

# 1 日龄牦牛肺泡毛细血管的扫描电镜观察

杜晓霞<sup>1</sup>, 俞红贤<sup>2</sup>, 刘 英<sup>1\*</sup>, 杜晓华<sup>1</sup>, 郭建强<sup>3</sup>, 赵建红<sup>1</sup>,  
王 宇<sup>1</sup>, 柳东阳<sup>1</sup>, 李仁阁<sup>1</sup>, 赵海涛<sup>1</sup>, 刘 斌<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学动物医学院, 兰州 730070; 2. 青海大学农牧学院, 西宁 810016 ;  
3. 山东畜牧兽医职业学院, 潍坊 261061)

**摘 要:** 本文运用血管铸型和扫描电镜技术对 1 日龄牦牛肺实质内微血管的铸型进行研究, 旨在发现新生牦牛肺微血管的分布特征, 为探讨牦牛肺微血管在出生后的发生与生长规律奠定基础。结果显示: 低倍镜下肺泡微血管网呈现不规则的、类似于蜂窝样的肺泡群结构, 局部区域的肺泡血管网伸展不完全, 血管网形成肺泡腔的形态和大小差异很大, 可以看到完全开张的肺泡、半开张的肺泡、轻微开张的肺泡以及未开张的肺泡。根据血管管径的粗细、血管网孔的大小、血管分布的疏密以及局部区域血管分布的形态差异可以将局部区域肺泡壁的毛细血管网分为 3 种形式: 即板块状血管网、筛孔状血管网以及网络状血管网。肺泡隔内微血管网的存在形式和毗邻关系不尽相同, 可以分为单层型血管网、双层型血管网以及毗邻型血管网。肺泡毛细血管的铸型表面还可见到内皮细胞核的压迹。

**关键词:** 1 日龄牦牛; 肺; 微血管铸型; 扫描电镜

中图分类号: S852.1

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2008)03-0355-05

## Observation on the Pulmonary Capillary in One-day Old Yak (*Bos grunniens*) under the Scanning Electron Microscope

DU Xiao-xia<sup>1</sup>, YU Hong-xian<sup>2</sup>, LIU Ying<sup>1\*</sup>, DU Xiao-hua<sup>1</sup>, GUO Jian-qiang<sup>3</sup>,  
ZHAO Jian-hong<sup>1</sup>, WANG Yu<sup>1</sup>, LIU Dong-yang<sup>1</sup>, LI Ren-ge<sup>1</sup>, ZHAO Hai-tao<sup>1</sup>, LIU Bin<sup>1</sup>

(1. College of Veterinary Medicine, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;  
2. Agriculture and Animal Husbandry College, Qinghai University, Xining 810016, China;  
3. Shandong Vocational Animal Science and Veterinary College, Weifang 261061, China)

**Abstract:** The present study characterized the pulmonary microvascular architecture in the parenchyma of newborn yak by vascular corrosion cast and scanning electron microscopy in order to explore the distributing patterns of pulmonary microvessels in newborn yak, the mechanisms of the microvascular growth and development during the postnatal period. We found irregular, honeycomb like alveolar capillary network on the cut surface at a low magnification. In some fields of view, the alveolar capillary networks extended incompletely, and the alveolar cavities varied in shape and size. We also found completely expanded alveoli, half expanded alveoli, slightly expanded alveoli and unexpanded alveoli. There were three different forms of alveolar capillary network, including sheetlike, sievelike and weblike network. Also the capillary network in the alveolar septa could be classed into single-layered, double-layered and adjacent capillary networks. In

收稿日期: 2007-03-15

基金项目: 高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划项目资助; 甘肃省跨世纪学术技术带头人和创新人才工程科研资助(036041); 甘肃省教育厅项目资助(0502-16)

作者简介: 杜晓霞(1980-), 女, 甘肃庆城人, 博士生, 主要从事动物解剖学与组织胚胎学研究, Tel: 0931-7632217, E-mail: duxiaoxia0931@126.com

\* 通讯作者: 刘 英, 教授, 博士生导师, 主要从事动物解剖学与组织胚胎学研究, Tel: 0931-7631120, E-mail: Liuy11@gsau.edu.cn

addition, the oriented imprints of the endothelial cell nuclei were found on the surface of the well-expanded capillaries.

