Ann. Méd. Vét., 1991, 135, 499-502

ARTICLE ORIGINAL

Fonction pulmonaire de la chèvre : normes et spécificités

M. BAKIMA[1], J. ARENDT[2], F. LOMBA[2], P. LEKEUX[3]

[1] Service de Biostatistique et Informatique appliquée à la zootechnie. Faculté de Médecine Vétérinaire. Université de Liège

[2] Service de Pathologie médicale. Centre de Guidance en productions animales. Faculté de Médecine Vétérinaire. Université de Liège.

[3] Service de Physiologie. Laboratoire d'investigation fonctionnelle cardio-respiratoire. Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège.

Manuscrit déposé le 14/03/1991.

RESUME

Les paramètres de la fonction respiratoire de la chèvre ont été étudiés sur 96 chèvres d'un poids compris entre 6 et 60 kg. Avec la croissance, on observe une augmentation significative ($P<0,05$) des valeurs des temps inspiratoire et expiratoire (tI et tE), des débits moyens inspiratoire et expiratoire (VI moy et VE moy), du volume tidal (V_t), du volume minute (V_e), de la compliance pulmonaire dynamique (Cdyn), de la compliance pulmonaire dynamique spécifique (sCdyn) et de la pression partielle en oxygène du sang artériel (PaO_2) et une diminution significative de la fréquence respiratoire (fr), de la pression partielle en dioxyde de carbone du sang artériel ($PaCO_2$) et de la résistance pulmonaire totale (R_{PT}). Les équations allométriques des divers paramètres ont été calculées. Les valeurs obtenues par les équations allométriques établies pour la chèvre dans le présent travail sont différentes de celles prédites par les équations de Stahl (1967). Les spécificités respiratoires de la chèvre ont été recherchées sur 10 chèvres d'un poids moyen de 45,9 kg. La chèvre se rapproche du cheval pour les paramètres fr, tI, tE, sCdyn et sRPT. Par rapport au bovin adulte, les valeurs spécifiques de V_t et de Cdyn (sV_t et sCdyn) observées chez la chèvre sont deux fois plus élevées tandis que celles de fr et de R_{PT} spécifique (sR_{PT}) sont à moitié de celles observées chez le bovin adulte.

INTRODUCTION

Dans les publications antérieures (Bakima et coll, 1988a et 1988b), nous avions signalé la pauvreté de la littérature en ce qui concerne la physiologie respiratoire caprine.

L'objectif de cette étude est de combler une partie de cette lacune. Nous avons investigué la fonction pulmonaire de la chèvre afin d'en établir des normes et calculer les équations allométriques des différents paramètres. Les spécificités respiratoires de la chèvre ont également été recherchées.

MATERIEL ET METHODES

Les normes et l'équation allométrique des divers paramètres de la fonction pulmonaire ont été établies à partir de mesures effectuées sur 96 chèvres exemptes de toute pathologie respiratoire, de races Alpine et Saanen, âgées de 1 à 54 mois et pesant de 6 à 60kg.

Pour l'étude des spécificités de la fonction pulmonaire caprine nous avons travaillé sur 10 chèvres adultes de race Alpine pesant en moyenne 45,9 kg et nous avons comparé les résultats d'une part aux valeurs observées dans le même laboratoire sur poneys (Art, 1989), sur bovins (Lekeux, 1984; Gustin et coll, 1988a) et d'autre part aux données obtenues sur cheval (Sasse, 1971).

