DOI:10.16016/j.1000-5404.1987.03.010

急性缺氧复合运动对清醒山羊心肺血流动力学的影响

周勇敬 孙秉庸 杨仲强 姜 和 王肇文 柳君泽 彭 鹰 何 跃 杨昌礼
(病理生理教研室 高原医学研究室)

提 要 观察了8只雌性山羊在急性缺氧(模拟4000 m高原)条件下运动时心肺血流动力学的改变。急性缺氧可致肺动脉压升高,心率增加,心输出量和体动脉压无明显变化。平原运动时,肺动脉压、心输出量和心率均有明显增加。但在急性缺氧条件下运动时,肺动脉压并未进一步升高,其原因可能与急性缺氧条件下山羊的pHa升高有关。

关键词 缺氧;运动;肺动脉压;高原

急性和慢性缺氧可致人和多种动物的肺动脉压升高。有人报道高原居民和高原动物在运动时肺动脉压显著升高[1]。作者就清醒山羊在急性缺氧条件下运动时心肺血流动力学的改变进行以下实验观察。

材料与方法

雌性山羊8只,体重17～24kg。每天在心电测试活动平板机上,按4公里/小时的速度(坡度15°)跑步25分钟,训练3～5天。实验时,在2%奴夫卡因局部麻醉下,分离右侧颈外静脉和颈总动脉,分别将热敏心导管(Baltherm, 7F)插至肺动脉,将塑料管插入颈总动脉,两者连接于压力换能器(Statham P23 ID)测取肺动脉压和颈总动脉压。用生理记录仪(OEC-3200, Nihon Kohden)记录波形和数值。根据颈总动脉波测取心率。用热稀释法测量心输出量。经动脉和静脉导管采血,用血气分析仪(ABL3 Radiometer Copenhagen, Denmark)测定血液气体参数。操作就序后,分别于(1).平原静息;(2).平原运动第15分钟末(在动物运动条件下,下同);(3),模拟4000m高原静息和运动15分钟末;(4).模拟4000m高原停留90分钟静息时和运动15分钟末;(5).下降至平原后第10分钟的静息状态下,测定各参数。

结 果

一、心肺血流动力学的改变

平原运动时肺动脉平均压($\bar{P}pa$)由静息时的15.6±1.4增至28.0±3.9mmHg(P<0.05)。模拟4000m高原静息时$\bar{P}pa$为23.1±0.8mmHg,与平原静息比较相差显著(P<0.05)。到达高原即刻运动、停留90分钟静息和运动时的$\bar{P}pa$分别为22.2±1.2、22.0±1.0和22.1±0.7mmHg,三者与平原静息时相比均有非常显著差异(P<0.01)。比较到达高原即刻静息和运动、停留90分钟静息和运动时的$\bar{P}pa$均无显著差异(表1)。

平原运动时心输出量(CO)为7.2±1.0 l/min,与平原静息相比无显著差异。到达高原即刻和停留90分钟运动的CO分别为8.9±0.6和8.3±0.7 l/min,与平原静息相比有非常显著差异(P<0.01)。

比较平原静息、到达高原即刻和停留90分钟静息时的心率(HR)有显著差异(P<0.05)。在三个不同时间运动时的HR分别为155±10.8、181±14.0和181±10.8次/分,与平原静息比较,均有非常显著差异(p<0.01)。

平原静息、到达高原即刻和停留90分钟静息时的颈总动脉在($\bar{P}_{CA}$)基本处于同一水平。在三个不同时间运动时的$\bar{P}_{CA}$均增加10mmHg左右,经统计学处理,无显著差异。

二、血液气体参数的改变

到达高原即刻静息或运动时的动脉血氧分压(PaO_2)和动脉血二氧化碳分压($PaCO_2$)均较平原静息或运动时显著降低(P<0.01)。高原静息和运动时相比无显著差异。模拟4000m高原停留90分钟运动时$PaCO_2$由静息时的31.1±0.5下降至28.3±0.3mmHg,差异非常显著(P<0.01)。到达高原后的pHa均高于平原静息时的值。到达高原即刻静息、停留90分钟静息和运动时的pHa与平原静息相比具有非常显著差异(P<0.01)(表2)。