**Key words:** one-day old yak (*Bos grunniens*); lung; microvasculature; scanning electron microscopy (SEM)

普通黄牛进入高原后,往往会由于低氧的刺激引发兽胸病或高原水肿病;而牦牛常年生活在高海拔、低温和低氧的环境中,却不会发生常见的高原性肺动脉高压和右心室肥厚<sup>[1]</sup>。可以推测,牦牛具有的这种高原适应能力,可能与其肺脏血管构筑的解剖学特征有关。关于成年动物肺脏微血管构筑的研究涉及到了两栖动物、爬行动物、鸟类和哺乳动物<sup>[2-8]</sup>,尚无牦牛的资料。对新生动物肺脏微血管铸型的研究,有对大鼠和非洲爪蟾肺研究的报道,缺少其他动物的资料<sup>[9-10]</sup>。本文运用扫描电镜对1日龄牦牛肺实质内微血管的铸型进行研究,旨在发现新生牦牛肺微血管的分布特征,为探讨牦牛肺微血管在出生后的发生与生长规律奠定基础。从而为揭示牦牛对高寒和低氧环境的适应性机理提供形态学依据,为哺乳动物肺微血管构筑学的研究积累资料。

## 1 材料和方法

选用青海省大通种牛场健康1日龄牦牛5头(公牛1头,母牛4头),在颈动脉部位放血致死后开胸取出肺脏,经右肺心叶的肺动脉插管,用注射器手动均匀加压,灌注10%ABS丁酮溶液,直至压力大至无法继续灌注时停止灌注,并结扎血管。将灌注好的标本置于流水中浸泡24~72 h,使铸型剂完全凝固。然后再将经低温冷冻后的标本用锋利的一次性刀片切成小块,置于25%氢氧化钠溶液中,在室温下腐蚀7 d左右。将腐蚀好的标本在流水中缓缓冲洗至铸型表面无残余组织为止。在体视显微镜下选择好的标本,在超声波清洗仪中清洗1 h,再经自然干燥后,用SBC-2型离子镀膜机喷镀,在JSM-5600LV型扫描电子显微镜下观察,并照相。

## 2 结果

### 2.1 肺实质内微血管铸型呈现的整体形态

用扫描电镜在低倍下观察1日龄牦牛肺脏深部微血管铸型时,在切面上可以看到由微血管形成的不规则的、类似于蜂窝样的肺泡群结构(图1),在开张程度较高的区域,由微血管构成的肺泡管、肺泡囊和肺泡的轮廓清晰可辨。有些肺泡腔的形态从外观

上看像一只只被切开的、凹面向上的不规则的空心半球体。各个肺泡腔的形态和大小差别较大。有些区域的血管网伸展完全,肺泡呈现篮网状;而有些区域的血管网堆积在一起,不能清楚地区分肺泡的轮廓。

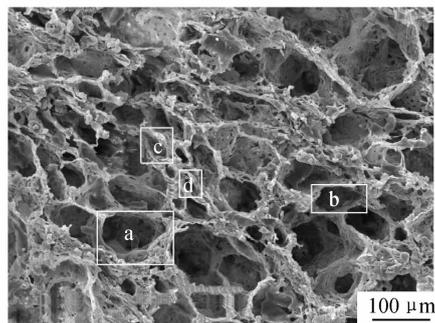


图1 低倍扫描电镜下肺泡毛细血管网,呈现大小不等、形态不一的“蜂窝样”结构,方框a示完全开张的肺泡,方框b示半开张的肺泡,方框c示轻微开张的肺泡,方框d示未开张的肺泡

Fig. 1 At a low magnification, the pulmonary alveolar capillary networks are various honeycomb in size and form. Square a shows well-expanded pulmonary alveolus, Square b shows half expanded alveolus, Square c shows slight-expanded alveolus, Square d shows unexpanded alveolus

根据微血管网形成的肺泡腔的形态和大小的差异,可将肺泡分4类:第1类是完全开张的肺泡,这类肺泡在切面上的开口大而圆;第2类是半开张的肺泡,肺泡断面上开口呈圆形、椭圆形或不规则形;第3类是微开张的肺泡,肺泡断面开口较小,形态不规则;第4类是未开张的肺泡,肺泡开口难以辨认,只能看到血管网围成的轮廓。对以上4类肺泡分别进行了统计,在统计的305个肺泡中,完全开张的肺泡为58个,占总数的19.02%;半开张的肺泡为79个,占25.90%;微开张的肺泡为121个,占39.67%;尚未开张的肺泡为47个,占15.41%。

