



**HAL**  
open science

## Paramètres physiologiques et évaluation des voies respiratoires supérieures et profondes chez des chevaux trotteurs soumis à un exercice standardisé sur tapis roulant

Anne Couroucé, Guillaume Fortier, Stéphane Pronost, Richard Corde, Fabrice Rossignol, Valérie Deniau

### ► To cite this version:

Anne Couroucé, Guillaume Fortier, Stéphane Pronost, Richard Corde, Fabrice Rossignol, et al.. Paramètres physiologiques et évaluation des voies respiratoires supérieures et profondes chez des chevaux trotteurs soumis à un exercice standardisé sur tapis roulant. Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France, 2008, 161 (4), pp.351-358. 10.4267/2042/47961 . hal-04227875

**HAL Id: hal-04227875**

**<https://normandie-univ.hal.science/hal-04227875>**

Submitted on 4 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Paramètres physiologiques et évaluation des voies respiratoires supérieures et profondes chez des chevaux trotteurs soumis à un exercice standardisé sur tapis roulant

Anne Couroucé, Guillaume Fortier, Stéphane Pronost, Richard Corde, Fabrice Rossignol, Valérie Deniau

---

### Citer ce document / Cite this document :

Couroucé Anne, Fortier Guillaume, Pronost Stéphane, Corde Richard, Rossignol Fabrice, Deniau Valérie. Paramètres physiologiques et évaluation des voies respiratoires supérieures et profondes chez des chevaux trotteurs soumis à un exercice standardisé sur tapis roulant. In: Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France tome 161 n°4, 2008. pp. 351-358;

doi : 10.4267/2042/47961

[https://www.persee.fr/doc/bavf\\_0001-4192\\_2008\\_num\\_161\\_4\\_9130](https://www.persee.fr/doc/bavf_0001-4192_2008_num_161_4_9130)

---

Fichier pdf généré le 15/07/2021

## Résumé

Cette étude a été réalisée chez 115 chevaux âgés de deux à neuf ans, prêts à courir ou participant à des courses. Les animaux étaient divisés en deux groupes : 23 chevaux obtenant de bons résultats en course et constituant le groupe témoin, et 92 chevaux n'obtenant pas de bons résultats. L'exercice standardisé comprenait dix minutes d'échauffement au petit trot, puis trois paliers d'exercice de trois minutes chacun. Après les trois paliers, le cheval était arrêté une minute, l'endoscope était mis en place, et un quatrième palier était effectué à vitesse maximale. La fréquence cardiaque (FC) était mesurée en continu pendant le test et un échantillon de sang était prélevé par un cathéter placé dans l'artère faciale transverse pendant les dix dernières secondes de chaque palier. Une heure après l'exercice, un lavage broncho-alvéolaire (LBA) était effectué. Les résultats concernant la FC, la lactatémie et la PaO<sub>2</sub> suggèrent qu'il existe une différence significative dans la réponse métabolique à l'exercice entre les chevaux contre-performants et les chevaux du groupe témoin. L'endoscopie à l'exercice et le LBA ont permis de répartir les chevaux contre-performants en quatre groupes selon la localisation des affections : affections des voies respiratoires supérieures (VRS), affections des voies respiratoires profondes (VRP), affections des VRS et des VRP, et autres affections. Ces examens ont aussi permis d'évaluer la réponse métabolique à l'exercice dans les différentes situations. La réalisation d'un LBA après exercice peut fournir des informations importantes et ce, même chez des chevaux présentant une affection évidente des voies respiratoires supérieures.

## Abstract

This study was carried out in 115 horses between 2 and 9 years old, ready to race or actively racing. The animals were divided into two groups : 23 horses with good racing results representing the control group, and 92 horses with poor racing results. The standardised exercise test started with a 10 min warm-up at a slow trot, followed by 3 periods of exercise of 3 min each. After the three periods, the horse was stopped on the treadmill for 1 min, the endoscope was inserted, and the horse performed a fourth period at maximal speed. The heart rate (HR) was measured throughout the test and blood was collected via a catheter inserted in the transverse facial artery during the last 10 seconds of each period. One hour after the exercise, a broncho-alveolar lavage (BAL) was performed. The results of this study (HR, blood lactate, PaO<sub>2</sub>) suggest that there is a significant difference in the metabolic response to exercise between poor performers and good performers. The results of the endoscopy during exercise and post-exercise BAL were used to divide poor performers into 4 groups, based on the localisation of the problem : upper respiratory airway (URA) disease, lower respiratory airway (LRA) disease, URA and LRA disease, and other diseases. These tests were also used to evaluate the metabolic response to exercise in the different situations. Post-exercise BAL may provide important information, even in horses with evidence of upper respiratory disease.

# PARAMÈTRES PHYSIOLOGIQUES ET ÉVALUATION DES VOIES RESPIRATOIRES SUPÉRIEURES ET PROFONDES CHEZ DES CHEVAUX TROTTEURS SOUMIS À UN EXERCICE STANDARDISÉ SUR TAPIS ROULANT

## PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND EVALUATION OF THE UPPER AND LOWER RESPIRATORY AIRWAYS IN FRENCH STANDARD BRED TROTTERS DURING A STANDARDISED EXERCISE ON A TREADMILL

Par Anne COUROUCÉ-MALBLANC<sup>(1)</sup>, Guillaume FORTIER<sup>(2)</sup>, Stéphane PRONOST<sup>(2)</sup>,  
Richard CORDE<sup>(3)</sup>, Fabrice ROSSIGNOL<sup>(3)</sup> et Valérie DENIAU<sup>(3)</sup>.  
(communication présentée le 12 juin 2008)

### RÉSUMÉ

Cette étude a été réalisée chez 115 chevaux âgés de deux à neuf ans, prêts à courir ou participant à des courses. Les animaux étaient divisés en deux groupes : 23 chevaux obtenant de bons résultats en course et constituant le groupe témoin, et 92 chevaux n'obtenant pas de bons résultats. L'exercice standardisé comprenait dix minutes d'échauffement au petit trot, puis trois paliers d'exercice de trois minutes chacun. Après les trois paliers, le cheval était arrêté une minute, l'endoscope était mis en place, et un quatrième palier était effectué à vitesse maximale. La fréquence cardiaque (FC) était mesurée en continu pendant le test et un échantillon de sang était prélevé par un cathéter placé dans l'artère faciale transverse pendant les dix dernières secondes de chaque palier. Une heure après l'exercice, un lavage broncho-alvéolaire (LBA) était effectué. Les résultats concernant la FC, la lactatémie et la PaO<sub>2</sub> suggèrent qu'il existe une différence significative dans la réponse métabolique à l'exercice entre les chevaux contre-performants et les chevaux du groupe témoin. L'endoscopie à l'exercice et le LBA ont permis de répartir les chevaux contre-performants en quatre groupes selon la localisation des affections : affections des voies respiratoires supérieures (VRS), affections des voies respiratoires profondes (VRP), affections des VRS et des VRP, et autres affections. Ces examens ont aussi permis d'évaluer la réponse métabolique à l'exercice dans les différentes situations. La réalisation d'un LBA après exercice peut fournir des informations importantes et ce, même chez des chevaux présentant une affection évidente des voies respiratoires supérieures.

