DOI:10.16016/j.1000-5404.1981.04.001

急性缺氧对心缩间期的影响

病理生理学教研室

毛长琪 孙秉庸 周勇敬 周广福 黄玲玲 杨仲强

陈广详 宋方军 刘福玉 何 跃 马立昌

根据同时描记的心电图、心音图和颈动脉脉搏图，测定心缩间期，分析其时相变化，可以间接判断左心室的功能状况。此法简便、无创，已在国内外广泛应用，可借以判定某些心脏病，估计心功能受损程度和药物疗效[1-5]。国外已有关于急性缺氧对心缩间期影响的观察[6][7]，国内尚未见报导。

我国拥用广大的高原地带，目前常有为数较多的人乘飞机进入高原，将来随着航空事业的进一步发展，一定还会有更多未经习服的人，于短时间内从海平地区进入高原，突然处于缺氧环境。因此探讨急性缺氧对静息、运动或吸氧时心缩间期的影响，间接估计左室功能状况将是有益的。

对象和方法

男性战士和干部36名，年龄为20～31岁。受试前血压、心率、心电图和心肺均无异常。

用Siemens-Elema Mingograf 62型多导生理记录仪同时描记心电图（标准肢导联Ⅱ）、心音图和颈动脉脉搏图。受试者平卧，以Siemens Phono microphone 25 C型换能器置于心尖搏动最强处记取心音。以Siemens Pulse-phone transducer 860 型换能器置于右侧颈动脉搏动最明显处（头略向左偏并微仰），记取颈动脉脉搏图。换能器安放位置，均作有标记，以便重复测定。为了排除呼吸的影响，受试者均于呼气末作短暂摒气，在摒气期间记录5个以上心动周期的波形。纸速为50毫米/秒。

心缩间期（STI）测定方法

1．总电机械收缩期（QS_2）：从心电图的Q波起点开始至第Ⅱ心音主动脉瓣成分之间的时距。

2．左室射血时间（LVET）：从颈动脉脉搏波升支起点至重搏波切迹最低点之间的时间。

3．射血前期（PEP）：总电机械时间减去左室射血时间（即：$PEP = QS_2 - LVET$）。

4．机械收缩期（MS）：从第Ⅰ心音最早高频成分至第Ⅱ心音主动脉瓣成分之间的时距。

5．等容收缩时间（IVCT）：机械收缩期减去左室射血时间（即$IVCT = MS - LVET$）。

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

6. 计算射血前期与左室射血时间的比值（PEP/LVET）。

根据5个波测出各参数的数值，然后求出相应的平均值。

受试者于清晨8点进入减压舱。于常压下（下称平原）卧床休息10分钟后，测定正常的STI；握拳动运（静态运动）2分钟（每分钟握拳60次），立即测定STI；随后进行Master二级梯运动试验（动态运动）3分钟，运动量按该年龄、体重的标准次数减半。于运动后立即和运动后5分钟分别测定STI；最后受试者吸入纯氧2分钟，吸毕立即再测STI。上述测定完成后，开始减压，按1.5～2米/秒速度上升，舱内温度为14～25℃，空气流量5,000升/分，上升到摸拟4,000米高原（下称高原），停留1小时后，重复上述各项STI测定。