Les tests de la fonction pulmonaire pour la chèvre ont été réalisés comme décrit precédement (Bakima et coll, 1988b). En resumé, les signaux de débit et de volume ont été enregistrés avec les têtes de Fleisch (n° 1 et 2) raccordées au pneumotachographe de marque Gould Godart (Bilthoven, Holland). Les signaux de pressions transpulmonaires (Ptp) l'ont été avec le ballonnet oesophagien raccordé au pressographe de marque Gould Godart (Bilthoven, Holland). Pour chaque animal, les paramètres suivants ont été mesurés ou calculés: fréquence respiratoire (fr), temps inspiratoire et expiratoire (tI et tE), débits moyens inspiratoire et expiratoire (VI moyen et VE moyen), volume tidal (V_t), volume minute (t), pression transpulmonaire minimale à l'inspiration (Ptp min) et pression transpulmonaire maximale à l'expiration (Ptp max), maximum de variation de Ptp (maxdPtp = Ptp min − Ptp max), compliance pulmonaire dynamique (Cdyn) et résistance pulmonaire totale (R_{PT}). Les valeurs spécifiques selon Stahl (1967) ont également été déterminées : $sV_t = V_t$/poids corporel; $sR_{PT} = R_{PT}.V_c$; sCdyn = Cdyn/poids pulmonaire. Le poids pulmonaire est estimé à partir de l'équation proposée par McGregor (1970).

TABLEAU 2
Equations allométriques liant les valeurs des paramètres principaux de la fonction pulmonaire au poids corporel (PC)

Paramètres	Unités	Equations	R^2	P
fr	min^{-1}	$61,56 . PC^{-0,36}$	0,43	0,001
tI	sec	$0,59 . PC^{0,24}$	0,19	0,001
tE	sec	$0,71 . PC^{0,33}$	0,25	0,001
tI/tI+tE	%	$40,45 . PC^{-0,02}$	0,01	NS
VImoy	$l.sec^{-1}$	$0,03 . PC^{0,67}$	0,43	0,001
VEmoy	$l.sec^{-1}$	$0,02 . PC^{0,60}$	0,42	0,001
V_t	l	$0,02 . PC^{0,83}$	0,69	0,001
V_e	l	$1,48 . PC^{0,47}$	0,44	0,001
maxdPtp	kPa	$0,50 . PC^{0,07}$	0,02	NS
Cdyn	$l.kPa^{-1}$	$0,09 . PC^{0,87}$	0,68	0,001
RpT	$kPa.sec.l^{-1}$	$2,34 . PC^{-0,40}$	0,35	0,001
PaO_2	kPa	$10,00 . PC^{0,08}$	0,11	0,015
$PaCO_2$	kPa	$6,97 . PC^{-0,09}$	0,14	0,009
sV_t	l	$14,01 . PC^{-0,01}$	0,01	NS
sCdyn	$l.kg.kPa^{-1}$	$2,32 . PC^{0,19}$	0,12	0,001
sRpT	kPa	$3,78 . PC^{0,05}$	0,01	NS

Les abréviations ont la même signification que dans le tableau 1.

TABLEAU 3
Comparaison entre les valeurs prédites par les équations de Stahl (1967) et celles rapportées pour la chèvre dans le présent travail

Paramètres	Unités	Stahl (1967)	Chèvre++
fr	min^{-1}	20,5	16,3
V_e	l.min	7,25	8,38
Cdyn	$l.kPa^{-1}$	1,12	2,22
RpT	$l.kPa^{-1}.sec$	0,27	0,52
[illegible]	l	0,36	0,43
sV_t	$ml.kg^{-1}$	8,90	13,50
sCdyn	$ml.kPa^{-1}.kg$	2,57	4,67
sRpT	kPa	1,95	4,54

Les abréviations ont la même signification que dans le tableau 1.
& : Le poids corporel retenu est de 40 kg.
++ : valeurs obtenues avec les équations calculées pour la chèvre dans le présent travail.

