

ifce

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



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

Variations des valeurs de fréquence cardiaque et des taux de lactate lors de l'entraînement et de la compétition chez les chevaux de concours complet de niveau 1 à 4 étoiles

K. Kirsch¹, M. Düe¹, H. Holzhausen¹, S. Hortsmann¹, D. Serteyn², C. Sandersen²

¹DOKR, Warendorf, Allemagne

²Université de Liège, Liège, Belgique

Résumé

Cette étude porte sur les fréquences cardiaques et sur les taux de lactate observés sur 159 chevaux de concours complet de différents niveaux après des séances d'entraînement standardisés ou après l'épreuve de cross. Pendant les séances de concours, les fréquences cardiaques et les taux de lactate augmentent avec un niveau supérieur. Pendant les séances d'entraînement, les fréquences cardiaques et les concentrations de lactate diminuent avec la difficulté du niveau.

Mots clés: cheval, concours complet, performance, entraînement

Summary

This study reports heart rates and lactate levels in 159 eventing horses of different levels measured during and after the cross country period. During competition, the heart rates and lactate concentrations increase with increasing difficulty level, whereas during training the velocities, heart rates and lactate concentrations decrease with increasing difficulty level.

Key-words: horse, eventing competition, performance, training



Introduction

L'entraînement doit être approprié pour préparer les chevaux aux efforts demandés lors des concours afin de préserver leur santé et respecter leur bien-être. Chez le cheval de concours complet de haut niveau cet effort est particulièrement intense et le conditionnement cardiovasculaire du cheval demande une attention particulière (Clayton, 1991). **Le but de l'entraînement est la réduction du métabolisme anaérobie en faveur du métabolisme aérobie résultant en une production faible de lactate.** Durant les phases de cross d'un concours complet, les chevaux atteignent régulièrement une fréquence cardiaque de 140 battements par minutes (bpm) à 200 bpm, mais ces fréquences sont dépassées par certains chevaux lors des efforts intenses. Les taux plasmatiques de lactates peuvent monter jusque 38 mmol/L ce qui indique une forte contribution du métabolisme anaérobie à la production d'énergie. **Mais l'intensité de l'effort et la production de lactate ne sont pas uniquement liées au niveau de la compétition. La production de lactate d'un cheval dépend de son état d'entraînement, de la température et de l'humidité ambiante, des conditions de terrain et probablement d'autres facteurs encore mal compris. L'entraînement du cheval doit être individualisé et tenir compte de l'âge et des niveaux d'entraînements et de compétitions antérieurs (Clayton, 1991).** Pour augmenter le seuil d'anaérobie, l'entraînement par intervalle s'est révélé efficace. Il consiste en phases de galop avec une fréquence cardiaque de 170 à 190 bpm alternant avec des périodes de récupération. Cette forme d'entraînement est répétée tous les 4 à 5 jours. **Le monitoring des vitesses, des fréquences cardiaques et des taux de lactate plasmatique est indispensable pour adapter au mieux ce type d'entraînement.**

Pendant l'exercice, la fréquence cardiaque contribue à l'augmentation du débit cardiaque. Il existe une relation linéaire entre la vitesse du cheval et sa fréquence cardiaque entre 120 à 210 bpm ce qui permet la **définition d'une certaine vitesse à une fréquence cardiaque donnée (Evans, 1985).** En augmentant la condition physique du cheval cette vitesse à une fréquence cardiaque donnée augmente, ce qui permet de **suivre l'évolution** de cette condition en mesurant uniquement la fréquence cardiaque (Persson, 1983). Ce sont principalement les vitesses à une fréquence cardiaque de 200 bpm (V200) qui sont comparées. La précision de cette courbe dépend du respect des conditions standardisées comme un tapis roulant ou un champ de cours plat. **Une autre méthode pour surveiller l'intensité de l'entraînement et la condition physique du cheval est la mesure de la diminution de la fréquence cardiaque après l'arrêt de l'effort. Après la fin de l'exercice, on observe une rapide chute de la fréquence cardiaque.** La vitesse de cette réduction de fréquence cardiaque dépend de l'intensité et de la durée de l'exercice, des conditions environnementales et de la condition physique du cheval.

