

山地自行车高原训练前后机能变化规律的研究

郭子渊, 宣磊, 陈瑶

(安徽省体育科学技术研究所, 安徽 合肥 230001)

摘要:为了探索山地自行车运动员分别进行6周平原—高原—下高原连续训练过程中的机能变化情况,为教练员是否选择高原训练、针对性地安排高原训练和下山时间提供参考依据。课题组对8名安徽山地自行车队运动员6周平原、6周高原、6周下高原训练的连续跟踪监测,对部分机能指标进行分析。结果表明:(1)6周平原训练,血清尿素氮、酸激酶、血睾酮出现显著性变化;(2)6周高原训练,血红蛋白、红细胞压积、血尿素氮、酸激酶、血睾酮和血皮质醇均无显著性变化;(3)下高原6周训练,血红蛋白和红细胞压积先下降后回升,血尿素氮下降,肌酸激酶升高,血睾酮先下降后回升。结论:平原训练可以逐步提高运动员对训练负荷的适应能力和机能水平;平原训练比高原训练更容易提高负荷强度,高原训练比平原训练更容易提高负荷量;平原训练和高原训练都可以提高运动员的血红蛋白、红细胞压积和血睾酮水平,但高原训练比平原训练提高的幅度更大一些。建议:山地自行车运动员上高原前可以考虑安排5~6周的平原训练;高原训练期间容易引起血尿素氮升高,教练员要有计划地安排运动员的主动恢复时间;高原训练可以提高运动员的机能水平,但下高原参加比赛的时间要控制在1周之内。

关键词:山地自行车;高原训练;生理生化;变化规律

中图分类号:G804.5

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2019)02-0052-05

A Study on the Law of Functional Change of Mountain Bike before and after High Altitude Training

GUO Zi-yuan, XUAN Lei, CHEN Yao

(Anhui Institute of Physical Science and Technology, Hefei 230001, China)

Abstract:To explore the functional changes of mountain cyclists during six weeks of continuous training in plain-plateau-lower plateau, so as to provide reference for coaches to choose plateau training, arrange plateau training and downhill time. Eight Anhui mountain bicycle team athletes were trained continuously on the plain for 6 weeks, on the plateau for 6 weeks and on the plateau for 6 weeks, and some functional indexes were analyzed. Results: (1) Serum BUN, CK and T showed significant changes after 6 weeks of plain training; (2) There was no significant change in HB, HCT, BUN, CK, T and C during 6 weeks of high altitude training; (3) After 6 weeks of low altitude training, HB and HCT decreased first and then rose, BUN decreased, CK increased, T decreased and then rose. Conclusion: Plain training can gradually improve the adaptability and functional level of athletes to training load; plain training is easier to increase the load intensity than plateau training, plateau training is easier to increase the load than plain training; plain training and plateau training can improve the athletes' HB, HCT and T levels, but plateau training is more improved than plain training. Suggestions: Mountain bicycle athletes can consider arranging 5-6 weeks of plain training before going to plateau; during plateau training, BUN rises easily, and coaches should arrange athletes' active recovery time in a planned way; plateau training can improve athletes' functional level, but the time to participate in competitions at lower plateau should be controlled within one week.

Key words: mountain bicycle; plateau training; physiology and biochemistry; changing law

通过文献检索发现,有关山地自行车运动训练生 理生化监控方面的研究成果较少。有关平原、高原、下

收稿日期:2018-06-28

基金项目:国家体育总局科教司2014年—2016年重点研究领域课题(2014B0001)

第一作者简介:郭子渊(1966—),男,安徽濉溪人,研究员,国家体育总局训练监控与机能评定(安徽)重点实验室主任,国家体育总局百人计划培养对象。研究方向:竞技体育运动训练监控和运动员科学选材。