**Mots-clés :** cheval, affections respiratoires, endoscopie, fréquence cardiaque, lactatémie.

(1) Clinique équine, ENVN, Atlanpôle, La Chantrerie, 44307 Nantes cedex 03, France.

(2) Laboratoire Départemental Frank Duncombe, 1 route de Rosel, 14000 Caen, France.

(3) Clinique Vétérinaire, Domaine de Grosbois, 94470 Boissy St Léger, France.

**SUMMARY**

*This study was carried out in 115 horses between 2 and 9 years old, ready to race or actively racing. The animals were divided into two groups: 23 horses with good racing results representing the control group, and 92 horses with poor racing results. The standardised exercise test started with a 10 min warm-up at a slow trot, followed by 3 periods of exercise of 3 min each. After the three periods, the horse was stopped on the treadmill for 1 min, the endoscope was inserted, and the horse performed a fourth period at maximal speed. The heart rate (HR) was measured throughout the test and blood was collected via a catheter inserted in the transverse facial artery during the last 10 seconds of each period. One hour after the exercise, a broncho-alveolar lavage (BAL) was performed. The results of this study (HR, blood lactate, PaO<sub>2</sub>) suggest that there is a significant difference in the metabolic response to exercise between poor performers and good performers.*

*The results of the endoscopy during exercise and post-exercise BAL were used to divide poor performers into 4 groups, based on the localisation of the problem: upper respiratory airway (URA) disease, lower respiratory airway (LRA) disease, URA and LRA disease, and other diseases. These tests were also used to evaluate the metabolic response to exercise in the different situations. Post-exercise BAL may provide important information, even in horses with evidence of upper respiratory disease.*

**Key words:** horse, respiratory diseases, endoscopy, heart rate, blood lactate.

**INTRODUCTION**

La contre-performance en course ou en compétition chez les chevaux athlètes est un phénomène courant et représente un véritable challenge pour les entraîneurs, les propriétaires et les vétérinaires. L'anamnèse indique rarement les causes des contre-performances, par ailleurs difficiles à cerner car les signes associés à la baisse de performance ne sont généralement pas spécifiques. L'intolérance à l'exercice est souvent associée à des affections respiratoires qui sont généralement sub-cliniques, les signes survenant lors d'exercice maximal. De ce fait, nous réalisons des examens complémentaires, tels qu'une endoscopie au cours d'un exercice standardisé à grande vitesse sur tapis roulant et un lavage broncho-alvéolaire (LBA) après l'exercice. De plus, afin d'évaluer la réponse métabolique du cheval au cours d'un exercice et donc la tolérance d'une affection donnée, des paramètres physiologiques tels que la fréquence cardiaque (FC), la lactatémie et les gaz sanguins artériels sont mesurés.

L'objectif de cette étude était d'établir la relation entre ces variables physiologiques, les résultats de l'endoscopie et de la cytologie du liquide de LBA, chez deux populations de chevaux soumis à un exercice standardisé sur un tapis roulant incliné à 2,5 % : des chevaux performants (groupe témoin) et des chevaux contre-performants. Les valeurs normales de FC, des gaz du sang artériel, de la lactatémie et les caractéristiques cytologiques du liquide de LBA, recueilli après l'exercice, chez des chevaux Trotteurs à l'entraînement et performants en compétition ont tout d'abord été définies. Les résultats obtenus dans ce groupe témoin ont été comparés avec ceux du groupe « contre-performant » et les différences entre ces deux groupes ont été évaluées.

**MATÉRIEL ET MÉTHODES****Les chevaux**

Deux populations de chevaux ont été incluses dans cette étude. Le groupe témoin était composé de 23 Trotteurs Français (six mâles, six hongres et 11 femelles), âgés de deux à neuf ans, pesant en moyenne  $447 \pm 50$  kg. Ils étaient considérés comme performants par leurs résultats en course et selon l'avis de l'entraîneur.

Le groupe des chevaux contre-performants était composé de 92 chevaux âgés de 2 à 9 ans dont 49 mâles, 18 hongres et 25 femelles. Ces chevaux présentaient un historique de mauvaises performances en course. Tous les chevaux de l'étude étaient prêts à courir ou engagés en course.

Le groupe témoin a été soumis à un examen clinique afin d'éliminer tout cheval présentant une anomalie clinique et notamment une boiterie. Un bilan sanguin, hématologique et biochimique, a été effectué, afin d'éliminer tout cheval présentant une affection sous-jacente. L'examen clinique des chevaux contre-performants était réalisé par le vétérinaire référent. Le motif de consultation était une intolérance à l'exercice se traduisant par la détection d'un bruit respiratoire à l'exercice, une perte de vitesse en fin d'effort, une détresse respiratoire après la course, une toux ou un jetage éventuel.

**Tests d'effort standardisés**

Les tests d'effort standardisés étaient réalisés à grande vitesse sur un tapis roulant (Säto I, USA) avec une pente de 2,5 % (Couroucé *et al.* 2000), à la clinique vétérinaire du domaine de Grosbois (Boissy St Léger, France). Dans la matinée, chaque

cheval était soumis à trois exercices d'adaptation sur le tapis roulant selon le protocole de King *et al.* (1994). Les chevaux étaient ensuite soumis, dans la journée, à un exercice standardisé comprenant un échauffement de dix minutes au petit trot, à une vitesse comprise entre 210 et 280 m/mn, suivi par trois paliers de trois minutes chacun, à des vitesses moyennes de 490, 565 et 630 m/mn. Puis, l'endoscope (Optomed endoscopie, Parc technopolis, 91974 Les Ulis cedex, France) était mis en place et le cheval était soumis à un quatrième palier d'une durée d'une minute et demie environ, à la vitesse maximale, comprise entre 660 et 800 m/min. Le protocole se terminait par une période de récupération active de cinq minutes, à la vitesse de 240 m/mn.