### 2.2 肺泡壁毛细血管网的局部特点

用扫描电镜在高倍下观察时可以看到,肺泡毛细血管网在各局部区域的形态差别较大。根据肺泡毛细血管网表现出的血管管径的粗细、血管网孔的

大小、血管分布的疏密以及局部区域血管分布的形态差异,可将肺泡局部区域的毛细血管网大致分为 3 类:第 1 类呈板块状,肺泡毛细血管网局部呈现连片的板状结构,肺泡毛细血管网网眼很小、网孔很少,甚至只有一些网孔的痕迹,或是毛细血管之间彼此无法区分,而是相互连接在一起呈近似实心的板状(图 2);第 2 类呈筛孔状,肺泡毛细血管网呈现筛孔状结构,血管铸型扁平,不充盈。肺泡毛细血管网网孔大小不等,网孔内可见薄的片层状结构,网孔附近还出现与网孔形状相似的薄片状结构。这类肺泡毛细血管网孔多呈不规则形,也有圆形和椭圆形的(图 3);第 3 类呈网络状,肺泡局部毛细血管呈网络状,血管伸展比较完全,血管饱满而充实,毛细血管网的网孔较小,一般小于肺泡毛细血管的管径。毛细血管网孔的形态一般呈圆形和椭圆形,也有呈不规则形的(图 4)。此外,在肺泡底部常见有血管网堆皱的现象(图 5)。

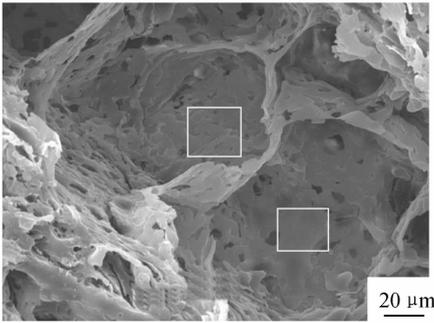


图 2 方框部分显示肺泡毛细血管网呈现板块状,毛细血管网孔很小或只有网孔的痕迹

Fig. 2 The alveolar capillary network is sheetlike in Square. The meshes are very small, even some traces

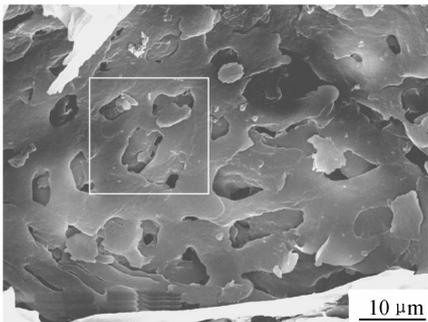


图 3 方框部分显示筛孔状的肺泡毛细血管网,网孔边缘出现与网孔形态相似的薄片状结构

Fig. 3 The alveolar capillary network is sievelike in Square. The thin slices, similar to the meshes in form, occur around the meshes

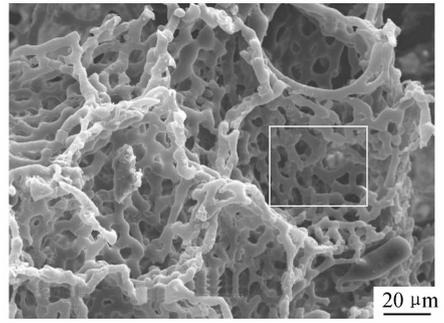


图 4 方框部分显示网络状的肺泡毛细血管网,血管网伸展比较完全

Fig. 4 The alveolar capillary network is weblike in Square. The pulmonary capillaries extend completely

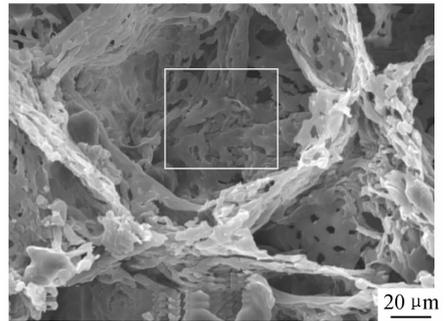


图 5 方框部分显示肺泡底部堆皱的血管网

Fig. 5 Square shows piles of vascular networks in the parenchyma

### 2.3 肺泡毛细血管铸型表面的特点

在局部区域完全伸展的肺泡毛细血管铸型上,毛细血管表面光滑,毛细血管的铸型表面可显示有卵圆形内皮细胞核的压迹(图 6)。

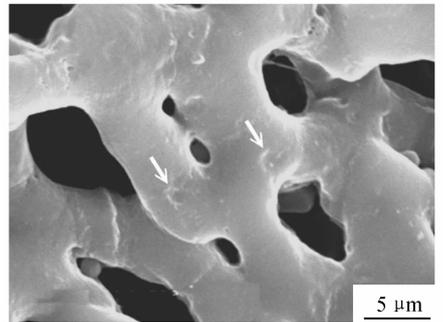


图 6 箭头示肺泡毛细血管表面内皮细胞核的压迹

Fig. 6 Arrows (↑) show indentations of the endothelial nuclei on the cast surface of pulmonary alveolar capillary