Au repos, le cheval a un taux circulant de lactate d'environ 1 mmol/L. Tant que l'intensité d'effort est relativement faible, l'énergie est produite par le métabolisme aérobie et très peu de lactate est produit. Avec l'augmentation de l'intensité de l'effort, la production de lactate par les muscles augmente. Si le taux de production dépasse le taux de métabolisation, on observe une accumulation de lactate dans le sang. Pendant les efforts rencontrés lors des phases de cross des concentrations plasmatiques de 8.5 à 38.5 mmol/L ont été mesurées (Amory *et al.*, 1993; Marlin *et al.*, 1995; White *et al.*, 1995; Muñoz *et al.*, 1999; Serrano *et al.*, 2002). **Avec l'amélioration de la condition physique du cheval, la capacité aérobie augmente et les taux de lactate diminuent pour un effort similaire.** Cette relation suit une courbe exponentielle et il est possible de calculer une certaine vitesse à une concentration de lactate donnée. En général, les vitesses auxquelles la concentration de lactate est de 4mmol/L (VLA4) sont utilisées pour évaluer la performance. Cette vitesse, en respectant des conditions d'exercice standardisées, augmente avec un entraînement efficace (Persson, 1983).

Plusieurs études ont utilisé ces méthodes d'évaluation de fitness chez le cheval de sport. Certaines études ont utilisé des tests de fitness standardisés (Amory *et al.*, 1993; Muñoz *et al.*, 1998; Serrano *et al.*, 2001; Munsters *et al.*, 2013). Dans quelques études, la vitesse, la fréquence cardiaque et les taux de lactate ont été mesurés lors de compétition (Rose *et al.*, 1980; White *et al.*, 1995; Andrews *et al.* 1995; Marlin *et al.* 1995; Williamson *et al.*, 1996; Amory *et al.* 1993, Munsters *et al.* 2013). **Peu d'études ont mesuré ces paramètres chez les chevaux de concours complet (Hinchcliff *et al.*, 1995; Williamson *et al.*, 1996, Serrano *et al.* 2002, Foreman *et al.*, 2004, Munsters *et al.*, 2013) et généralement le nombre d'individus inclus dans l'étude est faible.** On constate un manque de données des paramètres de la condition physique chez des chevaux de concours complet de très haut niveau.

Le but général de l'étude est d'analyser la réponse physiologique des chevaux de concours complet à l'entraînement et lors de compétitions afin d'identifier des paramètres permettant d'évaluer la préparation physique et la qualité de l'entraînement sur des données collectées sur les terrains d'entraînement et de compétitions. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'inclure un grand nombre de chevaux et de les suivre pendant une longue période (quelques années).



1 Matériel et méthodes

Cette étude décrit les méthodes d'entraînement réalisées au sein de l'équipe de concours complet allemande et mises en place par la fédération et ce, sur un grand nombre de chevaux et pendant plusieurs années. Des mesures ont été réalisées sur 159 chevaux de concours complet de niveau variant de 1 à 4 étoiles (*) **s'échelonnant sur une période de 5 ans au cours de 293 séances d'entraînement et 524 compétitions.** Au cours de chaque séance d'entraînement (entraînement à haute intensité avec des vitesses élevées et de **préférence sur une pente suivant le modèle d'entraînement par intervalle**) et de chaque phase de cross-country, la vitesse, les distances et la fréquence cardiaque ont été mesurées. Les vitesses et les distances ont été déterminées par un appareil GPS (Fidelak GmbH EquiPILOT W-2100) et la fréquence cardiaque a été déterminée par un moniteur de fréquence cardiaque (Polar Equine T52H Coded Transmitter). Les données GPS ainsi que les données de fréquence cardiaque ont été mesurées toutes les secondes. La mesure a **commencé lorsque les chevaux ont été sellés et s'est terminé lorsque la selle a été retirée du cheval** après l'entraînement ou la compétition.

Pour chaque compétition de concours complet, la température ambiante et l'humidité ont été documentées. Le profil géométrique de chaque piste a été généré au moyen d'un altimètre barométrique (Suunto Escape 203). Pendant l'entraînement, des échantillons de sang veineux ont été prélevés 1 à 10 minutes après la fin de la séance. Une analyse supplémentaire à 30 minutes a été effectuée si le taux de lactate est supérieur à 4 mmol/L au prélèvement précédent. Après la compétition, les échantillons de sang ont été prélevés à 10 et 30 minutes après la fin du parcours de cross. Dans le cas où la valeur de lactate est restée supérieure à 4 mmol/L au prélèvement de 30 minutes, une analyse supplémentaire a été effectuée à 60 minutes après l'achèvement de la phase du cross. Les valeurs de lactate ont été mesurées directement après prélèvement sanguin avec un photomètre (Dr. Lange Miniphotometer Plus LD20).

