DOI:10.16016/j.1000-5404.1984.01.008

阶梯式间断性缺氧复合运动锻炼的肺血流图的观察

谢增柱 王俊元 夏亚利

（病理生理学教研室）

傅远扬

（云南省体育科学研究所）

提 要

作者检查了12名世居1895米男性自行车运动员在低氧运动训练后的肺血流图变化。运动员在低压舱完成低氧运动训练后，在4000米模拟高原与平原对照相比，肺血流图的紧张期（Q—a间期）延长，主波振幅、主波充盈速度和最大上升速度均降低。这些结果提示低氧复合运动训练可使肺血管收缩导致肺动脉压升高，因而流经肺部的血循环减少。肺动脉压升高亦可引起右室后负荷增加。运动员返回平原8天后，除Q—a间期外，所有上述指标返回正常。这些变化是功能性而非结构性的变化。

国外作者曾用右心导管方法证明缺氧或运动都可以引起肺动脉压升高。若在缺氧条件下进行运动，肺动脉压升高更加明显[1-4]。这些研究必须进行右心导管，对人有一定损伤。近年来临床应用肺血流图可无创性评价肺循环变化[5-6]。阶梯式间断缺氧复合运动锻练对肺血流图的影响尚未见有报告。本文观察自行车运动员在低压舱内运动训练对肺血流图的影响，以便推断阶梯式间断缺氧复合运动锻练对肺循环的影响。

对象和方法

12名世居昆明市（1895m）的自行车运动员，多数为新入队的集训队员（训练年限为1月—3年），年龄16—22岁。

运动员到达重庆后休息3天，然后在减压舱内减压至2000米模拟高原训练5天，3000和4000米各训练11天。每天在减压舱内运动训练3.5小时。训练方法为空蹬架骑行训练，每天训练量为10′×4和20′×2组交替训练。训练强度控制在受试者心率为150—170次/分范围内。每天运动训练完成后返回平原。

肺血流图检查方法，系用上海红旗仪表厂生产ZK-Ⅰ型阻抗心动仪与日本生产FD-31P型生理记录仪联接记录。阻抗仪发射频率为50KHZ，用两个铜制电极板与人体联接；大的电极板为4×8cm放在右侧肩胛骨下角，小电极板为3×4cm放在右侧锁骨中线第二肋间隙，电极板均用生理盐水纱布复盖，胸前电极板用砂袋压迫固定。受试

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

者采取平卧位，于呼气末屏气同步描记肺血流图，心音图和Ⅱ导联心电图。先作平原对照，然后分别在2000米、3000米和4000米训练的最后一天，返回平原第1天和第8天重复检查一次。

肺血流图测定以下指标

1．紧张期（毫秒）：从心电图Q波至肺血流图主波起点（a）的间期。

2．右室射血期（毫秒）：从肺血流图主波起点（a）到心音图P_2的间期，以上两个参数纸速为100mm/秒记录。

3．主波振幅（微欧）：主波高度/标准讯号。

4．主波充盈速度（微欧/秒）：主波振幅/主波上升时间。

5．主波最大上升速度（微欧/秒）：肺血流图上升支最大斜率的每秒上升波幅高度。

以上指标是用50mm/秒纸速记录测定的。所得结果均用统计学处理。

结　果

心率：从平原到高原后心率变化不大，返回平原后稍减慢，详见表（1）。

紧张期：从平原到2000米后紧张期已明显延长，在3000米和4000米时进一步延长，返回平原后8天内不能恢复正常，详见表（1）。

右室射血期：在3000米时最短。在其它高度与平原者无明显差别，返回平原后恢复正常，详见表（1）。

主波振幅在4000米最低。主波充盈速度和主波最大上升速度，都有随高度增加和训练时间增加而减慢的倾向，仅在4000米与平原相比才有统计学上的显著意义。返回平原后恢复正常，详见表（2）。

表1　不同高原高度对心率、紧张期和右室射血期的影响（X±SE）

	心　率（次/分）	紧张期（毫秒）	右室射血期（毫秒）
平　原	55.3±2.11	119.1±6.32	302.5±7.45
2,000 米	53.0±2.37	§135.0±5.17	304.6±6.35
3,000 米	56.6±2.17	*147.6±3.52	*289.3±6.99
4,000 米	55.5±1.82	△141.5±4.30	292.1±8.66
返回平原第1天	53.0±1.91	146.9±4.39	297.1±8.37
返回平原第8天	53.7±2.19	143.1±5.28	302.7±6.47

§ 平原与2,000米相比P＜0.05
. 平原与3,000米相比 P＜0.01　*P＜0.05
△ 平原与4,000米相比P＜0.01

表2　不同高原高度对肺血流图的影响（$\bar{X}$±SD）

	主波振幅（mΩ）	主波充盈速度（mΩ/秒）	主波最大上升速度（mΩ/秒）
平原对照值	314.6 ±32.53	1190.25±111.28	2050.79±172.68
2,000 米	289.66±22.80	1055.17± 87.87	1994.55±121.89
3,000 米	293 ±85.36	1000.75±124.20	1684.50±246.38
4,000 米	*285 ±26.33	*960.42± 89.26	*1612.00±114.75
平原恢复第1天	309.4 ±34.09	1064.75±112.52	1885.89±186.97
平原恢复一周	307.33±32.26	1115.67±119.32	2044.3 ±208.16