### Paramètres mesurés au cours de l'exercice

La fréquence cardiaque (FC) était mesurée tout au long de l'exercice standardisé par un cardiofréquence-mètre Polar (Polar Vantage XL, Polar company, Finlande). Le sang était prélevé par un cathéter mis en place dans l'artère transverse faciale (King *et al.* 1994) au cours des dix dernières secondes de chaque palier, pour la mesure de la concentration des gaz sanguins artériels (ABL 300, Radiometer, Copenhagen, Danemark) et de la lactatémie (Dubreucq *et al.* 1995).

### Prélèvements après l'exercice

Un lavage broncho-alvéolaire (LBA) pour analyse cytologique était effectué une heure après la fin de l'exercice standardisé. Les chevaux étaient tranquilisés par la romifidine (0,04 mg/kg, IV) et une sonde de 9 mm de diamètre et de 3 m de long (Equine BAL Catheter, Bivona Inc, Gary, Indiana, USA) était introduite par le méat nasal ventral et poussée dans les voies respiratoires profondes jusqu'à ce qu'elle ne puisse plus progresser. Le ballonnet était gonflé et 120 ml de solution NaCl stérile étaient injectés dans la sonde, puis ré-aspirés immédiatement. Le liquide recueilli était transféré dans des tubes EDTA et les échantillons, envoyés en chronopost au Laboratoire Départemental Frank Duncombe de Caen pour analyse cytologique. Dès leur réception, était réalisé un frottis direct qui était séché, puis fixé (lame 1). Le reste de l'échantillon était centrifugé à 800 tours/min pendant 10 mn (cyto-centrifugeuse cyospin, Thermo Shandon, France). Son culot était étalé sur une lame (lame 2). Les lames 1 et 2 étaient colorées par le May Grunwald Giemsa (MGG) en utilisant un automate, afin de standardiser la coloration. En parallèle, un comptage des éléments nucléés et des hématies par un automate d'hématologie Siemens ADVIA 120 était effectué.

Les lames 1 étaient lues aux grossissements 50 et 100 pour une estimation globale de la population cellulaire : la concordance du résultat avec celui du comptage automatique était vérifiée et les différents types cellulaires présents étaient caractérisés. Nous déterminions leur pourcentage, si seulement nous avions recueilli au minimum 200 cellules.

La lecture des lames 2, sur 200 cellules au minimum, aux grossissements 50 et 100, permettait toujours de calculer les pourcentages des différentes populations cellulaires, de déterminer les anomalies morphologiques et de noter la présence éventuelle,

généralement en faible quantité, de types cellulaires inattendus tels que mastocytes, éosinophiles... par exemple.

### Analyse des données

En fonction des résultats de l'endoscopie et de la cytologie du liquide de LBA, les chevaux contre-performants ont été répartis en 4 groupes :

- ceux du groupe 1 (n = 18) présentaient des anomalies des voies respiratoires supérieures (VRS) ;
- ceux du groupe 2 (n = 36), des anomalies des voies respiratoires profondes (VRP) ;
- ceux du groupe 3 (n = 24), des anomalies à la fois des VRS et VRP ;
- ceux du groupe 4 (n = 14), d'autres affections, aucune anomalie des voies respiratoires n'étant mise en évidence.

Lors de l'observation des anomalies des voies respiratoires profondes, les chevaux pouvaient être atteints de la maladie inflammatoire des voies respiratoires profondes (MIVRP), également objectivée par un taux de neutrophiles, dans le liquide de LBA, supérieur à 15 %, ou d'une hémorragie pulmonaire induite par l'effort (HIPE), identifiée par un taux d'hémosidérophages supérieur à 8 % ou d'une maladie irritative caractérisée par un taux de cellules épithéliales supérieur à 8 %.

Les différences entre les groupes ont été établies par le test t de Student. La différence a été considérée comme significative au risque d'erreur de 5 %.

## RÉSULTATS

### Mesures des paramètres physiologiques

Le **tableau 1** montre que les deux groupes de chevaux ont effectué leur test d'effort à des vitesses identiques, à chaque palier. Les conditions de l'exercice étaient donc semblables. La FC et la lactatémie étaient significativement plus élevées lors de tous les paliers du test d'effort chez le groupe des chevaux contre-performants par rapport au groupe témoin (**tableau 2**). Les chevaux contre-performants présentaient également une pression artérielle en oxygène plus basse que les chevaux du groupe témoin, lors des paliers 3 et 4 (**tableau 3**). La pression artérielle en CO<sub>2</sub> n'était pas différente entre les deux groupes.

	N	Vitesse Palier 1 (m/min)	Vitesse Palier 2 (m/min)	Vitesse Palier 3 (m/min)	Vitesse Palier 4 (m/min)
Témoins	23	498 <sup>a</sup> ± 14	568 <sup>a</sup> ± 10	626 <sup>a</sup> ± 15	678 <sup>a</sup> ± 32
Contre-performants	92	492 <sup>a</sup> ± 16	566 <sup>a</sup> ± 19	630 <sup>a</sup> ± 26	678 <sup>a</sup> ± 61

**Tableau 1 :** Vitesses en m/min pour les paliers 1, 2, 3 et 4 chez les chevaux du groupe témoin et chez les chevaux contre-performants. L'exercice a été réalisé par les chevaux des deux groupes à des vitesses statistiquement identiques, pour chaque palier.

	N	FC1	FC2	FC3	FC4	La1	La2	La3	La4	La5
Témoins	23	165 <sup>a</sup> ± 12	184 <sup>a</sup> ± 13	200 <sup>a</sup> ± 9	212 <sup>a</sup> ± 12	0,7 <sup>a</sup> ± 0,2	1,6 <sup>a</sup> ± 0,6	4,3 <sup>a</sup> ± 1,2	5,7 <sup>a</sup> ± 2,3	3,0 <sup>a</sup> ± 2,4
Contre-performants	92	172 <sup>b</sup> ± 12	192 <sup>b</sup> ± 14	209 <sup>b</sup> ± 11	221 <sup>b</sup> ± 9	1,5 <sup>b</sup> ± 1,3	3,4 <sup>b</sup> ± 2,8	6,8 <sup>b</sup> ± 3,9	11,3 <sup>b</sup> ± 5,5	6,3 <sup>b</sup> ± 4,1

**Tableau 2 :** Fréquence cardiaque (FC) en battements par minute (bpm) et lactatémie en mmol/l pour les paliers 1, 2, 3, 4 et 5 (récupération active) chez les chevaux du groupe témoin et chez les chevaux contre-performants. Les valeurs du groupe de chevaux contre-performants, affectées de l'exposant b, sont significativement différentes de celles du groupe témoins ( $p < 0,05$ ).

	n	PaO <sub>2</sub> 1	PaO <sub>2</sub> 2	PaO <sub>2</sub> 3	PaO <sub>2</sub> 4
Témoins	23	92 <sup>a</sup> ± 7	84 <sup>a</sup> ± 8	80 <sup>a</sup> ± 8	77 <sup>a</sup> ± 10
Contre-performants	92	88 <sup>a</sup> ± 9	81 <sup>a</sup> ± 9	73 <sup>b</sup> ± 8	70 <sup>b</sup> ± 8

**Tableau 3 :** Pression artérielle en oxygène (PaO<sub>2</sub>) exprimée en mmHg pour les paliers 1, 2, 3 et 4 chez les chevaux du groupe témoin et chez les chevaux contre-performants. Les valeurs affectées de l'exposant b sont significativement différents de celles affectées de l'exposant a ( $p < 0,05$ ).

