



# 优秀中长距离自行车运动员 4 周高原训练的机能监控

杨明祥

**摘要:** 目的: 旨在观察不同训练目的的 4 周高原训练对不同水平优秀自行车运动员身体机能的影响。方法: 对 8 名优秀男子中长距离自行车运动员进行 4 周高原训练, 内容包括公路专项力量、速度和公路有氧耐力, 健将级组 (C1) 组以专项训练为主, 一级组 (C2) 组以有氧耐力训练为主。每天监测晨脉; 分别在高原训练 2、3、4 周和下高原 1 周后测试血常规; 分别在大负荷训练后、休息后和下高原后 2 周测试血尿素 (BU)、肌酸激酶 (CK); 分别在高原训练前后测试身体成分。结果: 两组晨脉均随运动负荷的变化而变化, 并表现出高原训练早期升高后期下降的变化趋势; 两组白细胞 (WBC) 和淋巴细胞 (LY) 均在高原训练期间有所降低, 结束 1 周后回升, C1 组变化幅度更大; 两组血红蛋白 (Hb) 和红细胞压积 (Hct) 均在 4 周高原训练期间持续升高, 并维持到结束后 1 周; C1 组 BU 和 CK 变化与训练负荷相一致; 高原训练后, C1 组脂肪和 C2 组骨骼肌质量分别降低 4.5% 和 3.9%。结论: 自行车运动员身体机能对高原训练的适应性变化会受到高原训练经历和运动训练水平的影响。

**关键词:** 自行车; 高原训练; 机能监控

中图分类号: G804.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-1207(2012)06-0080-04

Physical Function Monitoring of Elite Road Cyclists during Four -Week Altitude Training

YANG Ming-xiang

(The Second Sport School of Shanghai, Shanghai 201100, China, China)

**Abstract:** Objective: The aim of the present study is to observe the effect of the four-week altitude training with the different purposes on the physical function of the different-level elite cyclists. Method: Eight elite male long-distance cyclists had a four-week altitude training (AT), which included specific strength and speed training on road and aerobic endurance training. One group of master level (C1) mainly had specific training, and the other group (C2) did endurance training. Morning pulse was recorded every day. Blood routine was tested during the 2nd, 3rd and 4th weeks of AT and one week after AT. BU and CK were tested after the high-load training, rest and the two weeks after AT. Body composition was checked before and after AT. Results: The morning pulse of cyclists in two groups changed with the training load and elevated in the first two weeks of AT and dropped in the latter half. WBC and LY of the two groups decreased in AT and increased at the end of the first week after AT. The changes of C1 group were more obvious. Both Hb and Hct increased in the whole period of AT and continued to the end of the first week after AT. The changes of BU and CK in group C1 correlated to the training load. The body fat mass of C1 and the muscle mass of C2 decreased by 4.5% and 3.9% respectively after AT. Conclusion: The physical function adaptation of cyclists to AT is affected by AT experience and training level.

**Key words:** cycling; altitude training; physical function monitoring

高原训练是利用人体在高原环境下的运动所带来的自然缺氧与训练的双重刺激, 引起机体形态、结构和生理机能显著的适应性变化, 从而有效提高人体运动能力的训练方法。从 20 世纪中叶开始, 高原训练便被广泛地应用于竞技体育运动训练当中, 被认为是提高耐力项目平原运动能力或进行高原赛前习服的有效方法。我国中长距离自行车项目开展高原训练已有近 20 年的历史, 特别是近 5 年间, 几乎所有省市的中长距离自行车队都将高原训练作为冬训或赛前训练的主要

内容, 而世居高原的云南自行车运动员在近两年运动成绩的长足进步更是凸显自行车项目高原训练的重要价值<sup>[1]</sup>。

已有研究证实, 高原训练可有效提高人体血液携氧能力<sup>[2,3]</sup>, 增强骨骼肌多种有氧代谢关键酶活性以及缓冲酸、耐受酸的能力, 改善心肺系统机能, 从而有效提高运动员的有氧代谢和有氧运动能力<sup>[2,4]</sup>。然而已有研究对上述适应性变化的程度还存在一定的争议, 普遍认为与高原期间的训练安排和受试者不同有关。如何针对不同运动水平的运动员安排有针对性的高原训练计划, 成为近些年

收稿日期: 2012-11-02

作者简介: 杨明祥, 男, 中级教练员. 主要研究方向: 运动训练.

