



# 长时间不同模式低氧训练对男子赛艇运动员 有氧代谢能力影响的比较

王敬茹<sup>1</sup>, 高炳宏<sup>2</sup>, 周志勇<sup>3</sup>, 高欢<sup>2</sup>

**摘要:** 赛艇运动是典型的有氧耐力运动项目, 有氧代谢可直接影响运动员专项能力的发挥及运动成绩的提高, 运动过程中气体代谢的变化又能反映运动员能量代谢的状态, 8周 HiHiLo、HiLo 和 LoLo 训练后, 通过对运动员  $VO_2\max$ 、 $VO_2\max/kg$  等有氧代谢主要评价指标的综合分析可以看出, 低氧训练组运动员有氧代谢能力均有所增长, 由于训练模式的不同增长幅度各异, 总体表现为 HiHiLo 组提高幅度大于 HiLo 组; LoLo 组有氧代谢能力没有明显变化。从研究结果不难看出, 不同模式低氧训练对运动员有氧运动能力的提高幅度不一, 这与训练量、训练强度的安排与控制密切相关, 且应考虑运动员的个体差异, 因此在今后的训练中应按照运动员个体情况合理安排训练模式、训练量及训练强度, 以期获得较好训练效果。

**关键词:** 赛艇; 不同模式; 低氧训练; 有氧代谢

中图分类号: G804.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2010)01-0065-05

## Comparison between the Effects of Different Modes of Long-Time Hypoxia Training on Male Rower's Aerobic Metabolic Capacity

WANG Jing-ru<sup>1</sup>, GAO Bing-hong<sup>2</sup>, ZHOU Zhi-yong<sup>3</sup> et al

(Hebei Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Rowing is a typical aerobic endurance sport and aerobic metabolism may directly affect athlete's specific ability and performance improvement. Metabolic changes in exercise can reflect athlete's energy metabolism status. After 8-week HiHiLo, HiLo and LoLo training, the analysis of the major aerobic indices such as  $VO_2\max$  and  $VO_2\max/kg$  indicates that the aerobic capacity of the hypoxia training group improved. But due to the different training modes, the improvement rates were different. In general, the improvement of HiHiLo group is more than that of the HiLo group. No significant change of aerobic capacity was found in LoLo group. The result shows that different hypoxia training may improve athlete's aerobic capacity differently. This correlates with the arrangement and regulation of the training load and training intensity. The athlete's individual difference should be taken into account. In order to achieve better training results, it is necessary to select appropriate training mode, training load and training intensity according to individual difference of athletes.

**Key words:** rowing; different modes; hypoxia training; aerobic metabolism

低氧训练作为一种提高运动能力的训练方法已被应用于多种运动项目, 其原理是利用低氧刺激配合运动训练来增加机体的缺氧程度, 以调动体内的机能能力, 从而达到提高运动成绩的目的, 尤其应用于以有氧耐力为主的运动项目。

赛艇是一项周期性有氧耐力项目, 全程比赛时间大约 6~8 min, 属于有氧能力为主的体能类项目, 有氧能力体现在训练和比赛的各个方面, 其水平的强弱直接影响比赛时技战术水平的发挥和运用。

目前, 对赛艇运动 8 周长时间不同模式低氧训练前后有氧代谢能力的研究分析还未见到。本文以上海市男子赛艇队运动员为研究对象, 根据比赛与运动训练实践的具体要求, 探讨赛艇运动员低氧训练前后有氧代谢能力的水平和特征在低氧训练不同阶段的动态变化规律。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

以上海市男子赛艇队 19 名队员为研究对象, 根据训练水平分成 3 组: 高住高练低训 (HiHiLo) 组 8 人、高住低练 (HiLo) 组 7 人、低住低练 (LoLo) 组 4 人。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 低氧训练与专项训练的安排

**HiHiLo 组:** 每周日至周五晚低氧睡眠 (晚 7 点至次日晨 6 点) + 每周 3 次低氧训练 (40 min 测功仪) + 常氧专项训练。

**HiLo 组:** 每周日至周五晚低氧睡眠 (晚 7 点至次日晨 6 点) + 常氧专项训练。

收稿日期: 2010-01-04

基金项目: 上海市体育局科技攻关项目 (08JT028)

