DOI:10.16016/j.1000-5404.1991.02.015

模拟4 000m和5 000m高原人的动脉血氧饱和度和心脏指数的变化

周广福 周勇敬（第三军医大学训练部 高原医学研究室）630038

提 要 用耳夹式动脉血氧饱和度测定仪和阻抗法（impedance cardiogram），观察了16岁～25岁的23名青年战士，在模拟高原环境持续生活72h内（受试者在低压舱内于模拟4 000m高原生活48h，然后继续在模拟5 000m高原生活24h）动脉血氧饱和度（SaO_2）和心脏指数（CI）的变化。自到达模拟4 000m高原立即至在模拟5 000m高原停留24h末（即在模拟高原环境生活72h末），其SaO_2和CI随着海拔高度的增加和持续时间的延长而降低，于模拟5000m高原第24h末，两者下降至本试验的最低值，提示心脏功能受到一定程度的抑制。于返回平原的第4h末，SaO_2虽已恢复正常，但CI仍然偏低，与平原对照值相比，具有显著差异（$P<0.05$），表明此种模拟高原的急性缺氧对心脏泵血功能的影响未完全恢复。

关键词 缺氧症；动脉血氧饱和度；心脏功能指数

耳夹式动脉血氧饱和度测定仪可无创性地测定SaO_2。阻抗法测定心输出量（CO）已为实验研究和临床广泛应用[1]。通过CO和体表面积（BSA）求得CI。我们运用这种方法，测定了在模拟4 000m～5 000m高原生活72h的受试者的SaO_2和CI的变化，借以了解急性缺氧对心脏功能的影响。

1 对象与方法

16岁～25岁男性青年战士23名，分2组。每组在低压舱内于模拟4 000m高原生活48h，然后继续在模拟5 000m高原生活24h（即在模拟4 000m～5 000m的高原连续生活72h）。

分别于平原，到达模拟4 000m高原立即，在模拟4 000m高原停留24h末，到达模拟5 000m高原立即，在模拟5 000m高原停留24h末和返回平原第4h末，取平卧位，运用BTI BIOX 11A型耳夹动脉血氧饱和度仪，测定SaO_2；运用ZK-1型阻抗心动测定仪（上海红旗仪器厂）和RM-6200型生理记录仪（成都仪器厂）测定每搏输出量（SV），根据公式计算CO和CI。

$SV = P \cdot (L/Z_0)^2 \cdot (dz/dt)\ min \cdot T$[2]　　(ml/beat)　($P = 135\Omega \cdot cm$)

$CO = SV \cdot HR$（心率）　(L/min)

$CI = CO/BSA$　($L/min/m^2$)

2 结果

受试者在到达模拟4 000m高原立即，SaO_2即已下降，于模拟5 000m高原第24h末（在模拟高原连续生活72h末）下降至本试验的最低值，与平原对照值相比较，具有非常显著差异（$P<0.01$）。CO和CI除了到达模拟4 000m高原立即显示增高外，自在模拟4 000m高原停留24h末起，逐渐降低，并于模拟5 000m停留24h末下降至本试验的最低值，此二者与平原对照值相比，均有显著（$P<0.05$）和非常显著差异（$P<0.01$）。受试者自进入模拟4 000m高原立即至在5 000m停留24h末，其HR逐渐增加，与平原对照值比较相差非常显著（$P<0.01$）。返回平原的第4h末，除SaO_2恢复至正常外，HR、CO和CI与平原对照值相比仍有显著或非常显著差异（附表）。

计算平原对照值与在模拟5000m高原停留24h末的SaO_2、HR、CO与CI的相关系数，分别为$r=-0.955$，$P<0.01$；$r=0.508$，$P<0.05$；$r=0.514$，$P<0.05$。表明SaO_2与HR呈非常显著负相关，SaO_2与CO和CI相关显著。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

附表　在模拟4 000～5 000m高原急性缺氧时SaO_2与CI的改变 ($n=23$, $\bar{x}\pm s$)

Tab. Changes of SaO_2 and CI at simulated high altitude of 4 000～5 000meters ($n=23\bar{x}\pm s$)

