



HiHiLo 对上海女子赛艇运动员部分血液指标及机能状态的影响

张月¹, 樊志勇², 高炳宏¹

摘要: 观察 24 d 的高住高练低训(HiHiLo)对上海优秀青年女子赛艇运动员血液指标的影响及在此期间的机能状态变化特点,以及 HiHiLo 结束后各指标的保持情况。方法:以 12 名上海市优秀青年女子赛艇运动员为研究对象,进行 24 d 的 HiHiLo 实验(模拟海拔高度 2 500~3 200 m)。实验前一周、HiHiLo 期间 3 周对运动员的各项指标进行检测,并在 HiHiLo 结束后进行为期 3 周的跟踪测试,观察测试指标的变化。结果:(1)实验开始后,红细胞(RBC)、血红蛋白(Hb)持续升高,并在实验 3 周后达到最高值,较实验前分别升高 7.7%、5%,其中 RBC 与实验前相比呈显著性差异($P < 0.05$),红细胞比容(Hct)低氧 3 周后升高 5.3%,平均红细胞体积(MCV)、平均血红蛋白含量(MCH)、平均血红蛋白浓度(MCHC)变化不显著,HiHiLo 结束后无变化,与实验前水平基本一致。(2)HiHiLo 结束后,RBC、Hb、Hct 都呈下降趋势,在实验结束 3 周后分别降低 5%、3.4%、3.5% ($P > 0.05$)。 (3)24 d 的 HiHiLo 期间 Hb 和 RBC 的变化与血清睾酮(T)和血清睾酮/皮质醇(T/C)的变化并不一致,但各项机能指标都在正常范围。结论:为期 24 d 的 HiHiLo(2 500~3 200 m)提高了上海女子赛艇运动员的有氧能力,运动员在适应期(2 500 m)机能状态反应良好。在 HiHiLo 期间采用机能状态指标进行实时机能监控有助于合理调整运动和低氧负荷。

关键词: 高住高练低训;女子赛艇运动员;红细胞;血红蛋白;睾酮/皮质醇

中图分类号:G804.5 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2017)02-0064-06

DOI:10.12064/ssr.20170212

Effects of HiHiLo on Some of the Blood Indicators and Functional Status of Shanghai Female Rowers

ZHANG Yue¹, FAN Zhiyong², GAO Binghong¹

(1. Shanghai University of Sport, Shanghai 200348, China; 2. Shanghai Water Sports Center, Shanghai 200713, China)

Abstract: objective: To observe the effects of 24-day HiHiLo on blood indicators of Shanghai female rowers and the change characteristics of the functional status. Method: Twelve Shanghai female rowers were selected for 24-day HiHiLo experiment (simulating altitude of 2 500-3 200m). The different indicators of all the subjects were measured one week before the experiment, three weeks during the experiment and three weeks after the experiment so as to observe the changes of the indicators. Result: (1) When the experiment started, RBC and Hb continued to increase and reached the highest in three weeks. The increase reached 7.7% and 5% respectively. RBC increased significantly ($P < 0.05$), Hct increased by 5.3% after three weeks in low oxygen condition. The changes of MCV, MCH and MCHC were not obvious and they were nearly the same as those before the experiment. (2) After the hypoxia experiment, RBC, Hb, Hct were on the decline and reduced by 5%, 3.4% and 3.5% ($P > 0.05$) respectively three weeks after the experiment. (3) During the experiment, the changes of Hb and RBC did not accord with T and T/C, but each functional indicator changed in the normal range. Conclusion: 24-day HiHiLo (2 500-3 200m) improved Shanghai female rowers' aerobic capacity and the functional status of the athletes was in good condition during the adaptation period (2 500m). The possible reasons for Hb and Hct's insignificant-difference changes may be due to the insufficient training intensity and load or the inadequate reserves of iron in the body, which results in obstruction of HB synthesis. Adopting functional status indicators for real-time monitoring of function during HiHiLo helps to reasonably adjust exercise and low oxygen load.

