

# 游泳运动员赛前训练期生化指标的监测分析

李超奇<sup>1a</sup>, 党英<sup>1b</sup>, 王华<sup>1a</sup>, 张强<sup>2</sup>, 党晓云<sup>1a</sup>

(1. 河南师范大学 a. 体育学院; b. 新联学院, 河南 新乡 453007; 2. 河南省体育局游泳运动中心, 郑州 450012)

**摘要:** 为了解游泳运动员赛前训练的生化特点和身体机能的变化规律, 对参加全国游泳冠军赛的 15 名运动员赛前训练期的部分生化指标进行了监测. 结果发现: (1) 优秀游泳运动员的 Hb, RBC, HCT 在赛前训练初期没有明显变化, 训练中期明显下降, 到训练后期逐步回升并且达到整个训练周期的最高水平. (2) 血清 CK 在赛前训练中变化幅度较大, 训练中期有明显的升高, 在训练末期回落到较低水平; 男、女运动员 BU 变化幅度不大并且均在正常范围之内. (3) T/C 比值在训练初期明显降低, 在训练末期回升到赛前水平. 结论: 这种负荷方式的赛前训练既达到了对机体形成刺激作用又能达到适应和恢复的目的. 在训练末期优秀游泳运动员的血液携氧能力、营养状况、内分泌机能状态等均得到恢复和改善.

**关键词:** 游泳运动员; 赛前训练; 生化指标; 监测分析

**中图分类号:** G804.21

**文献标志码:** A

随着近年来竞技体育的不断发展, 游泳比赛也日益受到人们的关注. 为了能在游泳比赛中取得优异成绩, 科学的安排和实施赛前训练计划显得尤其重要. 本研究通过监测优秀游泳运动员赛前集训期中血红蛋白(Hb)、红细胞计数(RBC)、红细胞压积(HCT)、血尿素(BU)、肌酸激酶(CK)、血清睾酮/血清皮质醇(T/C)比值等指标的动态变化, 分析出运动员机能状态变化规律为运动员合理安排赛前训练计划提供参考依据.

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

备战 2013 年全国游泳冠军赛的河南省游泳队 15 名优秀游泳运动员, 其中男子 8 名[身高(179.21 ± 3.4) cm, 体重(76.42 ± 6.32) kg], 女子 7 名[身高(169.62 ± 4.7) cm, 体重(63.24 ± 5.71) kg]. 15 名均为短距离蛙泳、自由泳、蝶泳运动员, 年龄在 16 至 22 岁之间, 训练年限在 6 至 9 年之间.

### 1.2 研究方法

1) 赛前训练负荷量和负荷强度的设计. 本研究所选择的实验时段为大赛前的一个完整训练周期(7 周). 该训练周期前, 运动员处于调整训练阶段(2 周内未进行大运动量、大强度训练). 训练周期包括中等强度大运动量训练阶段(1、2、3 周)、大强度中运动量训练阶段(4、5 周)和中等强度中运动量恢复阶段(6、7 周). 每周一至周六为训练时间, 每周日休息. 实验期间, 运动员训练量、训练强度、训练内容的安排基本一致. 2) 测试指标与方法. 每周训练后次周一晨早餐前(7:30-8:30)采血测试本周数据, 第一周周一测试值为赛前训练初始数据. 测试指标包括血红蛋白(Hb)、红细胞数(RBC)、红细胞压积(HCT)、血尿素(BU)、血清肌酸激酶(CK), 测试仪器为美国产 MD100 半自动生化分析仪及配套试剂条和日本产 SK990 血球分析仪. 每两周(1、3、5、7 周)周一晨早餐前(7:30-8:30)采血用放射免疫法测试血清睾酮(T)值和血清皮质醇(C)值, 测试使用天津 DPC 生物制品有限公司生产的试剂盒.

### 1.3 数据处理

收稿日期: 2014-08-27

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究计划项目(092300410239); 河南师范大学博士启动基金(01066500001).

作者简介(通信作者): 党晓云(1965-), 女, 河南林州人, 河南师范大学教授, 博士, 研究方向为体能训练与运动监控.

