

· 论 著 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2015.33.001

急进高海拔地区血氧饱和度和心率变化的研究*

彭翠翠¹,王 劲¹,金 捷¹,钟前进²,童卫东³,周 林^{4△}(第三军医大学大坪医院野战外科研究所:1.血液内科;2.心血管外科;
3.胃肠外科;4.心血管内科,重庆 400042)

[摘要] **目的** 观察平原人员急进高海拔地区后血氧饱和度、心率的变化,为高原地区医学救援提供参考。**方法** 受试者从平原地区(海拔 400 m)出发,出发前测定血氧饱和度、心率,乘飞机到达海拔 4 300 m 地区时测定血氧饱和度、心率;之后乘车到达海拔 3 200 m 目的地后动态连续监测血氧饱和度、心率,分别在到达后第 1~7 天测定血氧饱和度、心率;受试者在海拔 3 200 m 地区适应 1 周后乘车复返海拔 4 300 m 地区,再次测定血氧饱和度、心率。**结果** 进入海拔 4 300、3 200 m 地区后血氧饱和度明显下降,与平原地区血氧饱和度差异有统计学意义($P<0.05$)。进入海拔 3 200 m 地区后第 6、7 天血氧饱和度与第 1 天比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。受试者乘飞机到达海拔 4 300 m 地区和乘车复返海拔 4 300 m 地区的氧饱和度差异有统计学意义($P<0.05$),心率间差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 随着海拔的增高,动脉血氧饱和度随之下降,平原人员急进海拔 3 200 m 地区第 6 天能初步适应,在较低海拔地区短时间适应后再进入高海拔地区人体能更好地适应。

[关键词] 心率;高海拔;血氧饱和度;急进高原;高原适应**[中图分类号]** R594.3**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2015)33-4609-02

Research of raccelerated plateau on the change of blood oxygen saturation and heart rate*

Peng Cuicui¹, Wang Jin¹, Jin Jie¹, Zhong Qianjin², Tong Weidong³, Zhou Lin^{4△}

(1. Department of Hematology; 2. Department of Cardiovascular Surgery; 3. Department of Gastric and Colorectal Surgery; 4. Department of Cardiology, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, the Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the changes of blood oxygen saturation and heart rate after urgently going to high-altitude area, so as to provide a reference for medical rescue in high-altitude area. **Methods** Subjects left from the plain area with an altitude of 400 m. Blood oxygen saturation and heart rate were measured before departure and after reaching 4 300 m altitude region. Then the subjects were taken to the destination with an altitude of 3 200 m, at which they received a dynamic continuous monitoring of blood oxygen saturation/heart rate at the 1st day, 2nd day, 3rd day, 4th day, 5th day, 6th day, 7th day after arrival. After adapting to the environment in 3 200 m altitude area for 1 week, subjects were taken to the 4 300 m altitude region, at which they were re-measured blood oxygen saturation and heart rate. **Results** After entering the areas of 4 300 m altitude and 3 200 m altitude, the blood oxygen saturation was significantly decreased compared with that in plain area ($P<0.05$). The blood oxygen saturation at the 6th and 7th day after entering 3 200 m altitude area was statistically different when compared with that at the 1st day ($P<0.05$). The blood oxygen saturation had statistical difference between reaching at 4 300 m altitude area for the first time and re-entering 4 300 m altitude area, while the heart rate had no statistical difference ($P>0.05$). **Conclusion** The arterial oxygen saturation was decreased with the increase of altitude; the people living in plain areas can preliminarily adapt to the environment at 6th day after reaching 3 200 m altitude regions; people can better adapt to the high-altitude environment by shortly living in lower-altitude areas before re-entering high-altitude areas.

[Key words] heart rate; high altitude; oxygen saturation; accelerated plateau; plateau adaptation

在海拔 3 000 m 以上的高原,随着海拔的升高,大气压降低,吸入空气中的氧分压降低,人体的血氧饱和度也随之降低。血氧饱和度是反映人体是否缺氧及缺氧严重程度的敏感指标。本文观察平原人员急进高海拔地区后短时间内血氧饱和度、心率的变化,旨在为医务工作者进入高原地区进行紧急医疗支援提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 参加受试者为 16 名医务工作者,其中男 10 例,女 6 例,年龄 25~51 岁。受试者在去高海拔地区前经过全面体检,无心肺疾病。

1.2 方法 受试者从平原地区(海拔 400 m)出发,出发前测定血氧饱和度、心率,乘飞机到达海拔 4 300 m 地区时测定血

氧饱和度、心率;之后乘车到达海拔 3 200 m 目的地后动态连续监测血氧饱和度、心率,分别在到达后第 1~7 天测定血氧饱和度、心率,每次均在安静休息 15 min 后测定。受试者在海拔 3 200 m 地区适应 1 周后又乘车复返海拔 4 300 m 地区再次测定血氧饱和度、心率。