Key Words: HiHiLo; female rower; RBC; Hb; testosterone/cortisol

收稿日期:2015-10-10

第一作者简介:张月,男,硕士生。主要研究方向:运动人体科学。E-mail:bigmoon919@163.com。

作者单位:1.上海体育学院,上海 200438; 2.上海水上运动中心,上海 200713。



高住高练低训 (living high-training high-training low, HiHiLo) 训练法被普遍认为是训练效果较好的低氧训练法,它的优点是缺氧负荷与运动负荷相互协调,在改善机体运氧和利用氧的同时,又能保持平原状态下的运动强度训练,促进肌肉的运动能力,而且有助于机体恢复能力的提高,此外,在低氧环境下进行间歇性的低强度有氧训练还可以提高心肺功能,而其难点是对高住、高练和专项训练的合理安排^[1]。目前,对于 HiHiLo 的研究多集中在中等海拔高度(2 000~2 800 m),而且许多研究认为低氧训练法的最适高度应在 2 000~2 500 m 之间^[2],高原低氧训练提高血液指标的两个基本因素是绝对海拔高度和低氧暴露持续时间^[4],Robert 指出,高住低训模式至少在 2 000~2 500 m、持续 4 周才能使升高的血液指标持续较长的时间,从而提高平原的有氧耐力水平^[7]。关于低氧刺激的剂量的研究认为,红细胞的生成,持续暴露 2 周的时间至少在自然海拔 4 000 m 以上或在 3 000 m 以下、至少暴露 4 周的时间才可以产生显著的效果^[8],而 3 000 m 高度的模拟高原常压低氧环境对红细胞系指标的刺激效果只相当于 2 200 m 高度的自然低压低氧环境的效果^[9]。以上研究都证实了低氧训练效果对海拔高度和低氧暴露持续时间的依赖性,在一定范围内海拔高度越高、低氧暴露持续时间越长则训练效果越明显,但是低氧负荷过高可能对运动员的机能状态产生不利影响。因此,为了更有效地提高女子赛艇运动员的低氧训练效果,本研究利用低氧舱模拟 2 500~3 200 m 的高原低氧环境,对运动员部分血液指标和机能指标进行实时监测,探讨 24 d 的 HiHiLo 训练法对优秀女子赛艇运动员血液指标的影响,并且分析在此程度的低氧训练剂量下运动员机能状态的变化情况。

1 研究对象和研究方法

1.1 研究对象

上海优秀青年女子赛艇运动员 12 名。无心血管系统及运动系统疾病,无吸烟史。基本情况见表 1。

表 1 研究对象的基本情况

Table I Basic Information of the Subjects

姓名	性别	身高/cm	体重/kg	年龄/岁	训练年限/年
侯××	女	182	64	18	3.5
孙××	女	177	89	17	3.5
常×	女	178	71	17	3.5
张××	女	189	75	17	5.75
张××	女	180	77	14	3
张×	女	182	76	18	5.75
朱××	女	181	65	18	5.75
潘××	女	189	75	17	4.8
王××	女	178	62	18	3.75
石××	女	180	68	16	2.75
靳××	女	185	73	17	2.5
黄××	女	186	86	17	4.8
X±S		182±4.1	73±8.3	17±1.1	4.11±1.2

1.2 研究方法

1.2.1 HiHiLo 方案

研究对象自 2015 年 5 月 11 日入住低氧室,至 2015

年 6 月 3 日出低氧室。白天在正常环境中训练,晚上 21:00 至次日清晨 6:00 在低氧室内休息和睡眠,每日 9 h。此外,低氧暴露期间,每周在低氧环境下进行 2 次时长 1 h 的有氧耐力训练,共 6 次,低氧暴露总时长为 246 h。由于实验对象是初次进行模拟高原训练,所以安排低氧暴露期的第 1 周为适应期,模拟海拔相对较低,高度为 2 500 m (氧分压 15.6%),随后模拟海拔提升至 3 200 m (氧分压 14.2%)。

低氧暴露期间,每周二、周五 19:00-20:00 安排 1 h 的有氧耐力训练,训练环境为模拟海拔高度 3 200 m,氧分压为 14.2%。具体训练内容为:30 min 测功仪、15 min 跑台、15 min 功率,目标速度分别为 2'10"/500 m、10 km/h、55 转/min,目标强度均为个体 60%~70% HRmax。训练节奏、训练强度及训练目标完成情况由科研人员和教练员共同监测与控制。

运动员晚上在低氧室内休息和睡眠,白天在正常环境中进行训练,实验前 1 周、低氧暴露期 3 周(24 d 低氧暴露分 3 周测试),以及 3 周跟踪期共 7 周的训练量按每周训练内容和训练距离的不同进行统计,见图 1。正常环境中每周的训练量与训练强度大致相同,主要以有氧耐力训练为主,同时穿插以磷酸原供能系统与糖酵解供能系统为主的水上专项训练,除此之外每周安排 2 h 的专项力量训练。每周二、周五上午和周日下午安排休息,其余时间均安排训练。

