



44^{ème} Journée de la Recherche Équine
Jeudi 15 mars 2018

La concordance entre cardiofréquencemètre et ECG holter est bonne pour la fréquence cardiaque mais faible pour l'estimation du contrôle autonome cardiaque à l'effort

A. Lenoir¹, D. Trachsel^{1,2}, M. Younes³, E. Barrey⁴, C. Robert^{1,4}

¹ Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 7 av. du Gal de Gaulle, F-94700, Maisons-Alfort

² CIRALE-Hippolia, Médecine Sportive, RD 674, F-14430 Goustranville

³ CIAMS, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, F-91405 Orsay

⁴ GABI, INRA, UMR1313, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, F-78350 Jouy-en-Josas

Résumé

L'analyse de la variabilité cardiaque (VFC) est de plus en plus utilisée pour l'évaluation des pratiques d'entraînement ou du bien-être du cheval. L'écart entre deux battements cardiaques (intervalles RR) peut être mesuré à l'aide de deux techniques différentes : le cardiofréquencemètre (CFM) ou l'électrocardiogramme (ECG). Cependant, la concordance et la fiabilité de ces deux outils n'ont pas été évaluées chez le cheval à l'effort. Le but de ce travail était d'étudier la concordance entre le CFM Polar® et l'ECG holter Televet® principales références utilisées pour l'analyse VFC chez le cheval. Des enregistrements à l'échauffement et au galop ont été obtenus simultanément avec les deux appareils sur 36 chevaux. Les données ont été comparées en utilisant un graphique de Bland et Altman et le coefficient de Lin. Les deux outils de mesure se sont révélés concordants uniquement pour la mesure de la fréquence cardiaque moyenne. L'ECG apparaît plus complet pour une étude VFC poussée mais est plus difficile à maintenir en place pendant l'exercice, tandis que le CFM peut suffire pour un suivi de la fréquence cardiaque à l'entraînement.

Mots clés : Cardiologie, équine, comparaison, outils d'enregistrement

Summary

Analysis of the heart rate variability (HRV) is frequently used for the assessment of training practices and welfare in the equine industry. Actually, RR intervals can be obtained using two different devices: a heart rate meter (HRM) or an electrocardiogram (ECG). However, the agreement and reliability of these devices has not been assessed in exercising horses. The purpose of the present study was to assess the agreement between the HRM Polar® and the ECG holter Televet®, the two main devices used to evaluate HRV in horses.

Simultaneous recordings obtained during light exercise and during canter with both devices were available for 36 horses. Data were compared using a Bland-Altman analysis and the Lin's coefficient. The agreement between the assessed HRV parameters was acceptable only for the mean RR interval and the mean heart rate. The ECG appears to be more accurate for a VFC study but is more difficult to maintain in place during exercise, while the CFM may be sufficient for heart rate monitoring during training.

Keywords: Cardiology, equine, comparison, recording devices



Introduction

Avec le développement des objets connectés, de plus en plus d'outils sont disponibles pour mesurer des paramètres physiologiques chez le cheval au repos comme à l'effort. Cependant, peu d'entre eux ont été validés sur le terrain et on peut s'interroger sur la fiabilité des mesures obtenues.

Pour l'évaluation de l'activité cardiaque, deux types de dispositifs existent depuis de nombreuses années : l'électrocardiographe holter (ECG) et le cardio-fréquencemètre (CFM), permettent de mesurer la fréquence cardiaque (FC). L'ECG est plus complet puisqu'il enregistre tout le cycle de dépolarisation cardiaque tandis que le CFM ne retient que les intervalles entre deux battements consécutifs (intervalles RR). ECG et CFM peuvent aussi être utilisés pour calculer la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC), c'est-à-dire les variations de temps entre deux intervalles RR, témoins de la régulation de l'activité du cœur par le système nerveux autonome (von Borell *et al.*, 2007).

