

# 根田鼠大脑内去甲肾上腺素水平的昼夜节律及低氧作用\*

## THE CIRCADIAN RHYTHM ON THE LEVEL OF BRAIN NOREPINEPHRINE IN MICROTUS OECONOMUS AND THE EFFECT OF HYPOXIA

研究表明, 哺乳动物脑中去甲肾上腺素 (Norepinephrine, NE) 作为一种植物性神经信息传递的经典递质, 表现为水平波动的昼夜节律行为 (李思嘉 1982 生理科学进展13 (2): 189), 该变化可能与机体生理机能改变相关。在低氧应激下, 脑内NE 的更新率升高, 可对脑中各脑区功能起到协调作用。根田鼠是青藏高原金露梅灌丛的优势小哺乳动物, 本文研究在自然光照下, 根田鼠大脑内去甲肾上腺素 (NE) 水平的昼夜节律, 以及在模拟低氧5 000 m 和7 000 m 高度条件下的含量变化情况。

### 1. 材料和方法

根田鼠捕自青海省海北州中国科学院海北高寒草甸生态系统研究定位站 (海拔3 200 m)。雄性, 体重18~ 30 g, 实验于3月份在西宁 (海拔2 300 m, 室温10 ) 进行, 自然光照。昼夜节律实验一天24 h 分1:00、6:00、10:00、15:00、20:00进行。模拟低氧实验时, 动物置入低压舱内后, 以匀速升至5 000 m 和7 000 m, 低氧暴露2 h 和24 h 后, 动物出舱, 处死, 取大脑, 称重, 测定NE。

NE 测定采用ALO<sub>3</sub>吸附法进行, 于K<sub>3</sub>Fe (CN)<sub>6</sub>氧化后在荧光分光光度计 (岛津RF540型) 上用 (λ<sub>ex</sub>/λ<sub>em</sub> = 410 nm/505 nm 测定, 回归方程为 Y = 0.878X - 9.38, r = 0.9964, NE 含量在10~ 110 ng 之间与荧光F 值呈良好线性关系。

### 2 实验结果

1. 根田鼠大脑内NE 水平昼夜节律 在一天24 h, 1:00为325.5 ± 69.0 ng/g w. w (以下NE 单位均为 ng/g.w.w), 6:00为418.5 ± 133.4; 10:00为518.4 ± 82.6; 15:00为494.7 ± 60.7; 20:00为433.8 ± 83.5。昼夜节律曲线见图1。由图1显示, 大脑内NE 水平最高峰在上午10:00, 最低峰

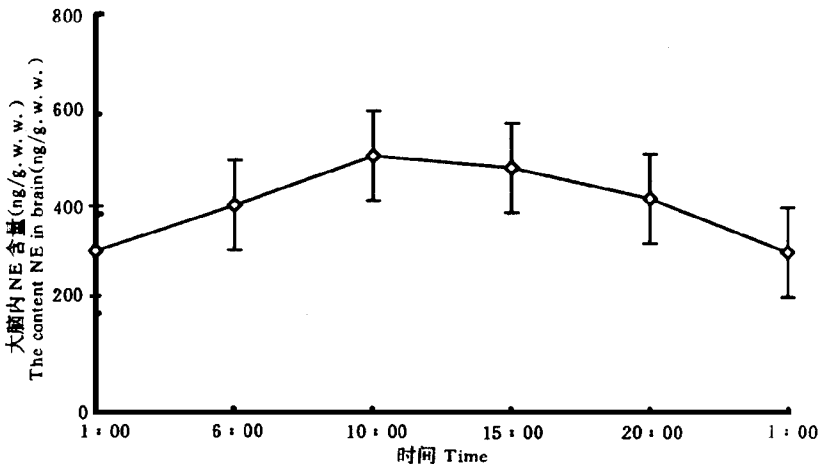


图1 根田鼠大脑内NE 水平昼夜节律

Fig. 1 The circadian rhythm level of NE in the brain of *M. oeconomus*

\* 中国科学院上海生理研究所低氧生理开放研究实验室资助项目

本文于1996年11月4日收到, 1997年3月17日收到修改稿

在次日凌晨1:00, 大脑内NE水平表现出白天普遍高于晚间这样的明显的昼夜节律波动。

2 低氧对根田鼠大脑内NE水平的作用 结果见表1。结果显示低氧下根田鼠大脑内NE含量急剧下降。

表1 模拟低氧对大脑内NE水平的作用 (10:00)  
Table 1 The effect of hypoxia on the level of NE in brain (10:00)