E-mail: dxy6668@sina.com.

采用 SPSS19.0 统计软件包对所测数据进行统计学处理. 结果以平均数±标准差表示, 显著水平为  $P<0.05$ , 非常显著水平为  $P<0.01$ .

## 2 结果

### 2.1 赛前训练周期中血红蛋白、红细胞指标的变化

结果显示, 河南省男子游泳运动员训练第4周血红蛋白值最低  $152.33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 训练到第7周达到最高  $160.87 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ . 女子游泳运动员训练第3周血红蛋白值最低  $140.83 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 训练到第7周达到最高  $148.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ . 并且河南省优秀男、女游泳运动员赛前训练周期血红蛋白、红细胞数、红细胞压积变化趋势也基本相同. 在训练初期即第1周血红蛋白、红细胞数、红细胞压积测值没有明显变化, 但第2周、第3周、第4周逐渐下降, 训练末期又有所升高达到整个周期的最高水平. 并且与训练开始前有显著的差异 ( $P<0.05$ ), 见表1.

表1 河南省优秀游泳运动员赛前训练周期血红蛋白、红细胞数、红细胞压积均值变化

	Hb(g/L)		RBC( $\times 10^{12}$ )		HCT(%)	
	男	女	男	女	男	女
训练前	160.13±9.82	142.40±9.04	5.02±0.43	4.51±0.25	45.55±3.23	40.16±3.84
第1周	160.37±11.77	145.20±12.79	5.17±0.53	4.73±0.43	46.27±4.43	41.14±3.34
第2周	157.22±11.01	144.00±10.06	5.04±0.34	4.77±0.49	45.35±3.13	42.08±4.48
第3周	153.11±6.69	140.83±10.42	4.88±0.25	4.56±0.39	43.88±1.73	40.35±3.57
第4周	152.33±8.71	144.67±7.74	4.90±0.28	4.68±0.23	44.85±3.12	41.33±2.86
第5周	157.11±10.99	142.50±9.98	4.96±0.44	4.57±0.46	43.71±3.53	39.65±3.11
第6周	155.55±13.46	144.50±9.35	4.94±0.67	4.60±0.42	43.70±5.34	40.05±2.30
第7周	160.87±8.77	148.20±8.73	5.12±0.44	4.83±0.38	45.01±2.42	41.74±3.34

### 2.2 赛前训练周期中血肌酸激酶、血尿素的变化

结果显示, 在训练初期(1、2、3周)女运动员 CK 值有持续升高的趋势, 在第3周达到最高  $173.00 \text{ mmol/L}$ , 与训练前相比有非常显著的差异 ( $P<0.01$ ), 男运动员 CK 值在第1周训练后明显升高达到次高  $227.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 与训练前相比有显著的差异 ( $P<0.05$ ); 在训练中后期男、女运动员 CK 值逐渐降低, 到训练最后两周处于整个集训期的最低水平, 男、女运动员均在第6周达到最低值, 其中男运动员  $124.66 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  与训练前相比有显著的差异 ( $P<0.05$ ), 女运动员  $103.66 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  与训练前相比有显著的差异 ( $P<0.05$ ), 见表2. 河南省优秀男、女游泳运动员在赛前训练周期中 BU 值变化幅度不是很大, 整体变化趋势基本相同. 在训练初期(1、2、3周)男、女运动员 BU 值均有持续升高的趋势, 其中男运动员在第3周达到最高  $5.16 \text{ mmol/L}$ , 与训练前相比有显著的差异 ( $P<0.05$ ), 女运动员 BU 值在第2周达到最高  $4.50 \text{ mmol/L}$ , 与训练前相比有显著的差异 ( $P<0.05$ ); 训练中后期男、女运动员 BU 值逐渐降低, 到训练最后处于整个集训期较低水平.