第一作者简介: 王敬茹, 女, 硕士, 主要研究方向: 低氧训练。

作者单位: 1. 河北体育科学研究所, 石家庄 050011; 2. 上海体育科学研究所, 上海 200030; 3. 上海市水上运动中心, 上海 200713



LoLo 组：常氧下睡眠与训练。

每天低氧训练和专项时间安排：具体训练内容和计划制定，由低氧科研人员和教练员根据运动员训练需要共同完成。

拟定低氧训练模拟高度为 1 800~2 300 m，时间为 8 周（2008.01.07-2008.03.02）。

1.2.2 测试指标及测试时间安排

有氧代谢能力测试指标：VO<sub>2</sub>max、VO<sub>2</sub>max/kg、VCO<sub>2</sub>max、VO<sub>2</sub>max PD、HRmax、VEmax、AT-VO<sub>2</sub>、AT-

HR、Tmax、Rmax、Blamax、O<sub>2</sub>-Plusemax。

有氧代谢能力测试时间：低氧训练前、低氧训练结束后第二周。

1.2.3 数理统计

所有数据均用 SPSS 统计软件包和 Microsoft Excel 软件进行统计学处理。不同组间测试数据处理用方差分析，组内低氧训练前后对比分析用配对 T 检验。

2 研究结果

表 1 低氧训练前、后 3 组队员 VO<sub>2</sub>max 等测试指标变化

Table 1 Variation of VO<sub>2</sub>max and Some Other Indices of the Latter Three Groups before the Hypoxia Training

		VO <sub>2</sub> max/ (ml/min)	VO <sub>2</sub> max • kg <sup>-1</sup> / (ml/min/kg)	VCO <sub>2</sub> max/ (l/min)	VO <sub>2</sub> maxPD/ s	VEmax/ (l/min)
HiHiLo 组 (N=8)	训练前	5781 ± 874	74.53 ± 8.87	6496.3 ± 1302.0	94 ± 75	196.5 ± 16.8
	训练后	6028 ± 904	74.86 ± 16.44	6741 ± 905	81 ± 40	204.3 ± 16.8
	变化率 (%)	4.27	0.44	3.77	-13.83	3.97
	P	0.184	0.096	0.252	0.280	0.323
HiLo 组 (N=7)	训练前	6028 ± 1026 <sup>#</sup>	66.29 ± 10.59	6902 ± 1028	110 ± 80	222.4 ± 30.2 <sup>#</sup>
	训练后	6209 ± 604	68.61 ± 10.49	7191 ± 549	99 ± 69	232.5 ± 27.0 <sup>##</sup>
	变化率 (%)	3.0	3.5	4.19	-0.1	4.54
	P	0.147	0.103	0.164	0.558	0.254
LoLo 组 (N=4)	训练前	5351 ± 529	66.34 ± 10.65 <sup>\$</sup>	6070 ± 389.4	106.7 ± 26.7	198.7 ± 27.4
	训练后	5159 ± 342 <sup>##□□</sup>	65.1 ± 20.0	6413 ± 297 <sup>##□□</sup>	110 ± 90	194.9 ± 27.9 <sup>□</sup>
	变化率 (%)	-3.59	-1.87	1.20	3.09 <sup>*</sup>	-1.91
	P	0.251	0.199	0.833	0.038	0.586

注：变化率为训练前、后数值的变化百分率，正值表示上升，负值表示下降。P 值为训练前后组内比较，\*p<0.05，\*\* p<0.01。  
# HiHiLo 组和 HiLo 组训练前比较，#p<0.05，##p<0.01；\$ HiHiLo 组和 LoLo 组训练前比较，\$p<0.05，\$\$p<0.01；△ HiLo 组和 LoLo 组训练前比较，△ p<0.05，△△ p<0.01。& HiHiLo 组和 HiLo 组训练后比较，& p<0.05，&& p<0.01；@ HiHiLo 组和 LoLo 组训练后比较，@p<0.05，@@p<0.01；□ HiLo 组和 LoLo 组训练后比较，□ p<0.05，□□ p<0.01。