La lactatémie des chevaux présentant des anomalies des VRS et/ou des VRP (groupes 1, 2 et 3) était significativement plus élevée que celle des chevaux témoins et ce, à tous les paliers, sauf au palier de récupération chez les chevaux du groupe 1 (**tableau 4a**). Les chevaux du groupe 4 présentaient également une lactatémie plus élevée à tous les paliers du test.

La FC des chevaux du groupe 1 ne présentait pas de différence significative par rapport à celle des chevaux du groupe témoin, à tous les paliers du test d'effort. Il en était de même pour celle des chevaux du groupe 3, sauf au quatrième palier au cours duquel la FC était significativement plus élevée. Par contre, la FC était significativement plus élevée chez les chevaux du groupe 2, à tous les paliers et aux paliers 1, 2 et 4 chez les chevaux du groupe 4 (**tableau 4b**).

### Examen vidéoendoscopique

Aucune anomalie des voies respiratoires supérieures n'a été observée chez les chevaux du groupe témoin, tant au repos qu'au cours de l'exercice. La cytologie du liquide de lavage broncho-alvéolaire était normale.

	Témoins (n = 23)	Groupe 1 (n = 18)	Groupe 2 (n = 36)	Groupe 3 (n = 24)	Groupe 4 (n = 14)
Palier 1	0,7 <sup>a</sup> ± 0,2	1,4 <sup>b</sup> ± 1,4	1,5 <sup>b</sup> ± 1,3	1,2 <sup>b</sup> ± 0,5	2,1 <sup>b</sup> ± 1,7
Palier 2	1,7 <sup>a</sup> ± 0,6	3,2 <sup>b</sup> ± 3,2	3,2 <sup>b</sup> ± 2,2	2,9 <sup>b</sup> ± 1,6	4,0 <sup>b</sup> ± 3,2
Palier 3	4,3 <sup>a</sup> ± 1,2	6,7 <sup>b</sup> ± 4,8	7,6 <sup>b</sup> ± 4,4	6,3 <sup>b</sup> ± 2,8	6,5 <sup>b</sup> ± 3,6
Palier 4	5,7 <sup>a</sup> ± 2,3	12,0 <sup>b</sup> ± 7,2	10,8 <sup>b</sup> ± 5,4	12,5 <sup>b</sup> ± 4,4	9,8 <sup>b</sup> ± 4,8
Palier 5	3,0 <sup>a</sup> ± 2,4	5,7 <sup>a</sup> ± 7,1	6,1 <sup>b</sup> ± 3,7	6,0 <sup>b</sup> ± 3,2	7,8 <sup>b</sup> ± 4,9

**Tableau 4a :** Lactatémies en mmol/l (moyenne ± sd) mesurées dans le groupe témoin et dans le groupe de chevaux contre-performants (groupes 1, 2, 3 et 4), au cours des 4 paliers de l'exercice.

Parmi les 18 chevaux du groupe 1, huit présentaient un déplacement dorsal du voile du palais (DDVP) simple, un présentait un DDVP associé à un entrapement de l'épiglotte (emprisonnement de l'épiglotte dans les replis ary-épiglottiques); deux, une hémiplegie laryngée droite associée pour l'un, à un DDVP et pour l'autre, à un collapsus des cordes vocales; cinq, un collapsus des replis ary-épiglottiques (RAE); un, un collapsus pharyngé et le dernier, un collapsus des cartilages aryénoïdes. Sur les cinq chevaux, chez lesquels avait été diagnostiqué un RAE, deux présentaient un déplacement rostral du voile du palais et deux autres, un collapsus des cordes vocales, associés au RAE.

Concernant les 36 chevaux du groupe 2, 11 chevaux présentaient une maladie inflammatoire des voies respiratoires profondes (MIVRP); cinq, une hémorragie pulmonaire induite à l'effort (HPIE); sept, une MIVRP associée à une HPIE; six, une affection irritative des voies respiratoires; trois, une MIVRP associée à une affection irritative; un cheval présentait une HPIE associée à une affection irritative et trois, une hypersensibilité caractérisée par un taux de mastocytes supérieur à 2 %.

	Témoins (n = 14)	Groupe 1 (n = 18)	Groupe 2 (n = 36)	Groupe 3 (n = 24)	Groupe 4 (n = 14)
Palier 1	167 <sup>a</sup> ± 12	170 <sup>a</sup> ± 12	173 <sup>b</sup> ± 12	168 <sup>a</sup> ± 11	179 <sup>b</sup> ± 15
Palier 2	187 <sup>a</sup> ± 13	187 <sup>a</sup> ± 13	194 <sup>b</sup> ± 11	186 <sup>a</sup> ± 13	201 <sup>b</sup> ± 19
Palier 3	204 <sup>a</sup> ± 8	202 <sup>a</sup> ± 8	213 <sup>b</sup> ± 9	206 <sup>a</sup> ± 12	207 <sup>a</sup> ± 14
Palier 4	218 <sup>a</sup> ± 9	217 <sup>a</sup> ± 12	223 <sup>b</sup> ± 7	222 <sup>b</sup> ± 9	220 <sup>b</sup> ± 8

**Tableau 4b :** Fréquences cardiaques exprimées en bpm (moyenne ± sd), mesurées dans le groupe témoin et dans le groupe de chevaux contre-performants (groupes 1, 2, 3 et 4), au cours des 4 paliers de l'exercice. En 4a et 4b, les valeurs affectées de l'exposant b sont significativement différentes de celles affectées de l'exposant a ( $p < 0,05$ ).



Sur les 24 chevaux du groupe 3, 13 présentaient un DDVP associé à une MIVRP; deux, une HPIE; trois, une MIVRP associée à une HPIE et quatre, une affection irritative des voies respiratoires profondes. Un cheval présentait un collapsus d'un repli aryénoïde, associé à une MIVRP et le dernier, un collapsus des cordes vocales associé à une MIVRP et à une affection irritative des VRP.