作者单位: 上海市第二体育运动学校, 上海 201100

高原训练应用研究的热点。

自行车中长距离项目是典型的强度大、耗能多的周期性体能类项目,运动员单次课的训练量极大(最长可达6 h以上),疲劳积累较深。高原训练期间对运动员进行及时、准确的身体机能监控,对于防止过度疲劳、保证训练效果具有重要意义。本文在上海自行车队中长距离组高原训练期间,对运动员的晨脉、血常规、血尿素(BU)、肌酸激酶(CK)及身体成分进行监控测试,为分析评价高原训练对不同水平运动员身体机能的影响、防止过度疲劳提供科学依据。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

选择上海自行车队8名优秀男子中长距离运动员,根据运动等级分为健将级组(C1)和一级组(C2),每组4人,其中C1组运动员有至少两次高原训练史,C2组运动员未进行过高原训练。两组队员基本情况见表1。

表1 受试运动员基本情况  
Table 1 Basic Information about the Subjects

	N	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	专项训练年限/年
C1	4	22.0 ± 1.4	185.0 ± 3.6	74.0 ± 3.7	5.8 ± 1.7
C2	4	19.5 ± 0.6	186.5 ± 5.1	75.8 ± 6.5	3.3 ± 0.5

### 1.2 高原训练安排

高原训练地点位于云南通海,训练方式为普通公路骑行训练,训练路段的海拔高度从1 650 m至1 900 m,期间气温在10℃至25℃之间。训练内容包括公路专项力量、公路专项速度和公路有氧耐力,其中公路专项力量为5 km连续上坡路段的冲坡骑行,齿轮比为53/12,平均心率为80%HR<sub>max</sub>;公路专项速度为4至8人的轮流领骑团体配合训练,骑行距离包括1 km、2 km和5 km,齿轮比53/15,平均心率为80% HR<sub>max</sub>;公路有氧耐力为丘陵路段的长距离耐力骑行训练,骑行距离从120 km至220 km不等,齿轮比不作要求,平均心率为60%~70% HR<sub>max</sub>。

C1组和C2组的高原训练计划有所不同(见表2),C2组运动员为首次进行高原训练,训练以发展有氧耐力水平、提高体能储备为主要目的;而C1组运动员运动能力较强且至少有两次高原训练经历,本次高原训练在进一步提高有氧能力的基础上,着力发展专项力量和专项速度素质。从表2可见,C2组较C1组公路有氧训练总量稍高(6.8%),但C1组的专项力量和速度的训练量分别较C2组高184.2%和72.4%。

本次高原训练共进行4周,根据训练计划训练3~4 d后,休息调整1~2 d,为一个小周期,4周期间共计完成了8个小周期训练,有效训练22 d,休息9 d。

表2 两组运动员高原训练量比较

Table II Comparison between the Altitude Training Load of the Two Groups

	公路有氧训练/km	冲坡专项力量训练/km	团体配合速度训练/km
C1	1770	270	300
C2	1900	95	174
C1与C2相比	-6.8%	184.2%	72.4%