2.1 低氧训练前、后三组运动员 VO<sub>2</sub>max 等测试指标变化

由表 1 可见，HiHiLo 组运动员的 VO<sub>2</sub>max、VO<sub>2</sub>max/kg 在低氧训练后均有所提高，提高幅度分别为 4.27% 和 0.44% (p>0.05)，HiLo 组两指标的增长幅度分别为 3.0% (p>0.05)、3.5% (p>0.05)，LoLo 组两指标测试均有所下降，但变化均不显著。方差分析结果显示，低氧训练后 HiHiLo 组的 VO<sub>2</sub>max 显著高于 LoLo 组，HiLo 组也较 LoLo 组非常显著提高。

3 组运动员的 VCO<sub>2</sub>max 在训练后均有所提高，HiHiLo 组、HiLo 组、LoLo 组分别提高了 3.77%、4.19% 和 1.20%，但均无显著性变化，同时 HiHiLo 组训练后值显著高于 LoLo 组，HiLo 组训练后值也高于 LoLo 组且具有非常显著意义。低氧训练后，HiHiLo 组、HiLo 组队员的 VO<sub>2</sub>max PD 有所下降 (p>0.05)，LoLo 组却显著提高了 3.09%。HiHiLo 组和 HiLo 组 VEmax 在训练后分别提高了 3.97% (p>0.05) 和 4.54% (p>0.05)，LoLo 组下降了 1.91% 亦无显著性差异。方差分析结果显示，低氧训练前 HiLo 组 VEmax 较 HiHiLo 组高 (p<0.05)，低氧训练后 HiLo 组值明显高于 HiHiLo 组 (p<0.01)。

2.2 无氧阈主要测试指标变化

表 2 的结果显示，训练后 HiHiLo 组、HiLo 组、LoLo 组

的 AT-Tmax 分别上升了 2.25%、0.06% 和 6.3% (p>0.05)，同时方差分析显示，训练前 HiHiLo 组、HiLo 组均显著高于 LoLo 组 (p<0.05)，训练后非常显著高于 LoLo 组 (p<0.01)。3 组队员的 AT-HR 在测试中均有不同程度的上升 (p>0.05)。HiHiLo 组和 HiLo 组 AT-VO<sub>2</sub>max% 训练后分别下降了 1.74% 和 3.70%，LoLo 组却升高了 2.99%，变化均不显著，且训练后 LoLo 组测试值明显高于 HiHiLo 组和 HiLo 组 (p<0.05)。HiHiLo 组 AT-HR% 在训练后的测试中下降了 0.08%，HiLo 组和 LoLo 组分别提高了 1.17% 和 1.2%，但变化均无显著性。

由表 3 可见，HiHiLo 组 Tmax 低氧训练后显著提高，HiLo 组虽有提高但不明显，LoLo 组下降了 1.49%，无显著意义。HiHiLo 组和 HiLo 组的 BLAmax 分别上升了 2.51% 和 6.63%，LoLo 组下降了 1.49%，但均无显著性。HiHiLo 组 HRmax 提高了 1.65% (p>0.05)，HiLo 组和 LoLo 组显著提高了 2.2% (p<0.05)、2.76% (p<0.05)。

3 分析与讨论

在 HiHiLo、HiLo 训练过程中，运动员既要接受一定负荷运动训练引起的相对缺氧刺激，又要接受低氧环境下空气中氧含量低的绝对缺氧刺激，还要承受运动缺氧和低氧环境



表2 无氧阈主要测试指标变化  
Table II Variation of the Main Test Indices of Anaerobic Threshold

	AT-Tmax/S	AT-HR/ (b/min)	AT-VO <sub>2</sub>
HiHiLo组 (N=8)	训练前	491.43 ± 68.57	161 ± 11 4858 ± 851
	训练后	502.50 ± 62.5	164 ± 5 4893 ± 721
	变化率(%)	2.25	1.86 0.72
	P	0.122	0.197 0.460
HiLo组 (N=7)	训练前	502.86 ± 117.4	163 ± 9 5142 ± 440
	训练后	532.86 ± 107.14	167 ± 8 5119 ± 684
	变化率(%)	5.63	2.45* -0.44
	P	0.175	0.027 0.901
LoLo组 (N=4)	训练前	383.33 ± 73.33 <sup>△</sup>	159 ± 4 4479 ± 762
	训练后	407.50 ± 32.5 <sup>□□</sup>	166 ± 6 4421 ± 512
	变化率(%)	6.31	4.40 -1.29
	P	0.686	0.213 0.870

