

·运动人体科学·

## 马拉松运动员李柱宏亚高原训练期生化指标的监控

王东良<sup>1</sup>, 张胜林<sup>2</sup>

(1.甘肃省体育科学研究所, 甘肃 兰州 730050; 2.兰州理工大学 体育部, 甘肃 兰州 730050)

**摘 要:** 马拉松运动员李柱宏为了备战北京奥运会, 在海拔 1 750 m 的兰州榆中亚高原进行了为期 4 周的针对性训练, 为了解李柱宏在亚高原训练中运动负荷对机体的刺激程度, 掌握亚高原运动训练的规律, 对李柱宏在亚高原不同训练负荷阶段尿常规指标和部分生化指标进行了跟踪检测, 结果发现: 不同运动负荷和强度对红细胞数无显著影响, 大运动量训练可使血清尿素氮和肌酸激酶水平升高, 睾酮和皮质醇比例明显升高, 运动后恢复正常; 运动负荷前后尿比重、酮体、亚硝酸盐及白细胞无显著变化; 运动后尿蛋白、隐血、胆红素、尿胆元水平上升。说明通过生化指标的检测与分析发现, 亚高原训练能对运动员的机体产生较为深刻的影响, 对运动员的训练是有益的。

**关 键 词:** 运动生物化学; 马拉松; 李柱宏; 亚高原训练; 生化指标

**中图分类号:** G804.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2009)06-0098-04

### Monitoring of biochemical indexes of marathoner LI Zhu-hong during sub highland training

WANG Dong-liang<sup>1</sup>, ZHANG Sheng-lin<sup>2</sup>

(1.Sports Science Institute of Gansu Province, Lanzhou 730050, China;

2.Department of Physical Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** For preparing for the Beijing Olympic Games, marathoner LI Zhu-hong carried out 4-week action specific training on a sub highland 1750 meters above sea level in Yuzhong, Lanzhu. In order to understand the degree of simulation produced by exercise loads subjected to LI Zhu-hong during sub highland training to his body, and to grasp sub highland training patterns, the authors tracked and tested conventional uric indexes and some biochemical indexes of LI Zhu-hong at different training load stages during sub highland training, and revealed the following findings: different exercise loads and intensities have no significant effect on the number of red blood cells; training with high exercise intensities can increase the levels of serum urea nitrogen and creatine kinase, and significantly increase the percentages of testosterone and cortisol, which recovered their normal levels after exercising; there is no significant change in specific gravity of urine, acetone body, nitrite and white blood cells before and after exercise loads; the levels of urine protein, occult blood, bilirubin and urine bladder essence increase after exercising. It is discovered via biochemical index test and analysis that sub highland training can produce a relatively profound effect on the body of the athletes, which is helpful to athlete training.

**Key words:** exercise biochemistry; marathon; LI Zhu-hong; sub highland training; biochemical index

我国优秀运动员李柱宏进行马拉松训练 10 年, 成绩稳步上升, 分别在 2003、2004 和 2007 年厦门国际马拉松比赛中 3 次夺得国内第 1 名, 个人最好成绩 2 h

10 min 47 s, 2004 年入选国家马拉松集训队, 并在 2004 年雅典奥运会上以 2 h 19 min 43 s 的成绩取得男子马拉松比赛的第 31 名; 2008 年入选北京奥运会中国体

收稿日期: 2008-09-20

基金项目: 甘肃省科技计划资助(0805TCYA011)。

作者简介: 王东良 (1958-), 男, 副研究员, 研究方向: 高原及亚高原训练, 运动训练的疲劳恢复等。

育代表团。2008年厦门国际马拉松比赛结束后,为了备战北京奥运会,在2008年4月份进行了为期4周的赛前亚高原训练。本文针对李柱宏亚高原训练期生化指标变化进行了检测与分析。

## 1 研究方法

### 1.1 亚高原训练方案

本次亚高原训练时间为4周,以大运动负荷训练为主。训练分为4个阶段,每阶段1周,每周训练6d,调整1d。第1阶段(2008年4月7~13日)为负荷适应期,目的是使运动员对高原训练逐步适应;第2阶段(2008年4月14~20日)为负荷量高峰期,目的是逐步达到大负荷量训练的要求;第3阶段(2008年4月21~27日)为负荷强度高高峰期,目的是利用亚高原地理条件加大对运动员的强度刺激;第4阶段(2008年4月28日~5月4日)为调整补充期,目的是为下高原后的训练做准备。

4个阶段训练的负荷安排见表1。

阶段	亚高原训练4阶段负荷安排 <sup>1)</sup>						%	
	负荷强度训练			负荷量训练				恢复性训练
	大	次大	中	大	次大	中		
第1	13	15	25	20	20	7		
第2	9	25	20		5	30	11	
第3	12	11	22	8	12	25	10	
第4	15	15	20	5	10	25	10	