表2 河南省优秀游泳运动员赛前训练周期中血尿素、血肌酸激酶均值变化

	CK( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )		BU/( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	
	男	女	男	女
训练前	141.71±46.43	121.20±60.66	4.52±0.97	3.36±0.83
第1周	227.50±205.97	132.20±22.60	4.97±1.38	3.72±0.47
第2周	222.00±105.87	151.66±66.60	4.78±1.15	4.50±1.14
第3周	206.55±71.42	173.00±32.60	5.16±0.90	4.45±0.84
第4周	198.22±95.42	115.50±66.71	4.60±1.31	4.30±1.56
第5周	238.44±87.64	121.33±40.33	4.53±1.05	4.20±0.82
第6周	124.66±40.01	103.66±40.56	4.21±1.23	4.34±1.45
第7周	126.37±45.99	145.00±201.47	4.50±1.24	4.22±1.78

### 2.3 赛前训练周期中血清睾酮、血清皮质醇以及 T/C 值的变化

结果显示, 男、女运动员训练第1周和第3周 T 值和 C 值均较训练前升高, 并且第3周所测 T 值和 C 值与训练前相比均有显著性差异 ( $P<0.05$ ). 男、女运动员所测 T 值在第7周均处于整个集训期较高水平, 与训练前相比有非常显著性差异 ( $P<0.01$ ). 然而男、女运动员 C 值在集训期第7周有所降低, 与训练前相比有显著性差异 ( $P<0.05$ ). 男、女运动员训练第1周和第3周 T/C 值均降低, 并且第3周所测 T/C 值与训练前相比均有显著性差异 ( $P<0.05$ ), 在集训末期 T/C 值升高训练前水平(表3).

表3 河南省优秀游泳运动员赛前训练周期中血睾酮、血清皮质醇、T/C 均值变化

	T/(ng·dL <sup>-1</sup> )		C/(ng·mL <sup>-1</sup> )		T/C	
	男	女	男	女	男	女
训练前	613.58±106.22	56.52±5.64	16.26±3.45	20.17±4.45	37.74±7.45	2.80±0.34
第1周	627.35±94.21	59.03±7.25	18.59±4.83	23.34±5.63	33.75±6.58	2.53±0.52
第3周	634.26±89.93	61.34±4.85	22.25±8.43	24.66±8.34	28.51±7.54	2.49±0.29
第5周	601.33±102.57	57.32±6.36	21.31±5.32	25.08±3.64	28.22±9.45	2.29±0.44
第7周	633.00±93.75	63.00±8.37	18.10±7.89	23.01±8.86	34.97±8.25	2.74±0.28

### 3 讨论与分析

赛前训练是保证运动员在比赛中正常或超常发挥极为重要的训练阶段,赛前训练安排的基本原则是以恢复为主,但又要给运动员一定强度的刺激,使其在身体机能充分恢复到最佳的前提下提高生理和心理的兴奋性,保持较高的技战术水平<sup>[1]</sup>.本研究的赛前训练计划正是基于这一原理进行安排的,前期主要安排高强度高运动量的训练,给运动员身体一定的刺激,之后,逐渐减小运动负荷使运动员机能恢复.根据机能的监控进行科学减量,使运动员的身体机能既充分恢复到最佳状态又能保持一定的兴奋性从而在正式比赛中发挥出最佳水平.

#### 3.1 赛前训练对血红蛋白、红细胞指标的影响

在人体内红细胞担负着氧运输的功能,血红蛋白是氧运输的物质基础,血红蛋白含量的高低影响着运动员的有氧耐力运动能力.运动也可以影响血红蛋白的含量,高强度、大运动量训练引起的红细胞和血红蛋白破坏速度超过生成速度,则可能导致红细胞的减少和血红蛋白下降甚至发生贫血.如果长期高强度大运动量训练,恢复时间又不足,则有可能出现明显的血红蛋白下降,继而可严重影响运动员的运动能力和恢复能力<sup>[2]</sup>.经过一个阶段训练后,身体对运动量适应,血红蛋白的浓度又会回升,这是机能改善、运动能力提高的表现,此时运动员参加比赛成绩一般较好<sup>[3]</sup>.本研究中男、女运动员血红蛋白、红细胞数、红细胞压积变化趋势基本相同,训练初期时测值基本没有变化,说明运动员对运动强度还比较适应.但在第2、3、4周血红蛋白、红细胞数、红细胞压积测值有明显的降低,这是因为在此时期进行的是运动量大、运动强度高的训练,运动员没有适应此种训练强度,红细胞和血红蛋白破坏速度超过生成速度导致测值明显下降.随着训练强度的降低,运动员对训练负荷适应机能得到恢复和改善,血红蛋白浓度回升,到训练末期达到整个集训期的最高水平.表明运动员经过一个阶段训练后,身体对负荷强度适应,血液携氧能力和营养状况均得到了提高和改善.