注：变化率为训练前、后数值的变化百分率，正值表示上升，负值表示下降。P值为训练前后组内比较，\*p<0.05, \*\* p<0.01。  
□ HiLo组和LoLo组训练后比较，□ p<0.05, □□ p<0.01。\$ HiHiLo组和LoLo组训练前比较，\$ p<0.05, \$\$ p<0.01；△ HiLo组和LoLo组训练前比较，△ p<0.05, △△ p<0.01；@ HiHiLo组和LoLo组训练后比较，@ p<0.05, @@ p<0.01；□ HiLo组和LoLo组训练后比较，□ p<0.05, □□ p<0.01。

表3 低氧训练后各组运动员 Tmax、BLAmax、HRmax 变化  
Table III Variation of Tmax, Bl Amax and HRmax of the Different Group Athletes after the Hypoxia Training

	Tmax s	BLAmax/ (mmol/l)	HRmax/ (b/min)
HiHiLo组 (N=8)	训练前	778.3 ± 91.7	9.95 ± 2.35 182 ± 10.2
	训练后	808.4 ± 59.6	10.2 ± 3.0 185 ± 6.1
	变化率(%)	3.87*	2.51 1.65
	P	0.039	0.481 0.447
HiLo组 (N=7)	训练前	807.1 ± 47.1	9.95 ± 2.35 182 ± 10.3
	训练后	824.6 ± 64.6	10.61 ± 1.73 186 ± 14.5
	变化率(%)	2.17	6.63 2.20*
	P	0.248	0.603 0.045
LoLo组 (N=4)	训练前	781.7 ± 41.7	10.76 ± 1.3 181 ± 4
	训练后	756.3 ± 56.3 <sup>□</sup>	10.6 ± 3.28 186 ± 4.2
	变化率(%)	-3.25	-1.49 2.76*
	P	0.326	0.904 0.039

注：变化率为训练前、后数值的变化百分率，正值表示上升，负值表示下降。P值为训练前后组内比较，\*p<0.05, \*\* p<0.01。  
@ HiHiLo组和LoLo组训练后比较，@ p<0.05, @@ p<0.01；□ HiLo组和LoLo组训练后比较，□ p<0.05, □□ p<0.01。

HiLo组的6 209 ml/min为3组中的最大值，LoLo组最小仅为5 159 ml/min，这可能与年龄、体重、训练因素、训练状态、肌群的动员数量、测试方法等有关。

诸多研究表明，通过低氧训练运动员最大摄氧量可有不同程度提高。张洪文的研究发现，10周高原训练可以提高国家男子赛艇运动员载氧和利用氧的能力，进而可以增加运

绝对缺氧的复合刺激，这些缺氧刺激使得运动员机体内产生强烈的应激反应，从而使各系统产生一系列有利于提高运动能力的缺氧适应，并对运动员的相关运动能力产生一定影响。

### 3.1 对各组运动员训练前后VO<sub>2</sub>max/kg分析

机体通过呼吸系统和循环系统从外界环境摄取氧气并输送到组织进行氧化代谢，以满足生理活动的需要。从3组运动员摄氧量变化趋势图(图1)可以看出，运动开始后，氧的消耗量增加，机体血液循环和呼吸系统都发生一系列变化以适应提高了的机体代谢的需要，肺通气量和血液流量增加；组织代谢活跃，以适应代谢的需求，肌肉活动对于能量代谢的影响最为显著，机体运动时能量的补给来自大量营养物质的氧化，这必然导致机体耗氧量的增加。机体耗氧量的增加同肌肉活动的强度呈正比。运动结束后，虽然外加运动负荷停止，但乳酸的消除和能源物质的恢复需要消耗大量的氧气，机体仍处于较高的代谢水平，所以VO<sub>2</sub>并不能立即恢复到运动前相对安静的水平<sup>[1]</sup>。