Chez le sportif humain, le suivi d'entraînement à l'aide des paramètres de VFC commence à être utilisé et semble prometteur. Chez le cheval, la VFC est utilisée en médecine sportive (Kuwahara *et al.* 1996) et pourrait s'avérer intéressante à l'entraînement.

La concordance des données VFC entre ECG et CFM a été jugée satisfaisante dans des études effectuées sur cheval au repos au box et au pré (Parker *et al.*, 2009, Ille *et al.*, 2014). En revanche, aucune étude n'a été réalisée chez le cheval à l'exercice. L'objectif de ce travail était d'établir la concordance entre les deux appareils de référence chez le cheval pour les mesures d'activité cardiaque à l'effort.

1 Matériel et méthodes

1.1 Animaux

Trente-six jeunes chevaux d'endurance âgés de quatre à six ans ont participé à un test d'effort standardisé. Ils avaient tous au moins un parent de race Arabe et étaient inscrits au programme d'élevage endurance de l'Association Nationale Française du Cheval Arabe pur-sang et demi-sang (ACA).

1.2 Collecte des données

Un examen clinique était effectué avant le test d'effort, puis les deux appareils de mesure étaient placés sur le cheval : un ECG télémétrique (Televet 100[®], Jørgen Kruuse, Danemark) et un CFM (Polar S810, Polar Electro Öy, Finlande). Le test d'effort se divisait en trois étapes standardisées incluant une phase d'échauffement de 15 minutes au pas puis au trot, suivie d'une phase de galop à 20 km/h d'une durée de 15, 30 ou 45 minutes pour les chevaux de 4, 5 et 6 ans respectivement, et enfin d'une phase de galop rapide entre 22 et 25 km/h sur 500 m. L'ECG était retiré avec la selle entre 5 et 10 min après la fin de l'exercice tandis que la récupération cardiaque était suivie pendant 30 min au CFM.

1.3 Analyse des données

Les données enregistrées étaient transférées vers un ordinateur Windows[®] par Bluetooth. Pour chaque outil de mesure, une première correction était effectuée sur son programme propre (logiciels Polar Pro Trainer 5[®] et Televet 100 5.0.0[®]). Les données en intervalles RR étaient ensuite exportées sous forme de fichier texte. Puis, elles étaient corrigées dans un classeur Excel[®] par recherche dans la liste des intervalles RR d'une déviation de plus de 30% avec l'intervalle RR précédant ou suivant ; une correction manuelle cas par cas était réalisée, en suivant les 5 types d'erreurs connues (Marchant-Forde *et al.*, 2004, von Borell *et al.*, 2007). Les fichiers corrigés étaient ensuite importés dans le logiciel Kubios HRV[®] (Université de Finlande de l'est) et l'analyse VFC était lancée sur une période de 5 min à partir d'un pic commun repéré visuellement. Une paire de données CFM-ECG était analysée pendant l'échauffement et une pendant le galop. Une analyse de tendance était appliquée à chaque analyse, selon la procédure de Tarvainen *et al.* (2002), avec un paramètre de lissage de 500 ms. Les basses fréquences (LF) étaient fixées entre 0,01 et 0,07 Hz et les hautes fréquences entre 0,07 et 0,6 Hz (Kuwahara *et al.*, 1996). Les paramètres retenus pour l'analyse VFC étaient : intervalle RR (RR), fréquence cardiaque (FC), écart-type des intervalles RR (SDRR), racine carrée de la moyenne des carrés des différences (RMSSD), les variables SD1 et SD2 du graphique de Poincaré et les basses et hautes fréquences (LF et HF) en ms² et en unités normalisées (n.u.).

La concordance des séries de données a été évaluée à l'aide d'un graphique de Bland et Altman (Bland et Altman, 1999) et du coefficient de Lin (CC Lin) (Lin, 1989). Pour l'analyse de Bland et Altman, le premier critère de concordance était fixé *a priori* à 5% et le second à 20% de la valeur moyenne du paramètre étudié.