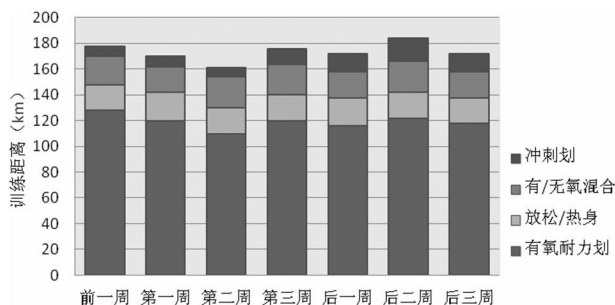


图 1 运动员的周期训练

Figure 1 Cycle Training of the Athletes

1.2.2 低氧系统设备

低氧发生设备采用上海体育科学研究所引进的 LOWOXYGEN® SYSTEMS(德国)低氧训练系统。此系统可以模拟海平面至 6 000 m 海拔高度的低氧环境,误差范围在 0.05% 以内。系统可以自动监测 CO₂ 和 O₂ 浓度。根据需要,此次实验调节室内温度为 23℃,室内湿度 45%。

1.2.3 测试安排

分别在实验前 1 d、低氧实验的第 8 d、第 15 d 和第 22 d 早晨 7:00,以及实验后的第 1 周、第 2 周和第 3 周的每周一早晨 7:00 左右,在同等条件下抽取空腹安静时静脉血 1 ml,采用 Beckman Coulter 血球仪对红细胞(Red Blood Cell, RBC)、血红蛋白(Hemoglobin, Hb)、红细胞比容(Hematocrit, Hct)、平均红细胞体积(MCV)等红细胞系指标进行测试。另取静脉血 3 ml 采用放免法进行血清睾酮(T)、皮质醇(C)以及血尿素(BU)、肌酸激酶(CK)的测试。



1.2.4 数据处理

用 Excel 和 SPSS20.0 统计软件对结果进行处理和统计学分析,采用独立样本 T 检验,以 $P < 0.05$ 为差异具有显著性水平。实验结果用平均数 \pm 标准差表示。

2 研究结果

2.1 HiHiLo 对女子赛艇运动员血细胞系指标的影响

红细胞系指标的结果如表 2 和图 2、图 3 所示,运动

员开始 HiHiLo 后平均 RBC、Hb 持续上升,并在 3 周后达到峰值,RBC、Hb 分别升高 7.7%、5%,其中红细胞浓度的升高呈显著性差异($P < 0.05$),其他指标各周测试值之间无显著性差异。Hct 持续上升,在第 2 周到达峰值,第 3 周的 Hct 水平较实验前提高 5.3%。MCV、平均血红蛋白含量(MCH)、平均血红蛋白浓度(MCHC)分别下降了 0.9%、0.1%、0.3%,其中 MCHC 在低氧第 2 周较实验前下降明显,并呈显著性差异($P < 0.05$)。

表 2 血细胞系指标测试结果

Table II Test Results of the Indicators of Blood Cell Series

	高度/m	RBC/ $10^{12} \cdot L^{-1}$	Hb/g $\cdot L^{-1}$	Hct/%	MCV/ μm^3	MCH/pg	MCHC/g $\cdot L^{-1}$
低氧实验前	0	4.29 \pm 0.27	130.83 \pm 8.02	40.28 \pm 2.39	92.78 \pm 3.04	30.18 \pm 1.26	324.83 \pm 5.75
低氧第 8 d	2 500	4.38 \pm 0.23	131.42 \pm 6.93	40.82 \pm 1.93	93.21 \pm 3.13	29.99 \pm 1.1	321.83 \pm 4.22
低氧第 15 d	3 200	4.51 \pm 0.3	134.54 \pm 9.81	42.58 \pm 2.37	94.43 \pm 3.78	29.89 \pm 1.64	316.45 \pm 7.09*
低氧第 22 d	3 200	4.62 \pm 0.29*	137.36 \pm 8.46	42.41 \pm 2.51	91.9 \pm 3.57	29.76 \pm 1.4	323.64 \pm 6.07
变化率 1		7.7%	5%	5.3%	-0.9%	-0.1%	-0.3%
低氧后 1 周	0	4.47 \pm 0.22	134.33 \pm 8.02	41.58 \pm 2.3	93.16 \pm 3.49	30.08 \pm 1.18	322.75 \pm 3.22
低氧后 2 周	0	4.41 \pm 0.21	130.83 \pm 7.37	40.94 \pm 1.86	93.03 \pm 3.63	29.73 \pm 1.34	319.92 \pm 4.12
低氧后 3 周	0	4.39 \pm 0.23	132.68 \pm 8.29	40.92 \pm 2.42	93.41 \pm 3.46	29.88 \pm 1.32	319.83 \pm 6.1
变化率 2		-5% (0.645)	-3.4% (0.739)	-3.5% (1)	2.4%	0.4%	1.2%

