

低氧对高原鼠兔和大白鼠肝脏重要金属元素的影响\*

THE EFFECTS OF HYPOXIA ON MPORTANT METAL  
EL EM ENTS IN THE L IVER OF PLATEAU PIKA AND RAT

微量元素在动物生长、发育、繁衍等生命过程中具有重要的生理生化功能, 对维持动物各器官的功能及生理效应有着极为重要的意义。本文研究比较了低氧下高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 和大白鼠肝脏中Na、K、Ca、Mg、Cu、Zn、Fe、Mn元素的变化规律。

1. 材料和方法

(1) 动物 实验用Wistar大鼠由本所实验动物室提供, 雄性 (180~ 200 g)。高原鼠兔 (120~ 160 g) 捕获于青藏高原青海省青海湖地区, 运至本实验室饲养4周后进行低氧模拟实验。

(2) 低氧模拟 在低压舱内模拟高原低氧。

(3) 样品采集及处理 动物低氧处理后, 断头处死, 准确称取肝脏1 g后置于10 ml瓷坩锅中, 在马沸炉中从低温升至550℃灰化3~ 4 h, 取出冷却后, 加入1 ml 1% HNO<sub>3</sub>加热溶解灰分, 在25 ml容量瓶中用水定容后待测。

(4) 各元素的测定: Ca、Mg、K、Na、Cu、Zn、Fe和Mn 8个元素均采用火焰原子吸收光谱法, 仪器型号为: GGX-5型火焰原子吸收仪, 测定方法的标准回收率为96. 8% ~ 103. 6%, 11次测定的标准偏差2. 43% ~ 4. 32%。

(5) 数据以均值±标准差表示, 并进行t检验。

2. 结果与讨论

金属元素在维持细胞的生理功能、细胞内酶的活性以及内分泌功能等具有重要的作用 (王英民等 1988 家畜微量元素代谢障碍的预防 北京: 农业出版社, 8; Prasad A S等 1976 Trace elements in human health and disease vol. I, 128~ 135)。在低氧刺激中, 各元素代谢及功能发生着相应的变化。

表1 高原鼠兔肝组织金属元素的含量

Table 1 The contents of mental elements in pika liver (wet weight, mg/kg)

元素 Elements	1天 1 d	10 天 10 d		
	2. 3 km	5 km	7 km	2. 3 km
Na	1001. 1 ± 121. 2	1053. 0 ± 116. 6	1460. 6 ± 88. 6 * * *	1002. 3 ± 124. 3
K	2366. 3 ± 131. 7	2474. 2 ± 73. 4	2664. 0 ± 67. 6 * * *	1975. 4 ± 65. 5
Ca	161. 80 ± 16. 59	246. 40 ± 47. 84 * *	270. 00 ± 18. 73 * * *	141. 60 ± 16. 82
Mg	262. 10 ± 16. 20	317. 90 ± 30. 85 * *	288. 70 ± 22. 54 *	258. 50 ± 18. 81
Cu	9. 83 ± 0. 52	14. 69 ± 1. 63 * * *	11. 15 ± 1. 19 *	11. 02 ± 1. 40
Zn	34. 11 ± 2. 90	40. 30 ± 2. 58 * *	44. 20 ± 2. 66 * * *	36. 65 ± 1. 63
Fe	360. 00 ± 15. 72	361. 21 ± 9. 29	365. 20 ± 20. 47	346. 5 ± 16. 35
Mn	1. 82 ± 0. 31	4. 29 ± 0. 39 * * *	2. 98 ± 0. 49 * *	1. 89 ± 0. 34