### 1.3 指标测试

4周高原训练期间,每天早晨6:30测量运动员清醒、静卧位颈动脉1 min搏动次数,记录晨脉;分别在高原训练2周、3周、4周后的星期一和下高原1周后的早晨7:00,采指血20 ul测试血常规,选取分析指标包括白细胞(WBC)、淋巴细胞(LY)、红细胞(RBC)计数,红细胞压积(Hct)和血红蛋白量(Hb);根据训练内容不同,分别选择在高原期间3~4 d大强度或大运动量训练后、1~2 d调整后,以及下高原后2周的星期一采指血30 ul,用Reflotron Sprint全血干式生化分析仪(美国)测试BU和CK;分别在高原训练前后相同条件下,在早晨7:00空腹状态采用Inbody 3.0人体成分分析仪(韩国)通过测定人体各部位的生物阻抗值来确定总体的身体成分水平,分析指标包括总体重、体脂百分比、骨骼肌质量和脂肪质量。

### 1.4 数据统计

各组数据的平均数、标准差均使用Microsoft Excel 2003软件进行统计学计算。由于C1组和C2组人数较少,无法进行统计检验,因此各组数据高原训练后相对于训练前的改变,采用变化的百分比进行表述;C1与C2的组间比较则采用组间差的百分比进行表述。

## 2 结果

### 2.1 晨脉

图1列举了两组运动员4周高原训练期间的晨脉变化情况。两组运动员的晨脉表现出了相似的变化趋势,即在连续3~4 d的大运动量或大强度训练期间出现升高,或维持在较高的水平,之后通过1~2 d休息晨脉显著降低;而从高原训练不同时段的变化来看,前2周可见两组运动员的晨脉均出现大幅度波动的现象,且维持在相对较高的水平,后2周晨脉波动幅度减小,且整体水平有所降低。其中,3月7日至8日晨脉出现一次显著增加的现象(增幅约7 bpm),3月22日至24日出现连续上升的现象;此外与C2组相比,C1组的晨脉总体水平较低,每分钟低约6次左右。

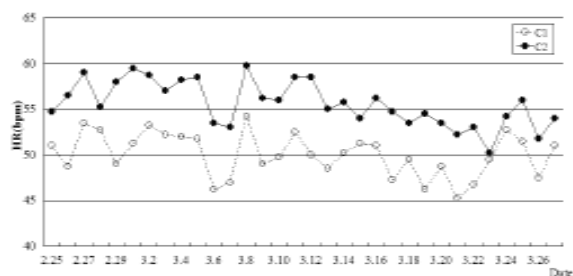


图1 两组运动员高原训练期间的晨脉变化

Figure 1 Morning Pulse Changes of the Two Groups during AT

### 2.2 主要血常规指标

高原训练期间进行血常规测试,是监控运动员机体疲劳程度、免疫机能变化的有效方法。本文由于未进行4周高原训练前的基础血常规测试,故仅对高原期间及高原结束后1周的血常规主要指标变化进行分析。

从图2、3可见,运动员4周高原训练期间的WBC和LY



均表现出相同的变化规律,即与高原2周后的低水平相比,3周后WBC与LY均有所升高,而4周后又有所降低,并在高原训练结束1周后显著升高,恢复到与训练前接近的水平。与C2组相比,C1组无论是WBC还是LY计数在4周高原期间较C2组低,特别是高原3周后,C1组LY水平较C2组相差较大。然而与在高原4周期间相反,高原结束一周后,虽然两组运动员WBC和LY均有所增加,但C1组的增幅和绝对值均高于C2组,特别是C1组LY显著高于C2组。