海拔高度 Simulated altitude (m)	大脑内NE含量 (ng/g W. W) The NE content in brain (ng/g W. W)	
	2 h	24 h
7 000	206.3 ± 37.7**	127.2 ± 37.3***
5 000	/	261.6 ± 44.2**
2 300	518.4 ± 82.6	

\*\*\*  $P < 0.001$ , \*\*  $P < 0.01$ ;  $n = 7$ ; Mean ± SD; 2 300 m 为对照 2 300 m is control

### 3 讨论\*

哺乳动物脑中去甲肾上腺素 (NE) 含量普遍存在一个昼夜节律的水平波动, 而且这种变化与其生理机能状态密切相关, 在自然光照下, 根田鼠大脑内NE水平白天普遍高于晚间, 出现明显的昼夜节律。根田鼠是青藏高原金露梅灌丛土生的小哺乳动物, 优势种群, 其行为活动规律呈昼日性, 亦有认为夜行性 (曾绍祥等 1981. 兽类学报, 1 (2): 189), 本文作者研究了根田鼠肾上腺皮质酮含量的昼夜节律显示出白天水平高于夜间 (熊忠等 1997. 兽类学报, 17 (3): 234), 下丘脑乙酰胆碱含量昼夜节律恰好与NE含量相反, 为夜间普遍高于白天, 本研究中大脑内NE含量白天高于晚间, 从NE生理节律来看, 根田鼠白天活动高于夜间。

在急性应激中, 根田鼠整个大脑内NE总含量急剧下降, 且低氧7 000 m时表现更为严重, 对于成年大鼠来说, 急性低氧应激时下丘脑NE水平无明显变化, 作者实验表明低氧应激下成年大鼠大脑皮层NE含量亦不改变, 这些表明不仅种属间有差异, 而且不同脑部位作用亦不同。杜继曾 (1996, 中国生理学会庆祝70周年学术论文集, 513~516) 研究表明, 低氧可激活HPA轴, 急性低氧可致下丘脑PVN区CRF mRNA表达增加, 相应血浆ACTH、皮质酮水平升高。下丘脑NE可先于HPA轴参与应激 (Mermet C C et al 1988 *Neuroendocrinology*, 47: 75)。NE发挥作用最大可能是作用于下丘脑CRF分泌神经元 (王复周等 1982 生理科学进展, 13 (2): 152)。本室研究认为低氧下NE能刺激大鼠HPA轴使下丘脑ME处CRF释放升高, 根田鼠在2 h 7 000 m低氧下肾上腺皮质酮含量急剧下降, 而时间延长至24 h时, 含量显著升高, 可见低氧同样激活根田鼠HPA轴, 但NE是否参与HPA轴激活过程, 尚待进一步研究。

关键词 根田鼠; 大脑; 去甲肾上腺素; 昼夜节律; 低氧

Key words *Microtus oeconomus*; Brain; NE; Circadian rhythm; Hypoxia

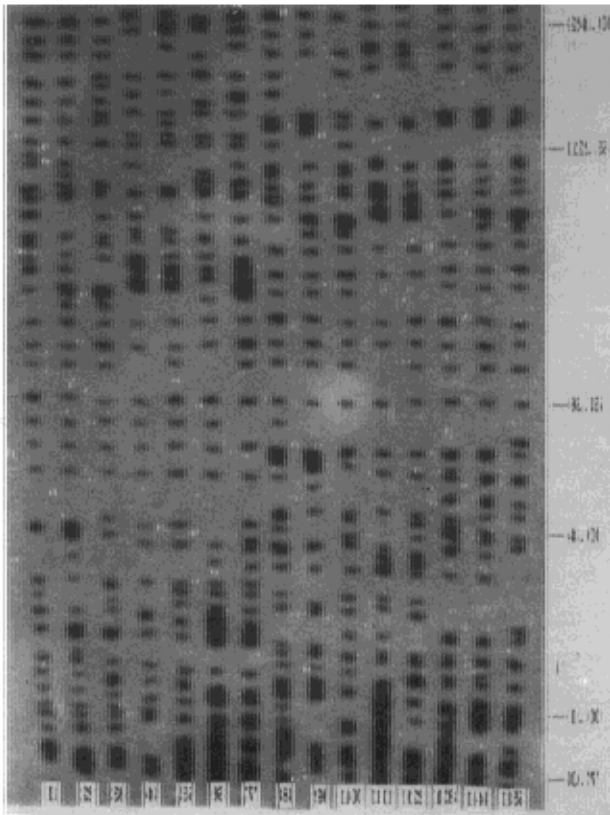
熊忠\* (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