结　　果

一、平原静息STI参数：

QS_2：388.75±22.54毫秒，LVET：293.54±19.53毫秒，

PEP：95.32±9.68毫秒，MS：329.41±19.82毫秒，

IVCT：35.81±6.71毫秒，PEP/LVET：0.33±0.037。

QS_2和LVET与心率呈直线负相关，PEP与心率不相关。回归方程式如下：

QS_2（毫秒）$=487.4174-1.456\times$心率（$r=-0.8507$，$P<0.01$，$SD=22.54$）

LVET（毫秒）$=378.0964-1.255\times$心率（$r=-0.8576$，$P<0.01$，$SD=19.53$）

PEP（毫秒）$=109.9993-0.2098\times$心率（$r=0.237$，$P>0.05$，$SD=9.68$）

QS_2、LVET值应以心率校正，求出其指数值，再与不同心率下的先后多次测定作比较。其方法如下：

$QS_2I=QS_2+1.456\times$心率

$LVETI=LVET+1.255\times$心率

PEP与心率无直线相关，MS、IVCT、PEP/LVET很少受心率影响，因此都以实测值进行比较。

心率和血压见表2。

二、平原运动对STI的影响：

静态运动与静息时STI各参数无明显差异。动态运动后立即测得的STI各参数均较静息时缩短。动态运动后5分钟，除IVCT及PEP/LVET仍较静息时缩短外，其余各参数均已恢复正常。运动对心率无明显影响。以上数值均经统计学处理，详见表1。

三、摸拟4,000米高原对STI的影响：

到达摸拟4,000米高原1小时后，LVETI比平原值缩短（从378毫秒缩短至373毫秒，$P<0.002$）；PEP延长（从95.32毫秒延至99.31毫秒，$P<0.05$）；PEP/LVET比值增大（从0.33增为0.35，$P<0.05$）（见表2及图）

高原静息时的心率与平原静息时的心率无明显差异。肱动脉收缩压在平原静息时为113.22±11.63mmHg，在高原静息时则为101.94±8.86mmHg（$P<0.001$）。舒张压则分别为73.72±7.28和66.5±9.56mmHg（$P<0.001$）（见表2）。至高原一小时后，收缩压和舒张压都明显下降。

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

表1 平原运动和吸氧对STI的影响

	QS_2I（毫秒）	LVETI（毫秒）	PEP（毫秒）	MS（毫秒）	IVCT（毫秒）	PEP/LVET	心率（次/分）
静息	487.39 ±11.85	378.56 ±9.26	95.32 ±9.68	329.41 ±19.82	35.81 ±6.71	0.33 ±0.037	67.74 ±13.35
静态运动后	486.78 ±16.52	379.56 ±10.89	93.40 ±11.32	327.32 ±20.15	34.93 ±8.87	0.32 ±0.01	69.35 ±13.47
动态运动后立即	* 476.36 ±12.61	* 373.25 ±12.06	* 89.01 ±8.05	* 314.40 ±20.78	* 29.35 ±9.72	△0.31 ±0.04	69.92 ±14.60
动态运动后5分钟	488.06 ±13.23	380.27 ±8.80	94.71 ±9.38	329.48 ±19.26	* 31.78 ±7.81	△0.32 ±0.034	65.61 ±12.74
吸氧2分钟后	486.90 ±12.82	376.55 ±11.16	95.24 ±8.52	328.58 ±19.71	34.16 ±8.17	0.32 ±0.033	66.57 ±13.05