TABLEAU 4
Comparaison des valeurs de fonction pulmonaire des chèvres et des veaux de poids comparables

Paramètres et unités	chèvre	veau* frison	veau** BBB
n	10	5	24
PC (kg)	45,90 (3,90)	53,00 (8,00)	56,00 (1,00)
fr (min^{-1})	13,64 (0,65)	44,40 (4,00)	36,00 (3,00)
tI (sec)	1,59 (0,09)	0,71(0,09)	0,87 (0,07)
tE (sec)	2,98 (0,17)	0,72 (0,09)	1,10 (0,52)
tI/tI+tE (%)	34,80 (1,09)	49,00 (2,00)	43,00 (1,00)
V_t (l)	0,70 (0,06)	0,49 (0,08)	0,43 (0,02)
V_e ($l.min^{-1}$)	9,49 (0,67)	20,00 (1,00)	15,00 (1,00)
maxdPtp (kPa)	0,70 (0,03)	0,67 (0,05)	0,75 (0,03)
Cdyn ($l.kPa^{-1}$)	2,58 (0,16)	1,14 (0,20)	1,06 (0,05)
RpT ($kPa.l^{-1}.sec$)	0,51 (0,06)	0,27 (0,04)	0,38 (0,02)
PaO_2 (kPa)	13,41 (1,66)	12,40 (0,40)	11,30 (0,28)
$PaCO_2$ (kPa)	5,10 (1,83)	5,80 (0,20)	6,29 (0,12)
sV_t (ml.kg-1)	15,65(0,65)	9,10(0,60)	7,70(0,30)
sCdyn (l.kPa-1.kg)	4,78(0,13)	1,14(0,18)	-
sRpT (kPa)	4,68(0,53)	5,50(0,50)	5,28(0,33)

Les abréviations ont la même signification que dans le tableau 1. Les valeurs fournies sont des moyennes avec les erreurs standards. *Lekeux est coll, 1984; ** Gustin et coll, 1988.

TABLEAU 5
Comparaison du pneumotachogramme et des valeurs spécifiques de la fonction pulmonaire dans différentes espèces

Paramètres et unités	chèvre	Cheval *	poney **	bovin ***
n	10	24	8	8
PC (kg)	45,90 (3,90)	509,00 (14,20)	281,00 (4,88)	401,00 (15,00)
fr (min-1)	13,64 (0,65)	16,00 (1,20)	25,75 (3,64)	30,00 (2,00)
tI (sec)	1,59 (0,09)	1,81 (0,10)	1,22 (0,14)	0,96 (0,08)
tE (sec)	2,98 (0,17)	2,55 (0,17)	1,69 (0,20)	1,13 (0,34)
tI/tI+tE (%)	34,80 (1,09)	41,50	41,90 (1,42)	46,00 (2,00)
sV_t (ml.kg-1)	15,65 (0,65)	11,40	9,30 (0,51)	7,60 (0,60)
sCdyn (l.kPa-1.kg)	4,78 (0,13)	4,65	-	2,22 (0,32)
sRpT (kPa)	4,68 (0,53)	5,06	4,02 (0,46)	10,32 (1,34)

Les abréviations ont la même signification que dans le tableau 1. Les valeurs fournies sont des moyennes avec les erreurs standards.
* Sasse, 1971;
** Art. 1989
*** Gustin et coll, 1988

peut l'expliquer. La sCdyn est généralement considérée comme un reflet de l'uniformité de compliance et de résistance des différentes unités ventilatoires du poumon, en plus du recul élastique pulmonaire (Otis et coll, 1956 cités par Mead, 1961 et 1973). Une augmentation de sa valeur avec la croissance pourrait refléter une amélioration, d'une part du synchronisme ventilatoire entre les unités pulmonaires, et d'autre part de l'élasticité du poumon. Pour Avery et Cook (1967), ce changement résulte de la croissance des voies aériennes et de la diminution de la densité spécifique du parenchyme pulmonaire.