Le niveau des chevaux est déterminé, par le plus haut niveau de compétition atteint par le cheval au cours **d'une saison.** Les données sont présentées sous forme de moyenne (mean) et déviation standard (+/-SD). Après avoir vérifié la distribution normale des données, une analyse de variance est réalisée pour comparer **les valeurs moyennes obtenues dans chaque niveau aux concours et à l'entraînement et ce, tenant compte de l'effet « cheval »** (ANOVA $p < 0,05$). Si l'ANOVA a détecté des différences significatives entre les groupes, des tests post-hoc ont été utilisés pour comparer les groupes entre eux. Pour l'analyse des variations des taux de lactate, les différences entre les temps d'échantillonnage (p0, p10, p30) ont été examinées avec une ANOVA à un critère avec des mesures répétées.

2 Résultats

Pour l'exercice de haute intensité, les chevaux étudiés ont été montés sur 8 pistes différentes avec des pentes différentes. Les données de 293 entraînements à haute intensité ont été recueillies.

Les pentes montraient une inclinaison de $5 \pm 5\%$. La durée moyenne **de séance d'entraînement** était de $66,8 \pm 6,7$ minutes. Le nombre moyen de phases à haute intensité par séance (intervalle de galop) était de 3 ± 1 et variait entre 1 et 6. La vitesse moyenne pendant les phases à haute intensité était de $6,92 \pm 0,97$ m/s et la distance moyenne parcourue était de 956 ± 460 mètres. La fréquence cardiaque moyenne pendant l'intervalle de galop était de 172 ± 26 bpm. La fréquence cardiaque maximale moyenne pendant les intervalles de galops était de 196 ± 21 bpm.

La concentration moyenne de lactate sanguin après une phase de haute intensité mesuré à 1 minute après l'arrêt du dernier intervalle (p1) était de $10,0 \pm 7,7$ mmol/L et variait entre 1,6 mmol/L et 32,9 mmol/L, la concentration en lactate mesurée après 10 minutes (p10) était de $7,4 \pm 7,8$ mmol/L et variait entre 0,8 et 29,9 mmol/L et la concentration en lactate mesurée après 30 minutes (p30) était de $6,4 \pm 6,4$ mmol/L et variait entre 0,8 et 26,7 mmol/L. En ce qui concerne la concentration en lactate p30, il faut noter que dans certains cas la mesure de p30 n'a été effectuée que dans le cas où la valeur p10 du cheval déterminé restait supérieure à 4 mmol/L.

La fréquence cardiaque moyenne pendant la compétition était de 199 ± 11 bpm. La concentration moyenne de lactate sanguin p10 après compétition était de $10,9 \pm 7,5$ mmol/L et variait entre 0,8 et 43,7 mmol/L. La concentration moyenne en lactate p30 était de $4,8 \pm 4,2$ mmol/L et variait entre 0,4 et 29,5 mmol/L. La concentration moyenne en lactate p60 était de $2,7 \pm 1,8$ mmol/L et variait entre 0,4 et 12,7 mmol/L. De même, dans le cas d'échantillonnage sanguin après compétition, il faut noter que la concentration en lactate p30 et p60 n'a été déterminée que si la concentration en lactate p10 respectivement p30 était supérieure à 4 mmol/L.

Les résultats mesurés au cours des entraînements et des compétitions en fonction du niveau des chevaux sont repris dans le tableau 1. Les données étaient relevées lors de 12 entraînements sur des chevaux de 1*, 69 sur des chevaux de 2*, 197 et 15 respectivement sur des chevaux de 3* et 4*. Au cours des compétitions des enregistrements étaient réalisés au cours de 135 épreuves sur des chevaux de 1*, 259 sur des chevaux de 2*,



129 sur des chevaux de 3* mais seulement sur une épreuve sur un cheval de 4*.

Tableau 1 : Résultats des distances parcourues, des vitesses moyennes et maximales, des fréquences cardiaques moyennes et maximales et des concentrations sanguines de lactate lors de l'entraînement ou de concours chez des chevaux de concours complet de 1 à 4 étoiles