Pour le CC Lin, la concordance était qualifiée de « bonne » au-delà de 0,75, « modérée » entre 0,6 et 0,75, « mauvaise » entre 0,5 et 0,6, et « inacceptable » en-dessous de 0,5 (Partik *et al.*, 2002).

2 Résultats

Sur les 36 chevaux étudiés, 23 paires de données ont pu être exploitées à l'échauffement et 14 au galop. Les critères d'exclusion étaient des artefacts ou une synchronisation impossible. Les artefacts étaient plus souvent présents sur les enregistrements du CFM, tandis que les enregistrements ECG étaient parfois incomplets à cause de décollements d'électrodes.

2.1 Echauffement

L'intervalle RR moyen et la fréquence cardiaque sont les deux seules mesures concordantes avec les méthodes statistiques utilisées (Tableau 1). Les résultats sont ambigus pour les paramètres issus de l'analyse fréquentielle de la variabilité cardiaque (LF (n.u.) et HF (n.u.)), avec une concordance acceptable pour un seul des critères de concordance de Bland et Altman. Pour tous les autres paramètres, la concordance a été jugée insuffisante.

Tableau 1 : Valeurs du coefficient de concordance de Lin pour les indices de VFC
Table 1: Lin's concordance coefficient values for VFC indices

	Echauffement (N=23)	Galop (N=14)
RR (ms)	0,95 [0,93 ; 0,97]	0,92 [0,89 ; 0,95]
FC (bpm)	0,95 [0,93 ; 0,97]	0,92 [0,89 ; 0,95]
SDNN (ms)	0,71 [0,53 ; 0,89]	0,51 [0,15 ; 0,87]
RMSSD (ms)	0,84 [0,74 ; 0,94]	0,02 [-0,36 ; 0,40]
SD1 (ms)	0,84 [0,74 ; 0,94]	0,02 [-0,55 ; 0,59]
SD2 (ms)	0,68 [0,48 ; 0,88]	0,63 [0,35 ; 0,91]
LF (n.u.)	0,73 [0,55 ; 0,91]	0,73 [0,53 ; 0,93]
HF (n.u.)	0,73 [0,55 ; 0,91]	0,73 [0,53 ; 0,93]

Moyenne [Intervalle de confiance], N = nombre d'enregistrements comparés, bpm = battements par minute, n.u. = unité normalisée

2.2 Galop

De façon similaire à l'échauffement, seuls l'intervalle RR moyen et la fréquence cardiaque moyenne ont montré une concordance acceptable avec les deux méthodes statistiques utilisées (Tableau 1). Pour tous les autres paramètres VFC, la concordance n'était pas respectée.

Par ailleurs, les valeurs absolues du CC lin diminuent entre l'échauffement et le galop, montrant une baisse de la concordance des données avec l'augmentation de l'intensité de l'effort.

3 Discussion

Malgré une perte de données substantielle en raison de la mauvaise qualité de certains enregistrements, ce travail a été réalisé sur un nombre conséquent de comparaisons (23 à l'échauffement et 14 au galop). Ce type d'analyse à l'effort n'avait jusqu'alors jamais été effectué.

Les résultats montrent que CFM et ECG fournissent des valeurs de FC concordantes à l'exercice mais ne sont pas équivalents pour les mesures de VFC. La littérature évoque une concordance satisfaisante entre CFM et ECG pour des enregistrements au repos (Parker *et al.*, 2009, Ille *et al.*, 2014), ce qui est confirmé dans notre étude, avec des enregistrements de bonne qualité au repos et à l'échauffement. La qualité des enregistrements diminue avec l'augmentation de la vitesse, car les capteurs sont alors plus mobiles – mouvements de la peau, contraction musculaires, frictions avec la selle - et se décollent parfois avec la transpiration. Le traitement nécessaire des nombreux artefacts d'enregistrement ou la perte d'informations lors du prétraitement CFM (enregistrements des RR uniquement) alors que l'ECG garde l'intégralité du signal sont autant de raisons pouvant expliquer la discordance entre les deux systèmes.