递增负荷运动过程中最大摄氧量的变化用相对值更能准确地反映运动员的有氧能力，提高指标的可比性。从图1(a)可见低氧训练结束后HiHiLo组的测试中，开始的前两分钟运动员VO<sub>2</sub>/kg急剧上升后以低于训练前的水平完成既定负荷，在测试的第13 min左右时VO<sub>2</sub>/kg超越训练前达到最大值后逐渐力竭。这说明运动员在测试开始时身体机能动员快；在中等负荷强度时机体处于能量消耗与供给的相对稳定状态，耗氧量可以满足需氧量，且在低氧训练后以低于训练前的VO<sub>2</sub>/kg即可达到预定测试强度；运动强度较大后，尽管耗氧量增加很多，但仍不能满足机体需氧量的要求，开始出现“氧亏”，此时无氧代谢已开始参与供能，“氧亏”继续维持，使耗氧量保持在较高水平直至力竭<sup>[2]</sup>。图1(b)清晰的显示低氧训练结束后的HiLo组测试中，测试开始的前两分钟队员以稍高于训练前的VO<sub>2</sub>/kg进入运动状态，而后则以低于训练前的水平完成同样的既定负荷，在第11~13 min左右以稍高于低氧训练前水平完成测试，但较高水平VO<sub>2</sub>/kg的持续时间不及训练前。这一过程说明测试开始阶段运动员身体机能动员快，在较小强度阶段能够较为节约化的完成测试，随着运动强度的增加运动员充分调动机体各系统以满足运动需要。图1(c)显示低氧训练后，LoLo组运动员在测试开始的前3 min以相同于训练前的VO<sub>2</sub>/kg完成相同负荷，随着运动负荷的增加及运动员身体机能的有效调动，在第3~11 min的测试中能以低于训练前的水平进行测试，在测试的第12 min左右基本达到VO<sub>2</sub>/kg的最大值，但持续时间要短于训练前而后至力竭。这说明LoLo组运动员完成较小强度负荷较好，但当强度逐渐增加时，运动员循环、呼吸、运动三大系统的协调能力及机体的耐酸能力就表现出一定的不足。

### 3.2 对低氧训练后VO<sub>2</sub>等指标最大值的分析

最大摄氧量是反映人体在极量运动负荷时心肺功能水平高低的一个主要指标，它体现了机体吸入氧、运输氧和利用氧的能力，是评定人体有氧工作能力的重要指标之一，同时也是影响赛艇运动水平的重要因素。由表1可见，8周低氧训练后，HiHiLo组最大摄氧量的绝对值为6 028 ml/min，

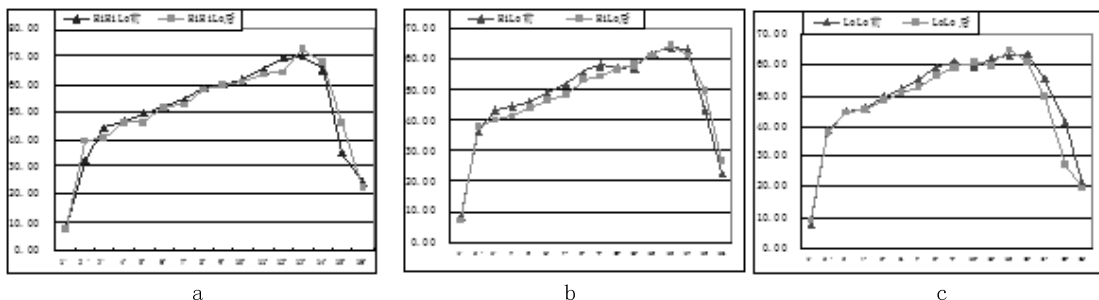


图1 低氧训练前、后各组运动员  $VO_2/kg$  变化趋势图  
Figure 1 Variation Tendency of  $VO_2/kg$  of the Latter Groups before the Hypoxia Training