Table 1: Results of distances, mean and maximal speed, mean and maximal heart rates and blood lactate concentrations from training and competition sessions in 1 to 4-star eventing horses

interval training							lactate [mmol/l]		
level	d of single GI [m]	sum of d of GI [m]	mean v during GI [m/s]	vmax during GI [m/s]	mean HR during GI [bpm]	HRmax during GI [bpm]	p1	p10	p30
1*	712 ± 177 (n=12)	998 ± 379 (n=12)	8,14 ± 1,57 (n=12)	10,33 ± 2,16 (n=11)	184 ± 29 (n=8)	206 ± 18 (n=8)	18,8 ± 8,9 (n=5)	18,9 ± 11,1 (n=5)	21,4 ± 5,1 (n=2)
2*	770 ± 271 (n=69)	1567 ± 1008 (n=69)	7,40 ± 0,97 (n=69)	10,08 ± 1,88 (n=70)	182 ± 19 (n=46)	205 ± 12 (n=46)	14,8 ± 8,1 (n=27)	12,1 ± 9,0 (n=30)	8,9 ± 6,4 (n=22)
3*	950 ± 415 (n=197)	2565 ± 1630 (n=197)	6,87 ± 0,82 (n=196)	9,49 ± 1,25 (n=197)	174 ± 25 (n=123)	196 ± 20 (n=123)	10,0 ± 7,6 (n=45)	6,9 ± 7,1 (n=48)	5,3 ± 6,7 (n=31)
4*	1333 ± 335 (n=15)	4442 ± 1963 (n=15)	6,60 ± 0,68 (n=15)	10,30 ± 1,53 (n=11)	161 ± 24 (n=11)	195 ± 14 (n=11)	7,0 ± 6,3 (n=5)	4,0 ± 5,6 (n=5)	-
competition							lactate [mmol/l]		
level	d of the CC [m]	mean v during CC [m/s]	vmax during CC [m/s]	mean HR during CC [bpm]	HRmax during CC [bpm]	p10	p30	p60	
1*	2993 ± 797 (n=135)	8,46 ± 0,60 (n=135)	12,00 ± 1,05 (n=152)	194 ± 9 (n=72)	212 ± 11 (n=72)	7,8 ± 5,9 (n=162)	3,4 ± 3,0 (n=122)	2,2 ± 1,4 (n=28)	
2*	3425 ± 659 (n=259)	8,84 ± 0,50 (n=263)	12,62 ± 1,14 (n=281)	197 ± 9 (n=160)	217 ± 10 (n=157)	10,1 ± 6,2 (n=291)	4,7 ± 4,2 (n=283)	3,0 ± 2,2 (n=74)	
3*	3970 ± 948 (n=129)	9,22 ± 0,43 (n=130)	13,06 ± 0,74 (n=132)	205 ± 10 (n=82)	224 ± 10 (n=82)	16,1 ± 9,1 (n=136)	6,5 ± 4,8 (n=129)	2,7 ± 1,3 (n=64)	
4*	3386 (n=1)	9,65 (n=1)	13,33 (n=1)	210 (n=1)	233 (n=1)	12,7 ± 3,6 (n=4)	5,7 ± 3,6 (n=3)	2,4 (n=1)	

Légende : d = distance ; v = vitesse ; GI = intervalle de galop ; CC = phase de cross country ; HR = fréquence cardiaque : p1, p10, p30 et p60 temps après la fin de l'effort en minutes

Les données du tableau 1 montrent que les distances parcourues pendant l'entraînement par intervalle augmentent avec l'augmentation du niveau de compétition. Les différences dans les distances accumulées des intervalles sont statistiquement significatives **entre tous les groupes ($p \leq 0,05$)**. Les vitesses moyennes pendant l'entraînement diminuent plutôt avec l'augmentation du niveau de compétition et sont significativement différentes **entre les niveaux 1 étoile et 4 étoiles ($p \leq 0,05$)**, **entre les niveaux 2 étoiles et 3 étoiles ($p \leq 0,001$)** et **entre les niveaux 2 étoiles et 4 étoiles**. Les vitesses maximales ne montrent pas de différence significative entre les niveaux. Les fréquences cardiaques moyennes ainsi que les fréquences cardiaques maximales montrent une tendance à diminuer avec l'augmentation du niveau de compétition. Cependant, des différences statistiquement significatives n'existent qu'entre la fréquence cardiaque maximale du niveau 2 étoiles et 3 étoiles ($p \leq 0,01$). Les valeurs de lactate à tout moment d'échantillonnage montrent une nette diminution avec l'augmentation du niveau de compétition. Cependant, des différences statistiquement significatives existent seulement entre le p10 du niveau 2 étoiles et le niveau 3 étoiles ($p \leq 0,05$).