X DNG Zhong (*Northwest Plateau Institute of Biology,  
the Chinese Academy of Sciences*)

杜继曾 (浙江大学生物科学与技术系, 杭州, 310027)

DU Jizeng (*Department of Biological Sciences and Biotechnology, Zhejiang University*)

\* 现在浙江大学生物科学与技术系, 杭州, 310027



图版说明

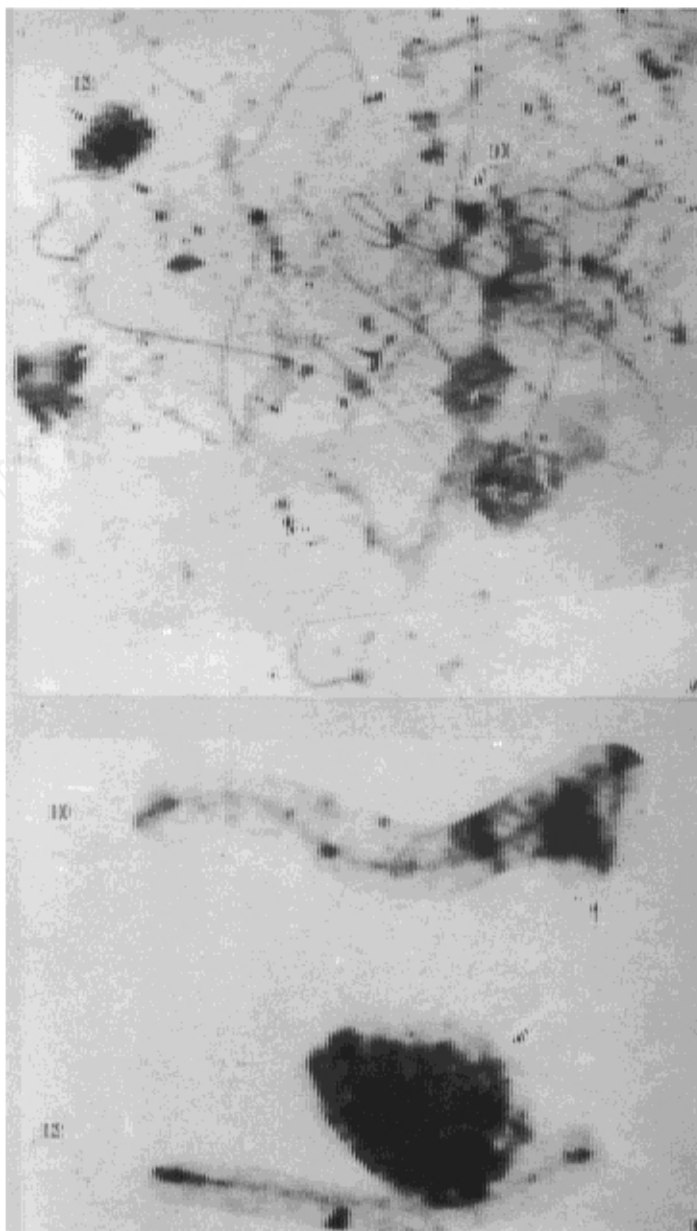
凉山山系和小相岭山系大熊猫随机个体的DNA 指纹图, 泳道1~ 8为凉山山系样品; 9~ 15为小相岭山系样品 (F<sub>2</sub>ZGP96060801探针/Hinf I 酶)

The DNA fingerprints of giant panda random individuals living in two mountains of L iangshan and Xiaoxiangling, Lines 1~ 8 are the Samples of L iangshan mountain, and Lines 8~ 15 are that of Xiaoxiangling mountain (probe F<sub>2</sub>ZGP96060801/Hinf I)

## 《兽类学报》再次入选中国科技核心期刊

1997年6月, 中国科学引文数据库课题组公布了中国科技核心期刊, 本刊再次入选中国科技核心期刊, 在生物类期刊排行表中名列第21名。在同时公布的“被引频次最高的中国科技期刊500名排行表”中。本刊亦被排在前列。

本刊编辑部



图版说明

- A. 电镜下达乌尔黄鼠联会复合体 (SC) 的形态 (1200 $\times$ ) The shape of *Citellus dauricus* SC under electron microscope (1200 $\times$ )
- B. 达乌尔黄鼠的第10和12号SC (3755 $\times$ ) The No. 10 and No. 12 SC of *Citellus dauricus* (3755 $\times$ )