	SaO_2(%)	HR(beat/min)	CO(L/min)	CI(L/min/m²)
Sea level	97.42±1.01	63.11±8.50	8.67±1.21	5.50±0.75
4 000m 0h	81.44±5.08**	76.15±8.81**	9.70±2.09*	6.13±1.60*
4 000m 24h	84.17±5.12**	82.37±12.86**	8.11±1.88	5.12±1.32
5 000m 0h (At the end of 48h expored to high altitude)	76.25±7.02**	90.57±13.09**	7.70±1.95*	4.91±1.72*
5000m 24h (At the end of 72h expored to high altitude)	72.30±12.54**	95.54±14.90**	7.17±2.10**	4.53±1.75**
4h at return to sea level	97.39±1.19	72.02±12.16	7.85±1.65*	5.14±1.36*

**$P<0.01$　　*$P<0.05$

3 讨　论

肺泡气氧分压的高低与组织获氧量的多少密切相关。肺泡气氧分压受大气压变化的影响。在模拟4 000m和5 000m高原条件下，肺泡气氧分压分别降至6.67kPa和6.00kPa，此时动脉血氧分压和血氧含量下降，SaO_2降低形成低张性低氧血症。

于到达模拟4 000m高原立即，受试者的HR、CO和CI明显增加，其机制尚不完全清楚，有人认为与过度通气引起肺牵张感受器发放冲动，反射性地引起HR加快或低氧引起心交感神经兴奋性增强有关[3]。

人体快速进入高原现场时，其SaO_2随海拔高度增加而下降。本实验结果表明：在模拟4 000m高原停留24h末至在模拟5 000m高原停留24h末止，随着受试者在模拟高原环境内生活时间的延长和模拟海拔高度的增加，SaO_2呈进行性下降，同时HR加快，CO和CI越益降低，与平原对照值比较，具有显著或非常显著差异。

CO和CI是用于评估心脏功能状况的部分指标。自在模拟4 000m高原停留第24h末起，随着缺氧持续时间的延长和缺氧程度的加重，常引起能量产生相对不足；与此同时，随着HR的加快，心肌耗氧量增加[4]，两者可引起心肌收缩性降低。因此，于模拟5 000m高原停留24h末（即受试者于模拟4 000m～5 000m环境中生活的第72h末），CO和CI下降至本试验的最低值，与平原对照值比较，具有非常显著差异，表明此时心脏泵血功能受到一定程度的抑制。

于返回平原的第4 h末，虽然SaO_2恢复正常，但HR、CO和CI的改变与平原对照值比较仍存在显著差异，表明在模拟4 000m～5 000m高原持续缺氧72h对心脏泵血功能的影响在返回平原4h内尚未能消除。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献

1. 顾慎为　黄建权。阻抗血流图。北京：人民卫生出版社，1986：140～153
2. Deniston JC, Maher JT, Reeves JT, et al. Measurement of cardiac output by electrical impedance at rest and during exercise. J Appl Physiol 1976; 40:91～95
3. 魏文汉　主编。病理生理学。下册。上海：上海科学技术出版社，1984：314～330
4. 王桌林　刘贞铮　李英杰，编著。无创性心功能检查。黑龙江科学技术出版社，1984：101～108

（收稿：1990.03.31；修回：1991.01.18）

Effects of Simulated High Altitude on Arterial Oxygen Saturation and Cardiac Index

Zhou Guanfu and Zhou Yougjing

(Laboratory of High Altitude Medicine, Third Military Medical College, Chongqing 630038)

Abstract The changes of oxygen saturation (SaO_2) and cardiac index (CI) of 23 soldiers who had stayed in a simulated high altitude of 4 000m and 5 000m for 72 hours were observed with a Model 102 BIT BIOX IIA earprobe oximetry and impedance cardiogram. It was found that both SaO_2 and CI decreased because of hypoxia, and the decrease became more severe with the elevation of the altitude and the prolongation of staying. At the end of the 24th hour of staying, the 2 parameters reached the lowest. These facts suggest that hypoxia more or less depresses the cardiac function. Four hours after the subjects returned to sea level, SaO_2 restored the normal value but CI remained significantly lower than the control value, which implies that the effects of acute hypoxia still existed at that time.

Key words anoxia/PP; arterial oxygen saturation; cardiac index

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net