

甘肃鼯鼠血象及其与低氧适应的关系

杨 静 李金钢* 何建平 张有林

(陕西师范大学生命科学学院 西安 710062)

摘要 :甘肃鼯鼠(*Myospalax cansus*)是一种严格营地下生活的鼠类 ,其形态、行为及生理特征均与地面鼠不同。为探讨甘肃鼯鼠适应低氧环境的机理 ,本研究采用血象指标测定方法 ,对甘肃鼯鼠低氧适应前后的红细胞数、血红蛋白浓度、红细胞压积等各血象指标进行测定。结果显示 ,甘肃鼯鼠低氧适应后红细胞数、血红蛋白浓度和红细胞压积均显著升高 ,而平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白及平均红细胞血红蛋白浓度明显下降。与地面生活的啮齿动物低氧适应后血象相比 ,甘肃鼯鼠红细胞数量多 ,红细胞压积大 ,血红蛋白浓度高 ,红细胞膜表面积大 ,血红蛋白的利用率较高 ,可能是对低氧环境适应的一种途径。

关键词 :甘肃鼯鼠 ;血象 ;低氧适应

中图分类号 :Q955 文献标识码 :A 文章编号 :0250-3263(2006)02-112-04

Blood Composition and its Relationship with Hypoxia Adaptation in Gansu Zokor

YANG Jing LI Jin-Gang HE Jian-Ping ZHANG You-Lin

(College of Life Sciences ,Shaanxi Normal University ,Xi'an 710062 ,China)

Abstract :As a solitary subterranean rodent ,the Gansu Zokor (*Myospalax cansus*) differs dramatically from the surface-dwelling rodents in morphological and physiological characters ,as well as behaviors. In order to study its hypoxia adaptation mechanism ,some experiments have been conducted to detect the hemogram of Gansu Zokor and compared that with other surface-dwelling rodents. The results show that the number of red blood cell (RBC) , hemoglobin concentration (HGB) and hematocrit (HCT) are significantly higher after hypoxia adaptation in the Gansu Zokor ; however , its mean corpuscular volume (MCV) , mean corpuscular hemoglobin (MCH) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) decrease after hypoxia adaptation. Compared with the surface-dwelling rodents , the higher RBC , HGB and HCT as well as lower MCV , MCH and MCHC in Gansu Zokor have possible roles in their adaptation to hypoxia environment.

Key words :Gansu Zokor (*Myospalax cansus*) ; Hemogram ; Hypoxia adaptation

甘肃鼯鼠(*Myospalax cansus*)隶属啮齿目 (Rodentia) 鼯鼠亚科(Myospalacinae) 鼯鼠属 (*Myospalax*)。主要分布于黄土高原 ,终生营地下洞道生活^[1]。甘肃鼯鼠嗅觉和听觉十分敏感 ,但其视力低下 ,耳壳退化 ,适应于地下挖掘取食^[2]。由于终生生活于地下高 CO₂、低 O₂ 的洞穴环境中 ,甘肃鼯鼠是研究低氧适应生理机制的理想模式动物。有关甘肃鼯鼠生态学、行

为学已积累了丰富资料^[3-6] ,其他地下鼠类的低氧适应机制也进行了相关研究^[7-9] ,但对甘肃鼯鼠低氧适应的机理尚未见报道。该研究测

基金项目 陕西省自然科学基金资助项目(No.2001SM18) ;

* 通讯作者 ,E-mail : jingang@snnu.edu.cn ;

第一作者介绍 杨静 ,女 ,硕士研究生 ,研究方向 :动物生理生态。

收稿日期 2005-10-13 ,修回日期 2006-01-20

定分析了低氧条件下甘肃鼯鼠血液指标,为研究甘肃鼯鼠适应低氧的机理提供了基本的血液学参数。

1 材料与方法

1.1 实验动物 实验用甘肃鼯鼠 20 只(10♀, 10♂, 体重 280~300 g)于 2004 年 6 月捕自陕西省延安。室内饲养于动物饲养箱内,以锯末作笼垫,棉花作巢材,饲以胡萝卜。室温(21±1)℃,光周期 14L:10D。一周后用于实验。