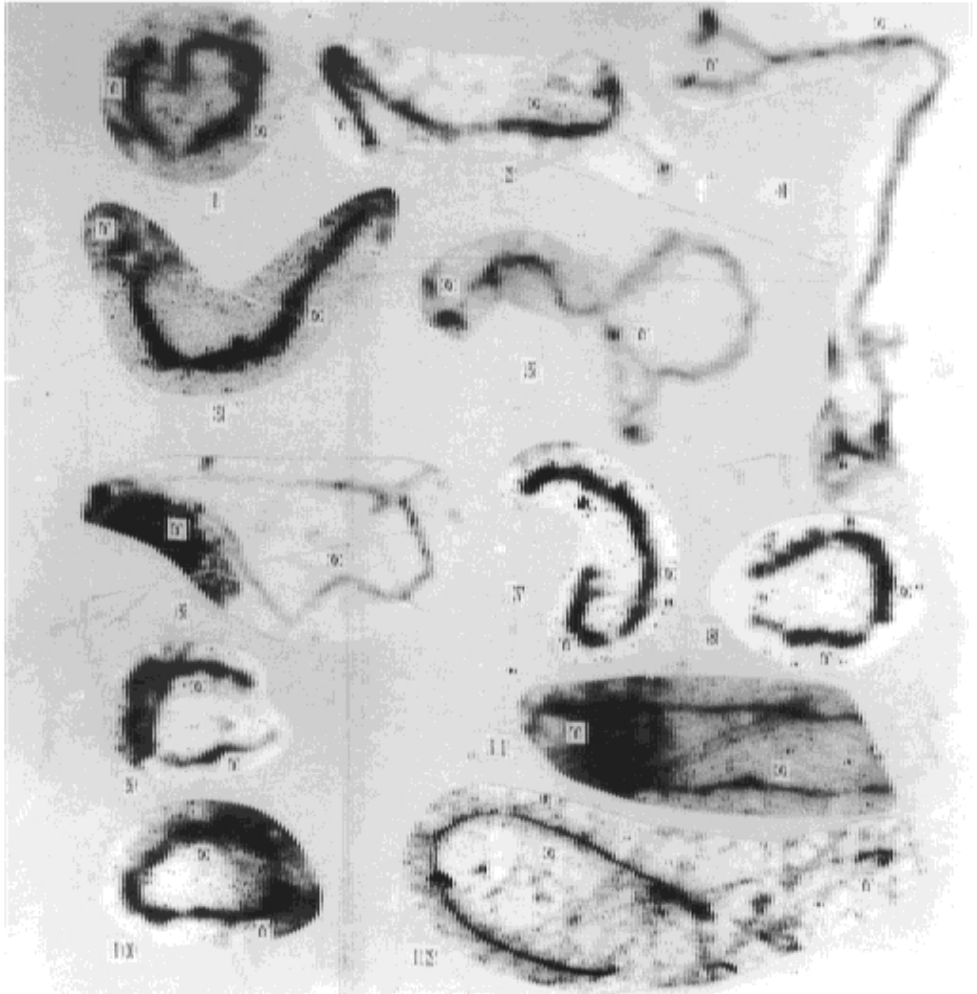


图版说明

达乌尔黄鼠 SC 核型 (3443 ×) The SC nuclear type of *Citellus dauricus* (3443 ×)