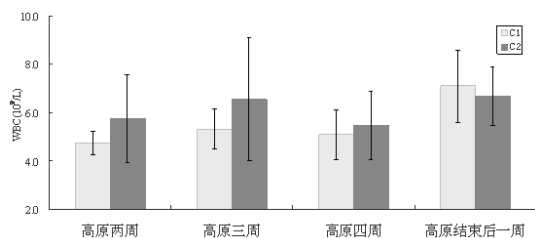


图2 两组运动员高原训练期间WBC变化

Figure 2 WBC Changes of the Two Groups during AT

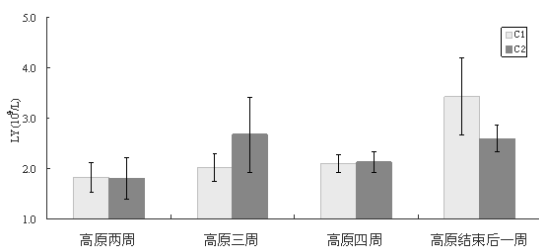


图3 两组运动员高原训练期间LY变化

Figure 3 LY Changes of the Two Groups during AT

4周高原训练期间两组运动员的RBC并未出现显著变化(见图4),且高原训练结束1周后稍有降低,但降幅较小。C1与C2组相比,RBC没有明显差异。然而与RBC没有明显变化不同的是,两组运动员的Hb水平在4周高原训练期间出现持续升高的现象,并在高原结束1周后仍维持在较高水平(见图5)。其中C1与C2组相比,4周高原期间的Hb水平较低,特别是在高原训练的后2周,但高原训练结束后1周C1组Hb恢复显著,与C2组没有明显差异。从图6可见,Hct在高原训练2周和3周后并无显著变化,但4周后出现比较明显的升高,此外Hct在C1和C2组间并无显著差异。

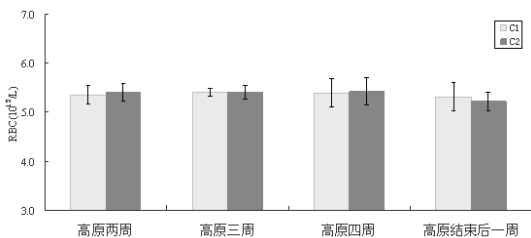


图4 两组运动员高原训练期间RBC变化

Figure 4 RBC Changes of the Two Groups during AT

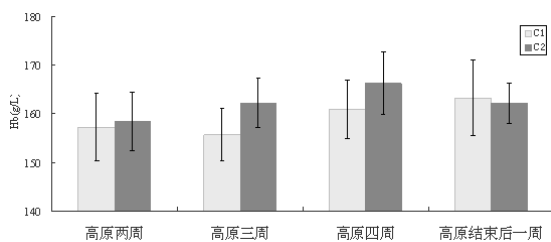


图5 两组运动员高原训练期间Hb变化

Figure 5 HB Changes of the Two Groups during AT

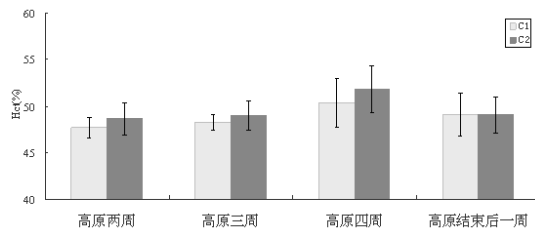


图6 两组运动员高原训练期间Hct变化

Figure 6 Hct Changes of the Two Groups during AT

### 2.3 血尿素和肌酸激酶

运动员高原训练期间的BU表现出大强度大运动量训练后第二天显著升高(见图7)、休息调整后第二天显著下降的变化特征,而且高原训练中后期的BU水平明显高于高原训练的初期和下高原后两周;与C2组相比,C1组的整体BU水平较低,而C2组在最后一个阶段的3d强度训练后BU并未出现明显升高的现象。从图8可见,C1组运动员的CK变化趋势与BU比较接近,但C2组的CK值分别在两次强度阶段训练后未出现明显升高的现象。

