

Coordination motrice

O16-Coordination inter-ceintures lors de la locomotion sous contraintes

Philippe Dedieu, Pier-Giorgio Zanone

PRISSMH – LAPMA, UPS, Université de Toulouse

pdedieu@cict.fr

La locomotion humaine se caractérise par une coordination en anti-phase des ceintures pelvienne et scapulaire liée à l'oscillation des bras. L'absence de participation des bras provoque une modification de cette coordination vers une coordination en phase. Dans ces deux cas, l'augmentation de la vitesse stabilise cette coordination proche des valeurs canoniques de l'anti-phase (180°) et de l'en-phase (0°). Cependant, on note la présence de valeurs de coordination en phase lors de la marche et de la course avec oscillation des bras. Ces résultats apportent un éclairage nouveau sur l'acquisition de la marche et la caractérisation de la marche et de la course en termes de coordination.

Mots clés : adaptation, systèmes dynamiques, auto-organisation

INTRODUCTION

La locomotion humaine lors de la marche et de la course naturelles, se caractérise par une synchronisation en anti-phase entre les ceintures scapulaire et pelvienne.

Dans la continuité des travaux de Bernstein sur l'apprentissage des coordinations motrices (Bernstein, 1937/1967), la Théorie des patrons dynamiques (Kelso, 1995) suggère que les patrons moteurs émergent de l'interaction entre la tâche, le système neuro-musculo-squelettique et l'environnement. La façon dont les segments corporels se coordonnent peut s'étudier à un niveau macroscopique, indépendamment des mécanismes sous-jacents grâce à des variables collectives. Leur évolution dans le temps reflète la dynamique de coordination. Deux patrons stables apparaissent spontanément : un patron en anti-phase caractérisé par une phase relative de 180° et un patron en phase caractérisé par une phase relative de 0°.

S'intéressant à la coordination entre les ceintures scapulaire et pelvienne, Lamoth et al. (2002) ont montré qu'une coordination en-phase était adoptée à des vitesses très lentes de marche alors que la coordination habituelle en anti-phase apparaissait à des vitesses de marche plus rapides. Plus récemment, Huang et al. (2010) ont indiqué que la coordination entre les rotations du tronc et du bassin évoluait d'une coordination en phase vers une coordination en anti-phase lorsque la vitesse évoluait de 0.5 m/s à 1.5 m/s.

La coordination entre les ceintures scapulaire et pelvienne peut être mise en lien avec le mouvement alterné des membres supérieurs et des membres inférieurs (Wagenaar & van Emmerik, 2000; Webb, Tuttle, & Baksh, 1994). Elle optimise la locomotion sur le plan biomécanique et postural (Herr & Popovic, 2008; Pontzer, Holloway, Raichlen, & Lieberman, 2009).

Si la coordination inter segmentaire est le résultat de l'interaction entre les différentes composantes impliquées, qu'en est-il de la coordination entre les ceintures scapulaire et pelvienne lorsque les membres supérieurs sont impliqués dans des tâches autres et ne peuvent participer à la locomotion ?

METHODE

Huit sujets ont participé à l'étude (6 hommes, 2 femmes ; âge : 22.8 ± 2.7 ans ; poids : 74 ± 18 kg ; taille : 1.79 ± 0.13 m). Aucun ne pratiquait un sport nécessitant de se déplacer en tenant un objet (un ballon par exemple).

Les sujets ont marché et couru sur un tapis de course dans 4 conditions expérimentales différenciées par un facteur « bras » (« bras oscillants » ou « bras bloqués », croisés sur les épaules) et un facteur « vitesse » (marche à $1.39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et course à $2.77 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

La Phase Relative Continue (PRC), une mesure valide de la coordination, a été calculée selon la méthode de la transformée de Hilbert (Pikovsky, Rosenblum, & Kurths, 2001). Une distribution fréquentielle de la PRC a été réalisée pour chaque condition et pour chaque participant. Son analyse a permis de déterminer les patrons de coordination adoptés le plus fréquemment dans chaque condition expérimentale.

Les données ont été analysées avec une ANOVA multifactorielle à mesure répétée (2 Bras × 2 Vitesse). Le niveau de significativité retenu a été $p < 0.05$.

RESULTATS – DISCUSSION

Notre étude montre que lorsque les bras sont immobilisés sur le tronc, il existe une augmentation significative des coordinations en-phase entre les ceintures lors de la marche. Cette augmentation des coordinations en-phase est encore plus marquée pour la course. Chez certains sujets, ces coordinations demeurent toujours présentes en conditions normales comme retrouvé au cours de l'acquisition de la marche chez l'enfant (Ledebt, 2000) et dans le cas de locomotion atypique (Wagenaar & Beek, 1992). Cette présence évoque la possibilité d'une bimodalité présente lors de la locomotion la plus « naturelle ». Dans les deux conditions « Bras », l'augmentation de la vitesse stabilise la coordination entre les ceintures autour de valeurs proches des valeurs canoniques de l'anti-phase (180°) et de l'en-phase (0°). Alors qu'une coordination en anti-phase des ceintures scapulaire et pelvienne lors de la locomotion semble être le signe d'une maturité, ces variations des répartitions des deux synchronisations « naturelles » entre ceintures en fonction des contraintes de la tâche témoignent de la très grande flexibilité du système locomoteur qui peut alors recourir à des coordinations plus « primitives » ou censément « pathologiques ».

BIBLIOGRAPHIE

- Bernstein, N. S. (1937/1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press.
- Herr, H., & Popovic, M. (2008). Angular momentum in human walking. *Journal of Experimental Biology*, 211, 467-481.
- Huang, Y., Meijer, O. G., Lin, J., Bruijn, S. M., Wu, W., Lin, X., et al. (2010). The effects of stride length and stride frequency on trunk coordination in human walking. *Gait & Posture*, 31(4), 444-449.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic Patterns : the self-organization of Brain and Behavior*. Cambridge (Ma): Massachusetts Institute of Technology.
- Lamoth, C. J. C., Meijer, O. G., Wuisman, P. I. J. M., van Dieën, J. H., Levin, M. F., & Beek, P. J. (2002). Pelvis-thorax coordination in the transverse plane during walking in persons with nonspecific low back pain. *SPINE*, 27(4), E92-E99.
- Ledebt, A. (2000). Changes in arm posture during the early acquisition of walking. *Infant Behavior and Development*, 23(1), 79-89.
- Pikovsky, A., Rosenblum, M., & Kurths, J. (2001). *Synchronization: a universal concept in nonlinear sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pontzer, H., Holloway, J. H., 4th, Raichlen, D. A., & Lieberman, D. E. (2009). Control and function of arm swing in human walking and running. *Journal of Experimental Biology*, 212(6), 523-534.
- Wagenaar, R. C., & Beek, W. J. (1992). Hemiplegic gait: A kinematic analysis using walking speed as a basis. *Journal of Biomechanics*, 25(9), 1007-1015.
- Wagenaar, R. C., & van Emmerik, R. E. A. (2000). Resonant frequencies of arms and legs identify different walking patterns. *Journal of Biomechanics*, 33(7), 853-861.
- Webb, D., Tuttle, R. H., & Baksh, M. (1994). Pendular activity of human upper limbs during slow and normal walking. *American Journal of Physical Anthropology* 93(4), 477-489.
- Wheat, J. S., & Glazier, P. S. (2006). Measuring coordination and variability in coordination. In K. Davids, S. Bennett & K. Newell (Eds.), *Movement System Variability* (pp. 167-181). Champaign (Il.): Human Kinetics.