注:*表示与低氧前相比 $P < 0.05$,呈显著性差异;变化率 1 指低氧暴露 3 周后的指标测试结果与低氧前对比变化率;变化率 2 是指低氧暴露实验结束 3 周后较低氧暴露 3 周后的变化率。

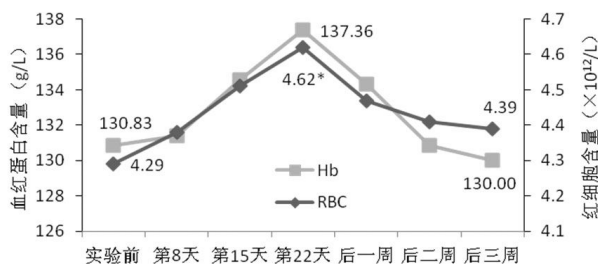


图 2 RBC 和 Hb 的变化趋势

Figure 2 Variation Trend of RBC and HB

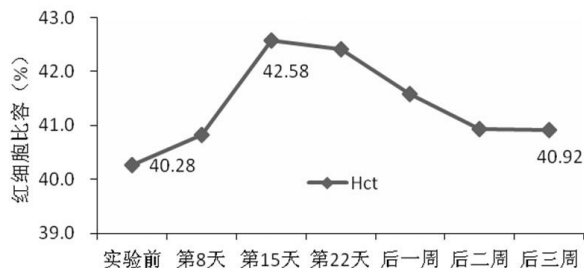


图 3 Hct 变化趋势

Figure 3 Variation Trend of HCT

实验结束后,运动员 RBC、Hb、Hct 开始下降,但是仍然处于较高水平,在实验结束 3 周后基本恢复至实验前水平,较实验第 3 周分别下降 5%、3.4%、3.5%,MCV、MCH、MCHC 分别提高 2.4%、0.4%、1.2%,各项指标均无显著性差异。

2.2 各阶段机能指标的测试结果

机能类指标的测试结果如表 3 和图 4、图 5 所示,各

阶段测试结果都在正常范围内,但是各阶段数据呈一定的变化趋势,T、BU、CK 没有呈现出显著的变化,而低氧第 2 周平均 T 含量升至最高($P > 0.05$),C 含量达到最低,显著低于实验前($P < 0.05$),到低氧第 3 周又显著提高($P < 0.05$),随后持续两周降低,在实验结束后第 3 周又稍有提高。而 T/C 值在实验开始后持续增加,至实验第 3 周达到最高,与实验前相比差异显著($P < 0.05$),实验结束后,其值有所下降,实验后第 3 周接近实验前水平。

表 3 各阶段机能指标的测试结果

Table III Test Results of the Functional Status at the Different Stages

	T/ng $\cdot dL^{-1}$	C/nmol $\cdot L^{-1}$	T/C	BU/mmol $\cdot L^{-1}$	CK/u $\cdot L^{-1}$
低氧实验前	40.61 \pm 13.38	17.99 \pm 2.81	2.25 \pm 0.64	5.86 \pm 1.18	156.67 \pm 44.73
低氧第 8 d	45.02 \pm 12.98	18.01 \pm 1.83	2.52 \pm 0.74	5.26 \pm 1.02	144.58 \pm 23.95
低氧第 15 d	47.16 \pm 10.19	14.09 \pm 3.4 *#	3.45 \pm 0.8*#	5.04 \pm 0.78	125.82 \pm 24.11
低氧第 22 d	38.29 \pm 8.96	16.98 \pm 2.13	2.26 \pm 0.48	5.61 \pm 1.11	134.00 \pm 46.81
低氧后 1 周	42.30 \pm 12.83	15.13 \pm 2.61	2.79 \pm 0.71	4.66 \pm 1.1	125.67 \pm 59.37
低氧后 2 周	45.70 \pm 13.61	14.73 \pm 2.04*	3.1 \pm 0.79	4.98 \pm 0.74	172.25 \pm 110.64
低氧后 3 周	33.58 \pm 14.03	15.57 \pm 3.06	2.18 \pm 0.86#	5.20 \pm 0.86	113.17 \pm 19.63