1.3 统计学处理 采用 SAS9.2 进行统计学分析,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,不同海拔间血氧饱和度和心率值差异采用方差分析,各时间点间血氧饱和度和心率值差异采用重复测量方差分析,海拔 4 300 m 的两组氧饱和度和心率差异采用 t 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同海拔血氧饱和度和心率的比较 海拔 4 300、3 200

m 地区的血氧饱和度与平原地区(海拔 400 m)相比,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。海拔 4 300 m 地区心率与平原地区(海拔 400 m)相比,差异有统计学意义($P < 0.05$)。而海拔 3 200 m 地区心率与平原地区(海拔 400 m)相比差异无统计学意义($P > 0.05$)。海拔 4 300 m 与海拔 3 200 m 地区的血氧饱和度和心率差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

表 1 不同海拔血氧饱和度和心率的比较($\bar{x} \pm s$)

海拔	血氧饱和度(%)	心率(次/分)
400 m	97.38±1.50	87.13±12.80
4 300 m	82.56±4.44 ^a	96.75±11.39 ^a
3 200 m	88.19±1.42 ^{ac}	85.56±1.74 ^{bc}

^a: $P < 0.05$,与海拔 400 m 比较;^b: $P > 0.05$,与海拔 400 m 比较;^c: $P < 0.05$,与海拔 4 300 m 比较。

2.2 进入海拔 3 200 m 地区后不同时间点血氧饱和度和心率的比较 进入海拔 3 200 m 地区后前 5 d 的氧饱和度差异无统计学意义($P > 0.05$)。而第 6、7 天血氧饱和度和进入第 1 天相比差异有统计学意义($P < 0.05$)。进入海拔 3 200 m 地区后各时间点之间心率之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2,图 1、2。

表 2 进入海拔 3 200 m 地区各时间点血氧饱和度和心率的比较($\bar{x} \pm s$)

时间	血氧饱和度(%)	心率(次/分)
第 1 天	88.19±1.42	85.56±11.74
第 2 天	88.38±2.68	84.56±8.26
第 3 天	89.13±1.63	82.75±8.02
第 4 天	89.06±2.11	86.88±8.10
第 5 天	89.31±2.30	85.69±9.84
第 6 天	90.69±1.62	83.63±9.00
第 7 天	90.81±1.56	82.06±8.31

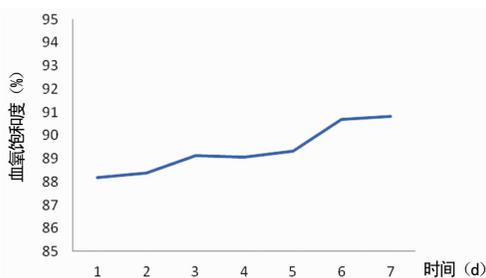


图 1 进入 3 200 m 海拔地区不同时间点血氧饱和度

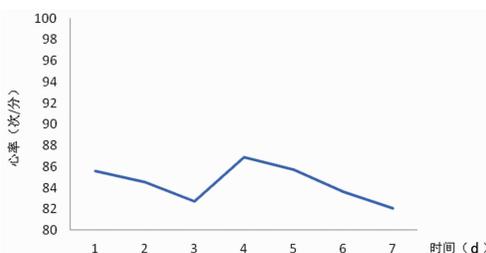


图 2 进入 3 200 m 海拔地区不同时间点心率

2.3 乘飞机、乘车复返海拔 4 300 m 地区的氧饱和度和心率的比较 受试者乘飞机到达海拔 4 300 m 地区和乘车复返海拔 4 300 m 地区的氧饱和度差异有统计学意义($P < 0.05$),心

率间差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

表 3 乘飞机、乘车复返海拔 4 300 m 地区的氧饱和度和心率的比较($\bar{x} \pm s$)

到达方式	血氧饱和度(%)	心率(次/分)
乘飞机	82.56±4.44	96.75±11.39
乘车	86.50±3.39	90.56±14.28

3 讨论

血氧饱和度是指血红蛋白与氧结合的百分数,是反映人体是否缺氧的敏感指标。血氧饱和度主要取决于血氧分压,目前研究认为,随着海拔高度的上升,大气氧分压逐渐下降,血氧饱和度随之降低,机体缺氧更严重^[1]。人体急进入高海拔地区后身体会出现一系列代偿反应,血氧饱和度可以反映机体应激、适应的过程,本研究主要观察人体急进高原后短时间内血氧饱和度和心率的变化,探索人体在高原短期适应的过程,为医务人员对高原地区医学救援提供参考依据。