### Résultats cytologiques

Les taux de neutrophiles, de cellules épithéliales et d'hémisidérocytes étaient significativement plus élevés dans le liquide de LBA recueilli chez les chevaux contre-performants que dans celui des chevaux du groupe témoin. À l'inverse, ceux des macrophages et des lymphocytes étaient significativement plus faibles chez les chevaux contre-performants (**tableau 5**). Les résultats détaillés sont rapportés dans le **tableau 6** et illustrés par les **figures 1 à 3**.

## DISCUSSION

### Population

Dans notre population, 84,8 % des chevaux présentaient une affection des voies respiratoires (supérieures et/ou profondes). Ce pourcentage est en accord avec celui d'autres études effectuées chez des galopeurs ou des chevaux de sport (Franklin *et al.* 2006; Lane *et al.* 2006a). D'autres auteurs ont rapporté un pourcentage plus faible d'anomalies des voies respiratoires supérieures contre un pourcentage plus important de boiteries ou d'affections cardiaques (Morris et Seeherman, 1991; Martin *et al.* 2000). Ces différences résultent des types de pathologie que présentaient les chevaux amenés à la clinique au motif de contre-performance. Dans notre cas, la majorité des chevaux étaient présentés pour un bruit respiratoire associé à la contre-performance.

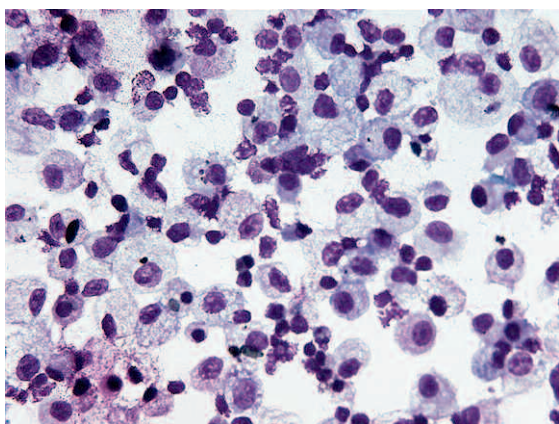
	Nombre de cellules/mm <sup>3</sup>	Neutrophiles	Lymphocytes	Mastocytes	Cellules épithéliales	Macrophages	Hémisidérocytes
Témoins (n = 23)	566 a ± 297	11,9a ± 6,3	25,6a ± 6,3	1,5 a ± 1,3	2,0a ± 4,4	56,3a ± 12,5	0,9a ± 2,0
Contre- perf (n = 92)	498a ± 414	18,3b ± 13,3	21,8b ± 14,1	1,2a ± 1,6	7,8 b ± 16,5	42,0b ± 19,0	6,1b ± 11,4

**Tableau 5:** Résultats de l'analyse cytologique du liquide de lavage broncho-alvéolaire (LBA) (différentes cellules exprimées en %) dans la population témoin et dans la population des chevaux contre-performants (moyenne ± sd). Les valeurs affectées de l'exposant b sont significativement différentes de celles affectées de l'exposant a ( $p < 0,05$ ).

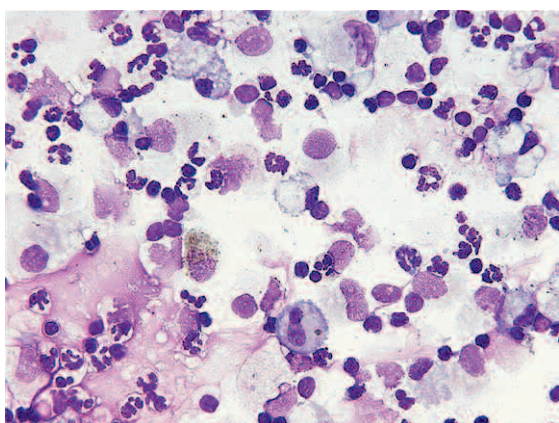
	Témoins (n = 23)	Groupe 1 = VRS (n = 18)	Groupe 2 = VRP (n = 36)	Groupe 3 = VRS + VRP (n = 24)	Groupe 4 (n = 14)
Nombre total de cellules/mm <sup>3</sup>	566 <sup>a</sup> ± 297	428 <sup>a</sup> ± 305	705 <sup>a</sup> ± 567	455 <sup>a</sup> ± 308	307 <sup>b</sup> ± 200
Neutrophiles (%)	11,9 <sup>a</sup> ± 6,3	14,3 <sup>a</sup> ± 13,8	19,7 <sup>b</sup> ± 14,4	24,0 <sup>b</sup> ± 12,7	10,9 <sup>a</sup> ± 4,5
Lymphocytes (%)	25,6 <sup>a</sup> ± 6,3	31,5 <sup>a</sup> ± 16,2	16,5 <sup>b</sup> ± 9,7	15,6 <sup>b</sup> ± 11,1	30,1 <sup>a</sup> ± 14,4
Mastocytes (%)	1,5 <sup>a</sup> ± 1,3	1,1 <sup>b</sup> ± 1,1	1,7 <sup>a</sup> ± 2,0	0,6 <sup>b</sup> ± 1,0	1,4 <sup>a</sup> ± 1,5
Cellules géantes (%)	1,5 <sup>a</sup> ± 2,8	0,2 <sup>a</sup> ± 0,4	1,1 <sup>a</sup> ± 2,3	1,3 <sup>a</sup> ± 2,3	0,8 <sup>a</sup> ± 1,2
Cellules épithéliales (%)	2,0 <sup>a</sup> ± 4,4	1,4 <sup>a</sup> ± 3,8	11,4 <sup>b</sup> ± 19,6	11,9 <sup>b</sup> ± 19,6	0,1 <sup>a</sup> ± 0,3
Macrophages (%)	56,3 <sup>a</sup> ± 12,5	49,0 <sup>a</sup> ± 18,1	36,2 <sup>b</sup> ± 19,5	39,4 <sup>b</sup> ± 18,6	51,6 <sup>a</sup> ± 14,2
Hémisidérocytes (%)	0,9 <sup>a</sup> ± 2,0	2,4 <sup>a</sup> ± 4,9	9,7 ± 14,3 <sup>b</sup>	6,0 <sup>b</sup> ± 11,5	1,9 <sup>a</sup> ± 3,1
Eosinophiles (%)	0,2 <sup>a</sup> ± 0,5	0,1 <sup>a</sup> ± 0,2	2,3 <sup>a</sup> ± 8,5	0,8 <sup>a</sup> ± 1,8	0,3 <sup>a</sup> ± 0,8

**Tableau 6:** Résultats de l'analyse cytologique du liquide de lavage broncho-alvéolaire (LBA) dans la population de contrôle et dans celle des chevaux contre-performants (moyenne ± sd) : groupes 1, 2, 3 et 4. Les valeurs affectées de l'exposant b sont significativement différentes de celles affectées de l'exposant a ( $p < 0,05$ ).