注:*表示与实验前相比 $P < 0.05$ 呈显著性差异,#表示与低氧第 8 d 相比 $P < 0.05$ 呈显著性差异。

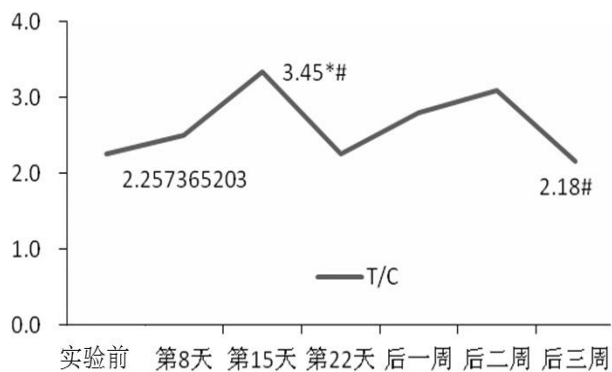


图4 T/C变化趋势

Figure 4 Variation Tendency of T/C

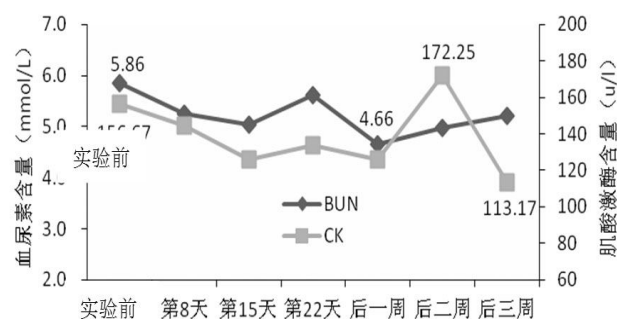


图5 BU与CK变化趋势

Figure 5 Variation Tendency of BU and CK

BU和CK在实验开始后持续下降(表3、图5),在实验第3周稍有增加,实验结束后有所下降,BU达到最低值,但是与各组数据相比无显著性差异($P > 0.05$),CK在实验结束第2周升高至最大值,但同样没有显著性差异($P > 0.05$),CK在实验结束第3周又降低至最低值。BU、CK各组数值之间没有显著性差异,而且都在正常范围内。

3 分析与讨论

3.1 HiHiLo对上海优秀女子赛艇运动员部分血液指标的影响

本研究中,模拟海拔高度达到3200m,在实验结束时RBC、Hb和Hct较实验前分别提高7.7% ($P < 0.05$)、5%、5.3%,说明此次低氧实验对上海女子赛艇运动员产生了较好的效果,RBC和Hb在低氧实验期持续上升,实验结束后开始下降,但3周后仍高于平原水平,这不同于传统高原训练中红细胞系指标的一般变化趋势^[10],即入住低氧室1周后RBC、Hb稍有升高,然后逐渐下降,2周后接近实验前海平面水平,3~4周后稍有下降,有时还低于海平面水平;高原训练返回平原后,则有所回升,并高于训练前^[11]。红细胞系指标在本研究中的变化情况与其他低氧训练实验的研究结果基本一致,高炳宏对4种模式的低氧训练进行了比较研究(2500m),他指出,HiHiLo模式中RBC、Hb和Hct变化规律基本一致,即表现为:训练中持续显著升高,训练结束时达到最高值,训练后有所下降,但仍处于较高水平^[11]。而与其他相关研究结果不同的是,本研究中RBC、

Hb、Hct虽然都有较高幅度的提升,但是只有RBC与实验前相比有显著性差异,Hb、Hct的前后均未见显著性差异。低氧训练能够提高RBC、Hb、Hct已有报道^[11],并且许多研究认为HiHiLo训练效果较明显^[11-12],但仍有一些研究显示低氧训练后红细胞系指标未显著增加。宋淑华采用HiHiLo训练法对11名中长跑运动员进行了对比研究,实验组每天进行10.5h低氧暴露,共28d,低氧暴露总时长300h,模拟海拔高度2700m,结果发现,实验组RBC、Hb、Hct虽有升高趋势,但前后比较无统计学意义^[13]。马校军对女子皮艇运动员进行了为期24d的高住低训研究(海拔1860m,低氧暴露总时长>360h),然而,未发现女子皮艇运动员RBC、Hb显著升高,其对运动员身体机能影响也不明显^[14]。本研究中,模拟海拔高度虽然一度升至3200m,并持续17d,但是只观察到RBC前后有显著性差异,其它血细胞系指标在低氧前后均未见有显著性差异。低氧训练中,模拟海拔高度和低氧暴露持续时间是导致红细胞系指标变化的两个重要因素,同时两者之间也存在一定的关联^[15]。导致本实验结果Hb、Hct未明显增加可能与实验对象个体差异、接受低氧暴露的时间、运动强度、运动量以及体内铁储备量缺乏有关^[13]。高炳宏等通过对游泳运动员进行了3周HiHiLo的机能监控研究,他指出,3周的HiHiLo可以提高游泳运动员的RBC、Hb、Hct和EPO水平,提高机体的载氧能力,但不同个体之间存在差异,这会对总体水平造成影响^[16]。训练强度和训练量也会对Hb造成影响,训练量过大会导致RBC被破坏,这也会造成Hb浓度下降,但随着系统训练的增加,运动员机能水平提高,运动员逐渐适应训练负荷,Hb浓度将会回升^[17]。