#### 3.2 赛前训练对血肌酸激酶、血尿素的影响

血清CK和BU都能反映运动员机能变化的情况,运动量和运动强度的增加都会引起这两个指标的升高<sup>[4]</sup>.但血清CK在运动后活性升高幅度大,能较好地反映运动强度的大小及运动后的恢复过程,是一个灵敏度较高,便于运动实践中应用的有效指标<sup>[5]</sup>.BU则更多被作为反映运动量的指标,一般在30min以内的运动后,血尿素值变化不大,只有超过30min的运动后血尿素水平才较明显增加<sup>[6]</sup>.

本研究中男、女运动员在第1、2周训练后血清CK均比训练前升高说明赛前训练初期的运动负荷对机体产生刺激,这种刺激使运动员骨骼肌细胞膜通透性发生变化,组织中的CK进入血液使血清CK升高.随着对运动负荷的适应运动员机能得到恢复,血清CK变化幅度减小.在游泳训练中,运动强度对血清CK的影响比运动时间更大<sup>[4]</sup>.在训练中期运动强度加大,由于血清CK对运动强度的变化特别敏感所以在第5周时男、女运动员血清CK又有明显升高,男运动员血清CK值达到整个训练期的最高值.如果运动员血清CK值持续处于较高水平则运动员可能处于疲劳状态甚至可能出现过度训练,此时教练员应调整训练计划,到训练后期逐渐减小运动强度.训练周期最后两周男、女运动员血清CK值降到较低水平,这与运动强度降低有关,另外,也反映了运动员对训练的适应和机能的恢复得到改善.

从整个训练周期来看,男、女运动员BU变化幅度不是很大.随着训练的开始男、女运动员的BU值与训练前相比有所升高,这说明前一周的训练量对运动员身体产生了刺激,上升幅度不大没有超过8mmol/L,我们认为这种刺激对运动员是合适的.虽然训练第3周开始减少运动量但运动员BU值还有所升高,这是因为长时间大运动量的训练使机体蛋白质分解代谢加强,甚至在运动后几天内仍维持较高的分解代谢.随着运动

量的继续调整,男运动员 BU 值在第 4 周后有明显的下降,到训练后期甚至达到整个训练期的最低水平(第 6 周测值低于训练前测值),这说明运动员对运动量逐渐适应,机体蛋白质分解代谢减弱,机体状态得到恢复和改善.这个时期女运动员 BU 值没有明显的下降,在训练最后阶段还是没有恢复到训练前水平,这种现象可能是因为女运动员对此种形式的运动量适应性较低,逐渐减小的运动量对男运动员起到了减量的效果,而对女运动员来说还需要继续减小运动量.所以只从 BU 指标变化来看,女运动员机能状态没有得到很好的恢复;但是如果从 BU 测值来看,训练最后一周女运动员 BU 值  $4.22 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  处于正常范围( $1.18 \sim 8.19 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )之内<sup>[4]</sup>,一般认为这种刺激对运动员也是合适的.