1) 数据来源: 李柱宏的教练的训练笔记

### 1.2 检测方法

1)尿常规(日检测): 收取运动员训练后15 min的中段尿液10~15 mL,用于检测集训对运动负荷的反应程度;安静时取晨尿中段10~15 mL,用于检测机体恢复情况。检测仪器: Micro AUTION-4260尿液分析仪,使用MA-4260仪器专用试剂条,仪器测试前校准。

2)生化指标(阶段检测): 运动训练后抽取运动员耳垂末梢血液。仪器为全自动生化分析仪。

数据用Spss for windows 12.0软件包处理;结果用平均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示;所得数据采用Independent-samples T Test和One-way Anova,  $P < 0.05$ 表示差异有显著性,  $P < 0.01$ 表示差异有非常显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 尿常规指标的测试结果

亚高原训练期间,坚持每天对李柱宏在大运动负荷后和第2天清晨尿样测试。在尿常规指标的测试中,

发现李柱宏在负荷前后尿比重(SG)结果无变化,酮体(KET)、亚硝酸盐(NIT)及白细胞(LEU)指标的结果也没有出现明显变化,均为阴性。但尿蛋白、隐血、胆红素、尿胆元指标出现明显变化。在大负荷训练后,尿蛋白有时达“++++”、隐血达“++”,胆红素、尿胆元均出现阳性。尿蛋白的排泄可以较敏感地反映运动负荷及机能状态。连续每日的测试结果显示:在训练后的尿蛋白平均值为(176.88 ± 50.37) mg(正常成人尿蛋白排出量很少,30 mg左右,日排出总量在10~150 mg),次日晨尿中尿蛋白平均值为(12.27 ± 2.44) mg,在对李柱宏次日晨尿的检测中偶尔有几次尿蛋白存在“+”,但大部分时间得到恢复,隐血也基本恢复,胆红素和尿胆元次日晨值较训练刚结束时高,说明李柱宏的恢复情况良好。另外对李柱宏4个阶段的尿pH也进行了检测,发现4个阶段尿pH值在(5.36 ± 1.48)~(6.55 ± 1.32)(正常成人的pH值为4.5~8.0),说明李柱宏在亚高原训练期尿pH值的变化不明显(见表2)。

表2 尿常规指标测试结果<sup>1)</sup>

阶段	尿比重	酮体	亚硝酸盐	白细胞
第1	—	—	—	—
第2	—	—	—	—
第3	—	—	—	—
第4	—	—	—	—

  

阶段	尿蛋白	胆红素	尿胆元	pH(尿)( $\bar{x} \pm s$ )
第1	++	+	+	5.53±1.44
第2	++++	++	++	6.30±1.56
第3	+++	++	++	6.55±1.32
第4	++	+	+	5.36±1.48

1) “—”表示阴性,“+”表示阳性

从尿常规的检测与分析中可以看出,对李柱宏亚高原训练的负荷基本达到方案的要求。

### 2.2 生化指标的测试结果

在对李柱宏亚高原训练期生化指标的检测时,一般每2d进行1次,即每个阶段检测3次,4个阶段的生化指标检测结果见表3。

#### 1)免疫系统指标。

运动员的免疫能力与体能状态关系密切<sup>[1]</sup>,一般认为,导致运动员免疫能力下降有两个因素,一是内分泌机制失调;二是大运动量训练刚开始某些激素活性上升,承受大运动量的训练后,白细胞数开始下降,免疫力降低<sup>[2]</sup>。表3的结果显示:李柱宏在亚高原训练的4个阶段白细胞数呈逐渐下降趋势((8.45 ± 1.45)10<sup>9</sup>/L~(6.8 ± 0.4) × 10<sup>9</sup>/L),说明对运动员的训练负荷在逐步加大,按训练计划方案进行。另外李柱宏在第3阶段的最低白细胞数(6.00 ± 0.30) × 10<sup>9</sup>/L,仍高于

普通人的平均值( $5.5 \times 10^9/L$ ), 说明运动员长期对亚高原的训练已产生适应性。

表 3 训练期生化指标测试结果 ( $\bar{x} \pm s$ )