高原连续跟踪训练监控的研究还未见报道。目前,国内外各运动项目都比较广泛地采取高原训练的方式来提高比赛成绩。WehrinJ P^[1]对1名5 000 m长跑运动员和1名马拉松运动员进行了为期26天的HiLo实验,结果从事5 000 m跑的运动员成绩提高了24 s,而从事马拉松的运动员成绩提高了9 s。TownsendN E^[2]对33名自行车和三项全能运动员的HiLo研究发现,其次最大负荷下的肺通气量均上升,运动成绩均有提高。探索山地自行车高原训练规律的研究工作,也在各省市代表队开始尝试。

有关山地自行车训练监控方面公开报道的文献资料不多^[3-5],有关平原—高原—下高原训练跟踪机能监控的研究目前还未检索到类似研究成果。本研究的主要目的是探索同一训练计划,6周平原训练、6周高原训练和6周下高原训练对运动员身体机能的影响情况,同时,教练员也从“耐力素质”训练的角度对高原训练的效果进行综合评价。为教练员是否选择高原训练、针对性地安排高原训练和下山时间提供参考依据。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

8名男子山地自行车运动员,年龄 21.5 ± 4.7 岁,身高 173.6 ± 5.2 cm,体重 65.4 ± 5.8 kg,训练年限 6.8 ± 5.2 年。其中,全国冠军(越野赛和个人计时赛)3人,全运会冠军1人,曾参加过亚运会、奥运会选手1人,全国冠军赛前三名2人,获得过全国冠军赛前五名的运动员2人。近3年来,每年冬训、夏训都要到云南呈贡、江川或甘肃天水进行2 000 m高度以内的高原训练,每次训练时间2个月左右。

1.2 研究方法

1.2.1 监控指标的选择

目前,国内外训练监控常用且较敏感的指标有:衡量机能状况的血常规、激素,衡量训练负荷的肌酸激酶、血尿素等,这也是本研究中监控指标选择的依据。具体包括:白细胞计数(WBC)、红细胞计数(RBC)、红细胞压积(HCT)、血红蛋白(HB)、血尿素氮(BUN)、肌酸激酶(CK)、血睾酮(T)和血皮质醇(C)等。

1.2.2 训练负荷安排情况

平原、高原(海拔2 000米左右)、下高原各6周3个阶段的训练内容,原则上要求按照同一训练计划执行,3个训练阶段总的训练内容和训练负荷大致相

当,具体课次可以根据天气情况进行适当调整。每个阶段训练结束后主动调整2天,转场2天,新场地主动适应1~2天。各阶段训练计划的主要内容有:公路骑行120 km、160 km、200 km,山地骑行1.5 h、2.0 h、2.5 h,做操拉韧带、腿部力量、腹肌、背肌、静蹲、纵跳、越野跑、拉韧带放松等。

1.3 仪器和试剂

Beckman Coulter AC-T diff血球分析仪及其配套试剂、Beckman Coulter CX4 PRO全自动生化分析仪及其配套试剂、AXSYM型第三代全自动标记免疫发光分析仪及其配套试剂。

1.4 测试控制

每周日休息,周一晨(7:30—8:00)同等条件下抽取空腹肘静脉血2管;其中EDTA抗凝管3 ml,置于振荡器上混匀,用于血常规测试;肝素钠管5 ml静置30 min后,置于离心机内,以3 000转/分的转速离心15 min,取上清液分别用于测试BUN、CK、T和C。

该研究所涉及的测试数据全部由安徽省体育科学技术研究所国家体育总局训练监控与机能评定重点实验室提供。

1.5 数据统计处理

全部数据均在计算机上处理,使用Microsoft Office 2003 Excel软件,以均数 \pm 标准差表示,以 t 检验进行分析, $P < 0.05$ 为显著性水平, $P < 0.01$ 为高度显著性水平。