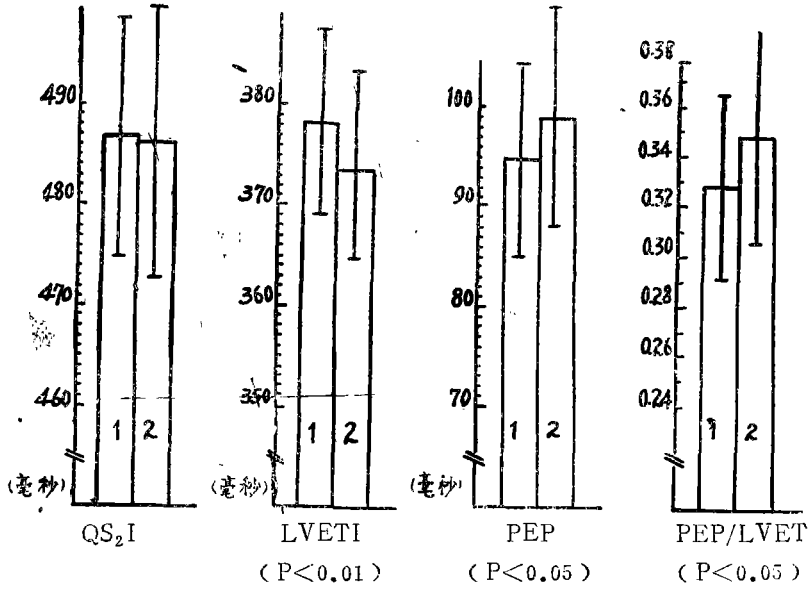
△：表示运动、吸氧与静息相比有显著差异

*：表示运动、吸氧与静息相比有非常显著差异

表2 平原与高原STI、心率、血压的比较

	QS_2I（毫秒）	LVETI（毫秒）	PEP（毫秒）	MS（毫秒）	IVCT（毫秒）	PEP/LVET	心率（次/分）	收缩压 mmHg	舒张压 mmHg
平原	487.39	378.56	95.32	329.41	35.81	0.33	67.74	113.22±11.63	73.72±7.28
模拟4,000米高原	486.60	* 373.69	△99.31	327.06	38.17	△0.35	67.16	* 101.94±8.86	* 66.5±9.56

△有显著差异　　* 有非常显著差异



QS_2I　　LVETI（P<0.01）　　PEP（P<0.05）　　PEP/LVET（P<0.05）

平原与高原STI的比较

（1＝平原　2＝高原）

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

四、高原运动对STI的影响：

到达模拟4,000米高原1小时后，静态运动与高原静息时STI各参数值，除MS缩短外均无明显差异（P值均大于0.05）；动态运动后立即测得的QS_2I、LVETI、PEP、MS、IVCT均较高原静息时明显缩短（P值均小于0.01）；动态运动后5分钟，除QS_2I和PEP外均未恢复至运动前数值。静态运动和动态运动后立即，心率增快（P值均小于0.01）（详见表3）。

表3 高原运动和吸氧对STI的影响

	QS_2I（毫秒）	LVETI（毫秒）	PEP（毫秒）	MS（毫秒）	IVCT（毫秒）	PEP/LVET	心率（次/分）
静息	486.61 ±13.67	373.69 ±9.61	99.31 ±11.14	327.06 ±22.30	38.17 ±9.36	0.35 ±0.044	67.16 ±12.01
静态运动后	185.96 ±15.81	373.77 ±10.19	98.11 ±10.70	△324.41 ±20.40	37.98 ±9.68	0.34 ±0.04	*69.61 ±12.96
动态运动后立即	*471.13 ±19.37	*366.67 ±15.04	*89.66 ±11.05	*300.55 ±21.19	*29.52 ±8.36	0.33 ±0.042	* 76.63 ±12.53
动态运动后5分钟	488.56 ±13.42	*377.15 ±9.89	98.21 ±8.69	△329.83 ±21.63	*35.34 ±8.72	△0.33 ±0.023	65.86 ±12.51
吸氧2分钟后	486.67 ±12.82	373.82 ±9.85	100.19 ±8.18	329.22 ±22.01	*34.36 ±8.34	0.34 ±0.036	*62.80 ±12.45

△有显著差异　　* 有非常显著差异

五、平原运动与高原运动STI比较：

平原静态运动与高原静态运动相比，高原静态运动时LVETI缩短（$P<0.01$），PEP延长（$P<0.05$），PEP/LVET比值增加（$P<0.01$）。平原动态运动和高原动态运动相比，高原动态运动后立即：LVETI缩短（$P<0.05$），PEP/LVET增加（$P<0.05$），MS缩短（$P<0.01$）；高原动态运动后5分钟：PEP和IVCT延长（P值均小于0.05），LVETI缩短（但统计学处理无显著差异），PEP/LVET增加（$P<0.01$）（详见表4）。