La différence entre les valeurs obtenues par les équations de Stahl (1967) et celles obtenues dans le présent travail montre qu'il est utile d'établir des équations pour chaque espèce. Les équations de Stahl (1967) ont été établies à partir des résultats de recherches effectuées sur différents mammifères. Elles ne

tiennent pas compte des techniques d'investigation utilisées dans ces différents travaux; de plus la gamme de poids considérée comprend uniquement la zone 0,25 à 70 kg. Chaque espèce animale semble avoir sur le plan ventilatoire des caractéristiques quantitative et qualitative qui sont propres (Heusner, 1983). La différence entre les valeurs observées chez une chèvre et chez un bovin de poids comparable l'illustre. Robinson (1982) a bien montré les conséquences fonctionnelles et physiopathologiques qui résultent des différences morphologiques observées entre différents mammifères domestiques.

En conclusion,

- si l'évolution des paramètres de la fonction pulmonaire de la chèvre en croissance est comparable à celle observée chez le bovin, les valeurs obtenues diffèrent notablement. Il est donc illusoire de s'appuyer sur des données obtenues chez les autres ruminants pour déterminer les paramètres de la fonction pulmonaire de la chèvre.
- les équations généralisées de Stahl (1967) ne sont pas applicables à la chèvre.
- la chèvre sur le plan de la fonction pulmonaire est plus proche du cheval. Elle peut donc être un bon modèle animal pour certaines études respiratoires dans cette espèce.

SUMMARY

Pulmonary function in goats: norms and specifities

Pulmonary function values were investigated by a cross-sectional study of 96 healthy French Alpine and Saanen goats, weighing 6 to 60 kg.

Allometric analysis was performed using the body weight as independent variable and all the pulmonary function values measured and calculated in this study as dependent variables. It was observed that the following pulmonary function values increase significantly ($P < 0,05$) with somatic growth: inspiratory and expiratory time (tI and tE), mean inspiratory and expiratory flow, tidal volume (V_t), minute volume (V_e), dynamic lung compliance (Cdyn), specific value of dynamic lung compliance (sCdyn) and arterial oxygen tension; in contrast, respiratory frequency (fr), total pulmonary resistance (RPT) and arterial carbone dioxide tension (PaCO2) decrease significantly ($P < 0,05$).

The specific pulmonary values obtained with allometric equations established in this study were different with those predicted by Stahl equations (1967). The goats respiratory specificities were determined. Some pulmonary function values (fr, tI, tE, sCdyn and sR_{PT}) observed in this study were similar to those reported in horse; whereas values of specific (sV_t) and sCdyn were 2 R_{PT} times higher and those of fr and R, 2 times lower than the values reported for cattle.

BIBLIOGRAPHIE

Art T. : Communication personnelle. 1989.

Avery M.E., Cook C.D.: Volume-pressure relationship of lungs and thorax in fetal, newborn and adult goat, J. Appl. Physiol. 1967, **16,** 1034-1038.

Bakima M., Gustin, P., Lomba, F., Lekeux, P.: Mechanics of breathing in goats, Res. Vet Sci., 1988, **45,** 332-336.

Bakima M., Lomba, F., Lekeux, P. : Growth-related changes in the pulmonary function of goats. Vet. Res. Commun. 1990, **14,** 141-146.

Bisgard G.E, Forster H. V, Mesina J. et Sarazin R. G.: Role of carotid body in hypernea of moderate exercice in goats. J. Appl. Physiol. 1982, **52,** 1216-1222.

Forster H. V, Bisgard G.E. et Klein J.P.: Effect of peripheral chemoreceptor denervation on acclimatization of goats during hypoxia. J. Appl. Physiol. 1983, **50,** 392-398.

Gustin P., Bakima M., Art, T., Lekeux, P. et Lomba, F.: Pulmonary function values and growth in Belgian White and Blue double-muscled cattle. Res. Vet. Sci. 1988, **45,** 405-410.

Heusner A.: Body size, energy metabolism, and the lungs. J. Appl. Physiol. 1983, **54(4),** 867-870.

Kelman G.R. et Nunn, J.F: Nomograms for correction of blood PO2, PCO2, pH and base excess for time and temperature, J. Appl. Physiol. 1966, **21,** 1484-1490.

Lekeux P.: Physiological studies of the pulmonary function in unsedated Friesian cattle. PhD thesis, University of Utrecht, The Netherlands, September 1984.