3.2 HiHiLo对上海优秀女子赛艇运动员部分机能指标的影响

T能加速糖原、蛋白质合成,提高RBC数量和通气能力,加速身体的恢复过程,运动员血清T水平是反映其内分泌功能的重要标志之一,与运动能力、肌肉力量、疲劳消除等有一定的关系,因此,血清T是运动员身体机能监测的常用指标。C能抑制蛋白质合成,抑制下丘脑—垂体—性腺系统和睾丸间质细胞分泌T,加速糖原、脂肪和蛋白质的分解,有利于运动时的能量供应^[18-21]。长期大负荷训练、训练过度会导致运动员血清T水平下降,血清C上升,进而影响运动员体能,出现运动能力下降或产生疲劳^[22]。关于低氧对T影响的研究结果不一,Humpeler等对C、醛固酮、T等指标在中等高原低氧环境中(1650m)的变化情况进行了研究,结果是低氧暴露48h后,T水平明显升高,在低氧暴露结束时到达峰值^[23]。而王道等通过实验研究发现,4周常压模拟高住高练(2500m)过程中,血清T水平先明显下降,然后在实验结束时(第4周)又显著上升^[17]。尽管有研究表示,缺氧环境下由于氧供不足影响睾酮的合成,加之训练负荷的影响会导致低氧训练期间运动员体内T低于正常水平^[24],但是本次研究结果显示,HiHiLo开始后,女子赛艇运动员的T水平连续两周持续上升,这可能是由于运动员刚进入低氧环境后处于适应阶段,机体的轻度缺氧刺激大脑皮质兴奋,下丘脑通过释放促黄体生



成素和促卵泡激素,促进睾丸分泌并释放 T,这有利于机体对低氧环境的适应^[20,25]。然而低氧第 3 周可能由于长时间的低氧与运动负荷积累,身体消耗积累,导致肝外靶组织加大了对运动员 T 的消耗^[26],从而使 T 水平下降,但是没有发现显著性差异。HiHiLo 结束后,运动员 T 水平开始回升,而在实验结束 3 周后可能由于训练负荷等原因又稍有降低,低于实验前水平。

而低氧对 C 影响的研究认为,不管是急性或者长时间的低氧暴露,C 水平都有所增加,并且有随着海拔高度的增加和时间的延长而升高的趋势,这是对运动负荷和低氧刺激的适应性反应^[23,25]。本次研究中,C 的变化趋势与睾酮变化相对,HiHiLo 开始后第 1 周有所上升,第 2 周显著降低,可能原因是低氧与运动的双重负荷使机体消耗很大,导致肾上腺皮质激素消耗过大,或由于机体对训练的适应产生于丘脑下部的腺垂体,通过神经系统的调节使垂体减少了促肾上腺皮质激素(ACTH)的释放,从而降低了对肾上腺皮质的刺激^[18,27,28]。T/C 的变化趋势是先持续上升,并在低氧试验第 2 周达到峰值,提示运动员已经对 HiHiLo 模式产生了一定程度的适应,机体内蛋白质的合成大于分解,结合红细胞系指标的变化,说明运动员在此段 HiHiLo 期间身体机能状态良好,运动负荷和低氧刺激强度安排较为合理。然而,在 HiHiLo 第 3 周 T/C 值又有所下降,这可能是由于连续 3 周的双重负荷使运动员身体消耗积累,导致 T 消耗,C 增加,提示在此强度的 HiHiLo,第 3 周可适当调整正常环境中的运动负荷,以利于减少运动员的机能消耗。HiHiLo 结束后,T/C 开始回升并高于实验前,提示 24 d 的 HiHiLo 对女子赛艇运动员身体机能有一定的提高。而 T/C 在试验后第 3 周下降到与实验前基本一致的水平,可能说明此次 HiHiLo 的持续效果不足 3 周。

BU 作为体内蛋白质与氨基酸的一个代谢产物,可以反应体内蛋白质的分解代谢情况;CK 是骨骼肌能量代谢的关键酶,CK 活性的上下波动能反应肌肉所受负荷以及骨骼肌微细损伤和恢复情况,所以,BU、CK 常被用作评定训练负荷和机能恢复情况的重要指标^[29]。在本研究中,上海女子赛艇运动员的血尿素值保持在 3.56~7.04 mmol/L 之间,CK 水平在 93.54~282.64 U/L 之间,并出现上下波动,但无统计学意义,结合上述训练负荷安排可以看出,BU 和 CK 的变化分别与训练量和训练强度的变化一致,这与之前的研究一致^[30],说明运动强度对血清 CK 的变化影响较大,而肌酸激酶对训练量的变化较为敏感。