2 研究结果

2.1 平原训练部分机能指标变化情况

通过上高原前6周的平原训练,RBC计数和WBC计数均无显著性变化;从第1周开始到第6周结束,HB和HCT有逐渐升高趋势,但无显著性变化;BUN、CK逐渐升高,第5周、第6周达到较高值,并出现显著性变化($P < 0.01$);T先下降,第3周达到最低值($P < 0.05$),后升高,第5周、第6周达到较高值;T无显著性变化,详见表1。

2.2 高原训练部分机能指标变化情况

通过6周高原训练,WBC和RBC计数没有出现显著性变化;HB有升高趋势,并一直保持在152 g/L以上,第6周达到最高值155.6 g/L;HCT一直保持在44%以上,下高原前达到46.3%的最高值。BUN有升高趋势,第3周达到较高值;CK有下降趋势;C有下降趋势,第3周达到较高值;T出现先下降后升

高的趋势,第 5 周、第 6 周达到较高水平。在高原训练期间,以上指标均无显著性差异($P > 0.05$),详见表 2。

表 1 平原训练期间机能变化情况($\bar{x} \pm s$)

时 间	人 数	WBC ($10^9/L$)	RBC ($10^{12}/L$)	HB (g/L)	HCT (%)	BUN ($mmol/L$)	CK (U/L)	T ($nmol/L$)	C ($nmol/L$)
第 1 周	8	5.4 ± 0.7	4.8 ± 0.3	145.3 ± 5.7	41.8 ± 2.2	5.8 ± 0.9	328 ± 356	15.94 ± 1.96	546 ± 62.5
第 2 周	8	6.8 ± 0.3	4.7 ± 0.3	148.7 ± 5.7	40.8 ± 2.0	5.1 ± 1.2	392 ± 321	13.36 ± 2.07	502 ± 47.4
第 3 周	8	5.3 ± 0.2	4.6 ± 0.4	150.8 ± 5.2	43.4 ± 3.6	$7.1 \pm 1.1^*$	610 ± 376	$12.21 \pm 1.13^*$	501 ± 70.2
第 4 周	8	5.8 ± 0.4	4.7 ± 0.3	151.1 ± 5.5	44.9 ± 2.9	6.1 ± 0.5	495 ± 366	14.35 ± 3.11	390 ± 31.6
第 5 周	8	5.2 ± 0.6	4.6 ± 0.3	151.2 ± 5.8	43.4 ± 2.4	$7.6 \pm 0.8^{**}$	$886 \pm 595^*$	$19.35 \pm 3.85^{##}$	681 ± 70.3
第 6 周	8	5.3 ± 0.6	5.1 ± 0.4	152.1 ± 5.4	45.1 ± 2.8	$8.1 \pm 0.7^{**}$	$1\ 006 \pm 533^{**}$	$18.65 \pm 3.82^{##}$	593 ± 54.7

备注: * 表示与第 1 周比较 $P < 0.05$; ** 表示与第 1 周比较 $P < 0.01$; ## 表示与第 3 周比较 $P < 0.01$

表 2 高原训练期间机能变化情况($\bar{x} \pm s$)

时 间	人 数	WBC ($10^9/L$)	RBC ($10^{12}/L$)	HB (g/L)	HCT (%)	BUN ($mmol/L$)	CK (U/L)	T ($nmol/L$)	C ($nmol/L$)
第 1 周	8	4.9 ± 0.5	4.5 ± 0.2	152.2 ± 5.1	44.8 ± 1.2	6.7 ± 3.1	501 ± 287	17.33 ± 3.78	525 ± 39.6
第 2 周	8	4.7 ± 0.3	4.6 ± 0.5	154.6 ± 5.2	45.3 ± 2.3	7.9 ± 4.2	470 ± 336	16.41 ± 2.92	611 ± 55.2
第 3 周	8	5.5 ± 0.6	4.9 ± 0.5	152.8 ± 4.6	44.5 ± 3.2	8.7 ± 4.2	232 ± 229	15.30 ± 2.42	617 ± 48.8
第 4 周	8	4.4 ± 0.3	4.9 ± 0.3	153.3 ± 5.5	44.3 ± 2.1	7.9 ± 3.5	419 ± 232	17.23 ± 3.63	603 ± 46.5
第 5 周	8	5.4 ± 0.6	4.8 ± 0.3	154.0 ± 5.7	45.2 ± 2.4	8.2 ± 3.8	512 ± 343	18.27 ± 3.37	804 ± 82.4
第 6 周	8	5.5 ± 0.4	4.8 ± 0.2	155.6 ± 5.1	46.3 ± 3.4	7.7 ± 2.9	313 ± 126	19.29 ± 4.46	669 ± 73.1

