

·运动人体科学·

运动训练生化指标分级及其与运动成绩的相关性

康琰琰^{1, 2}, 刘承宜¹, 李吉如², 季健民³, 林首德³

(1.华南师范大学 体育科学学院 激光运动医学实验室, 广东 广州 510006;

2.广东省体育科学研究所 国家体育总局体能与训练适应控制系统重点实验室, 广东 广州 510663;

3.广东省船艇训练中心 康复中心, 广东 广州 510545)

摘 要: 以备战十二运的广东划船运动员作为研究对象, 利用变异系数(CV)、黄金分割常数对常规训练监控指标进行稳定性分析和定量差异分级, 通过分析监控指标与竞技成绩之间的相关性, 确定训练监控的核心参数。结果发现: (1)奖牌组的运动员机能指标的稳定性普遍高于非奖牌组运动员, 奖牌组运动员血清肌酸激酶(CK)和睾酮(T)的 CV 值显著小于非奖牌组运动员; (2)对监控指标进行定量分级, 血尿素(BUN)、T 和 CK 均可进行分级, CK 最高可分 4 级, 其中男女运动员 CK 及女运动员 CK(1 级)的定量差异在奖牌和非奖牌运动员间均呈显著性差异($I \geq 0.80$); (3)定量分级前后 CK 均显示出与竞技成绩有较高相关性, 其中 2 级 CK 及 1 级 T 的 CV 值与竞技成绩之间具有显著相关性, 可作为训练监控的核心参数。CV 稳定性分析和定量分级相结合可以了解指标的稳定性规律, 把指标、训练强度及竞技成绩有效关联, 确定“常规训练”和“过度训练”的界限, 有助于制定个性化训练方案, 有效鉴别优秀运动员。

关 键 词: 运动生物化学; 训练监控; 定量分级; 变异系数; 黄金分割

中图分类号: G804.7 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2016)06-0122-07

Classification of sports training biochemical indexes and their correlations with sports performance

KANG Yan-yan^{1, 2}, LIU Cheng-yi¹, LI Ji-ru², JI Jian-min³, LIN Shou-de³

(1.Laboratory of Laser Sports Medicine, School of Physical Education, South China Normal University,

Guangzhou 510006, China; 2.Key Laboratory of Physical and Training Adapted Control Systems, Guangdong

Provincial Institute of Sports Science, Guangzhou 510663, China; 3.Rehabilitation Center,

Guangdong International Rowing Center, Guangzhou 510545, China)

Abstract: By basing their research object on Cantonese rowers preparing for the 12th National Games, the authors carried out stability analysis and quantitative difference classification on routine training monitoring indexes by utilizing coefficient of variation and golden division constant, determined core parameters for training monitoring by analyzing the correlations between monitoring indexes and competitive performance, and revealed the following findings: 1) the stability of functional indexes of the rowers in the medal group was generally higher than that of the rowers in the non-medal group, the CV values of serum creatine kinase (CK) and testosterone (T) of the rowers in the medal group were significantly lower than those of the rowers in the non-medal group; 2) quantitative classification carried out on monitoring indexes: blood urea (BUN), T and CK can all be classified, CK can be divided into 4 levels highest, there was a significant difference ($I \geq 0.80$) in the quantitative differences of CK of the male and female rowers and CK (level 1) of female rowers between the medaled rowers and the non-medaled rowers; 3) before and after quantitative classification, CK showed a high correlation with competitive performance, the CV values of level 2 CK

收稿日期: 2016-02-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(61575065); 广东省科技计划项目(2012B031600004); 广东省科技计划项目(2014A020220004); 广东省体育局科技计划项目(GDSS2014126)。

作者简介: 康琰琰(1980-), 女, 副研究员, 博士研究生, 研究方向: 运动人体科学。E-mail: ella_kang@qq.com 通讯作者: 刘承宜教授

and level 1 T were significantly correlative with competitive performance, can be used as core parameters for training monitoring. The combination of CV stability analysis and quantitative classification can let us understand index stability patterns; effectively correlating indexes, training intensity and competitive performance, and determining the boundary between "routine training" and "over training", are conducive to making individualized training plans and effectively identifying excellent athletes.

Key words: sports biochemistry; training monitoring; quantitative classification; coefficient of variation; golden division

训练监控是运动训练科研人员的日常工作, 通过监控积累了大量数据, 这些数据与运动员训练强度和运动水平之间存在一定的关系, 但一直难以厘清。运动强度和运动水平可以分级^[1], 相应的生化参数也应该可以分级。本研究试图利用黄金分割常数($\tau = (\sqrt{5} - 1)/2 \approx 0.618$)对训练监控的生化指标进行分级, 并利用变异系数(coefficients of variation, CV)研究它们与运动水平之间的相关性。生化参数分级的前提是表征差异的大小, 自然常数可以将微妙的自然差异转化为人类容易识别的差异^[2], 黄金分割常数是区分两个数差异的自然常数^[4]。为讨论方便, 本研究把以黄金分割常数为底的对数称为黄金对数, 借助黄金对数来度量两个数之间的相对差异, 称之为定量差异(quantitative difference, QD)^[3]。生化参数的定量差异显著性量级为 0.80。本研究用 0.80 来对生化参数进行分级。