阶段	$C(\text{LEU}) \times 10^9/L^{-1}$	$C(\text{红细胞}) \times 10^{12}/L^{-1}$	$\rho(\text{血红蛋白}) /(\text{g} \cdot L^{-1})$	$c(\text{血尿素}) /(\text{mmol} \cdot L^{-1})$	肌酸激酶活性 $/(U \cdot L^{-1})$	$c(\text{睾酮}) /(\text{nmol} \cdot L^{-1})$	$\rho(\text{皮质醇}) /(\mu\text{g} \cdot dL^{-1})$
第 1	$8.45 \pm 1.45^{2)}$	$4.57 \pm 0.02$	$142.00 \pm 1.00$	$6.06 \pm 0.18$	$345.04 \pm 1.00$	$44.0 \pm 1.0$	$23.05 \pm 0.05^{1)}$
第 2	$7.85 \pm 0.15^{1)}$	$4.65 \pm 0.09$	$143.00 \pm 5.00$	$6.04 \pm 0.46$	$501.51 \pm 3.50$	$26.5 \pm 1.5$	$24.70 \pm 0.30^{1)}$
第 3	$6.00 \pm 0.30$	$4.33 \pm 0.16$	$130.50 \pm 6.50$	$5.27 \pm 0.20$	$550.00 \pm 5.00$	$19.5 \pm 1.5$	$18.15 \pm 0.65$
第 4	$6.80 \pm 0.40$	$4.60 \pm 0.05$	$150.00 \pm 7.00^{1)}$	$6.53 \pm 0.80$	$498.50 \pm 0.50^{1)}$	$45.5 \pm 0.5^{1)}$	$17.35 \pm 0.65$

1)  $P < 0.05$ ; 2)  $P < 0.01$

## 2) 氧转运系统。

红细胞和血红蛋白是氧转运环节的核心指标, 其中红细胞是反映贫血和贫血类型的主要指标, 运动员的正常值为  $3.50 \times 10^{12} \sim 5.60 \times 10^{12}/L^{[3]}$ , 从表 3 可以看出, 李柱宏在 4 个阶段的红细胞数均属于正常值范围, 且偏向上限, 说明运动员在此阶段训练中没有出现贫血症状。

血红蛋白的主要功能是运输氧和二氧化碳, 并参与体内的碳酸平衡和免疫调节。运动员需要的血红蛋白达到理想水平时, 才能表现出好的成绩。运动员血红蛋白的理想值定为男运动员高于  $140 \text{ g/L}$ , 女运动员高于  $130 \text{ g/L}$ 。表 3 的结果显示, 李柱宏在亚高原的 4 个阶段血红蛋白基本处于较高水平, 这与李柱宏长期在亚高原地区的生活和训练有关, 第 3 阶段血红蛋白出现下降, 在查阅训练记录后发现, 主要是次阶段的负荷量和负荷强度相对较大, 运动员出现疲劳所致。针对问题, 给运动员的营养膳食中加入了红细胞保护剂(1.6—二磷酸果糖, 即创威活性糖)、补铁生血剂(创威生血铁)和氧自由基拮抗剂(长白景仙灵、番茄红)等, 在第 4 阶段则达到正常水平。

## 3) 物质能量代谢系统指标——血尿素(BUN)。

尿素是人体内蛋白质和氨基酸代谢的最终产物, 是评定运动负荷和运动员身体机能状况的有效指标。尿素的生成和排泄处于动态平衡, 血尿素浓度相对稳定, 运动员安静时血尿素浓度偏高, 为  $4.0 \sim 7.0 \text{ mmol/L}$ , 原因是受训练影响体内蛋白质代谢旺盛。血尿素指标在运动时可用以评定运动员负荷量。若一次大运动量训练后, 血尿素超过  $8.0 \text{ mmol/L}$ , 是训练负荷过大的表现。若在训练或比赛次日晨测定血尿素浓度, 可以评定恢复状况, 血尿素值低, 表示代谢平衡, 即运动负荷适宜, 身体机能良好。运动次日晨或第 3 日晨血尿素值仍超过正常值水平, 则表示机体对训练负荷不适应, 身体机能较差。在安排训练周期负荷量时, 依据血尿素浓度变化可分析训练负荷情况。

李柱宏亚高原训练 4 个阶段血尿素指标的测试结

果基本在  $(5.27 \pm 0.20) \sim (6.53 \pm 0.80) \text{ mmol/L}$ , 说明运动员已完全适应亚高原训练这种环境变化对机体刺激, 而且运动能力也在提高。

## 4) 肌肉负荷及组织损伤指标——血清肌酸激酶(CK)。

血清肌酸激酶是由骨骼肌和心肌细胞内的肌酸激酶透过细胞膜进入血液的结果。当负荷强度和负荷量都大时, 影响最明显。骨骼肌肌酸激酶是关系到短时间剧烈运动时快速合成 ATP、运动后 ATP 恢复的重要代谢酶, 肌酸激酶与运动时和运动后能量平衡及转移有密切关系。正常人安静值范围: 男子  $10 \sim 100 \text{ U/L}$ 。负荷训练可引起血清肌酸激酶活性升高, 其原因可能与肌细胞膜的通透性增大或肌肉损伤有关。负荷强度和负荷量都对血清肌酸激酶活性有影响, 一般认为, 负荷强度的影响大于负荷量, 当负荷强度和负荷量都大时, 其酶活性升高最明显。运动员的血清肌酸激酶活性安静值定为: 男子  $< 500 \text{ U/L}$ 。