2.3 下高原训练部分机能指标变化情况

在下高原后进行 6 周平原训练和比赛的过程中, WBC 和 RBC 计数没有出现显著性变化;从第 1 周开始, HB 和 HCT 呈现逐渐下降的趋势,第 3 周下降到最低值,从第 4 周开始出现回升趋势。BUN 有下降趋势, CK 明显升高; T 下降,第 4 周达到最低值,第 5 周开始回升; C 无显著性变化,详见表 3。

3 分析讨论

3.1 平原 6 周训练负荷和机能变化

BUN 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,其值会随着训练负荷的变化而发生相应的变化^[6]。从本研究的结果看, BUN 第 3 周就出现了显著性升高,第 5、6 周达到高峰; CK 在第 5、6 周出现了显著性升高。通过 6 周平原训练,

山地自行车运动员的 HB 和 HCT 呈现逐步升高的趋势,可以达到相对训练初期较高水平。T 则呈现先下降后升高的趋势,在第 3 周出现显著性下降,而第 5、6 周出现显著性升高。这说明山地自行车运动员在平原进行系统训练,可以提高身体机能水平,这可能与大强度模拟比赛有关。有研究表明, T 的变化有时与训练情况并不非常一致,而游离 T 在训练周期中的变化规律同训练负荷的安排、 C 和尿素氮(BUN)的变化情况相对应^[7]。

3.2 高原 6 周训练负荷和机能变化

训练负荷大,机体分解代谢旺盛,蛋白质分解增多, BUN 值增加明显,反之增加不明显^[8]。有研究报道,男女游泳运动员通过 8 周 LoHi 训练,其 BUN 变化水平在整个训练期间无明显差异^[9]。男子自行车运动员在整个高原训练期间运动员的 CK 值处于较低的水平, BU 值相对稳定且处于正常范围^[10]。本研究通过 6

周高原训练,平均 BUN 为 7.9 ± 0.4 mmol/L,虽无显著性差异,但仍处于较高水平,说明运动量比较大;CK 处于 200 ~ 500 U/L 之间,就该项目而言,运动强度中

等。这说明山地自行车运动员在高原训练期间,训练总量容易上,但负荷强度难以提高。

表 3 下高原训练期间机能变化情况 ($\bar{x} \pm s$)

时 间	n	WBC (10^9 /L)	RBC (10^{12} /L)	HB (g/L)	HCT (%)	BUN (mmol/L)	CK (U/L)	T (nmol/L)	C (nmol/L)
第 1 周	8	6.1 ± 0.3	4.7 ± 0.2	154.3 ± 5.8	45.2 ± 2.3	5.7 ± 2.3	955 ± 343	18.38 ± 2.64	594 ± 50.4
第 2 周	8	5.7 ± 0.3	4.8 ± 0.2	150.4 ± 4.5	43.8 ± 1.7	6.6 ± 2.8	863 ± 393	17.46 ± 2.26	610 ± 48.8
第 3 周	8	5.5 ± 0.3	4.7 ± 0.2	$143.8 \pm 3.3^{**}$	42.4 ± 1.2	7.8 ± 3.6	678 ± 258	15.61 ± 2.44	644 ± 59.2
第 4 周	8	5.3 ± 0.3	4.6 ± 0.3	$145.9 \pm 3.2^*$	42.2 ± 1.3	7.2 ± 3.3	1683 ± 596	$14.06 \pm 1.76^{**}$	797 ± 64.9
第 5 周	8	5.8 ± 0.4	4.6 ± 0.3	$147.6 \pm 3.6^*$	42.2 ± 1.3	6.4 ± 2.7	361 ± 166	$14.64 \pm 1.98^*$	647 ± 54.1
第 6 周	8	6.3 ± 0.6	4.6 ± 0.2	$148.7 \pm 3.7^*$	42.9 ± 1.4	7.4 ± 3.1	503 ± 274	15.47 ± 2.57	614 ± 50.3