讨 论

运动时,由于CO和肺血流量增加,同时肺血管收缩,因而$\bar{P}pa$升高[2]。山羊在平

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

表1 模拟4000m高原急性缺氧复合运动时心肺血流动力学的改变（n=8，$\bar{X}\pm SE$）

	$\bar{P}pa$(mmHg)	CO(l·min^{-1})	$\bar{P}_{CA}$(mmHg)	HR(beats·min^{-1})
平原静息	15.6±1.4	5.5±0.4	110±9.2	110±5.6
平原运动	28.0±3.9*	7.2±1.0	112±7.9	155±10.8**
4000 m 静息	23.1±0.8*	5.6±0.6	111±10.3	141±10.2*
4000 m 运动	22.2±1.2**	8.9±0.6**	124±8.3	181±14.0**
4000m90′ 静息	22.0±1.0**	5.0±0.4	109±0.7	140±7.0*
4000m90′ 运动	22.1±0.7**	8.3±0.7**	120±7.8	181±10.8**
返回平原	19.0±1.1	4.8±0.5	112±5.5	126±7.8

* 与平原静息相比 $p<0.05$；　** 与平原静息相比 $p<0.01$

表2 模拟4000m高原急性缺氧复合运动时血液气体参数改变（n=8；$\bar{X}\pm SE$）

	pHa	PaO_2(mmHg)	PCO_2(mmHg)
平原静息	7.420±0.011	105.7±2.7	38.2±0.7
平原运动	7.400±0.016	99.5±4.3	36.4±1.2
4000 m 静息	7.473±0.010	45.5±1.7	32.4±0.8
4000 m 运动	7.450±0.016	48.4±2.0	30.7±0.7
4000m90′ 静息	7.479±0.013	49.7±1.7	31.1±0.5
4000m90′ 运动	7.479±0.012	52.7±1.2	28.3±0.3
返回平原	7.433±0.010	105.0±3.0	33.1±0.8

** 与平原静息相比 $p<0.01$

原运动时的$\bar{P}pa$比平原静息时增加79%，而CO仅增加31%。因此，平原运动时的$\bar{P}pa$升高除受CO增加影响外，还可能与肺血管阻力升高有关。

缺氧可致人和多种动物肺血管收缩，$\bar{P}pa$升高[3]。本实验动物于模拟4000m高原即刻和停留90分钟静息时的$\bar{P}pa$比平原静息时分别增加48%和41%，具有显著差异；其CO基本保持于平原静息时水平。因此，在模拟4000m高原引起山羊肺动脉增压反应的主要因素为缺氧所致的肺血管收缩。

缺氧复合运动，似应使肺动脉增压反应有所增强。但Coates等用绵羊和山羊所作研究结果表明：减压立即引起$\bar{P}pa$增高，左心房压和CO无明显改变；减压复合运动时CO增加60%，而左心房压和$\bar{P}pa$无改变[4]。与本实验结果相似。H^+浓度对缺氧性肺动脉增压反应的影响已为许多学者所重视。Raymond等最近的观察已表明H^+浓度降低（呼吸性或代谢性碱中毒）可减弱缺氧性肺动脉增压反应[5]。实验山羊在到达高原静息或运动时，$\bar{P}pa$均维持于22mmHg上下。复合运动引起的CO增加，没有促使$\bar{P}pa$进一步升高（图1）。这种现象可能与急性缺氧引起实验动物过度通气、pHa升高，导致肺动脉增压反应减弱有关。

人在平原运动时CO有中度升高。在高原同等强度运动时CO增加更为明显。实验山羊于平原运动时CO增加30%。到达高原两次同等强度运动的CO与高原静息时相比分别增加58%和66%，具有非常显著差异（$P<0.01$）。