En ce qui concerne les mesures effectuées en compétition, les fréquences cardiaques moyennes ainsi que les fréquences cardiaques maximales montrent une augmentation avec un niveau de difficulté croissant. Ces différences sont statistiquement significatives entre le niveau 1 étoile, 2 étoiles et 3 étoiles ($p \leq 0,05$). Outre les fréquences cardiaques, les valeurs p10 et p30 du lactate, contrairement aux résultats obtenus à l'entraînement, montrent une nette augmentation avec un niveau croissant avec des différences statistiquement significatives entre les niveaux 1 étoile, 2 étoiles et 3 étoiles ($p \leq 0,01$).

Les différences statistiques significatives ($p \leq 0,001$) dans les distances et les vitesses entre les groupes en compétition ne sont pas surprenantes, car elles sont prédéterminées par les exigences concernant la distance et la vitesse des différents niveaux de compétition.



3 Discussion

L'enregistrement continu de la fréquence cardiaque pendant la phase de cross permet de tirer des **conclusions sur l'exigence métabolique de l'effort. La fréquence cardiaque est linéairement liée à la consommation d'oxygène** et le seuil anaérobie est connu pour être atteint à une fréquence cardiaque d'environ 200 bpm (Persson, 1983). En comparaison avec les résultats obtenus par d'autres auteurs (Amory *et al.*, 1993, Marlin *et al.*, 1995, White *et al.*, 1995), dans cette étude, le pourcentage de fréquences cardiaques supérieures à 200 battements par minute était légèrement plus élevé. Amory *et al.* (1993) ont rapporté que la fréquence cardiaque de 8 chevaux lors de la phase de cross de différents niveaux variait entre 180 et 200 bpm. Dans leur étude, la fréquence cardiaque variait entre 190 et 200 bpm dans la première moitié et entre 200 et 210 bpm dans la seconde moitié de la phase de cross. Ceci conduit à la conclusion qu'un pourcentage relativement élevé de métabolisme anaérobie est présent pendant la phase de cross du concours complet. Il convient de noter que les niveaux de difficulté des compétitions étudiées par Amory *et al.* (1993) étaient plus faibles que dans notre étude. Compte tenu de la progression de la fréquence cardiaque pendant le cross pour chaque niveau de compétition, on peut constater des différences dans la contribution du métabolisme anaérobie, en particulier entre le niveau 3 étoiles et les niveaux inférieurs. La fréquence cardiaque moyenne sur le niveau 3 étoiles était au-dessus de 200 bpm pendant presque toute la durée du cross et a augmenté au-dessus de 210 bpm dans le dernier tiers. Ces résultats sont également reflétés par les valeurs de lactate pour les différents niveaux, qui montrent une valeur de lactate considérablement plus élevée après le cross chez les chevaux de niveau 3 étoiles que chez les chevaux de niveaux 1 et 2 étoiles. Il est évident que l'élévation de la vitesse demandée de 9,7 m/s (niveau 1 étoile) respectivement 9,2 m/s (niveau 2 étoiles) à 9,5 m/s (niveau 3 étoiles) implique une augmentation considérable des exigences pour les chevaux et se traduit par une augmentation de la partie anaérobie du métabolisme.

Les différences statistiques observées entre les niveaux pour la vitesse moyenne et la distance découlent des règlements de la FEI. En compétition, les cavaliers tentent de se rapprocher au mieux de la vitesse idéale. **Mais l'analyse des données démontrent clairement qu'au sein de chaque niveau de compétition, des variations importantes existent pour les fréquences cardiaques et les taux de lactate. Les résultats montrent de fortes déviations standards pour le dosage de lactate 10 minutes après l'arrivée de la phase de Cross en compétition tant au niveau 2* qu'au niveau 3*. Sur la base des données présentées dans ce travail, il n'est pas possible d'établir des corrélations entre les vitesses réalisées et les fréquences cardiaques au cours de l'effort. En effet dans cette étude, outre la condition physique individuelle, les conditions climatiques et la difficulté technique du parcours ont influencé ces paramètres. A titre d'exemple, un profil géographique plus exigeant induit des fréquences cardiaques beaucoup plus élevées corrélées à un travail anaérobie plus intense. Pour évaluer de manière plus fiable la condition physique, il serait souhaitable d'avoir un score de difficulté pour chaque épreuve ou chaque phase d'entraînement.**

La surveillance étroite de la réponse physiologique à l'exercice pendant l'entraînement et la compétition permet **d'évaluer les intensités d'efforts effectués. Grâce aux données collectées, une estimation de l'efficacité de l'entraînement** pour la préparation aux concours est possible. Pour faire une évaluation plus précise de l'aptitude du cheval et de **l'influence de l'entraînement** sur la forme physique, un grand nombre de facteurs pouvant interférer avec les résultats doivent être considérés. Par conséquent, une surveillance très étroite et à long terme est nécessaire.