### 3.3 赛前训练对血清睾酮、血清皮质醇以及 T/C 值的影响

睾酮和皮质醇是机体内主要的同化和异化激素,睾酮促进蛋白质的合成,而皮质醇促进蛋白质的分解,正常情况下血清睾酮和血清皮质醇的代谢是平衡的.通常人体由静止到中等强度运动或中等偏上强度运动时血 T 和血 C 会同时升高,机体内合成与分解代谢同时增强<sup>[6]</sup>.长时间大负荷的运动会造成血清睾酮的下降和血清皮质醇的上升,分解代谢变化速度大于合成代谢变化速度<sup>[4]</sup>.有部分学者认为,T/C 比值可作为早期判断运动员是否有过度训练或过度疲劳的监控指标.比值较高,表示合成代谢大于分解代谢,体内蛋白质合成增加,有利于体力的恢复和运动能力的提高;若比值持续较低或减少了 30% 以上,则表示训练过度<sup>[7]</sup>.本研究中男、女运动员在训练前期血 T 和血 C 均比训练前升高,但血 C 升高的速度大于血 T 升高的速度,这是因为训练开始后机体对运动负荷的刺激做出反应,分解代谢和合成代谢均增强,但相对来说机体分解代谢增强更加明显,T/C 比值也开始下降.随着训练的继续,运动强度增加,男、女运动员血 C 明显的升高,T/C 比值也继续下降,说明运动员对运动刺激的反应继续增加,分解代谢占主导地位,此时 T/C 比值持续较低,为了防止过度训练教练员需要调整训练,降低运动负荷使运动员机体恢复.在训练最后阶段男、女运动员血 T 增高,血 C 降低,T/C 比值升高,这说明在最后两周的调整训练后运动员机体内合成代谢大于分解代谢,体内蛋白质合成增加,有利于机体状态的恢复和运动能力的提高,训练第 7 周男、女运动员 T/C 比值训练前相比没有明显变化,说明男、女运动员机能状态均得到了恢复.

### 参 考 文 献

- [1] 黄昆仑,汪俊.高水平游泳运动员赛前训练特点与调控研究[J].广州体育学院学报,2011,31(4):76-81.
- [2] 黄园,陈志庆,邱卓君等.运动对红细胞老化与生成的影响[J].中国运动医学杂志,2002,21(5):458-461.
- [3] 封文平,洪平,冯连世等.国家优秀游泳运动员赛前训练的生化特点及机能评定[J].体育科学,2004,7(24):19-21.
- [4] 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,2006.
- [5] 袁青.血清肌酸激酶的运动训练负荷监控作用研究述评[J].体育学刊,2007,14(6):40-43.
- [6] 李越,朱志根.优秀游泳运动员赛前训练周期中 VAT、CK、BU、Hb 和 T/C 值的变化分析[J].中国运动医学杂志,2007,26(3):336-339.
- [7] 武桂新,谢敏豪,冯炜权.运动应激与睾酮生物合成研究进展[J].北京体育大学学报,2001,24(3):342-346.

## Monitoring and Analysis on Biochemical Indexes of Swimming Athletes Training Period

LI Chaoqi<sup>1a</sup>, DANG Ying<sup>1b</sup>, WANG Hua<sup>1a</sup>, ZHANG Qiang<sup>2</sup>, DANG Xiaoyun<sup>1a</sup>

(1a. College of Physical Education; 1b. College of Xinlian, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China;  
2. The Swimming Center of Administration of Sports of Henan Province, Zhengzhou 450012, China)

**Abstract:** In order to understand the changes of biochemical characteristics and body functions of swimmers in the period of pre-competition training, this paper tests certain biochemical indicators of 15 athletes who took part in the national swimming championships. The results shows that: 1) The levels of Hb, RBC and HCT of these excellent swimmers show no significant changes at the initial training stage but a dramatic decline at the intermediate stage. While at the later stage, these levels gain a gradual recovery and hit a record high. 2) There appears a high amplitude of CK variation, with a noticeable rise at the intermediate stage and a fall to a low level in the end. The BU levels of both male and female athletes change slightly and remain within the normal range. 3) T / C ratio experiences a marked drop at the initial training stage, and then rebounds to the pre-competition level.

**Conclusion:** Weight training not only has a stimulating effect on the body, but also serves the purpose of adaptation and recovery. At the last stage of training, there is significant recovery and improvement in oxygen carrying capacity, nutritional status and endocrine function of these great swimmers.

**Keywords:** swimming athletes; pre-competition training; biochemical indicators; Monitoring and Analysis