1.2 实验动物模型制备 将甘肃鼯鼠随机分为两组,对照组($n=10$),呼吸室内正常氧含量的空气;低氧组($n=10$)。低氧适应方式为:利用西安钟华电器厂保鲜技术控制研究所生产的低氧箱进行阶梯性低氧,先将动物置于模拟海拔 3 km 高度^[10]的低氧箱内,每天 6 h,连续低氧适应 7 d(6 h 低氧结束后让其呼吸室内空气,下同),再置于模拟海拔 5 km 高度^[10]的低氧箱内,每天 6 h,连续低氧适应 7 d,最后置于模拟海拔 8 km 高度^[10]的低氧箱内,每天 6 h,低氧适应 1 d。

1.3 采血方法 以 20% 氨基甲酸乙酯(注射剂量为 0.05~0.06 ml/g,腹腔注射)麻醉动物,颈总动脉取血。

1.4 方法 采用 KX-21N 全自动血液分析仪(日本东亚株式会社)测定白细胞数(WBC)、红细胞数(RBC)、血红蛋白浓度(HGB)、红细胞压积(HCT)、平均红细胞体积(MCV)、平均红细胞血红蛋白(MCH)、平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC)、红细胞分布宽度(RDW)、血小板数(PLT)等血象指标。数据用 SPSS 11.0 统计软件进行处理,结果以平均值±标准差(Mean±SD)表示,并进行组间差异比较分析,显著性水平为 $P<0.05$ 。

2 结果

共测定了甘肃鼯鼠血液中白细胞数、红细胞数、血红蛋白浓度、红细胞压积等 9 项的血象指标。对照组和低氧组甘肃鼯鼠各项指标如表 1 所示。统计分析表明,两组血小板数(PLT)、红细胞数(RBC)、血红蛋白浓度(HGB)、红细胞压积(HCT)的平均值均存在极显著差异($P<0.01$)。平均红细胞体积(MCV)、平均红细胞血红蛋白(MCH)和平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC)两组间有显著性差异($P<0.05$)。其他各项指标两组间均无显著性差异($P>0.05$) (表 1)。

表 1 正常氧和低氧适应组甘肃鼯鼠的血象比较 ($n=10$)

项目	对照组 ($\bar{M} \pm SD$)	低氧组 ($\bar{M} \pm SD$)	P
白细胞数($10^9/L$) WBC	2.51±0.92	2.33±1.33	0.845
红细胞数($10^{12}/L$) RBC	3.80±0.87	8.31±0.70	0.000
血红蛋白浓度(g/L) HGB	73.57±14.51	148.33±12.5	0.001
红细胞压积(L/L) HCT	0.19±0.046	0.46±0.03	0.000
平均红细胞体积(fl) MCV	55.50±1.50	51.30±2.56	0.015
平均红细胞血红蛋白(pg) MCH	19.54±1.13	17.87±0.60	0.018
平均红细胞血红蛋白浓度(g/L) MCHC	381.57±27.48	322±18.19	0.010
红细胞分布宽度(%) RDW	0.14±0.03	0.15±0.01	0.342
血小板数($10^9/L$) PLT	29.43±19.46	165.67±75.84	0.009

3 讨论

低氧适应是指机体进入低氧环境后,依靠自身的调节作用,发生的一系列代偿性生理改变,使各系统机能趋于稳定,最终达到新的内外环境平衡的过程^[11]。甘肃鼯鼠长期居住在低氧环境中,常氧状态难以起到有效的低氧应激。本研究采用的阶梯性低氧模型,可使甘肃鼯鼠接受新的低氧刺激,调整其生理机制,产生新的适应,以促进呼吸系统、心血管系统等应激功能的增强。

血液在维持机体内环境的恒定及多种物质的运输、免疫、凝血和抗凝血等方面具有重要作用。内环境的变化可导致血液组成成分或性质发生特征性的变化^[12]。本研究发现低氧组甘肃鼯鼠红细胞数(RBC)、血红蛋白浓度(HGB)及红细胞压积(HCT)均较常氧组有显著升高,表明机体为对抗低氧胁迫所做出的代偿性反应。当生境中的氧气含量不足时,机体可通过红细胞的增殖以及血红蛋白的大量合成来提高血液载氧的能力,减少低氧对自身的伤害。而红细胞数量的大量增加导致HCT的增高。