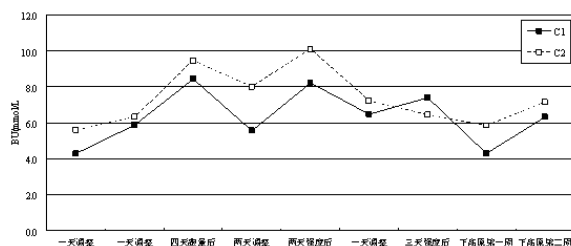


图7 两组运动员高原训练期间BU变化情况

Figure 7 BU Changes of the Two Groups during AT

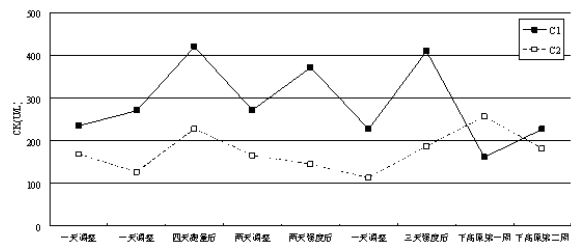


图8 两组运动员高原训练期间CK变化情况

Figure 8 CK Changes of the Two Groups during AT



## 2.4 身体成分

4周高原训练后,两组运动员身体成分指标出现了不同程度的变化。与高原训练前相比,C1和C2组体重分别下降了1.7%和3.0%;其中C2组骨骼肌质量显著下降了3.9%,与C1组相比降幅明显;相反,C1组的脂肪质量在4周高原训练后显著降低了4.5%,而C2组却升高了2.9%;两组在脂肪和骨骼肌质量变化上的不同直接导致了4周高原训练后,C1组体脂百分比降低了2.0%,而C2组却增加了5.4%。

表3 两组运动员高原训练前后身体成分指标变化

Table III Variation of the Body Composition Indices of the Two Groups before and after AT

		高原训练前	高原训练后	变化率/%
体重/kg	C1	75.5 ± 0.6	74.2 ± 3.6	-1.7
	C2	79.0 ± 7.2	76.6 ± 5.3	-3.0
骨骼肌质量/kg	C1	60.3 ± 2.7	59.6 ± 4.2	-1.2
	C2	64.5 ± 7.9	62.0 ± 6.5	-3.9
脂肪质量/kg	C1	11.2 ± 3.4	10.7 ± 2.1	-4.5
	C2	10.2 ± 1.4	10.5 ± 1.7	2.9
体脂百分比/%	C1	14.8 ± 4.4	14.5 ± 3.0	-2.0
	C2	13.1 ± 2.9	13.9 ± 3.1	5.4

## 3 分析与讨论

研究指出,晨脉在到达高原后的前20 d会出现一个高峰期<sup>[5]</sup>,机制可能是缺氧引起的迷走神经抑制和交感神经兴奋增强,反射性地引起心率增加。随着在高原时间的延长,从第16 d开始晨脉逐渐下降并接近平原水平。

本文中运动员晨脉也出现相似变化,高原前2周运动员对高原大负荷训练反应显著,晨脉升高,2周后开始对训练产生适应,晨脉总体水平有所降低;且两组晨脉均表现出训练后第二天早晨上升,调整休息后下降的变化趋势,对于公路自行车运动员来说,3~4 d的大负荷训练后,安排1~2 d的休息调整可能是比较好的训练模式,能够适当防止疲劳过度积累。此外,与有高原训练经历运动员相比,首次上高原的运动员心血管系统会对高原训练产生程度较深的反应,应加强监控防止过度疲劳。

研究表明,人体在大负荷训练期间会出现免疫抑制现象<sup>[6]</sup>,高原训练由于增加了缺氧应激,是否会加重运动员的免疫抑制,目前还存在争议。本文虽未测试高原前水平,但从高原训练结束后1周WBC和LY的显著升高可以推测,运动员高原4周期间的WBC和LY均持续低于平原水平,4周高原训练期间的大负荷训练可能引起了运动员免疫机能一定程度的下降,而降幅与训练量相关性较高。与无高原训练史的运动员相比,经常进行高原训练的优秀自行车运动员免疫系统机能可在高原训练后恢复至较高水平,可能与优秀运动员的训练适应性较高有关。

Wehrlin等研究发现,24 d的高住低练(2 500 m居住)显著提高了Hb含量和RBC水平,这些可能与耐力运动员耐力运动成绩的提高有关<sup>[7]</sup>。而在邱俊等针对现代五项运动员的研究中发现,4周1 890 m的高原训练显著提高了现代五项运动员的RBC和Hb水平,与相同模拟高度的HiLo相比,由于低氧环境中暴露时间更长,可对血液运输氧的能力