备注: * 表示与第 1 周比较 $P < 0.05$; ** 表示与第 1 周比较 $P < 0.01$

高原训练可有效提高人体血液携氧能力^[11-12],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,从而改善心肺系统机能,有效提高有氧代谢和有氧运动能力^[11,13]。由于在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,从而间接影响自行车运动员功率输出的维持能力^[14]。3 周以上 2 000 ~ 3 000 m 海拔高度的训练,在铁储备充足的前提下,可显著改善 RBC 水平,增强运动员的有氧运动能力^[15]。短距离自行车运动员在海拔 1 900m 高原训练 4 周,Hb 和 Hct 均出现显著提高,但 RBC 却未出现明显变化^[16]。8 周高原训练能够有效地提高运动员 EPO 和 RBC 等水平^[17]。不同模式低氧训练中 RBC、Hb 和 Hct 的变化幅度、特点与规律存在一定差异,与高原训练比较也有所不同^[18]。

有研究发现,Hi Hi Lo 对运动员 T 的分泌活动总体上的影响呈下降趋势,并且不同训练方法对运动员 T、C 的影响程度不一,存在个体差异^[19]。4 周高原训练后,现代五项运动员的 T 显著下调、明显升高,运动员在大强度训练后产生疲劳状态,睾酮分泌细胞功能产生抑制^[12]。4 周高原训练后 T 显著升高、C 稍有降低,高原训练结束 2 周后 T 下调^[16]。本研究发现,HB 和 HCT 呈现逐步升高的趋势,T 先降后升,C 有升有降,但均无显著性差异。

3.3 高原 6 周训练负荷和机能变化

在下高原后的 6 周平原训练和比赛过程中,BUN 有下降趋势,CK 比高原训练期间明显升高,这可能与下高原后的大强度比赛有关。这同时也说明,平原训

练比高原训练容易提高负荷强度。有研究报道,3 ~ 4 周 2 000 m 左右的亚高原训练可通过增强 EPO 活性,提高血液红细胞和 HB 水平,这些可能与耐力运动员耐力运动成绩的提高有关^[20-21]。但回到平原后,RBC 和 HB 水平会迅速回到平原水平^[22]。世居高原中长跑运动员在平原训练 3 周后,T 有较大幅度的降低,C 在第 1 周时降低,第 3 周后又回升,T/C 比值无明显变化^[23]。世居高原铁人三项运动员下到平原训练的过程中,T 与世居地相比较,无显著性差异,且在个人较理想的水平上^[24]。从本研究的结果可以看出,山地自行车运动员在下高原 1 周内 HB、HCT 和 T 可以保持在较高的水平,从下高原的第 2 周开始,HB、HCT 和 T 呈现逐渐下降的趋势,第 3 周 HB 下降到最低值,第 4 周 T 达到最低值。

4 结论与建议

4.1 结论

- (1)平原训练可以逐步提高运动员对训练负荷的适应能力和机能水平。
- (2)平原训练比高原训练容易提高负荷强度,高原训练比平原训练容易提高负荷量。
- (3)平原训练和高原训练都可以提高运动员的 HB、HCT 和血清 T 水平,但高原训练比平原训练提高的幅度更大一些。
- (4)下高原 1 周内 HB、HCT 和 T 可以保持在较高的水平,从第 2 周开始,HB、HCT 和 T 呈现逐渐下