本研究中,人体进入海拔 4 300 m 地区后血氧饱和度急速下降,与平原地区相比,差异有统计学意义($P < 0.05$),在海拔 3 200 m 地区的血氧饱和度与平原地区、海拔 4 300 m 地区相比差异均有统计学意义($P < 0.05$)。上述数据表明随着海拔的增高,动脉血氧饱和度随之下降。进入海拔 4 300 m 地区后心率明显较平原地区增加,差异有统计学意义($P < 0.05$),与之前的文献报道一致^[2-4]。目前,认为心率增快的主要原因是低氧反射性兴奋交感神经所致^[5]。Hainsworth 等^[6]的研究表明低压、低氧对人体的影响不仅取决于海拔的高度,也取决于上升的速度。本组研究中受试者从平原地区飞行至海拔 4 300 m 地区,海拔高度高,上升速度快,因此心率增加明显。而受试者到达 4 300 m 地区后乘车到达海拔 3 200 m 地区,从高海拔到相对较低的海拔地区,机体有适应的过程。受试者乘车到达海拔 3 200 m 的心率与平原地区相比差异无统计学意义($P > 0.05$),可能与上述原因有关。在本研究中,乘飞机到达海拔 4 300 m 地区后血氧饱和度为(82.56±4.44)%。而受试者在海拔 3 200 m 地区适应 1 周后再次乘车复返海拔 4 300 m 地区时血氧饱和度为(86.50±3.39)%,差异有统计学意义($P < 0.05$)。另外也有文献报道^[7],乘火车到达海拔 4 600 m 地区时血氧饱和度为 87.15±3.63,表明乘车从平原地区到达高海拔地区机体逐渐适应,而骤然乘飞机到达高海拔地区无适应过程,因此血氧饱和度更低。本研究及其他相关研究^[8-9]表明通过乘车到达高原地区或者在较低海拔地区短暂适应后再到达更高海拔地区都能增强人体对低氧环境的适应能力。

金海英^[10]的研究表明,急进高原后 7 d 可以达到静态下初步习服。而在本研究中,受试者进入海拔 3 200 m 地区后第 6、7 天氧饱和度与进入第 1 天相比差异有统计学意义($P < 0.05$),可以表明受试者初步适应,与相关的研究结果基本一致。进入 3 200 m 海拔地区后,动态连续监测心率的变化,心率之间的差异无统计学意义($P > 0.05$)。

综上所述,血氧饱和度是反映人体缺氧程度和对环境适应的重要指标。本研究中受试者进入海拔 4 300 m、3 200 m 地区后血氧饱和度明显降低,表明随着海拔的增高,动脉血氧饱和度随之下降。平原人员进入海拔 3 200 m 地区第 6 天初步适应。在较低海拔地区短时间适应后再进入高海拔地区人体能更好地适应。

参考文献

[1] 张西洲,王引虎.高山生理与病理[M].(下转第 4614 页)