实验山羊在平原和到达高原运动时，颈总动脉收缩压分别增高27%和31%，舒张压

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

不变或略有降低，而平均压仅增加9～11%，与Stenberg等的实验结果相似[6]。其原因可能是在模拟4000m高原静息时，PaO_2降低可引起HR增加；复合运动时，促使HR进一步增加，心舒张期缩短；加之回心血量增加导致收缩压上升，舒张压基本不变，而$\bar{P}_{CA}$略有增高。

本实验结果提示：在模拟4000m高原急性缺氧复合运动条件下，清醒山羊的CO和HR比平原运动时明显增加，而$\bar{P}pa$并未进一步升高，其原因可能与急性缺氧时pHa升高有关。

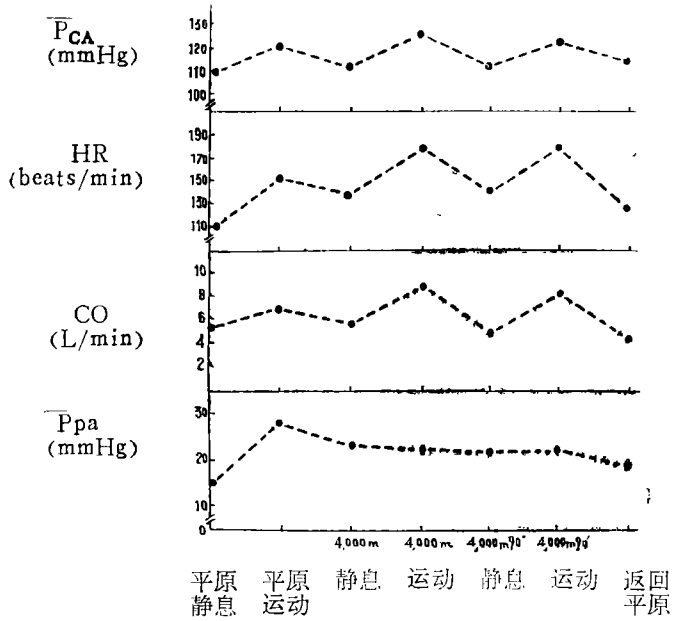


图1　在平原和模拟4000m高原运动时心肺血流动力学的改变

参 考 文 献

1. Vogel JH, et al. Pulmonary hypertension on exertion in normal man living at 10150 feet. Med Thorac 1962; 19:461～77
2. John TR, et al. Pulmonary hypertension with muscular exercise in the newborn calf. J Appl Physiol 1965; 20(2):249～52
3. Peter H, et al. The human pulmonary circulation, Second Edition, Edinburgh Londo n & New York, 1977:452
4. Coates G, et al. Fffects of exercise on lung lymph flow in sheep and goats during normoxia and hypoxia. J Clin Invest 1984; 74:133
5. Raymond KL, et al. Alkalosis attenuates hypoxic pulmonary vasoconstriction in neonatal lambs. Pediatr Res 1985; 19(12): 1268～71
6. Stenberg J, et al. Hemodynamic response to work at simulated altitude 4000m. J Appl Physiol 1966; 21:1589～94

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

Effects of Physical Activity on Cardiopulmonary Hemodynamics in Hypoxic Conscious Goats

Zhou Yongjin, et al (Department of Pathophysiology and Institute of High Altitude Medicine, Third Military Medical College)

The effects of physical activity on cardiopulmonary hemodynamics under acute hypoxia at a simulated altitude of 4000 meters were studied in 8 conscious goats. It is known that acute hypoxia alone can result in an elevation of pulmonary arterial pressure and acceleration of heart rate, but no obvious effects on cardiac output and systemic arterial pressure, and physical activity can increase the pulmonary arterial pressure, cardiac output and heart rate at sea level. It was found that a combination of physical activity and a simulated altitude of 4000m could bring about a more marked increase of cardiac output and heart rate but no further increase of pulmonary arterial pressure. The latter phenomenon might be due to increased alkalinity of the arterial blood under hypoxic condition.

Key words: Hypoxia; Physical activity; Pulmonary arterial pressure; Simulated altitude

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