## 2.4 肺泡间隔内微血管网的构筑特点

观察 1 日龄牦牛肺泡间隔的微血管铸型时发现,在肺泡微血管网伸展较好处,相邻肺泡间可见到各个肺泡的血管网的存在形式或毗邻关系不尽相同,大致可以分为以下 3 种类型。单层型血管网,肺泡隔内呈现出单层的血管网,相邻的 2 个肺泡共用这层血管网;双层型血管网,肺泡隔内呈现出两层毛细血管网,相邻的 2 个肺泡各有其自身的血管网;毗邻型血管网,当有 3 个或 3 个以上肺泡相邻时,相邻的几个肺泡有其各自的血管网,这些血管网共同围成一个近似三角形的区域(图 7)。对肺泡隔内以上 3 种类型的血管网分别进行了统计,在计数的 484 个肺泡隔中,肺泡隔内出现的单层型血管网共 137 个,占总数的 28.31%;双层型血管网共 213 个,占总数的 44.01%;毗邻型血管网共 134 个,占总数的 27.68%。

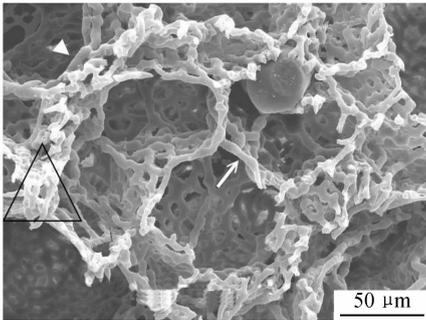


图 7 肺泡间隔内的单层毛细血管网(↑),肺泡间隔内的双层毛细血管网(▲),三角形示毗邻的几个肺泡毛细血管网形成的近似三角形的区域

Fig. 7 Arrow (↑) shows single layered capillary network in the alveolar septum and arrow-head (▲) shows two-layered capillary networks in the alveolar septum. Triangle area shows the adjacent capillary networks, being formed by a few adjacent alveolar capillary networks in the alveolar septum

此外,在肺泡毛细血管网尚未完全开张的区域,有时肺泡隔内的血管网还可呈现出多层层叠的血管网(图 8)。

## 3 讨论

### 3.1 1 日龄牦牛肺实质内微血管整体形态的特点

前人对多种哺乳动物(包括人)肺脏微血管构筑的研究表明,成年哺乳动物肺实质内毛细血管网形

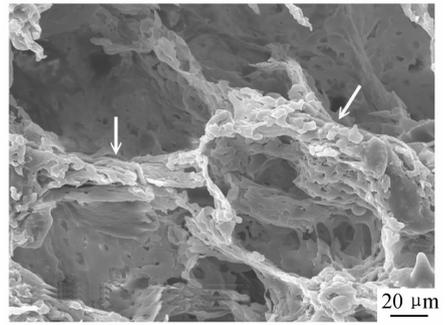


图 8 肺泡毛细血管网层叠出现于肺泡囊间隔(↑)

Fig. 8 Arrows (↑) show alveolar capillary networks overlapped in the intersaccular septum

成的肺泡呈均匀的“蜂窝状”排列,或呈切开的半球状,大小相近<sup>[7,11-12]</sup>。对 1 日龄牦牛肺实质内微血管铸型的观察表明,由微血管网络显示的肺泡群或肺泡的大小不一、形态多样,呈现出了开张的、半开张的、微开张的和未开张的多种状态。由此可见,成年动物的肺泡呈均匀的“蜂窝状”排列,肺泡绝大多数处于开张状态;而 1 日龄牦牛的肺泡呈不规则的“蜂窝状”排列,仅有部分完全开张,另一部分处于半开张、微开张或未开张状态。可以推测,新生牦牛随着年龄的增长,未完全开张的肺泡将逐渐开张,以适应机体的发育对呼吸强度增大的需求。肺泡的形态也将逐渐趋于均一,肺泡的排列方式将逐渐向均匀的蜂窝样结构发展。