中国兽类学会理事、《兽类学报》编委、中国科学院西北高原研究所副研究员郑昌琳先生于今年7月被美国动物学家学会吸收为会员。

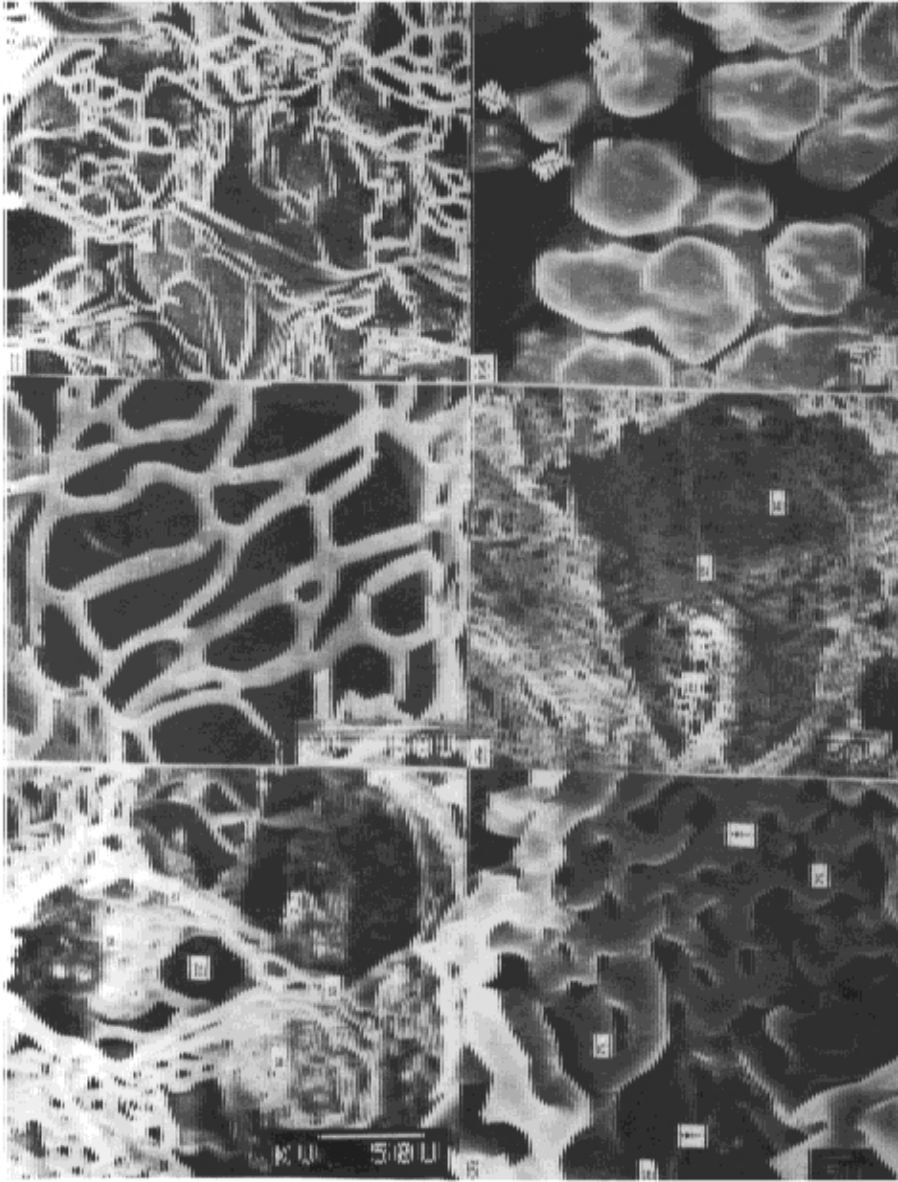
本刊编辑部



图版说明

达尔黄鼠XY染色体的SC配对行为变化 The change of SC pairing behavior of *Citellus dauricus* X and Y chromosome

- 1 早粗线期, XY 端端相连 Early pachytene, X, Y connect with each other at the end
- 2, 3, 4, 5, 6 早中粗线期, XY 部分配对 Early middle pachytene, X, Y pair partly
- 7, 8, 9, 10 中粗线期, Y 的全长与X 配对 Middle pachytene, the total length of Y pair with X
- 11, 12 晚粗线期, XY 逐渐解体 Late pachytene, X, Y detach gradually



图版说明

1. 肺泡及其周围毛细血管网铸型, 显示肺泡和肺泡毛细血管的立体位置关系, 标尺示50 μm  
Cast of pulmonary alveoli and capillary network around one showing stereoscopic place relationship of pulmonary alveoli and alveolar capillary. Bar= 50 μm
2. 肺泡铸型: 示肺泡 II 型细胞压迹, ^ 示呈桥式连接有肺泡孔铸型, 标尺示50 μm  
Cast of pulmonary alveoli showing depressions of alveolar type II cell, showing cast of bridge-linked alveolar pore Bar= 50 μm
3. 胸膜下毛细血管网, 网较稀疏, 网孔粗大, 标尺50 μm

(下转第302页)

金丝猴肺泡隔毛细血管由胸膜下或小叶间毛细血管延续而来, 或直接从毛细血管前小动脉延续而来, 肺泡隔毛细血管网为单片网, 可与两侧的肺泡同时进行气体交换, 肺泡隔毛细血管网极密集, 毛细血管的直径大于网孔直径, 肉孔多呈卵圆形 (图版 I - 4, 5, 6)。肺泡隔毛细血管的这种构筑形式扩大了隔内毛细血管的表面积, 有利于气体交换。我们还观察到肺泡隔毛细血管网之间存在网间隙 (孔) (图版 I - 5) 这与我们观察家兔的结果一致, 它可能是穿过肺泡隔使相邻肺泡彼此沟通的肺泡孔。