* 平原与4,000米相比P＜0.05

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

讨　论

Захаров[7]观察到肺血流图主波起点和顶点大致与肺动脉压力曲线起点和顶峰相符合，Пушкарь[8]发现肺叶切除侧的肺血流图主波消失。Мухарлямов[9]基于文献和自己检查认为通过肺血流图可无创性检查肺血管弹性和张力变化，间接推断右室功能。我们测得平原时紧张期为119ms这与Пушкарь[10]测得120ms大致相同。间断缺氧复合运动锻炼后，在2000米紧张期已明显延长，在3000米和4000米进一步延长。蔡英年等[11]也发现平原人移居高原后，在2800米重体力劳动者比轻体力劳动者紧张期延长明显，在4500米时更进一步延长。Чонцев[12]证明紧张期与肺动脉压是函数相关。我们证明随着高原高度增加，狗和猪的肺动脉压也逐渐升高。Banchero[4]用右心导管证明平原人以3000kg-m/分负荷，运动7分钟，肺动脉压从22增加到30mmHg，在4540米同样负荷，肺动脉压从41上升至71mmHg。由此可见紧张期延长是缺氧和运动引起肺动脉压升高的结果。紧张期代表从右室开始除极到右室射血进入肺动脉的时间，包括右心除极，右室等容收缩时间和右室开始射血进入记录部位时间总和，主要取决于等容收缩时间。缺氧引起肺动脉压升高，右室后负荷增加，所以右室等容收缩时间延长，紧张期也相应延长。返回平原后第8天紧张期尚不能恢复正常，这是适应锻炼的结果或是肺动脉压尚未完全恢复正常所致，有待进一步研究。

间断缺氧附加运动负荷后，肺血流图的右室射血时间在3000米明显低于平原。在此高度心率并不增快，射血时间缩短可能反映心搏量减少。这与我们用超声心动图观察心搏量在3000米时最低是一致的。返回平原后射血时间恢复正常。

肺血流图主波振幅和主波充盈速度在4000米都明显减低。主波振幅大小反映肺部搏动性血液供应大小，而主波充盈速度表示肺动脉系统充盈速度。缺氧附加运动锻炼后肺动脉血管收缩阻力增加，所以流经肺部血流减少，故二者明显减少。当返回平原后，缺氧刺激解除，主波振幅和主波充盈速度恢复正常。

主波最大上升速度表示右室射血时肺血管最大充盈速度，反映右室功能和肺动脉弹性，在4000米明显降低，这可能是缺氧复合运动引起肺动脉压升高，右室负荷过重所致。返回平原第8天完全恢复正常。

综上所述世居昆明（1895米）男性青年，虽经阶梯式间断缺氧和运动锻炼，从肺血流图检查表明仍有肺动脉压升高和右室负荷过重的表现。

参 考 文 献

1. Harris P, et al The Humah pulmonary circulation, 2 end Churchill Livingstone Edinburgh, 1977, p157—161
2. Stanek V, et al, Pulmonary Hypertension, p1—9, S Kange Basel, 1974
3. Gurterns HP, et al, Pulmopary Hypertension, p295—315, S Kange Basel, 1974
4. Bancher ON, et al, Circulation 1966, 33:249
5. Мавейкев ГП：Клиническая Реография (телорисb) p99—101, Минк, 1976
6. 黄健全：医学文献 1980, (2)：36
7. Захаров ЕФ и др：Кардиология 1967, (2)：50
8. Пушкарь ЮТ：Кардиология 1967, (2)：41

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

9. Мухарлямов НМ: Легочное Сердце,p193—200, Москва,Медицина,1973
10 Пушкарь ЮТ: Кардиология 1968, (4) :55
11 蔡英年等：中国医学科学院学报 1979, (3) :179
12 Чоншев ИИ: Кардиология 1977, (1) :63

Combined Effect of Stepwise Intermittent Hypoxia and Physical Training on Pulmonary Rheography

Xie Zengzhu, Wang Junyuan, Xia Yali

(Department of Pathophysiology, Third Military Medical College)

Fu Yuanyang

(Kunming Research Institute on Athletic Science)

The changes of pulmonary rheography of 12 bikers were investigated after they had been physically trained under hypoxic condition in a hypobaric chamber simulating altitudes of 2000 m, 3000m, and 4000m respectively. All the bikers were permanent inhabitants at 1895 meters above sea level.

The changes were most marked on the rheographies taken at the simulated altitude of 4000m. Comparing with the control values at the sea level, the authors found that tonic interval (Q-a interval) on the bikers' pulmonary rheographies was prolonged. The amplitude, the mean rate of filling and the rate of maximal ascending of the systolic wave were decreased.

The results showed that hypoxic physical training could result in the contraction of pulmonary vessels. In turn it caused pulmonary arterial hypertension and reduced the amount of blood circulating through the lungs. Pulmonary arterial hypertension could further increase the afterload of the right ventricle.

Eight days after the blkers returned to the sea level, all the indices also returned to their original levels except the tonic interval. It is apparent that these changes are most likely to be functional rather than organic.

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