运动员的有氧运动能力<sup>[3]</sup>。M. VOGT等在进行6周HiLo、LoLo不同强度对比训练后发现，HiLo组的最大摄氧量均上升而LoLo组仅有高强度训练组有所上升，上升幅度为8.3%~13.1% ( $p < 0.05$ )<sup>[4]</sup>。Katayama K等的研究也表明2周低氧训练后运动员的最大摄氧量显著增加<sup>[5]</sup>。高炳宏等对女子赛艇运动员5周低氧训练后发现，HiHiLo组运动员 $VO_{2max}$ 和 $VO_{2max}/kg$ 分别提高了4.58% ( $p < 0.05$ )和4.73% ( $p < 0.05$ )<sup>[6]</sup>。我们的研究也显示不同组别低氧训练后最大摄氧量均有不同程度的增长，HiHiLo组最大摄氧量绝对值和相对值分别提高了4.27% ( $p > 0.05$ )和0.44% ( $p > 0.05$ )，HiLo组分别提高了3.0% ( $p > 0.05$ )和3.5% ( $p > 0.05$ )。这说明随着运动员运动水平和运动成绩的提高，最大摄氧量也相应表现出较高水平。两组的最大摄氧量绝对值和相对值提高幅度均无显著性，可能是由于最大摄氧量在很大程度上取决于遗传因素，可训练性有限。年龄也是影响最大摄氧量的重要因素，一般来说18~20岁男女运动员的最大摄氧量达到峰值。HiHiLo组、HiLo组队员均已处在最高值龄，因此限制了其最大摄氧量的进一步增长。LoLo组队员最大摄氧量绝对值和相对值分别下降了3.59% ( $p > 0.05$ )和1.87% ( $p > 0.05$ )，可能受氧运输途径到氧利用的多重因素影响，也可能与运动员专业训练年限较短、训练水平较差有关。同时我们的结果也说明HiHiLo和HiLo两种训练模式均使运动员摄氧能力得到了提高；8周HiHiLo和HiLo训练使运动员循环、呼吸、运动三大系统间的协调能力和综合机能水平有所改善，从而使机体有效地、充分地利用有氧代谢系统供能的水平提高。

研究表明，在递增负荷运动中，摄氧量的变化速率是不稳定的，经常在次最大强度时会出现短暂的负向变化，从而表现为“平台”现象；取样间隔时间与平台现象是否存在有关，取样间隔越短，越不可能确定平台现象<sup>[7]</sup>。有学者指出最大摄氧量平台持续时间才是人体有氧能力的全部内涵，是评价人体有氧能力的重要指标。由表1可以看到，HiHiLo组和HiLo组训练后 $VO_{2max}$  PD时间均缩短 ( $p > 0.05$ )，LoLo组却显著提高了3.09%。分析其可能的原因为HiHiLo组和HiLo组运动员经过长时间的疲劳积累，测试时的机能状态不佳、主观努力程度不够所致。

### 3.3 无氧阈主要测试指标变化分析

AT是指进行递增强度负荷运动时，体内的能量代谢由以有氧代谢能力为主转向更多的依赖无氧代谢过渡的拐点，由于此种代谢模式的转变是以缺氧导致乳酸生成并继发性的引起肺通气快速增加为依据进行判别，因此无氧阈能够反映

骨骼肌对氧的利用能力，这个过渡点出现的越晚，表明人体最大摄氧量的利用率越高，是一个比 $VO_{2max}$ 更能反映人体有氧耐力的生理指标。

从表2我们可以看到，HiHiLo组AT-Tmax在低氧训练后增长了2.25% ( $p > 0.05$ )，而HiLo组和LoLo组分别增长了5.63% ( $p > 0.05$ )和6.31% ( $p > 0.05$ )，HiHiLo组的增长幅度要小于HiLo组和LoLo组，分析原因可能为HiHiLo组由于低氧睡眠、低氧训练再加之常氧训练的多重影响，其疲劳程度较HiLo组和LoLo组要大些，这与杜忠林等的研究结论“剧烈比赛所产生的疲劳可以使运动员的无氧阈功率大幅度下降”相一致<sup>[9]</sup>。同时由于LoLo组专业训练年限较短，其AT-Tmax增长幅度较大，这也说明有效的训练可以使参加专项训练不久的运动员运动水平有较大幅度的提高，随着训练年限的延长、运动水平的不断提高，这种增长幅度也会越来越小。

表2同时显示HiHiLo组AT-HR低氧训练后提高了1.86% ( $p > 0.05$ )，HiLo组提高了2.45% ( $p < 0.05$ )，LoLo组提高了4.40% ( $p > 0.05$ )为3组中增幅最大。造成这种现象的原因可能是，运动员的有氧能力与其心肺功能、血液的运氧能力和组织有氧代谢能力有关，在这几个因素中，组织代谢能力提高所需要的训练时间较短（可能数月），而心肺功能提高所需要的时间较长（可能数年），所以当训练年限较短运动员的有氧能力显著提高的时候，心肺功能的提高却显得相对滞后，其表现之一就是心率增加<sup>[10]</sup>。