肺泡隔毛细血管与胸膜下毛细血管不同, 前者管径较小, 约4~ 8.5  $\mu\text{m}$ , 且相互吻合成单层密集网, 后者管径较粗, 约6~ 11  $\mu\text{m}$ , 且毛细血管网较稀疏, 因而肺泡隔毛细血管表面积较大, 血流速度相对慢, 有利于毛细血管中的血液与肺泡腔的气体交换。

肺微动脉扫描图象的特点是表面光滑, 未见有明显环形平滑肌的压迹, 可显示有内皮细胞核的压迹。毛细血管铸型表面光滑, 亦显示出清晰的内皮细胞核的压迹 (图版 I - 6)。真炳攸等 (1990, 解剖学报, 21: 233~ 238) 观察人肺时发现人肺微动脉管壁显示有环形平滑肌压迹和内皮细胞核压迹, 认为其管壁有收缩性, 有一定调节血流的功能。在金丝猴肺微动脉铸型上我们未见有环形压迹, 因而金丝猴肺微动脉管壁是否有环形平滑肌, 是否具有调节血流的功能尚需进一步研究。

金丝猴整体肺微血管构筑类似人、犬、家兔和鼠肺, 而与鸟类及两栖动物肺微血管构筑有很大差异。红腹锦鸡和家鸽等鸟类的肺由三级支气管及周围呈放射状紧密排列的微气管结构构成, 毛细血管垂直围绕在每个微气管周围, 并相互吻合成密集的立体微血管网 (俞诗源, 1995, 兰州大学学报, (形态学专辑), 31: 4~ 5) (刘代成等 1994 动物学杂志, 29 (5): 21); 蛙类的囊状肺内具有网状隔膜及少量的次级隔膜 (肺泡隔), 在网状隔膜, 肺泡隔及肺泡壁上分布有丰富的毛细血管网 (俞诗源, 1996 兰州大学学报, 32 (2): 126~ 129); 兽类肺则由发达的支气管系统及大量有肺泡囊与肺泡构成, 肺泡与肺泡隔毛细血管为密集网, 在其它相关条件相对稳定时, 肺泡表面积的增加与气体交换率有一定的正相关关系, 因此, 可以设想, 蛙类囊状肺内壁上网状隔膜及次级隔膜的出现可能是增加气体交换面积, 提高气体交换率, 改善供氧状况的适应性结构; 红腹锦鸡、家鸽等鸟类为了更好地适应陆生及空中飞翔生活, 肺结构更显复杂, 呼吸表面积大为增加, 比两栖动物显示更大进步, 具有较高的呼吸效率; 金丝猴、家兔等哺乳动物的肺是典型的陆生脊椎动物的肺, 充分显示肺脏结构有极大的呼吸表面积, 更有利于气体交换, 从肺微血管构筑角度体现出生物由低等向高等进化中机能与结构统一的规律。

关键词 金丝猴; 肺; 微血管构筑; 肺泡; 扫描电镜

Key words *Rhinopithecus r. roxellanae*; Lung; Microvasculature; Alveolus; SEM

俞诗源 (西北师范大学生物系, 兰州, 730070)

YU Shiyuan (Department of Biology, Northwest Normal University)

(上接第320页)

Capillary network of subpleural space is a few scattered mesh hole is larger Bar= 50  $\mu\text{m}$

4 肺泡囊及肺泡毛细血管网 a 肺泡; s 肺泡隔; 标尺示 50  $\mu\text{m}$

A lveolar sac and pulmonary alveoli capillary network a pulmonary alveoli; s alveolar septa Bar= 50  $\mu\text{m}$

5 肺泡囊及肺泡毛细血管网 a 肺泡; s 肺泡隔; h 肺泡孔; 标尺示 50  $\mu\text{m}$

A lveolar sac and pulmonary alveoli capillary network a pulmonary alveoli; s alveolar septa; h alveolar pore Bar= 50  $\mu\text{m}$

6 肺泡隔毛细血管网 a 毛细血管前小动脉; c 毛细血管; 内皮细胞核压迹, 标尺示 5  $\mu\text{m}$

A lveolar septa capillary network a terminal arteriole; c capillary; Showing imprint of endothelial nuclei Bar = 5  $\mu\text{m}$