产生更加显著的影响<sup>[3]</sup>。

但与上述研究结果不同,本文在4周高原训练期间及训练1周后并未见RBC的明显改变,虽不排除较平原水平有所提高,但两组运动员并未见RBC随高原习服时间延长而增加的现象,可能与自行车长时间骑行引起RBC机械损耗增加、高原期间饮食铁剂补充不足等许多因素的综合作用有关。研究表明海拔高度在2 000 m以上、习服时间超过3周,以及充足的铁储备才能保证红细胞水平的改善<sup>[8]</sup>。

Hb是高原训练评价血液携氧能力改善最直接的指标,与多数研究相似<sup>[9]</sup>,本文两组运动员的Hb水平随着高原低氧暴露时间的延长而持续增加,在高原训练4周后达到最高水平,并在高原训练结束1周后仍维持在较高水平,运动员的血液携氧能力得到改善。此外,Hb变化幅度会受到训练量的影响,本文中C1运动员的公路有氧训练量与C2接近,但专项力量和速度训练量均显著高于C2,因此在大训练量的影响下高原训练期间C1运动员Hb低于C2,但高原训练结束1周后C1运动员Hb显著升高至高于C2的水平上,提示高原训练期间的有效训练可能会对下高原后血液运氧能力的适应性变化产生良好的影响。

对于自行车运动员来说,Hct是一个非常重要的指标,一定范围内升高可有效提高血液运输氧的能力,从而提高有氧运动能力,而超出这个范围,则可能导致血液流动性下降,反而降低血液的运氧能力。本研究中,两组运动员高原训练4周后的Hct有所增加,超过了50%,同时由于RBC并无显著提高,则Hct的变化可能与运动员训练消耗增加、补水不及时所引起的血液粘稠度增加有关。在Schmidt等对世居高原的优秀耐力自行车运动员的研究中,循环血量会受到训练和高原低氧的协同作用,从而显著影响运动表现<sup>[10]</sup>。

BU和CK是运动训练监控测试中常用的反映训练量和训练强度的指标,会随着训练负荷的增大而增加<sup>[11]</sup>,而休息恢复后的数值的下降通常也被用来评价疲劳消除情况和体能恢复程度。本文中C1运动员的BU和CK均表现出规律性的升高和降低,并且与训练安排中上量上强度和恢复调整的节奏相吻合,提示C1的训练完成质量相对较好,且训练与休息时间的安排比较合适,未出现BU或CK连续升高,难以恢复的情况。而C2由于是首次上高原训练,训练以有氧耐力训练为主,因此高原后2周训练C2仍以公路有氧内容为主,因此出现了CK未有显著提高的情况。

对于中长距离自行车运动员来说,控制体重、降低体脂百分比对于提高运动能力十分重要。已有研究均证实,高原训练可有效减重,但骨骼肌分解代谢增加对运动能力会造成不利影响<sup>[3,12]</sup>。本文由于C2运动员高原训练的总训练量要小于C1,因此虽然两组的总体重均有所降低,但C2的体脂百分比却明显升高,结合其骨骼肌质量有所降低,C2运动员高原训练后的身体成分变化并不理想,可能与C2高原训练期间,未能通过一定的力量训练来有效维持骨骼肌水平,而运动员在高原上饮食结构不合理可能也是造成C2运动员4周高原训练后脂肪质量反而提高的影响因素之一。

## 4 结论与建议

### 4.1 不同的高原训练经历、运动训练水平会对中长距离自行

(下转第92页)