表2还显示，低氧训练结束后的测试中，HiHiLo组AT- $VO_2$ 上升了0.72% ( $p > 0.05$ )，HiLo组AT- $VO_2$ 下降了0.44% ( $p > 0.05$ )，不同模式的低氧训练得出了不同变化趋势的结果，这与姚俊等<sup>[10]</sup>“低氧及训练的双重刺激，机体的恢复仍不能完全补偿由于低氧所引起的有氧代谢能力降低”的结论不一致，可能与训练模式的选择、训练安排、运动员水平差异、项目特点等因素有关。

### 3.4 Tmax、BLAmax、HRmax的变化分析

最大运动时间(Tmax)是指运动员完成预定负荷到力竭的时间，时间越长说明运动员承受高强度负荷运动的能力越强，耐受高浓度乳酸的能力越强，其在最大负荷阶段的运动时间长短的不同，展示了机体运动能力的大小和总运动量<sup>[11]</sup>。我们的研究结果显示(表4)，经过8周低氧训练，HiHiLo组和HiLo组的最大运动时间分别提高了4.22% ( $p < 0.05$ )、2.17% ( $p > 0.05$ )，说明8周的低氧训练使得运动员有氧运动能力有所提高。



乳酸(LA)是糖酵解代谢的产物,较大强度运动时,肌肉产生的乳酸弥散到血液使血乳酸浓度增加,所以说血乳酸的变化是骨骼肌等组织中乳酸生成速率、肌乳酸进入血液的速率和血液中乳酸消除速率之间平衡的表现<sup>[12]</sup>。血乳酸浓度高而成绩不佳,说明队员状态不佳或有氧代谢能力太差;成绩好且血乳酸浓度高,说明队员的耐酸能力较强,无氧酵解供能发挥了较大作用;成绩好且血乳酸低说明该队员还有潜力,通过耐酸训练有望进一步提高成绩<sup>[13]</sup>。在我们的递增负荷测试中,每级负荷成绩是特定的,也就是说乳酸越低说明有氧代谢能力越强。递增负荷强度运动直至力竭的过程中及其恢复早期,血乳酸持续升高,经过数分钟后达到峰值。我们的研究中运动员血乳酸的峰值多出现在恢复期的第1~5 min,这也与现有的研究结果一致。剧烈运动时肌乳酸迅速增多并向血液弥散以达到平衡,在平衡时还存在一定的浓度梯度,肌乳酸与血乳酸之间的浓度平衡大约需要4~10 min,这也就解释了运动即刻乳酸并未达到峰值的现象。乳酸恢复率反映机体对乳酸的清除能力,其与摄氧量密切相关。摄氧量越高,表明机体摄取和利用氧气的的能力越强,在运动和恢复过程中,有利于体内积累的乳酸快速转运到临近高氧化能力和低运动强度的纤维以及心肌中氧化,通过消除酸性代谢产物降低H<sup>+</sup>浓度,改善机体内环境,从而促进机体的迅速恢复<sup>[14]</sup>。我们的测试结果中仅有少数几个运动员在测试结束后5 min时乳酸有所恢复,这体现了运动员乳酸清除能力的不足。

低氧训练后,HRmax在3个组别均有不同程度的上升(见表3),其中HiHiLo组上升1.09%( $p>0.05$ ),HiLo组上升2.20%( $p<0.05$ ),LoLo组上升了2.76%( $p<0.05$ )。据相关文献报道,运动时心率的快慢与运动强度有关<sup>[14]</sup>。强度越大,心率越快。相同运动负荷时,运动员心率上升愈慢,提示运动员身体机能状况愈好。进行同一强度的运动训练后运动员的最大心率值降低,则表明运动员的身体机能增强。分析心率测试结果结合其它指标我们看出,HiHiLo组运动员在较大运动负荷时最大心率的增长率较低,说明该组运动员运动机能较强。