Mc Gregor B.A.: Growth of organ and body components of grazing goats. Animal Production in Australian. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 1970, **14,** 487-490.

Mead J.: Mechanical properties of lungs. Physiol. Rev. 1961, **41(2),** 281 - 330.

Mitchell G.S., Smith C. A. et Dempsey J. A.: Effects of p-chlorophenylalanine on ventilatory control in goats. J.Appl.Physiol. 1983, **24,** 277-283.

Robinson N.E.: Some functional consequences of species differences in lung anatomy. Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine. 1982, **26,** 2-34.

Sasse H.H.L: Some pulmonary function tests in horses, Thesis University of Utrecht, Faculty of Veterinary Medicine, 1971, Holland.

Stahl W.R.: Scaling of respiratory variables in mammal J. Appl. Physiol., 1967, **22,** 453-460.

Les pressions partielles en oxygène (PaO_2) et en dioxyde de carbone ($PaCO_2$) du sang artériel ont été estimées dans le quart d'heure qui a suivi le prélèvement du sang artériel par un analyseur de gaz sanguins (Corning 175 Halstead). Les valeurs mesurées ont été corrigées en fonction de la température rectale (Kelman et Nunn, 1966).

L'équation allométrique y = a. (Poids corporel)^b était calculée pour chaque paramètre en fonction du poids corporel.

RESULTATS

Les paramètres de la fonction pulmonaire des chèvres de différents poids corporels sont présentés dans le tableau 1; les équations allométriques des principaux paramètres sont repris au tableau 2. Dans le tableau 3 figure la comparaison entre les valeurs obtenues de quelques paramètres, par les équations allométriques établies pour la chèvre dans la présente étude et celles prédites par les équations de Stahl (1967). L'animal de référence est une chèvre de 40 kg de poids corporel. Les tableaux 4 et 5 donnent les valeurs respectives des paramètres de la fonction pulmonaire de la chèvre, de bovin, du poney et du cheval.

Chez la chèvre, les valeurs des paramètres tI, tE, VI moy, VE moy, V_t, Ve_e sCdyn et la PaO2 augmentent de façon significative ($P < 0,05$) avec le poids corporel. Par contre on observe une diminution significative des valeurs de fr, PaCO2 et R_{PT} (tableau 1). Les valeurs prédites par les équations de Stahl (1967) sont différentes de celles obtenues avec les équations allométriques établies pour la chèvre (tableau 3). La chèvre se rapproche du cheval pour les paramètres fr, tI, tE, sCdyn et sR_{PT}. Les valeurs de sV_t et de sCdyn observées de la chèvre sont doubles et celles de fr et sR_{PT} sont moitiés des valeurs observées chez le bovin adulte (tableau 5).

DISCUSSION

L'établissement des normes de la fonction pulmonaire de la chèvre est une étape importante dans la connaissance de la fonction pulmonaire et de la physiopathologie respiratoire de la chèvre.

Les paramètres de la ventilation pulmonaire chez les animaux du groupe 4 (tableau 1) sont comparables à ceux rapportés par Bisgard et coll (1982), Mitchell et coll. (1983) et Forster et coll. (1984) dans les études de contrôle respiratoire réalisées sur des chèvres de même taille.

L'évolution des paramètres de la fonction pulmonaire est semblable à celle observée chez le bovin en croissance (Lekeux et coll, 1984d; Gustin et coll, 1988a). En effet, les volumes (V_t et V_e), les débits (V_I moy et VE moy) et la PaO_2 augmentent avec le développement corporel et, à l'inverse, les valeurs des paramètres fr, $PaCO_2$ et R_{PT} diminuent. Parmi les valeurs spécifiques, sCdyn est le seul paramètre qui varie avec la croissance. Ce qui est en agrément avec les observations de Avery et Cook (1967) qui ont montré in vitro chez la chèvre (étude de la courbe pression-volume), un accroissement de la compliance pulmonaire avec l'âge, nos valeurs de Cdyn et sCdyn sont cependant plus élevées que celles rapportées par ces auteurs. La différence de méthodologie et de technique utilisées

