,03),

En ce qui concerne la dynamique posturale, une désorganisation posturale est apparue, uniquement pour les participants du groupe NC lorsque la fréquence d'oscillation du cheval mécanique était augmentée (à V4). L'antiphase entre tronc et cheval, maintenue chez les cavaliers quelle que soit la fréquence d'oscillation, ne l'est pas pour les non-cavaliers (246,52°±21,87° à V4 pour les NC et 190,34°±9,81° à V4 pour les C). La coordination tête/cheval, transite plus rapidement (à partir de V2) vers la phase chez les cavaliers que chez les non-cavaliers. Enfin, concernant le coude, il ne reste pas en phase avec le cheval (après V1, correspondant à l'échauffement) et la variabilité dans les coordinations est importante que ce soit pour les non-cavaliers (66,09°±87,59° à V4) ou les cavaliers (38,08°±79,56° à V4).

3. Discussion

Ces premiers résultats montrent que le cheval mécanique est une activité à dominante aérobie chez les sujets cavaliers, en concordance avec l'activité équestre en générale (Devienne & Guezennec, 2000). En revanche, chez les sujets non-cavaliers, cette activité dérive vers un effort anaérobie lactique lorsque la vitesse d'oscillation du cheval augmente. Cependant, aucune différence significative concernant la dépense énergétique n'est montrée entre le groupe C et NC. Ceci peut être dû à la non-connaissance du cheval (mécanique), comme le montre Devienne & Guezennec (2000).

Concernant les coordinations posturales, les non-cavaliers présentent une désorganisation posturale plus précoce suite à l'augmentation de la fréquence d'oscillation du cheval, comparé aux sujets cavaliers. En effet,



chez les sujets cavaliers, le coude se trouve majoritairement en phase avec le cheval ; le tronc majoritairement en antiphase, ce qui montre un effet de l'expertise car le cavalier doit « danser » avec son cheval (Ancelet, 2006) ; contrairement aux troncs des non-cavaliers qui se décalent par rapport au cheval. De même concernant la tête, les sujets cavaliers ont une tête majoritairement en phase avec le cheval, contrairement aux sujets non-cavaliers, ce qui concorde avec les résultats de l'étude d'Olivier (2012) et montre donc également un effet de l'expertise. En effet, notre étude informe que l'expertise des sujets cavaliers permet un maintien plus maîtrisé de la phase et de l'antiphase (Lagarde *et al.*, 2005) que chez les non-cavaliers.

Conclusion

Ces résultats préliminaires semblent donc indiquer que les sujets du groupe C dépensent autant d'énergie que les sujets du groupe NC. Cependant, les valeurs du QR montrent des différences entre les deux groupes : les cavaliers se trouvant en aérobie et les non-cavaliers en anaérobie lactique durant l'épreuve.

En revanche, l'expertise joue un rôle important concernant la dynamique posturale ; les sujets du groupe C présentent une coordination posturale plus efficiente (car moins de variations de posture) que ceux du groupe NC.

Il faudra toutefois attendre que les effectifs des groupes dans cette expérimentation soient complétés pour pouvoir confirmer ces conclusions préliminaires.

Ainsi, la description des paramètres physiologiques, des coordinations posturales et de leurs interactions, permettra une compréhension globale de l'activité chez des sujets non-pathologiques. Ces résultats serviront également à adapter les protocoles de rééducation mis en place en équithérapie réelle et simulée, chez des sujets porteurs de handicap.

Références

- Ancelet, C. (2006). Les fondamentaux de l'équitation: galops 1 à 4. Editions Amphora.
- Bardy, Marin, Stoffregen, & Bootsma. (1999). Postural coordination modes considered as emergent phenomena. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(5), 1284–1301. doi:10.1037/0096-1523.25.5.1284
- Beinotti, F., Christofolletti, G., Correia, N., & Borges, G. (2013). Effects of horseback riding therapy on quality of life in patients post stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 20(3), 226–232. doi:10.1310/tsr2003-226
- Choi, B.-R. (2013). The Effects of Hippotherapy on Standing Balance in Patients with Incomplete Cervical Spinal Cord Injuries: A Pilot Study. *Neuroscience & Medicine*, 04(01), 7–15. doi:10.4236/nm.2013.41002
- Devienne, & Guezennec. (2000). Energy expenditure of horse riding. *European Journal of Applied Physiology*, 82(5-6), 499–503. doi:10.1007/s004210000207
- Hameury, L., Delavous, P., Teste, B., Leroy, C., Gaboriau, J.-C., & Berthier, A. (2010). Équithérapie et autisme. *Annales Médico-Psychologiques, Revue Psychiatrique*, 168(9), 655–659. doi:10.1016/j.amp.2009.12.019
- Herrero, P., Gómez-Trullén, E. M., Asensio, Á., García, E., Casas, R., Monserrat, E., & Pandyan, A. (2012). Study of the therapeutic effects of a hippotherapy simulator in children with cerebral palsy: a stratified single-blind randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 26(12), 1105–1113. doi:10.1177/0269215512444633
- Jouffroy, J. (1991). L'analyse et la restitution des sensations par simulation en équitation: programme Persival. *Science & Sports*, 6, 129–131. doi:10.1016/S0765-1597(05)80120-0
- Lagarde, J., Peham, C., Licka, T., & Kelso, J. A. S. (2005). Coordination Dynamics of the Horse-Rider System. *Journal of Motor Behavior*, 37(6), 418–424. doi:10.3200/JMBR.37.6.418-424
- Long, S. (2014). Hippotherapy as a Tool for Improving Motor Skills, Postural Stability, and Self Confidence in Cerebral Palsy and Multiple Sclerosis. *Sound Neuroscience: An Undergraduate Neuroscience Journal*, 1(1). Retrieved from <http://soundideas.pugetsound.edu/soundneuroscience/vol1/iss1/19>
- Olivier, A. (2012, September 26). Contribution des informations visuelles dans le contrôle postural des cavaliers. Retrieved from <http://www.theses.fr/s15811>