参考文献

- [1] 韩晶岩,樊景禹,郭治昕,等.丹参对缺血再灌注引起的微循环障碍和靶器官损伤的多环节改善作用[J].世界科学技术-中医药现代化,2008,20(3):87-93.
- [2] Krizbai IA, Bauer H, Bresgen N, et al. Effect of oxidative stress on the junctional proteins of cultured cerebral endothelial cells[J]. *Cell Mol Neurobiol*, 2005, 25(1): 129-139.
- [3] 汪芸,蒋玉凤,黄启福,等.丹酚酸 B 保护缺糖缺氧/复糖复氧神经元的作用机制研究[J].中国病理生理杂志,2009,15(2):275-279.
- [4] Reischl S, Li L, Walkinshaw G, et al. Inhibition of HIF prolyl-4-hydroxylases by FG-4497 reduces brain tissue injury and edema formation during ischemic stroke [J]. *PLoS One*, 2014, 9(1): e84767.
- [5] 邱彦,芮耀诚,张黎,等.血管内皮生长因子对大鼠脑血管通透性的影响及丹酚酸 B 对其抑制作用[J].解放军药理学学报,2002,31(1):17-18,72.
- [6] Tang Y, Jacobi A, Vater C, et al. Salvianolic acid B protects human endothelial progenitor cells against oxidative stress-mediated dysfunction by modulating Akt/mTOR/4EBP1, p38 MAPK/ATF2, and ERK1/2 signaling pathways[J]. *Bioc Phar*, 2014, 90(1): 34-49.
- [7] Yu H, Wang P, An P, et al. Recombinant human angiotensin-1 ameliorates the expressions of ZO-1, occludin, VE-cadherin, and PKC α signaling after focal cerebral ischemia/reperfusion in rats[J]. *J Mol Neurosci*, 2012, 46(1): 236-247.
- [8] Willis CL, Meske DS, Davis TP. Protein kinase C activation modulates reversible increase in cortical blood-brain barrier permeability and tight junction protein expression during hypoxia and posthypoxic reoxygenation [J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2010, 30(11): 1847-1859.
- [9] 张文静,曹琦琛,曹珂,等.丹酚酸 B 的药理学研究进展[J].中国新药杂志,2011,14(7):608-612,624.
- [10] Li Q, Han LP, Li ZH, et al. Salvianolic acid B alleviate the disruption of blood-brain barrier in rats after cerebral ischemia-reperfusion by inhibiting MAPK pathway[J]. *Yao Res*, 2007, 17(1): 13-19.
- [11] Untucht C, Rasch J, Fuchs E, et al. An optimized in vitro blood-brain barrier model reveals bidirectional transmigration of African trypanosome strains[J]. *Microbiology*, 2011, 157(10): 2933-2941.
- [12] 杨海洋,蔡理,龙江,等.应用 U251 胶质瘤细胞、脑内皮细胞和周细胞体外构建血瘤/脑屏障模型的研究[J].重庆医学,2014,43(20):2613-2616,2619.
- [13] 冯洁,叶丽亚,张文健,等.人血脑屏障体外实验模型的建立及缺氧-复氧对其通透性的影响[J].中国医药生物技术,2008,17(2):109-115.
- [14] Xu Y, Che H, Liu M, et al. Changes and regulatory mechanism of tight junction proteins in in vitro model of lead-induced blood-brain barrier injury[J]. *Xi Bao Yu Fen Zi Mian Yi Xue Za Zhi*, 2013, 29(11): 1141-1146.
- [15] Wacker BK, Freie AB, Perfater JL, et al. Junctional protein regulation by sphingosine kinase 2 contributes to blood-brain barrier protection in hypoxic preconditioning-induced cerebral ischemic tolerance [J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2012, 32(6): 1014-1023.
- [16] Murakami T, Felinski EA, Antonetti DA. Occludin phosphorylation and ubiquitination regulate tight junction trafficking and vascular endothelial growth factor-induced permeability [J]. *J Biol Chem*, 2009, 284(31): 21036-21046.
- [17] Dejana E, Orsenigo F, Lampugnani MG. The role of adherens junctions and VE-cadherin in the control of vascular permeability [J]. *J Cell Sci*, 2008, 121(Pt 13): 2115-2122.
- [18] Gavard J, Gutkind JS. VEGF controls endothelial-cell permeability by promoting the beta-arrestin-dependent endocytosis of VE-cadherin [J]. *Nat Cell Biol*, 2006, 8(11): 1223-1234.
- [19] Mccoll BW, Rothwell NJ, Allan SM. Systemic inflammation alters the kinetics of cerebrovascular tight junction disruption after experimental stroke in mice [J]. *J Neur*, 2008, 28(38): 9451-9462.
- (收稿日期:2015-07-25 修回日期:2015-09-10)
- (上接第 4610 页)
- 乌鲁木齐:新疆人民卫生出版社,2008:7-46.
- [2] 解好群,夏刚,金远林,等.不同海拔青年人肺功能和血氧饱和度测定[J].高原医学杂志,2001,11(3):47-48.
- [3] 陆保革,郭志坚,黄慧群,等.高原地区室内空气弥散给氧对血氧饱和度和心率的影响[J].高原医学杂志,2008,18(3):5-7.
- [4] 王琰,何湘,罗佳,等.急进不同海拔高原人员的血氧饱和度、心率及血压变化[J].临床军医杂志,2010,38(3):468-469.
- [5] 陈主初,郭恒怡,王树人.病理生理学[M].北京:人民卫生出版社,2009:158-159.
- [6] Hainsworth R, Drinkhill MJ, Rivera-Chira M. The autonomic nervous system at high altitude [J]. *Clin Auton*
- [7] 包政权,马国素,胡进明,等.观察初次进入高原的旅客在不同海拔高度生理指标变化[J].高原医学杂志,2011,21(1):17-19.
- [8] Staab JE, Beidleman BA, Muza SR, et al. Efficacy of residence at moderate versus low altitude on reducing acute mountain sickness in men following rapid ascent to 4300 m [J]. *High Alt Med Biol*, 2013, 14(1): 13-18.
- [9] Wright AD, Birmingham MS. Medicine at high altitude [J]. *Clin Med*, 2006, 6(6): 604-608.
- [10] 金海英.急进高原集训新兵静态血氧饱和度及血压与心率的观察[J].西部医学,2013,25(3):404-406.
- (收稿日期:2015-06-08 修回日期:2015-07-16)