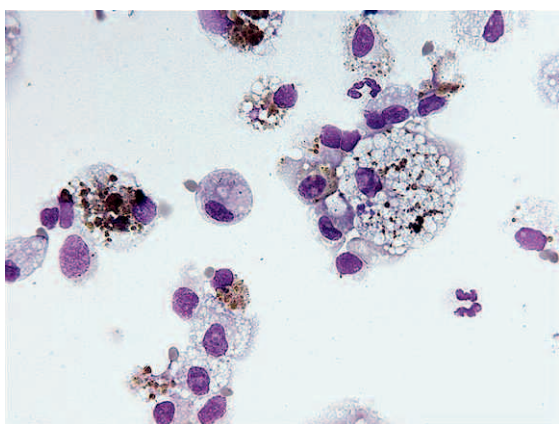




**Figure 1 :** Frottis de liquide de lavage broncho-alvéolaire prélevé chez un cheval du groupe témoin. Observé au grossissement 500, il révèle la présence de lymphocytes et de macrophages (cliché laboratoire Frank Duncombe).



**Figure 2 :** Frottis de liquide de lavage broncho-alvéolaire prélevé chez un cheval du groupe de chevaux contre-performants. Observé au grossissement 500, il est caractéristique d'une atteinte inflammatoire des voies respiratoires : présence en quantité importante de neutrophiles. On notera la présence d'un hemosidérophage, avec ses inclusions brunes d'hemosidérine (pigment issu de la dégradation de l'hémoglobine (cliché laboratoire Frank Duncombe).



**Figure 3 :** Frottis de liquide de lavage broncho-alvéolaire prélevé chez un cheval du groupe de chevaux contre-performants. Observé au grossissement 1000, il est caractéristique d'un profil inflammatoire et hémorragique, avec la présence plus abondante d'hemosidérophages (cliché laboratoire Frank Duncombe).

Réalisant des endoscopies au repos et lors d'un exercice chez 600 galopeurs, Lane *et al.* (2006b) montrent que l'endoscopie au repos ne permet pas le diagnostic fiable des obstructions dynamiques des voies respiratoires supérieures. Par contre, l'endoscopie effectuée lors de l'exercice sur tapis roulant assure un diagnostic précis conduisant à un pronostic et un traitement adaptés au cas du cheval.

### Paramètres physiologiques

Nos résultats montrent une différence entre les deux groupes de chevaux, la fréquence cardiaque et la lactatémie étant plus élevées et la pression artérielle en oxygène étant plus basse chez les chevaux contre-performants que celles du groupe témoin. Le fait que des anomalies des VRS et/ou VRP limite les échanges d'oxygène a déjà été mis en évidence (Persson, 1983 ; Persson et Lindberg, 1991 ; Morris, 1991 ; King *et al.* 1994 ; Sanchez *et al.*, 2005 ; Durando *et al.*, 2006).

Le trot rapide entraîne une hypoxémie chez les Trotteurs (Evans et Rose, 1988 ; Art et Lekeux, 1995) et son augmentation avec l'intensité de l'exercice, que nous observons à partir de vitesses de 565 m/mn (paliers 3 et 4) dans nos deux groupes, a été décrite (Art et Lekeux, 1995 ; Christley *et al.* 1997 ; Couetil & Denicola, 1999).

Les chevaux dont la lactatémie est la plus faible après un exercice standardisé présentent également l'hypoxie la plus importante au cours de l'exercice (Thornton *et al.* 1983). Ce résultat suggère que les chevaux dont la capacité aérobie est plus élevée, peuvent présenter une hypoxie à l'effort plus tôt. Christley *et al.* (1997) ont également mis en évidence que la consommation d'oxygène augmente avec la progression de l'exercice et que l'hypoxie induite par l'effort devient plus prononcée. Dans notre étude, les chevaux contre-performants présentaient une hypoxie plus importante que les chevaux du groupe témoin lors de l'exercice aux paliers 3 et 4 (**tableau 3**). Chez ces derniers, la lactatémie significativement plus basse à l'effort ( $V_4$  la plus élevée) signifierait que leur capacité aérobie est plus élevée que celle des chevaux contre-performants. Les chevaux des deux groupes étaient à l'entraînement au moment de la réalisation des tests d'effort. L'hypoxie plus marquée chez les chevaux contre-performants ne peut pas ici être expliquée par le stade d'entraînement du cheval ou sa capacité aérobie ; elle pourrait être la conséquence d'un défaut de ventilation-perfusion comme l'ont démontré Couetil & Denicola (1995).

Les chevaux contre-performants présentaient des valeurs plus élevées de FC pour la même intensité d'exercice, par rapport aux chevaux du groupe témoin. Les résultats sont inconstants dans la littérature : des chevaux, atteints de maladies inflammatoires des petites voies respiratoires ou d'autres problèmes pulmonaires, présentent des FC élevées (Maier-Bock et Ehrlein, 1978 ; Persson, 1983) ou au contraire, des FC plus faibles lors d'un exercice submaximal (Couroucé, 1999). C'est ce que nous observons chez les chevaux contre-performants des groupes 1 et 3, par exemple, qui présentaient des FC similaires à celles des chevaux du groupe témoin.

### Analyse cytologique du liquide de LBA

Les macrophages et les lymphocytes sont les principales cellules décelées dans le liquide de LBA chez un cheval normal (McKane *et al.* 1993; Bain, 1997). Toutefois, la technique utilisée et notamment la quantité de sérum physiologique injecté sont très importantes pour analyser le pourcentage des différentes cellules du LBA. Le pourcentage de neutrophiles, par exemple, peut varier de 5,4 % ( $\pm 3,2$ ) à 14,4 % ( $\pm 10,1$ ) selon la quantité de liquide infusé, 300 ml dans le premier cas et 50 ml dans le second (Sweeney *et al.* (1992). Il est, chez les chevaux du groupe témoin, de 11,9 % ( $\pm 6,3$ ), avec une infusion de 120 ml de NaCl, c'est-à-dire plus élevé que celui rapporté dans d'autres études effectuées avec la même quantité de NaCl. Cette différence peut être expliquée par l'effet de l'exercice: selon Mc Kane *et al.* (1995), l'intensité des exercices effectués à l'entraînement devrait être prise en compte pour l'interprétation des résultats des LBA, les chevaux activement impliqués en course présentant souvent deux fois plus de neutrophiles que ceux effectuant des exercices lents. Les effets propres de l'exercice sur tapis roulant doivent également être pris en compte: le pourcentage de neutrophiles est deux fois plus important dans le liquide d'un LBA effectué après l'exercice que dans celui d'un LBA réalisé avant (Couetil & Denicola, 1999).