\* P < 0. 05; \* \* P < 0. 001; \* \* \* P < 0. 001

\* 本文于1996年9月16日收到, 1997年9月10日收到修改稿

续表1 Continued from table 1

10 天 10 d			25 天 25 d	
5 km	7 km	2. 3 km	5 km	7 km
1130. 1 ± 82. 1	1155. 3 ± 77. 5 *	1225. 6 ± 98. 3	1167. 4 ± 77. 0	13320. 4 ± 68. 7
2046. 4 ± 150. 0	2279. 6 ± 119. 7 *	2339. 9 ± 196. 6	2468. 4 ± 113. 4	2299. 1 ± 148. 3
266. 0 ± 23. 28 * * *	168. 9 ± 17. 17 *	150. 7 ± 16. 87	236. 3 ± 27. 42 * * *	177. 8 ± 19. 95 *
300. 7 ± 19. 19 * *	273. 0 ± 24. 32	268. 5 ± 20. 09	263. 7 ± 18. 52	278. 7 ± 15. 41
13. 84 ± 1. 41 * *	9. 79 ± 0. 75	9. 48 ± 0. 94	11. 48 ± 1. 57 *	13. 97 ± 1. 96 * * *
40. 02 ± 2. 83 *	38. 13 ± 1. 89	35. 20 ± 1. 79	50. 18 ± 4. 27 * * *	47. 37 ± 2. 48 * * *
275. 6 ± 14. 55 * * *	221. 0 ± 15. 78 * * *	330. 6 ± 21. 3	207. 3 ± 19. 8 * * *	216. 0 ± 27. 3 * * *
2. 79 ± 0. 35 * *	2. 56 ± 0. 39 * *	1. 92 ± 0. 17	5. 01 ± 0. 42 * * *	4. 60 ± 0. 50 * * *

表2 大白鼠肝组织金属元素的含量

Table 2 The contents of mental elements in rat liver (wet weight , mg/kg)

元素 Elements	1天 1 d	10 天 10 d		
	2. 3 km	5 km	7 km	2. 3 km
Na	654. 6 ± 33. 7	681. 1 ± 110. 5	824. 0 ± 106. 5 * *	636. 4 ± 28. 6
K	2521. 4 ± 134. 0	2530. 9 ± 210. 0	2812. 1 ± 183. 0 * *	2441. 1 ± 163. 0
Ca	86. 45 ± 7. 95	104. 50 ± 6. 81 * *	163. 40 ± 24. 67 * * *	83. 56 ± 7. 99
M g	275. 50 ± 22. 83	275. 80 ± 21. 82	315. 80 ± 22. 06 *	263. 7 ± 16. 93
Cu	7. 38 ± 1. 05	7. 11 ± 0. 74	9. 63 ± 0. 87 * *	7. 53 ± 0. 88
Zn	33. 37 ± 2. 75	33. 00 ± 2. 70	46. 72 ± 2. 50 * * *	36. 38 ± 1. 46
Fe	115. 2 ± 26. 3	168. 9 ± 15. 26 * *	196. 0 ± 19. 60 * * *	99. 40 ± 16. 80
M n	2. 19 ± 0. 20	2. 04 ± 0. 20	3. 65 ± 0. 29 * * *	2. 02 ± 0. 22