D'un point de vue pratique, pour les mesures chez le cheval au repos, l'ECG apparaît préférable : le signal est de bonne qualité (en l'absence de sueur les électrodes restent en place), l'information sur l'activité cardiaque est complète et le calcul de la VFC ne nécessite qu'une seule correction des données. Chez le cheval à l'effort, le CFM reste plus souvent en contact avec la peau et capte plus facilement le signal. Il présente aussi l'avantage de pouvoir être couplé à un GPS et il affiche en direct la FC sur une montre portée par le cavalier. En revanche, la fiabilité des données de VFC est moindre qu'avec l'ECG. De ce fait, pour les travaux poussés où l'étude de la VFC est centrale, l'ECG est à préférer tandis que le CFM suffit pour un suivi d'entraînement au quotidien.

4 Conclusion

Ce travail montre que CFM et ECG fournissent des valeurs de FC équivalentes à l'exercice. En revanche, la concordance est insuffisante pour les mesures de VFC. Ceci incite à être précautionneux dans l'interprétation des résultats de VFC à l'exercice car ils varient avec l'appareil de mesure, le filtre utilisé et la stratégie de correction des artéfacts. ECG et CFM permettent la mesure correcte de la FC aux allures, mais l'analyse de la VFC est plus hasardeuse et nécessiterait d'établir des valeurs de référence pour chaque type d'outil.

Remerciements

Nous remercions tous les propriétaires, cavaliers et entraîneurs de chevaux qui ont participé à cette étude, ainsi que les associations régionales d'éleveurs de chevaux d'endurance qui ont contribué à l'organisation des sessions de tests d'effort.

Cette étude a été financée par le Fonds Eperon, l'Institut Français du Cheval et de l'Équitation (IFCE), l'Association du Cheval Arabe (ACA), l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) et l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA).

Références

- Bland, J.M., Altman, D.G. 1999. Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Methods in Medical Research* 8, 135–160.
- Ille, N., Erber, R., Aurich, C., Aurich, J. 2014. Comparison of heart rate and heart rate variability obtained by heart rate monitors and simultaneously recorded electrocardiogram signals in non-exercising horses. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 9, 341–346.
- Kuwahara, M., Hashimoto, S., Ishii, K., Yagi, Y., Hada, T., Hiraga, A., Kai, M., Kubo, K., Oki, H., Tsubone, H., Sugano, S. 1996. Assessment of autonomic nervous function by power spectral analysis of heart rate variability in the horse. *Journal of the Autonomic Nervous System* 60, 43–48.
- Lin, L.I. 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 45, 255–268.
- Marchant-Forde, R.M., Marlin, D.J., Marchant-Forde, J.N. 2004. Validation of a cardiac monitor for measuring heart rate variability in adult female pigs: accuracy, artefacts and editing. *Physiology & Behavior* 80, 449–458.
- Parker, M., Goodwin, D., Eager, R.A., Redhead, E.S., Marlin, D.J. 2009. Comparison of Polar® heart rate interval data with simultaneously recorded ECG signals in horses. *Comparative Exercise Physiology* 6, 137–142.
- Partik, B.L., Stadler, A., Schamp, S., Koller, A., Voracek, M., Heinz, G., Helbich, T.H. 2002. 3D versus 2D ultrasound: accuracy of volume measurement in human cadaver kidneys. *Investigative Radiology* 37, 489–495.
- Tarvainen, M.P., Ranta-Aho, P.O., Karjalainen, P.A. 2002. An advanced detrending method with application to HRV analysis. *IEEE transactions on bio-medical engineering* 49, 172–175.
- von Borell, E., Langbein, J., Després, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant-Forde, J., Marchant-Forde, R., Minero, M., Mohr, E., Prunier, A., Valance, D., Veissier, I. 2007. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals - a review. *Physiology & Behavior* 92, 293–316.