Dans le groupe témoin, très peu de cellules épithéliales et de mastocytes ont été mises en évidence, ce qui est en accord avec de précédentes études (Derksen *et al.* 1989; Lapointe *et al.* 1994; Dixon *et al.* 1995; McKane *et al.* 1997). Aucun éosinophile n'a été observé, ce qu'ont déjà rapporté Derksen *et al.* (1989), ; Fogarty & Buckley (1991) et Lapointe *et al.* (1994).

Des globules rouges libres ont été mis en évidence chez les chevaux du groupe témoin, et leur présence est vraisemblablement en relation avec l'exercice, une corrélation existant entre le nombre de globules rouges retrouvés dans le liquide de LBA et les pressions artérielles pulmonaires importantes lors d'exercice à vitesse maximale (Meyer *et al.* 1998).

Les chevaux des groupes 2 et 3 présentaient également un taux de cellules épithéliales plus élevé que le groupe témoin. Ces cellules, tapissant normalement la muqueuse du tractus respiratoire, signalent, chez les chevaux de ces groupes, une érosion des voies respiratoires profondes, qui pourrait être due à des affections virales par exemple.

### Endoscopie à l'exercice

Dans notre étude, 42 chevaux sur 92 (45,6 %) présentaient une affection des VRS. Une majorité présentait un DDVP. Dans une

étude rétrospective menée chez 600 galopeurs, 21,5 % ne montraient pas d'affection des VRS, 54,7 % présentaient une affection simple des VRS et 23,8 %, plusieurs affections des VRS. Un DDVP a été diagnostiqué chez 50 % des 471 chevaux atteints d'une affection des VRS (Lane *et al.* 2006a).

Les atteintes des VRS peuvent être associées ou non à une affection des VRP. Dans notre étude, 42 chevaux présentaient une anomalie des VRS. Pour 24 d'entre eux (57,1 %), cette affection était associée à celle des VRP (MIVRP et/ou HPIE notamment). Il ne faut donc pas négliger l'incidence des affections des VRP, même chez les chevaux présentant une anomalie évidente des VRS.

Nous avons trouvé, chez les chevaux présentant une affection des VRP (groupes 2 et 3), un pourcentage plus important de neutrophiles dans leur liquide de LBA, par rapport aux chevaux sains, comme cela a été mis en évidence dans de précédentes études (Lapointe *et al.* 1994; Rush Moore *et al.* 1995; Bain, 1997, Couetil & Denicola, 1999; Allen *et al.* 2006). Le taux d'hémorosidérocytes était également augmenté. Une relation entre l'hémorragie pulmonaire induite à l'exercice et une maladie inflammatoire des petites voies respiratoires a été reconnue, la première se développant suite à la seconde (O'Callaghan *et al.* 1987; Newton & Wood, 2002). Toutefois, la présence de sang dans les voies respiratoires peut également provoquer l'apparition d'une inflammation (Aguilera-Tejero *et al.* 1995; McKane & Slocombe, 1999).

### CONCLUSION

Les résultats de notre étude rétrospective suggèrent qu'il existe une réponse métabolique différente (FC, lactatémie, PaO<sub>2</sub>) à l'exercice chez des chevaux contre-performants, par rapport à des chevaux performants (groupe témoin). De plus, le lavage broncho-alvéolaire après l'exercice semble d'un grand intérêt, y compris chez des chevaux manifestant une anomalie évidente des voies respiratoires supérieures. En effet, nous avons montré que la majorité d'entre eux présentaient aussi une affection des voies respiratoires profondes. Comme cela a été démontré dans d'autres études, le pourcentage de neutrophiles dans le liquide de LBA est important chez les chevaux atteints d'un syndrome inflammatoire des voies respiratoires profondes. Il semble aussi que le pourcentage de cellules épithéliales ait également une grande importance lors d'irritations des voies respiratoires profondes, qui sont parfois liées à des affections des voies respiratoires supérieures.

### BIBLIOGRAPHIE

- Aguilera-Tejero, E., Pascoe, J., Tyler, W., Woliner, M. 1995. Autologous blood instillation alters respiratory mechanics in horses. *Equine Vet Journal* 27: 46 – 50.
- Allen K.J., Tremaine W.H. Franklin S.H. 2006. Prevalence of inflammatory airway disease in national hunt horses referred for investigation of poor athletic performance. *Equine Exercise Physiology* 7, *Equine Veterinary Journal Suppl.* 36: 529 – 534.
- Art, T. & Lekeux, P. 1995. Ventilatory and arterial blood gas tension adjustments to strenuous exercise in Standardbreds. *Am J Vet Res.* 56: 1332 – 1337.