综合有氧代谢测试结果我们得出:VO<sub>2</sub>max作为反映有氧能力的综合指标,不仅代表心肺功能状态,而且与身体多种机能关系密切,是各系统机能协调发展的结果,反映了机体VO<sub>2</sub>能达到的最大值;AT反映了机体高水平利用氧而不产生可致疲劳的代谢产物的能力,是影响VO<sub>2</sub>max的外周机制或VO<sub>2</sub>max的组成成分;VO<sub>2</sub>max PD则反映了在不利的代谢环境下,人体机能调节系统和氧运输系统维持高水平的氧供应或VO<sub>2</sub>max的能力以及机体利用氧的综合能力<sup>[15]</sup>。3个指标反映了机体有氧能力的不同方面,并且通过8周低氧训练均有所改善,但因训练模式不同存在一定差异。

## 4 小结

4.1 8周HiHiLo和HiLo训练后,通过对运动员最大摄氧量、无氧阈等有氧代谢主要评价指标的综合分析可以看出,低氧训练组运动员有氧代谢能力均有所增长,由于训练模式的不

同增长幅度各异,总体表现为HiHiLo组提高幅度大于HiLo组。LoLo组各指标变化不明显,个别指标甚至在训练后有下降趋势,提示不同训练阶段训练安排应有一定的目的性。

4.2 不同模式低氧训练对运动员有氧运动能力的提高幅度不一,这与训练量、训练强度的安排与控制密切相关,且应考虑运动员的个体差异,因此在今后的训练中应按照运动员个体情况合理安排训练模式、训练量及训练强度,以期获得较好训练效果。

## 参考文献:

- [1] 徐祥峰,沈友清. 赛艇运动员摄氧量与恢复期血乳酸变化特点研究[J]. 首都体育学院学报, 2007, 19(1): 54-56.
- [2] 高炳宏,赵光圣,郭玉成,等. 优秀武术散打运动员有氧代谢能力特征研究[J]. 体育科学, 2005, 25(12): 32-36.
- [3] 张洪文. 高原训练对国家赛艇男子队员载氧和利用氧能力的影响[A]. 第八届全国体育科学大会论文摘要汇编(二)[C], 中国北京, 2007.
- [4] M.VOGT,A.PUNTSCHART,GEISER,ZULEGER,R. BILLETER, H. HOPPELER.(2001).Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions[J].*J Appl Physiol*,91: 173-182.
- [5] Katayama K, Sato Y, Morotome Y, Shima N, Ishida K, Mori S, Miyamura.(1999). Ventilatory chemosensitive adaptations to intermittent hypoxic exposure with endurance training and detraining[J]. *J Appl Physiol. Jun*;86(6):1805-1811.
- [6] 高炳宏,王道,陈坚,等. LoHi和HiHiLo训练对女子赛艇运动员运动能力影响的比较研究[J]. 体育科学, 2005, 25(11): 33-39.
- [7] 王翔,魏源. 大学生最大吸氧量平台持续时间及其与耐力运动成绩关系的初步研究[J]. 运动医学杂志, 2002, 21(3): 308-310.
- [8] 秦宇飞,魏宏文,曹建民. 赛艇运动员有氧能力测试与评价方法研究进展[J]. 中国运动医学杂志, 2003, 22(2):160-164.
- [9] 杜忠林,王武韶,马玉敏,等. 优秀赛艇运动员无氧阈增长幅度的分析[J]. 中国运动医学杂志, 2000, 19(1): 92-95.
- [10] 姚俊,周卫海. 高原训练对游泳运动员无氧阈值的影响[J]. 山东体育学院学报, 2003(1): 43-44.
- [11] 高炳宏,王道,陈坚,等. LoHi和HiHiLo训练对女子赛艇运动员运动能力影响的比较研究[J]. 体育科学, 2005, 25(11): 33-39.
- [12] 李开刚,李桂华. 通过2000米划船测功仪测试研究赛艇运动员某些生理变量与其运动能力的关系[J]. 划船, 2001, 6: 12-16.
- [13] 冯连世,冯美云,冯炜权. 机能评定手册[M]. 北京:人民体育出版社出版, 2003.
- [14] 徐祥峰,沈友清. 赛艇运动员摄氧量与恢复期血乳酸变化特点研究[J]. 首都体育学院学报, 2007, 19(1): 54-56.
- [15] 王翔,魏源. 大学生最大吸氧量平台持续时间及其与耐力运动成绩关系的初步研究[J]. 中国运动医学杂志, 2002, 21(3): 308-310.

(责任编辑:何聪)