En conclusion, cette étude décrit les intensités des efforts pendant l'entraînement et la compétition et a démontré que différents niveaux d'intensité d'exercice induisent des changements variables de la fréquence cardiaque et des valeurs de lactate sanguin. Bien que ces différences soient étroitement liées à l'aptitude du cheval, l'impact de la piste et des conditions climatiques ne doit pas être négligé. Ces tests ne se substitueront qu'en partie à un test d'exercice standardisé.

Remerciements

Nous remercions les cavaliers des chevaux qui ont participé à cette étude.



Références

- Amory, H., Desmecht, D., Buchet, M., Lekeux, P., 1993. Physiological response to the cross country phase in eventing horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 13, 646-650.
- Andrews, F.M., Geiser, D.R., White, S.L., Williamson, L.H., Maykuth, P.L., Green, E.M., 1995. Haematological and biochemical changes in horses competing in a 3 Star horse trial and 3-day-event. *Equine Veterinary Journal Equine Vet. J. Suppl.*, 20, 57-63.
- Clayton, H.M., 1991: Eventing. In: *Conditioning Sport Horses*. Editors: Clayton, H.M. Sport Horse Publications, Saskatoon, Saskatchewan, 181-200.
- Evans, D.L., 1985. Cardiovascular adaptations to exercise and training. *Veterinary Clinics North America Equine Practice*, 1, 513-531.
- Foreman, J.H., Waldsmith, J.K., Lalum, R.B., 2004. Physical, acid-base and electrolyte changes in horses competing in Training, Preliminary and Intermediate horse trials. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 1(2), 99-105.
- Hinccliff, K.W., Kohn, C.W., Geor, R., McCutcheon, L.J., Foreman, J., Andrews, F.M., Alle, A.K., White, S.L., Williamson, L.H., Maukuth, P.L., 1995. Acid:base and serum biochemistry changes in horses competing at a modified 1-star 3-day event. *Equine Vet J. Suppl.*, 20, 105-110.
- Marlin, D.J., Harris, P.A., Schroter, R.C., Harris, R.C., Roberts, C.A., Scott, C.M., Orme, C.E., Dunnet, M., Dyson, S.J., Barrelet, F., 1995. Physiological, metabolic and biochemical responses of horses competing in the speed and endurance phase of a CCI****3-day-event. *Equine Vet. J. Suppl.*, 20, 37-46.
- Munsters, C.C., Iwaarden, A., Van Weeren, R., Sloet v. Oldenburgh-Oosterbaan, M.M., 2014. Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. *The Veterinary Journal*, 1, 11-19.
- Munsters, C.C., Van Den Broek, J., Welling, E., Van Weeren, R., Sloet v. Oldenburgh-Oosterbaan, M.M., 2013. A prospective study on a cohort of horses and ponies selected for participation in the European Eventing Championship: reasons for withdrawal and predictive values of fitness tests. *BMC Vet. Res.*, 9, 182
- Persson, S.G.B. (1983): Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In: *Equine Exercise Physiology*. Editors: Snow, D.H., Persson, S. G.B., Rose, R.J. Granta Editions, Cambridge, 441-457.
- Rose, R.J., Ilkiew, J.E., Martin, I.C.A., 1979. Blood-gas, acid-base and haematological values in horses during an endurance ride. *Equine Veterinary Journal*, 11, 56-59.
- Rose, R.J., Ilkiew, J.E., Arnold, K.S., 1980. Plasma biochemistry in the horse during 3-day event competition. *Equine Veterinary Journal*, 12, 132-136.
- Serrano, M.G., Evans, D.L., Hodgson, J.L., 2001. Heart rate and blood lactate concentrations in field fitness test for event horses. *Australian Equine Veterinarian*. 19, 154-161.
- White, S.L., Williamson, L.H., Maykuth, P., Cole, S., Andrews, F., Geiser, D.R., 1995. Heart rate response and plasma lactate concentrations of horses competing in the cross-country phase of combined training events. *Equine Vet. J. Suppl.*, 20, 47-51.
- Williamson, L.H., Andrews, F.M., Maykuth, P.L., White, S.L., Green, E.M., 1996. Biochemical changes in Three-day-event horses at the beginning, middle and end of Phase C and after Phase D. *Equine vet. J. Suppl.*, 22, 92-99.