表4 平原运动后与高原运动后STI比较

		QS_2I（毫秒）	LVETI（毫秒）	PEP（毫秒）	MS（毫秒）	IVCT（毫秒）	PEP/LVET
静态运动后	平原	486.78	379.56	93.4	327.32	34.93	0.32
	高原	485.96	*373.77	△98.11	324.41	37.98	* 0.34
动态运动后立即	平原	476.36	373.25	89.01	314.40	29.35	0.31
	高原	471.13	△366.67	89.66	*300.55	29.52	* 0.33
动态运动后5分钟	平原	488.06	380.27	94.71	329.48	31.78	0.32
	高原	488.56	377.15	△98.21	329.83	△35.34	*0.33

△有显著差异　　* 有非常显著差异

六、吸氧对平原和高原STI的影响：

平原吸氧后，STI无明显改变。高原吸氧后除IVCT比高原静息时缩短外，余无明显差异

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

（见表 1 、 3 ）。

讨　　论

STI各参数的正常值，国内外各家报导的不尽相同，波动范围较大[8]。我们实测的QS_2为388.75毫秒、LVET为293.54毫秒与北京阜外医院[4]测得的$QS_2$384毫秒、LVET303毫秒，以及Lindquist测得的$QS_2$383毫秒、LVET294毫秒接近。实测的PEP为95.32毫秒比北京阜外医院的81毫秒稍长，但与Lindquist的89毫秒接近。QS_2、LVET与心率呈直线负相关，与国内外报告的结果相符[1][2][4][8][9]。我们在平原测得的PEP与心率无相关性，也与国内外某些报告一致[4][9]。

国外报导静态运动对STI各参数有明显影响[9]，但我们未见握拳后有何变化，可能是因为握拳的运动量较小的缘故。

平原动态运动后的立即，可见LVETI和PEP缩短，故QS_2I也缩短，同时PEP/LVET比值减小。此结果与国外报导的一致[8][9]，PEP缩短，一般认为是由于运动使儿茶酚胺分泌增多，刺激心脏β受体，心肌收缩力增强，心室内压上升速率（dp/dt）加快以及回心血量增多，前负荷增大的结果[3][9][11]。LVET缩短可能是多种因素综合作用所致。LVET与心率呈负相关，但又与每搏量呈正相关。运动时每搏量增加，LVET理应延长；但同时由于运动引起儿茶酚胺释放，兴奋心脏β受体，心肌收缩力增强，射血速率增加，LVET相应缩短[9][11]。我们所得的LVETI缩短（已排除心率影响，实际上心率也无明显变化），可能是在运动时心脏β受体的刺激占优势所致。PEP/LVET比值缩小，也是心脏β受体受刺激的结果[12]。

在到达摸拟4,000米高原1小时后，静息STI参数中的突出改变有PEP延长、LVETI缩短和PEP/LVET值增大，而QS_2I无明显变化。国外文献中有关报导很少，1975年Balasubramanian等[8]于20名平原男子到达3,658米高原之第1～第5天和第10天分别测定STI，也发现PEP比平原值延长，LVET缩短，PEP/LVET值增大，而且在到达高原后第2天和第3天改变最为明显。从我们取得的结果看，上述改变在到达高原1小时后就已明显。此外，Kowalsky[7]和Anthony（1972）于低压舱内为26名正常男子测定STI。急性减压至18,000呎（5,486米）和15,000呎（4,572米）后10分钟测得PEP缩短、LVET延长、PEP/LVET值缩小，而QS_2无可见之改变。其结果与我们的和Balasubramanian的结果都不一致。这可能是急性缺氧早期的改变，由儿茶酚胺分泌增多引起。但在缺氧持续1小时以后，缺氧对心肌的影响渐趋明显，STI的变化因而不同，表现为PEP延长、LVET缩短和PEP/LVET值增大。