表 3 的数据表明, 运动负荷对血清 CK 的影响, 当负荷强度和量都大时, 影响最明显。根据训练方案, 对李柱宏在第 2 和第 3 训练阶段负荷强度和负荷量达到最大, CK 活性分别达到  $(501.5 \pm 13.5)$  和  $(550.0 \pm 5.0) \text{ U/L}$ 。

## 5) 内分泌系统表现指标——睾酮(T)和皮质醇。

睾酮是体内主要的雄激素, 睾酮能显著增加运动员肌肉蛋白质合成和肌肉力量, 增加肌肉对葡萄糖的吸收和肌糖原合成, 并且在一定条件下能增强运动员的运动能力和竞技能力。在运动训练过程中, 如自身对照发现血睾酮(男运动员血睾酮浓度在  $9.5 \sim 35.0 \text{ nmol/L}$ )<sup>[6]</sup>水平下降则意味着运动员机能下降, 对运动负荷不适应; 如血睾酮处于较高水平, 说明对运动负荷适应, 训练后机体可较快恢复, 运动员机能状态良好。

皮质醇是促进机体分解代谢的重要激素, 当运动后皮质醇仍然保持较高水平时, 就会导致机体分解代谢过于旺盛, 不利于消除疲劳, 如果长期保持较高质

量浓度(男运动员的正常值在6~26  $\mu\text{g/dL}$ )而不能恢复到正常水平,则可能是过度训练引起,教练员就应该调节阶段训练负荷,在同样负荷的运动下,血清皮质醇上升越多或下降越少,运动员越能适应大负荷运动,越易取得好成绩。

从表3可以看出,4个阶段血睾酮浓度均在19 nmol/L以上,在第2和第3阶段血睾酮相对较低,这与运动负荷有关,但在第4阶段,血睾酮的浓度达到(45.5  $\pm$  0.5) nmol/L以上,说明运动员经过一段时间亚高原训练后,肌肉力量明显得到增强。

李柱宏在第1阶段((23.05  $\pm$  0.05)  $\mu\text{g/dL}$ )和第2阶段((24.7  $\pm$  0.3)  $\mu\text{g/dL}$ )的皮质醇略有增高,这是因为运动员刚上亚高原训练机体暂时不适应造成的,而在第3阶段((18.15  $\pm$  0.65)  $\mu\text{g/dL}$ )和第4阶段((17.35  $\pm$  0.65)  $\mu\text{g/dL}$ )逐渐回落,也说明运动员对亚高原环境产生了适应。

### 3 结论

1)在亚高原训练中采用生化指标监测训练,能提高运动员训练的针对性和有效性,促进运动员运动能力的提高,可为科学制定训练计划和合理安排训练内容提供有效帮助。

2)经过亚高原训练后,运动员的有氧运动能力得到明显改善,表现在血红蛋白值呈上升趋势。符合有氧训练计划达到的预期训练目标。

3)通过亚高原的训练,运动员的肌肉爆发力明显得到改善,表现在血睾酮浓度值显著性增强。

4)尿蛋白与尿蛋元是监测训练负荷的敏感指标,

尿蛋白与运动负荷密切相关,尿胆元次日晨值较训练刚结束时高,说明运动员恢复情况良好。

由于亚高原训练监测研究在我国仍不系统和深入,尚处于探索阶段,没有可以借鉴和遵循的模式,而且亚高原训练到目前还未得出公认的结论。本研究仅是结合马拉松训练的特点,对个别优秀运动员亚高原训练监测进行了初步的探讨,对教练员的训练计划、训练方法和训练效果进行评价、总结和实验研究,为今后进一步进行该方面的研究提供帮助。

### 参考文献:

- [1] 冯连世,李开刚. 运动员机能评定常用生理生化指标测试方法及应用[M]. 北京:人民体育出版社,2002: 98-99.
- [2] 浦均宗. 优秀运动员机能评定手册[M]. 北京:人民体育出版社,1989: 88-120.
- [3] 刘汉扬. “高原训练”的生理基础和应用[J]. 天津体育学院学报,1990,5(1): 5-10.
- [4] 李志辉,罗平. SPSS for windowss 统计分析教程[M]. 2版. 北京:电子工业出版社,2003: 130-140.
- [5] 张胜林. 甘肃省男子中长跑运动员冬训前 HB、BUN、CK 指标评价[J]. 甘肃联合大学学报:自然科学版,2007,21(4): 112-114.
- [6] 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): 37-40, 34.

[编辑: 郑植友]