甘肃鼯鼠白细胞数明显低于其他地面生活的啮齿动物^[13-15],这与其生境有关,由于其终生生活在地下封闭洞穴中,大多数时间营独居生活,与外界接触少,因此虽然白细胞数量减少,免疫力低,但仍能正常生活,少有死亡现象发生。与高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)相似,甘肃鼯鼠低氧适应后红细胞数显著升高,而平均红细胞体积和平均红细胞血红蛋白含量明显下降,但甘肃鼯鼠的红细胞压积和血红蛋白浓度却显著升高。这可能是高原鼠兔生活在低氧环境下,而甘肃鼯鼠生活环境不仅低氧,而且是高CO₂,使二者出现不同的血象变化。对低氧胁迫的应激性反应,使机体相对低氧的环境有较高的携氧能力并产生适应性^[16]。心脏泵血功能是氧从血液传递到组织的一个关键因素^[17],但当红细胞总数、红细胞压积以及血红蛋白含量的升高超过正常范围后,就会增加血液粘稠度和血液循环阻力,使心脏负担加大,引起红细

胞增多症^[18]。高原鼠兔的红细胞体积小,红细胞内的血红蛋白含量低,当红细胞在一定范围内增加时,不引起红细胞压积和血红蛋白明显增加,从而对减少血液循环阻力、减轻心脏负担起到积极作用^[13,19,20]。而与甘肃鼯鼠生活环境更为相似的鼯形鼠(*Spalax ehrenborgi*)则出现与甘肃鼯鼠一致的实验结果,红细胞压积和血红蛋白浓度均显著增加,但仍能维持组织的正常供氧^[21]。这说明在低氧环境中的地下鼠与地面鼠,其红细胞应对低氧胁迫可能存在不同的机制。

营地下生活的鼯形鼠对低氧环境的适应有几种对策:①在低氧条件下,提高心肌最大耗氧量^[22,23];②在毛细血管低氧分压(P_{O₂})条件下,减少骨骼肌中氧气扩散到线粒体的距离,提高氧气的有效扩散率^[22,24];③即使在降低吸入气体的氧分压时也可持续增加肺中血液氧含量^[24-28];④提高肌红蛋白含量以增加氧的扩散,尤其是在氧分压较低时^[25,29];⑤在洞道气体环境下,通过增加红细胞数,减少平均红细胞体积以及改变2,3-磷酸甘油酸和血红蛋白的比率等血液学特征来改变氧的传输能力^[24,30,31]。上述结果显示,与鼯形鼠生活环境相似的甘肃鼯鼠,其红细胞数量高,体积小,使红细胞内的血红蛋白气体交换的速度加快,数量增多,从而提高了血红蛋白的利用率。较小体积的红细胞有助于减少血液循环阻力,因此有较高的携氧能力。长期营地下生活使得甘肃鼯鼠在进化过程中发展出特殊的低氧应对方式。其具体的生理适应机制还有待于进一步的深入研究。

参 考 文 献

- [1] 王廷正,许文贤. 陕西啮齿动物志. 西安: 陕西师范大学出版社, 1993, 114~115.
- [2] 李金钢, 王廷正, 何建平. 甘肃鼯鼠的震动通讯. 兽类学报, 2001, 2(2): 152~154.
- [3] 李金钢, 王廷正, 赵亚军. 甘肃鼯鼠种群动态及其影响因素的初步分析. 兽类学报, 1999, 19(2): 158~159.
- [4] 李金钢, 何建平, 王廷正. 甘肃鼯鼠鸣声声谱分析. 动物学研究, 2000, 21(6): 458~462.
- [5] 李金钢, 何建平, 王廷正. 甘肃鼯鼠的求偶和交配行为.