4 小结

4.1 24 d 的 HiHiLo(2 500~3 200 m)对上海优秀女子赛艇运动员的 RBC 有显著提升,但 Hb、Hct 虽有升高趋势,但不呈显著性差异。

4.2 HiHiLo 前 2 周 T/C 显著升高,低氧训练结束 3 周后降至实验前水平,运动员对低氧实验适应良好,训练效果至少持续 2 周。实验期间 BU、CK 在正常范围内上下波动,对训练量和训练强度的变化敏感,但未见训练负荷过量的情况。

参考文献:

- [1] 胡扬.模拟高原训练的新发展——从 HiLo 到 HiHiLo[J].中国运动医学杂志,2005,24(1):69-72.
- [2] 高炳宏.模拟低氧训练的新方法与新进展[J].体育科研,2005,26(2):44-49.
- [3] Milosz C., Adam M., Dagmara G., et al. The effects of hypobaric hypoxia on erythropoiesis, maximal oxygen uptake and energy cost of exercise under normoxia in elite biathletes[J]. J. Sports Sci Med, 2014, 13(4):912-920.
- [4] Ashenden M. J., Gore C. J., Dobson G. P., et al. "Live high, train low" does not change the total haemoglobin mass of male endurance athletes sleeping at a simulated altitude of 3000m for 23 nights[J]. European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology, 1999, 80(5):479-484.
- [5] Gore C. J., Hopkins W. G. Counterpoint: positive effects of intermittent hypoxia (live high:train low) on exercise performance are not mediated primarily by augmented red cell volume[J]. Journal of Applied Physiology, 1985, 99(5):2055-2057.
- [6] Fudge B. W., Pringle J. S., Maxwell N. S., et al. Altitude Training for Elite Endurance Performance: A 2012 Update[J]. Current Sports Medicine Reports, 2012, 11(3):148-154.
- [7] Chapman R. F., Trine K., Resaland G. K., et al. Defining the "dose" of altitude training: how high to live for optimal sea level performance enhancement[J]. Journal of Applied Physiology, 1985, 116(6):595-603.
- [8] Rasmussen P., Siebenmann C., Díaz V., et al. Red Cell Volume Expansion at Altitude: A Meta-analysis and Monte Carlo Simulation[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2013, 45(9):1767-1772.
- [9] Gore C. J., Sharpe K., Garvican-Lewis L. A., et al. Altitude training and haemoglobin mass from the optimised carbon monoxide rebreathing method determined by a meta-analysis[J]. British Journal of Sports Medicine, 2013, 1(6):i31-i39.
- [10] 冯连世.高原训练及其研究现状[J].体育科学,1999,19(6):66-71.
- [11] 高炳宏,步振威,王道,等. LoLo、HiLo、LoHi 和 HiHiLo 训练过程中血象指标变化规律的比较研究[J].体育科学,2005,25(10):32-36.
- [12] 王蕾,高炳宏,陈佩杰. HiHiLo 研究进展[J].中国运动医学杂志,2010,29(3):353-358.
- [13] 宋淑华,曹建民,胡扬.高住高练低训对青少年业余中长跑运动员血液铁代谢相关指标的影响[J].中国运动医学杂志,2007,26(1):63-65.
- [14] 马校军,徐刚,王安利,等.中国女子皮艇队运动员高住低训期间身体机能变化分析[J].中国运动医学杂志,2010,29(2):149-152.
- [15] Milosz C., Adam M., Dagmara G., et al. The effects of hypobaric hypoxia on erythropoiesis, maximal oxygen uptake and energy cost of exercise under normoxia in elite biathletes[J]. J. Sports Sci. Med., 2014, 13(4):912-920.
- [16] 高炳宏,王蕾,王道,等.优秀游泳运动员三周 HiHiLo 中机能状态监控的个体化分析[C].第二届中国多巴高原训练与健康国际研讨会论文摘要集,2011.
- [17] 宋辉.对湖南省专业队女子中长跑运动员赛前训练负荷生理