- Bain, F.T. 1997. Cytology of the respiratory tract. *Vet Clin Of North Am Equine Practice* 13 (3): 477 – 486.
- Christley, R.M., Hodgson, D.R., Evans, D.L., Rose, R.J. 1997. Effects of training on the development of exercise induced arterial hypoxemia in horses. *Am J Vet Res.* 58: 653 – 657.
- Couetil, L.L. & Denicola, D.B. 1999. Blood gas, plasma lactate and bronchoalveolar lavage cytology analysis in racehorses with respiratory disease. *Equine Exercise Physiology* 5, *Equine Vet. Journal Suppl.* 30: 77 – 82.
- Couroucé, A. 1999. Field exercise testing for assessing fitness in French Standardbred trotters. *The Veterinary Journal* 157: 112 – 122.
- Couroucé, A., Corde, R., Valette, J.P., Cassiat, G., Hodgson, D.R., Rose, R.J. 2000. Comparison of some responses to exercise on the track and the treadmill in French Trotters: determination of the optimal treadmill incline. *The Veterinary Journal* 159: 57 – 63.
- Derksen, F.J., Brown, C.M., Sonea, I., Darien, B.J., Robinson, N.E. 1989. Comparison of transtracheal aspirate and BAL cytology in 50 horses with chronic lung disease. *Equine Vet Journal* 21 (1): 23 – 26.
- Dixon, P.M., Railton, D.I., Mc Gorum, B.C. 1995. Equine pulmonary disease: a case control study in 300 referred cases. Part 3: Ancillary diagnostic findings. *Equine Vet Journal* 27 (6): 428 – 435.
- Dubreucq, C., Chatard, J.C., Couroucé, A., Auvinet, B. 1995. Reproducibility of standardized exercise test for Standardbred Trotters under field conditions. *Equine Vet Journal Suppl.* 18: 108 – 112.
- Durando M.M., Martin B.B., Davidson E.J., Birks E.K. 2006. Correlations between exercising arterial blood gas values, tracheal wash findings and upper respiratory tract abnormalities in horses presented for poor performance. *Equine Exercise Physiology* 7, *Equine Veterinary Journal Suppl.* 36: 523 – 528.
- Evans, D.L. & Rose, R.J. 1988. Effect of a cardiorespiratory gas collection mask on some measurements of cardiovascular and respiratory function in horses exercising on a treadmill. *Res Vet Sci.* 44: 220 – 225.
- Fogarty, U. & Buckley, T. 1991. Bronchoalveolar findings in horses with exercise intolerance. *Equine Vet Journal* 23 (6): 434 – 437.
- Franklin S.H., Naylor J.R.J., Lane J.G. 2006. Videoscopic evaluation of the upper respiratory tract in 93 sport horses during exercise testing on a high speed treadmill. *Equine Exercise Physiology* 7, *Equine Veterinary Journal, Suppl.* 36: 540 – 545.
- King, C.M., Evans, D.L., Rose, R.J. 1994. Cardiorespiratory and metabolic response to exercise in horses with various abnormalities of the upper respiratory tract. *Equine Vet Journal* 26 (3): 220 – 225.
- Lane J.G., Bladon B., Little D.R., Naylor J.R., Franklin S.H. 2006a. Dynamic obstructions of the equine upper respiratory tract. Part 1: observations during high speed treadmill endoscopy of 600 Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal* 38 (5): 393 – 399.
- Lane J.G., Bladon B., Little D.R., Naylor J.R., Franklin S.H. 2006b. Dynamic obstructions of the equine upper respiratory tract. Part 2: comparison of endoscopic findings at rest and during high-speed treadmill exercise of 600 Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal* 38 (5): 401 – 407.
- Lapointe, J.M., Vrins, A., Lavoie, J.P. 1994. Effects of centrifugation and specimen preparation technique on bronchoalveolar lavage analysis in horses. *Equine Vet Journal* 26 (3): 227 – 229.
- Maier-Bock, H. & Erlhein, H.J. 1978. Heart rate during a defined exercise test in horses with heart rate and lung disease. *Equine Vet Journal* 10: 235 – 242.
- Martin B.B., Reef V.B., Parente E.J., Sage A.D. 2000. Causes of poor performance of horses during training, racing or showing: 348 cases (1992-1996), *J Am Vet Med Ass.* 216: 554 – 558.
- McKane S.A., Canfield P.J., Rose R.J. 1993. Equine bronchoalveolar lavage cytology: survey of thoroughbred racehorses in training. *Australian Veterinary Journal* 70: 401 – 404.
- McKane S.A., Rose R.J., Evans D.L. 1995. Comparison of bronchoalveolar lavage findings and measurements of gas exchange during exercise in horses with poor racing performance. *New Zealand Veterinary Journal* 43 (5): 179 – 182.
- McKane S.A. & Slocombe R.F. 1999. Sequential changes in bronchoalveolar cytology after autologous blood inoculation. *Equine Veterinary Journal Suppl.* 30: 126 – 130.
- Meyer, T.S., Fedde, M.R., Gaughan, E.M., Langsetmo, I., Erickson, H.H. 1998. Quantification of exercise-induced pulmonary haemorrhage with bronchoalveolar lavage. *Equine Vet Journal* 30: 284 – 288.
- Morris, E.A. 1991. Application of clinical exercise testing for identification of respiratory fitness and disease in the Equine Athlete. *Vet Clin Of North Am Equine Practice* 7: 383 – 401.
- Morris E.A. & Seeherman, H.J. 1991. Clinical evaluation of poor performance in the racehorse: the results of 275 evaluations. *Equine Veterinary Journal* 23: 169 – 174.
- Newton J.R. & Wood J.L.N. 2002. Evidence of an association between inflammatory airway disease and EIPH in young thoroughbreds during training. *Equine Exercise Physiology* 6, *Equine Veterinary Journal Suppl.* 34: 417 – 424.
- O'Callaghan, M.W., Pascoe, J.R., Tyler, W.S., Mason, D.K. 1987. Exercise-induced pulmonary haemorrhage in the horse: results of a detailed clinical postmortem and imaging study. III Subgross findings in lungs subjected to latex perfusions of the bronchial and pulmonary arteries. *Equine Vet Journal* 19: 394 – 404.
- Persson, S.G.B. 1983. Evaluation of exercise intolerance and fitness in the performance horse. In *Equine Exercise Physiology*, (editors D.H. Snow, S.G.B. Persson and R.J. Rose), pp 441 – 457. Granta publications, Cambridge, England.
- Persson, S.G.B. & Lindberg, R. 1991. Lung biopsy pathology and exercise tolerance in horses with chronic bronchiolitis. In *Equine Exercise Physiology* 3, (editors G.B.S.Persson, Lindholm and Jeffcott), pp 457 – 464. ICEEP publications, Davis, California.
- Rush Moore, B., Krakowka, S., Robertson, J.T., Cummins, J.M. (1995) Cytologic evaluation of bronchoalveolar fluid obtained from Standardbred racehorses with inflammatory airway disease. *Am J Vet Res.* 56: 562 – 567.
- Sanchez A., Couetil L.L., Ward M.P., Clark S.P. 2005. Effect of airway disease on blood gas exchange in racehorses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 19: 87 – 92.
- Sweeney, C.R., Rossier, Y., Ziemer, E.L., Lindborg, S. 1992. Effects of lung site and fluid volume on results of bronchoalveolar lavage fluid analysis in horses. *Am J Vet Res.* 53 (8): 1376 – 1379.
- Tan R.H.H., Dowling B.A., Dart A.J. 2005. High-speed treadmill video-endoscopic examination of the upper respiratory tract in the horse: the results of 291 clinical cases. *The Veterinary Journal* 170: 243 – 248.
- Thornton, J., Essen-Gustavsson, B., Lindholm, A., Mc Miken, D., Persson, S.G.B. 1983. Effects of training and detraining on oxygen uptake, cardiac output, blood gas tensions, pH and lactate concentration during and after exercise in the horse. In *Equine Exercise Physiology*, (editors D.H.Snow, S.G.B Persson and R.J. Rose), pp 470 – 486. Granta publications, Cambridge, England.