- 兽类学报, 2001, 21(3): 233 ~ 235.
- [6] 李金钢, 王廷正, 赵新全. 甘肃鼯鼠粪尿气味对侵占行为的影响. 动物学报, 2003, 49(5): 682 ~ 686.
- [7] 魏登邦, 魏莲. 高原鼯鼠的红细胞、血红蛋白及肌红蛋白的测定结果. 青海大学学报(自然科学版), 2001, 19(4): 1 ~ 2.
- [8] 刘海春, 魏登邦. 高原鼯鼠肌肉脂溶性物质抗缺氧机制的探讨. 黑龙江畜牧兽医, 2003(4): 7 ~ 8.
- [9] 秦桂香, 魏登邦. 高原鼯鼠肌肉脂溶性物质对大鼠一氧化氮合成酶和血红素氧合酶活性的影响. 黑龙江畜牧兽医, 2003(5): 51 ~ 52.
- [10] 吕永达, 霍仲厚等. 特殊环境生理学. 北京: 军事医学科学出版社, 2003, 222 ~ 224.
- [11] 钱令嘉. 低氧适应相关基因及其研究策略的思考. 中国基础科学, 2001, 8 ~ 13.
- [12] 陈诗书, 孔良曼, 章有章等. 医学生物化学. 上海: 上海医科大学出版社, 1999, 281.
- [13] 叶润蓉, 曹伊凡, 白琴华. 高原鼠兔的血象及其与低氧适应的关系. 中国实验动物学报, 1994, 2(2): 115 ~ 120.
- [14] 何建平, 李金钢, 王智等. 棕色田鼠血液生理生化指标的测定. 动物学杂志, 2001, 36(6): 50 ~ 53.
- [15] Canadian Council on Animal Care ed(宋克静, 于海鹰, 孙岩松等译). 实验动物管理与使用指南. 北京: 原子能出版社, 1993, 107 ~ 113.
- [16] Barer G R, Bee D, Wach R A. Contribution of polycythemia to pulmonary hypertension in simulated high altitude rats. *J Physiol*, 1983, 336(1): 27 ~ 38.
- [17] Ge R L, Chen Q H, Gao Wa H L, et al. Comparisons of oxygen transport between Tibetan and Han Residents at moderate altitude. *Wild Environ Med*, 1995, 6(4): 391 ~ 400.
- [18] 张彦博, 汪源, 刘学良等. 高原疾病. 西宁: 青海人民出版社, 1982, 332 ~ 339.
- [19] 叶润蓉, 樊乃昌, 白琴华. 新开发实验动物——高原鼠兔. 动物学杂志, 1993, 28(5): 51 ~ 53.
- [20] 陈秋红, 刘凤云. 高原鼠兔低氧适应机制的研究概况. 动物学杂志, 2003, 38(5): 109 ~ 113.
- [21] Eileen A Lacey, James L Patton, Guy N Cameron. Life Underground. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2000, 84 ~ 85.
- [22] Edoute Y, Arieli R, Nevo E. Evidence for improved myocardial oxygen delivery and function during hypoxia in the mole rat. *J Comp Physiol*, 1988, 158(5): 575 ~ 582.
- [23] Widmer H P, Hoppeler H, Nevo E, et al. Working underground: Respiratory adaptations in the blind mole rat. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1997, 94(5): 2 062 ~ 2 067.
- [24] Arieli R, Ar A. Heart rate responses of the mole rat (*Spalax ehrenbergi*) in hypercapnic, hypoxic and cold conditions. *Physiol Zool*, 1981, 54(1): 14 ~ 21.
- [25] Arieli R. Adaptation of the mammalian gas transport system to subterranean life. In: Nevo E, Reig O A eds. Evolution of Subterranean Mammals at the Organismal and Molecular Levels. New York: Wiley-Liss, 1990, 251 ~ 268.
- [26] Vock R, Weibel E R. Massive hemorrhage causes changes in morphometric parameters of lung capillaries and concentration of leukocytes in microvasculature. *Exp Lung Res*, 1993, 19(5): 559 ~ 577.
- [27] Weibel E R, Marques L B, Constantinopol M, et al. Adaptive variation in the mammalian respiratory system in relation to energetic demand. 6. The pulmonary gas exchanger. *Respir Physiol*, 1987, 69(1): 81 ~ 100.
- [28] Weibel E R, Federspiel W J, Fryder-Doiey F, et al. Morphometric model for pulmonary diffusing capacity. I. Membrane diffusing capacity. *Respir Physiol*, 1993, 93(2): 125 ~ 149.
- [29] Honig C R, Connett R J, Gayeski E J. O₂ transport and its interaction with metabolism; a systems view of aerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 1992, 24(1): 47 ~ 53.
- [30] Arieli R, Heth G, Nevo E, et al. Hematocrit and hemoglobin concentration in four chromosomal species and some isolated populations of actively speciating subterranean mole rats in Israel. *Experientia*, 1986, 42(4): 441 ~ 443.
- [31] Ar A, Arieli R, Shkolnik A. Blood-gas properties and function in the fossorial mole rat under normal and hypoxic-hypercapnic atmospheric conditions. *Respir Physiol*, 1977, 30(1 ~ 2): 210 ~ 218.