- 生化的监控研究[D].湖南:湖南师范大学,2011.
- [18] 王道,高炳宏,周志勇,等.四周常压模拟高住低练对女子赛艇运动员血清睾酮、皮质醇及血睾酮/皮质醇的影响[J].体育科研,2005,26(2):50-53.
- [19] AC Hackney, AW Moore, KK Brownlee. Testosterone and endurance exercise: development of the "exercise-hypogonadal male condition".[J]. Acta Physiologica Hungarica, 2005, 92(2):121-137.
- [20] 罗荣保,刘文锋,汤长发.低氧训练对下丘脑—垂体—肾上腺皮质轴内分泌相关激素的影响[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,(52):10682-10686.
- [21] 马天行.运动性血睾酮降低的研究进展[J].才智,2011,(13):357-358.
- [22] 严翔,谢敏豪.运动对睾酮及其代谢影响的研究现状[J].中国运动医学杂志,2007,26(6):773-776.
- [23] Humpeler E, Skrabal F, Bartsch G. Influence of exposure to moderate altitude on the plasma concentration of cortisol, aldosterone, renin, testosterone, and gonadotropins.[J]. European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology, 1980, (45):167-76.
- [24] 翁庆章,钟伯光.高原训练的理论和实践[M].人民体育出版社,2002.
- [25] 钱风雷,陆钦忠,曾凡辉.高原训练对游泳运动员血浆睾酮皮质醇和促性腺激素的影响[J].体育科研,1993,(1).
- [26] 冯连世,洪平,宗丕芳,等.高原训练对男子中长跑运动员血清激素的影响[J].体育科学,2000,20(4):49-52.
- [27] 赵晋,王庆君,刘爱杰,等.高原训练对我国优秀赛艇运动员血清睾酮、皮质醇及血睾酮/皮质醇的影响[J].中国运动医学杂志,1997,(2).
- [28] 王林,张云丽.低氧训练对睾酮、皮质醇影响的研究进展[J].辽宁体育科技,2004,(5):46-47.
- [29] 王刚.长时间亚高原训练中男子赛艇运动员身体机能状态和专项训练方法监控的研究[D].上海:上海体育学院博士学位论文,2013.
- [30] 冯连世,冯美云,冯炜权.优秀运动员身体机能评定方法[M].北京:人民体育出版社,2003,71.

(责任编辑:何聪)

(上接第 63 页)

实现对运动员的针对性与科学选材。同时使整个队伍中保持一定比例有经验的老运动员数量,从而使球队部分球员拥有丰富的比赛经验,从而获得优势。

3.2.2 在平时的训练和比赛中,要充分创造及利用主场优势。赛前根据主客场条件有针对性地进行模拟攻防训练和认知训练,在比赛中有的放矢地进行技战术调整,充分发挥主场优势,同时最大限度降低客场劣势,从而提高比赛的获胜几率。

3.2.3 在训练中要有意识地加大对 2 分投射次数、2 分命中率、3 分命中率、总篮板、后场篮板、助攻、快攻、扣篮等 8 项与得分存在高度线性相关性关系指标的训练和提高。同时,进一步加强对篮板的冲抢、保护,增加 3 分投射次数、提高发球命中率,并尽量减少犯规次数。

参考文献:

- [1] Tenga A. Reliability and validity of match performance analysis in soccer: a multidimensional qualitative evaluation of opponent interaction[D]. Norwegian School of Sport Sciences, Phd. Thesis, 2010.
- [2] 刘伟浩,于广龙.2013 年欧洲男篮锦标赛的分析研究[J].广州体育学院学报,2014,34(2):70-72.
- [3] 徐伟宏,高治,任波,等.第 30 届奥运会男篮比赛常规技术指标与得分相关关系分析[J].武汉体育学院学报,2013,47(12):92-96.

- [4] Pierson K., Addona V., Yates P. A. Behavioural dynamic model of the relative age effect[J]. Journal of Sports Sciences, 2013, 10:1-10.
- [5] Koppet L. Home court: Winning edge[N]. New York Times, 1972-09-01.
- [6] 黄希庭,张力为,毛志雄.运动心理学[M].上海:华东师范大学出版社,2003.10.
- [7] 刘卫民,柳建庆.体育比赛中主场优势的研究[J].中国体育科技,2006.42(3):101-105.
- [8] Gomez M. A., Tsamourtzis E., Lorenzo A. Defensive systems in basketball ball possessions[J]. International Journal of Performance Analysis in Sport, 2006, 6:98-107.
- [9] Melnick M. J. Relationship between team assists and win-loss record in the National Basketball[J]. Association. Perceptual and Motor Skills, 2001, 92:595-602.
- [10] Sampaio J., Ibanez S. J., Feu S. Discriminative power of basketball game-related statistics by level of competition and sex[J]. Perceptual and Motor Skills, 2004, 99:1231-1238.
- [11] Miller S., Bartlett R. The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position[J]. Journal of Sports Sciences, 1996, 14: 243-253.
- [12] Sampaio J., Janeira M., Lorenzo A. Discriminant analysis of game-related statistics between basketball guards, forwards and centers in three professional leagues[J]. European Journal of Sports Sciences, 2006, 6:173-178.

(责任编辑:何聪)