\*  $P < 0.05$ ; \* \*  $P < 0.001$ ; \* \* \*  $P < 0.001$

续表2 Continued from table 2

10 天 10 d	25 天 25 d			
5 km	7 km	2. 3 km	5 km	7 km
754. 8 ± 42. 7 * * *	810. 3 ± 22. 7 * * *	680. 6 ± 40. 5	706. 7 ± 35. 7	857. 3 ± 23. 1 * * *
2668. 2 ± 149. 3 *	2791. 8 ± 140. 8 * *	2433. 4 ± 112. 2	2329. 8 ± 110. 9	2600. 2 ± 141. 3 * *
137. 60 ± 20. 09 * * *	98. 19 ± 18. 83	99. 87 ± 14. 15	108. 0 ± 12. 20	168. 9 ± 16. 81 * * *
269. 4 ± 19. 5	263. 5 ± 18. 9	294. 4 ± 22. 4	282. 5 ± 10. 7	283. 3 ± 27. 9
9. 41 ± 0. 53 * *	9065 ± 0. 57 * *	8. 05 ± 0. 73	9. 24 ± 0. 64 *	10. 59 ± 0. 81 * * *
37. 77 ± 2. 51	40. 43 ± 2. 07 * * *	33. 30 ± 2. 28	32. 51 ± 1. 97	42. 53 ± 2. 34 * * *
101. 8 ± 27. 72	158. 9 ± 20. 75 * * *	110. 0 ± 17. 30	92. 52 ± 10. 36	112. 3 ± 18. 31
2. 11 ± 0. 52	2. 97 ± 0. 31 * * *	1. 97 ± 0. 21	2. 40 ± 0. 24 * *	3. 23 ± 0. 34 * * *

\*  $P < 0.05$ ; \* \*  $P < 0.001$ ; \* \* \*  $P < 0.001$

高原鼠兔7 km 低氧暴露1 d、10 d 时肝中钾、钠均显著升高, 而25 d 时无差异性变化(表1); 大白鼠7 km 下, 1 d、10 d、25 d 均显著升高; 5 km 下10 d 时也显著升高。由此可见, 高原鼠兔7 km 低氧25 d 时肝组织钠、钾已恢复到正常水平; 同时, 5 km 时无论急性低氧还是慢性低氧均未引起肝组织中钾、钠的差异性变化, 这可能与高原鼠兔耐受低氧能力强有关。

高原鼠兔低氧7 km 下, 1 d、10 d、25 d 时肝中钙均显著升高(表1)。高原鼠兔低氧7 km 及5 km 下, 1 d 时肝组织镁均显著升高, 5 km 下, 10 d 时也显著升高, 而7 km 25 d 时均无差异性变化(表1); 大白鼠除低氧7 km, 1 d ( $P < 0.05$ ) 时镁显著变化外, 其余时间均无差异性变化(表2)。高原鼠兔低氧7 km 和5 km 下, 1 d、25 d 时肝中铜、锰、锌均显著升高, 而7 km 10 d 时无差异性变化。低氧下肝组织中钙、镁、铜、锰、锌元素的变化, 可能是由于低氧下, 动物能量代谢功能变化及它们的摄取与排泄变化所致。

高原鼠兔低氧7 km 及5 km 下, 10 d 和25 d 时肝中铁均显著降低。而1 d 时则无差异性变化; 大白鼠7 km 及5 km 1 d 和7 km 10 d 铁显著升高, 而其余时间无差异性变化。仓鼠心肌及豚鼠组织在低氧适应中, 其肌红蛋白增加(Clark R T 等, 1952 *Fed Proc*, 11, 25; Tappan D V 等, 1957 *Am J Physiol*, 190, 99~ 103); 高原鼠兔及大白鼠在低氧适应中, 大白鼠血红蛋白含量明显增高(Tappan 等, 1957 *Am J Physiol*, 190, 99~ 103; 杜继曾等, 1982 *兽类学报*, 2 (1): 35~ 41)。由此可见, 为了提高血液运氧能力, 血液中血红蛋白在低氧下含量增加; 同时, 肌肉及心肌组织为了提高氧的储存能力及更有效地从血红蛋白上获取氧而增加了其在组织中的含量。在低氧下动物体内铁的代谢非常活跃。在高原上已经习服的动物肝中铁的变化不如平原移入高原动物在低氧适应期间的变化显著。肝中铁的降低可能是动物肌肉中肌红蛋白及血液中血红蛋白的迅速合成及铁吸收降低所致。

**关键词** 低氧; 高原鼠兔; 大白鼠; 肝组织; 金属元素

**Key word** Hypoxia pika (*Ochotona curzoniae*); Rat; Hypoxia; Liver; Metal element

陈 志 索有瑞 (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

CHEN Zhi SUO Yourui (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)