降的趋势,第 3 周 HB 下降到最低值,第 4 周 T 达到最低值。

4.2 建议

(1)山地自行车运动员上高原前可以考虑安排 5~6 周的平原训练。

(2)高原训练期间容易引起 BUN 升高,教练员要有计划地安排运动员的主动恢复时间。

(3)高原训练可以提高运动员的机能水平,但下高原参加比赛的时间要控制在 1 周之内。

参考文献

- [1] WEHRLIN J P. Live high-train low as-sociated with haemoglobin mass as preparation for the 2003 World Championships in two native European world class runners[J]. Br J Sports Med, 2006, 4(2): 3.
- [2] TOWNSEND N E. Hypoxic ventilatory response is correlated with increased submaximal exercise ventilation after live high, train low[J]. Eur J Appl Physiol, 2005, 94(1/2): 207-215.
- [3] 周广科,武桂新,蔡蓓蕾. 山地越野自行车运动训练与比赛中的生理特征[J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 2009, 8(2): 30-33.
- [4] 武桂新,蔡蓓蕾,周广科. 山地越野自行车运动训练的生理生化监控[J]. 南京体育学院学报自然科学版, 2010, 9(3): 23-26.
- [5] 郭子渊,宣磊,陈瑶,等. 山地自行车运动员备战第 12 届全运会机能变化分析[J]. 体育科技文献通报, 2016, 24(8): 56-58.
- [6] 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.
- [7] 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, 11(52): 10682-10686.
- [8] 高欣,刘海平. 高原训练期间运动员身体机能生理、生化指标的评定方法[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(1): 43-56.
- [9] 高炳宏,马国强,崔登荣,等. 8 周低住高练 LoHi 对游泳运动员血清、变化规律的影响[J]. 体育科学, 2006, 26(5): 48-52.
- [10] 李振江. 男子自行车运动员高原训练生化指标监控[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(2): 83-84.
- [11] GORE CJ, CLARK SA, SAUNDERS PU. No hematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure[J]. Med Sci Sports Exerc, 2007, 39(9): 1600-1609.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] SCHMIDT W, HEINICKE K, ROJAS J, et al. Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude[J]. Med Sci Sports Exe, 2002, 34(12): 1934-1940.
- [15] SAUNDERS P U, PYNE D B, GORE C J. Endurance training at altitude[J]. High Alt Med Biol, 2009, 10(2): 135-148.
- [16] 马国强,李之俊,梁效忠,等. 4 周 1900 m 高原训练对男子短距离自行车运动员无氧代谢能力的影响[J]. 中国体育科技, 2013, 49(4): 60-67.
- [17] 孟志军,高炳宏,高欢. 高原训练对男子赛艇运动员 EPO 和红细胞系等指标影响的研究[J]. 体育科技, 2012, 33(2): 75-80.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] CHAPMAN R F, STAGER J M, TANNER D A, et al. Impairment Of 3000-m run time at altitude is influenced by arterial oxyhemoglobin saturation[J]. Med Sci Sports Exe, 2011, 43(9): 1649-1656.
- [21] WEHRLIN J P, ZUEST P, HALLEN J, et al. Live high-train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes[J]. Appl Physiol, 2006, 100(6): 1938-1945.
- [22] HEINICKE K, HEINICKE I, SCHMIDT W, et al. A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes[J]. Sports Med, 2005, 26(5): 350-355.
- [23] 路瑛丽,冯连世. 世居高原中长跑运动员平原训练期间身体机能变化[J]. 中国运动医学杂志, 2007, 26(3): 300-303.
- [24] 屈成刚,孟超一,王冠栋. 世居高原铁人三项运动员平原训练期间的机能监控[J]. 四川体育科学, 2006, 25(1): 19-21.

[责任编辑 江国平]