TABLEAU 1
Comparaison entre les valeurs prédites par les équations de Stahl (1967) et celles rapportées pour la chèvre dans le présent travail (&)

Paramètres	Unités	groupes 1	2	3	4	moyenne
n		24	18	36	18	
PC	kg	12,90 (0,50)	20,30 (0,40)	32,30 (0,60)	49,90 (1,80)	28,00 (1,40)
fr	min^{-1}	25,50 (0,90)	21,30 (1,20)	18,00 (0,90)	14,30 (0,80)	20,20 (0,60)
tI	sec	1,23 (0,08)	1,06 (0,10)	1,36 (0,07)	1,70 (0,09)	1,33 (0,05)
tE	sec	1,76 (0,08)	1,90 (0,10)	2,24 (0,12)	2,90 (0,17)	2,02 (0,07)
tI/tI+tE	%	38,70 (0,70)	36,20 (1,20)	37,90 (0,60)	37,74 (0,79)	37,80 (0,40)
VImoy	$l.sec^{-1}$	0,19 (0,02)	0,32 (0,03)	0,32 (0,02)	0,43 (0,02)	0,30 (0,01)
VEmoy	$l.sec^{-1}$	0,12 (0,01)	0,18 (0,02)	0,19 (0,01)	0,26 (0,02)	0,19 (0,01)
V_t	l	0,20 (0,01)	0,29 (0,02)	0,42 (0,02)	0,74 (0,04)	0,40 (0,02)
V_e	$l.min^{-1}$	5,09 (0,37)	6,11 (0,43)	7,56 (0,25)	10,36 (0,66)	7,15 (0,26)
maxdPtp	kPa	0,63 (0,03)	0,65 (0,04)	0,63 (0,03)	0,69 (0,03)	0,64 (0,02)
Cdyn	$l.kPa^{-1}$	0,81 (0,04)	1,13 (0,07)	2,02 (0,12)	3,15 (0,20)	1,74 (0,10)
R_{PT}	$kPa.sec.l^{-1}$	0,97 (0,04)	0,63 (0,05)	0,62 (0,02)	0,50 (0,04)	0,69 (0,02)
PaO_2	kPa	12,55 (0,30)	12,54 (0,50)	13,44 (0,30)	13,63 (0,39)	12,96 (0,07)
$PaCO_2$	kPa	5,67 (0,10)	5,28 (0,22)	5,29 (0,12)	4,81 (0,13)	5,30 (0,08)
sV_t	$ml.kg^{-1}$	15,45 (0,76)	14,22 (0,73)	13,30 (0,66)	14,79 (0,72)	14,20 (0,37)
sCdyn	$l.kg.kPa^{-1}$	4,02 (0,17)	3,95 (0,23)	4,86 (0,26)	5,19 (0,33)	4,50 (0,14)
sR_{PT}	kPa	4,75 (0,28)	4,00 (0,33)	4,73 (0,23)	4,84 (0,28)	4,62 (0,14)

Les valeurs fournies sont des moyennes avec des erreurs standards (). PC: poids corporel; fr: fréquence respiratoire; tI et tE: temps inspiratoire et expiratoire; VI moy et VE moy: débits inspiratoire et expiratoire; V_t: volume courant; V_e: volume minute; Ptpmax et Ptpmin: pressions transpulmonaires maximale et minimale; maxdtPtp : différence entre Ptpmax et Ptpmin; Cdyn : compliance dynamique pulmonaire; R_{PT} : résistance pulmonaire totale; PaO_2 et $PaCO_2$: pressions partielles en oxygène et dioxyde de carbone dans le sang artériel; sVt; sCdyn et sR_{PT} sont les valeurs spécifiques des paramètres correspondants.