### 3.2 1 日龄牦牛肺泡毛细血管网的局部特点

从研究结果可以看出,1 日龄牦牛肺泡毛细血管网的血管管径粗细不均,血管网的网孔大小不一、形态多样,除了大部分区域显示网络状血管外,有些区域出现了筛孔状或板块状血管网,有些区域的血管网还有堆皱现象。而前人在对人和其他成年哺乳动物肺脏微血管构筑的研究结果都表明,肺泡毛细血管网呈现相对整齐的网络状<sup>[7,11-12]</sup>。可见,1 日龄牦牛肺泡毛细血管的状态与成年哺乳动物和人的肺泡毛细血管的状态相比,差别较大。血管的堆皱现象表明肺泡血管网局部还未完全伸展。肺泡局部出现板块状和筛孔状的血管网,显示这些区域的血管网还未完全成形。

肺泡毛细血管网局部呈现的板块状和筛孔状血管网是 1 日龄牦牛肺泡所特有的,还是其他年龄段的牦牛也有? 有待进一步的研究证实。

### 3.3 1 日龄牦牛肺泡隔内毛细血管网的构筑特征

成年哺乳动物肺泡隔内的毛细血管相互吻合成单层密集的网,似网套样包绕在肺泡周围<sup>[11-12]</sup>。1 日龄牦牛肺泡隔内的毛细血管网只有一部分呈现出单层的血管网,其余部分出现两层血管网或几个血管网相毗邻的状况。可见,在肺泡隔内毛细血管网的构筑形式上,1 日龄牦牛与成年哺乳动物相比差别较大。1 日龄牦牛肺泡隔内毛细血管的一些特点,得到了前人对新生大鼠肺血管研究结果的佐证: Caduff 等<sup>[9]</sup>的报道指出,新生大鼠肺泡隔内普遍出现两层毛细血管网;Burri 等<sup>[13]</sup>的研究也发现,新生大鼠肺泡隔内出现两层毛细血管网,而成年大鼠的肺泡隔内只有一层毛细血管网。

#### 参考文献:

- [1] 陈秋生,冯 霞,姜生成. 牦牛肺脏高原适应性的结构研究[J]. 中国农业科学,2006,39(10):2 107-2 113.
- [2] 俞诗源,李重阳. 花背蟾蜍肺微血管的扫描电镜观察[J]. 兰州大学学报:自然科学版,1996,32(2):126-129.
- [3] MINNICH B, BARTEL H, LAMETSCHWANDTNER A. How a highly complex three-dimensional network of blood vessels regresses; the gill blood vascular system of tadpoles of *Xenopus* during metamorphosis. A SEM study on microvascular corrosion casts[J]. *Microvascular Res*,2002,64(3):425-437.
- [4] 张德禄,胡春香,俞诗源. 荒漠沙蜥肺动脉分布及毛细血管超微构筑[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2002,38(4):90-94.
- [5] 俞诗源. 红腹锦鸡肺毛细血管的扫描电镜观察[J]. 兰州大学学报:自然科学版,1995,31(形态学专辑):4-5.
- [6] NASU T. Scanning electron microscopic study on the microarchitecture of the vascular system in the pigeon lung[J]. *J Vet Med Sci*,2005,67(10):1 071-1 074.
- [7] GUNTHEROTH W G, LUCHTAL D L, KAWABORI I. Pulmonary microcirculation: tubules rather than sheet and post[J]. *J Appl Physiol*,1982,53(2):510-515.
- [8] 杜晓华,刘 霞,刘 英,等. 双峰驼胸膜下肺微血管构筑的扫描电镜观察[J]. 解剖学报,2006,37(1):87-90.
- [9] CADUFF J H, FISCHER L C, BURRI P H. Scanning electron microscopy study of the developing microvasculature in the postnatal rat lung [J]. *Anat Rec*,1986,216(2):154-164.
- [10] BARTEL H, LAMETSCHWANDTNER A. Intussusceptive microvascular growth in the lung of larval *Xenopus laevis* Daudin: a light microscope, transmission electron microscope and SEM study of microvascular corrosion casts [J]. *Anat Embryol*,2000,202(1):55-65.
- [11] 俞诗源,尤启斌. 鼠兔肺毛细血管铸型的扫描电镜观察[J]. 西北师范大学学报:自然科学版,1996,32(4):115-117.
- [12] 真炳攸,张云鹏,张留保,等. 成人肺微血管研究[J]. 解剖学报,1990,21(3):233-238.
- [13] BURRI P H. Structural aspects of postnatal lung development-alveolar formation and growth [J]. *Biol Neonate*,2006,89(4):313-322.