一般认为PEP/LVET比值与左室射血分数呈负相关，是衡量左室功能有用的指标[1-3][12]。我们测得高原静息时PEP/LVET值增大，虽与平原有显著差异，但仍在正常范围之内。值得提出的是，在36名受试者中，有两名PEP/LVET值分别为0.416和0.452，超过均数与两个标准差的和，显然属于异常变动。其中一人在到达4,000米10分钟后感头昏、思睡、“心里难受”。并于动态运动中感心慌，因而不得不停止运动。此例提示STI测定，似可预示对高原缺氧的耐受程度。但例数太少尚需进一步探讨。

高原静态运动后除MS缩短外，余无明显影响。说明急速进入高原者，进行轻微活动，并不明显加重对心功能的影响。高原动态运动后的立即，可见QS_2I、LVETI、PEP、MS和IVCT均缩短，与平原动态运动引起的改变类似，不过程度更为明显。可能是因为在缺氧条

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

件下运动，儿茶酚胺分泌更多所致。

以平原运动后和高原运动后的STI相比，则可见高原静态运动或高原动态运动均致LVETI缩短和PEP/LVET比值增加。运动后5分钟LVETI已无差异，但PEP/LVET比值仍高，且PEP和IVCT延长。这可能因在高原静息状况下，STI已有显著改变，心肌收缩力已受到缺氧的影响。因而在进行运动需要动员心肌贮备时，就表现出LVET缩短和PEP/LVET值增大（与平原等量运动相比）。此似可说明于高原进行运动，可使心肌贮备不足易于显现，形成左心室收缩功能受到抑制的现象。

在平原进行动态运动后，STI参数中的多数，于5分钟内即已完全恢复，但在高原同等强度运动后，STI的参数中的多数未能在5分钟内恢复，说明缺氧影响之所及，甚至在吸入纯氧2分钟后，也未能完全恢复。因此初入高原，应避免过强体力负荷。

在我们的实验条件下，急性缺氧导致动脉收缩压和舒张压降低，而且与平原的相应数值有非常显著差异。这一结果与国外的报导一致。

小　　结

观察了36名健康男性青年在平原和摸拟4,000米高原时的静息、静态运动、动态运动和吸氧后STI的变化。平原静态运动对STI无明显影响。于动态运动后的立即，可见STI所有参数均缩短，5分钟后多数参数即已恢复正常。

急性减压到摸拟4,000米高原后，血压（包括收缩压和舒张压）较平原明显降低。一小时后，静息状态下的LVETI缩短，PEP延长，PEP/LVET比值增大，心功能有所减退。高原静态运动对STI无明显影响；在高原动态运动后的立即，可见QS_2I、MS、LVETI、PEP和IVCT缩短更为明显，而且5分钟后多数参数不能完全恢复。与平原运动相比，高原运动后LVETI缩短，PEP/LVET比值增大。吸氧两分钟后未见明显改善。讨论了这些变化的意义。

本文数据的统计学处理，承我校数学教研组苑锡光主任、蔡昌启同志及我室曾燕同志协助，谨致谢意。

参　考　文　献

1. Lewis RP, et al: Circulation 56:146, 1977
2. Weissler AM: NeW Engl J Med 296:321, 1977
3. Wayne HH: Noninvasive Technics in Cardiology Year Book Medical Publisher inc,1973
4. 中国医学科学院阜外医院内科等：心脏血管疾病4:150，1976
5. 西安医学院心血管协作组：西安医学院学报1—2期:45，1971
6. Balasubramanian V, et al: Brit Heart J 37:272, 1975
7. Kowalsky NB: Aerospace Med 43:361, 1972
8. 何瑞荣：生理科学进展 9(1):40，1978
9. Lindquist VA, et al: Am Heart J 85: 227, 1973
10. Fabian J, et al: Brit Heart J 34:874, 1972
11. Pouget JM, et al: Circulation 43:289, 1971
12. Weissler AM: Systolic Time Intervals at Rest and During Exercise. in Ventricular Function at Rest and During Exercise Ed. by Roskamm H. Springe-Verlag Berlin 1976

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