- 出版社, 2002:12.
- [4] 文红为. 实施“阳光体育运动”过程中学校体育伤害事故的规避与处理研究, 国家体育总局网: <http://www.sport.gov.cn/n16/n1152/n2523/n377568/n377613/n377778/1101346.html>.
- [5] 韩勇. 美国学校体育伤害法律责任问题对中国的启示[J]. 北京体育大学, 2009, 21(2): 189-192.
- [6] 沈舜尧. 论中小学校体育伤害事故及预防[J]. 北京体育大学, 2004, 6(4): 93-94.
- [7] 刘红. 学校体育活动风险告知理论与方法的研究[J]. 体育与科学, 2009, (4): 92-96.
- [8] 周强. 大学生体育活动伤害事故的法律问题研究[J]. 北京体育大学, 2004, 33(3): 38-41.
- [9] 心脏骤停与心脏性猝死[M]. 北京: 内科学: 193-273.
- [10] Drory Y, et al. (1991). Exertion Sudden Death in Soldiers[M]. *MedsciSports Exerc*, 23(2):5-6.
- [11] 徐昕, 高崇玄, 张丽申, 等. 我国运动猝死调查研究[J]. 北京体育大学, 1999, 18(2): 707-713.
- [12] 李之后, 冯曙明, 陈文培, 等. 上海和华东地区运动猝死调查研究[J]. 中国运动医学杂志, 1999, 18(3): 211-217.
- [13] 曲棉域, 于长隆. 实用运动医学[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2003: 210.

(责任编辑: 何聪)

(上接第83页)

车运动员高原训练期间身体机能的适应性变化产生影响, 教练员制定训练计划时应区别对待。

**4.2 晨脉、血尿素、肌酸激酶均是监控运动员身体机能和疲劳程度的有效指标**, 数值出现大幅变化且难以恢复, 往往反映运动员较为疲劳。4周高原训练可提高运动员的血液运氧系统机能, 并维持到下高原后2周; 高原训练期间应适当安排力量训练, 补充优质蛋白, 避免因肌肉分解增加造成的专项力量丢失。

**4.3 高原训练后, 一级组运动员体脂%上升、骨骼肌质量下降**可能与训练量少、冲坡专项力量训练的比例较低、饮食结构不合理有关。

#### 参考文献:

- [1] 杨海燕. 世居高原的云南省自行车运动员的高原训练[J]. 辽宁体育科技, 2003, 25(2): 28-30.
- [2] Gore CJ, Clark SA, Saunders PU. (2007). Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure[J]. *Med Sci Sports Exerc*, Sep;39(9):1600-1609.
- [3] 邱俊, 陈文鹤. 高住低训和高原训练对优秀现代五项运动员运动能力的影响[J]. 上海体育学院学报, 2011, 35(1): 67-72.
- [4] 孙伊. 论场地自行车短距离项目亚高原训练的可行性[J]. 首都体育学院学报, 2009, 21(5): 763-766.
- [5] 张全江, 熊正英, 胡柏平, 等. 古典式摔跤运动员亚高原训练血红蛋白、血压、晨脉与体脂变化规律的研究[J]. 中国体育科技, 2003, 39(2): 37-42.
- [6] 万文君, 郝选明. 运动训练对免疫功能的影响与免疫调理效果[J]. 体育学刊, 2012, 19(4): 140-144.
- [7] Wehrli JP, Zuest P, Hallen J, et al. (2006). Live high-train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes[J]. *J Appl Physiol*, 100(6): 1938-1945.
- [8] Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ. (2009). Endurance training at altitude[J]. *High Alt Med Biol*, 10(2): 135-148.
- [9] Heinicke K, Heinicke I, Schmidt W, et al. (2005). A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes[J]. *Int J Sports Med*, 2005, 26(5): 350-355.
- [10] Schmidt W, Heinicke K, Rojas J, et al. (2002). Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 34(12): 1934-1940.
- [11] 张冰, 赵刚, 李强. 高原训练对我国优秀男子足球运动员身体机能的影响[J]. 中国体育科技, 2012, 48(4): 52-56.
- [12] Bigard AX, Brunet A, Guezennec CY, et al. (1991). Skeletal muscle changes after endurance training at high altitude[J]. *J Appl Physiol*, 71(6): 2114-2121.

(责任编辑: 何聪)