CV 是生化指标与运动水平联系的桥梁。运动成绩的 CV 研究很多, 总体来说, 结论相似, 名次越靠前, 成绩的 CV 值越小, CV 值可以作为研究运动员成绩稳定性的一个有效指标。Stewart 等^[4]研究发现比赛中运动成绩的稳定性会影响运动员的专注性和比赛名次。Malcata 等^[5]认为通过对运动员竞技成绩稳定性分析能够估测一些影响比赛成绩的因素, 比赛动态、环境和运动员专项技术能力等因素均有利于对运动成绩的稳定性进行识别和评估。Smith 等^[6]和 Spence 等^[7]也尝试把竞技成绩 CV 指标应用于预测比赛成绩的研究方面。国内对竞技成绩稳定性的研究起步相对较晚, 把运动员竞技成绩的 CV 值作为运动员竞技成绩的稳定性指标对田径多个项目进行研究, 发现比赛名次越靠前, 运动员的成绩稳定性越好, CV 值越小^[8-9]。武露凌等^[10]发现生化指标的 CV 值在不同项目之间具有差异性。然而, 上述研究均未提及生化指标稳定性与竞技成绩之间的关系。本研究将探讨生化参数分级前后 CV 与运动成绩之间的相关性, 以备战十二运的广东赛艇运动员作为研究对象, 对其进行长期跟踪测试(2010—2013 年), 采用黄金分割定量分析和 CV 稳定性分析两种方法了解赛艇运动员生化指标分级情况和稳定性变化, 分析指标变化与竞技成绩之间的关联规律, 寻找训练监控的核心生化指标, 揭示运动员克敌制胜的关键因素, 为教练制定个性化训练方案提供依据。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

选取备战十二运的 47 名广东赛艇运动员作为研究对象, 运动员按训练水平分为“奖牌组”(13 人)和“非奖牌组”(34 人)。其中“奖牌组”运动员需同时具备两个条件: (1)被授予“国际运动健将”称号; (2)曾获得奥运、亚运前 3 名或全运第 1 名。“非奖牌组”运动员为未达到上述两个条件的省级正式注册运动员, 男子年龄(20.35 ± 3.64)岁, 训练年限(5.35 ± 1.98)年; 女子年龄(19.95 ± 2.37)岁, 训练年限(5.31 ± 3.00)年。

1.2 研究方法

1)不同级别赛艇运动员机能监控指标测试。对 47 名赛艇运动员十二运周期(2010 年 11 月 ~ 2013 年 8 月)中的血尿素(blood urea, BU)、血红蛋白(hemoglobin, HB)、血睾酮(testosterone, T)及血清肌酸激酶(creatine kinase, CK)跟踪测试。取晨起静脉血, 1 次/周。4 项机能指标共约 9 370 人次测试。对符合常规训练的上述 4 项指标(排除因疾病、伤病等外在原因导致的一些非正常指标)分别在不同性别、不同级别(奖牌和非奖牌)运动员之间进行比较。

2)采用变异系数差异分析法对赛艇运动员机能指标的稳定性分析。采用 CV 差异分析法计算, 对奖牌组和非奖牌组各指标稳定性进行分析, 两种分析方法相结合确定奖牌组运动员竞技特点的指标。CV 值的计算方法为标准差(Standard deviation, SD)除以平均值(\bar{x}): $CV = SD / \bar{x}$ 。

3)采用黄金分割常数对生化指标的定量分级。在 CV 差异分析法计算指标稳定性的基础上, 进一步利用基于黄金对数的定量差异来对监控指标进行分级。对于任何两个数 x 和 y , 两者的 l 级定量差异^[5]定义为比值的黄金对数: $l = |\log_{\tau}(x/y)|$ 。对于生化指标, $l \geq 0.80$ 表示定量差异显著^[4]。具体分组方法: 假设某组数据由小到大排列为 $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n$, 寻找所有小于 $x_1 / \tau^{0.80}$ 的数据取平均值 \bar{x}_1 , 继续寻找所有 $\bar{x}_1 / \tau^{0.80}$ 小于的数据取平均值 \bar{x}_2 , 进一步寻找所有小于 $\bar{x}_2 / \tau^{0.80}$ 的数据取平均值 \bar{x}_3, \dots , 直到再也找不到平均值 \bar{x}_k 为的数据组之外但小于 $\bar{x}_k / \tau^{0.80}$ 的数据为止。上述数据构成一个组, 其平均值 \bar{x}_k 定义为 y_1 。用同样的方法对余下的数据分组, 将原来的数据组划分为 m 级: $y_1,$

$y_2, \dots, y_i, \dots, y_m$ 。本研究中奖牌组和非奖牌组之间定量差异及显著性以上述公式为标准度量,运动员多次生化指标数据以显著差异($I \geq 0.80$)为标准进行定量分级。

4)运动员机能指标稳定性变化与竞技成绩的相关分析。国际上赛艇正式比赛只有 2 000 m 项目,时间在 6~7 min。水上运动成绩受到风、水流、水域环境等的影响,国内外赛艇实际训练常用测功仪 2 000 m 模拟正式比赛,测试赛艇运动员的专项能力。本研究中测试赛形式包括赛艇测功仪 2 000 m(美国 Concept2,运动员对仪器使用熟练)和水上 2 000 m 测试,测试成绩以 γ (Result)表示,其 CV 以 CVR 来表示,运用相关分析法研究运动员机能监控指标与竞技成绩之间的相关性,筛选与运动员竞技成绩相关较大的指标。

1.3 数据处理

采用 SPSS19.0 统计软件对数据进行统计学处理,各数据均以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 T 检验,相关分析等方法对各组数据进行分析。 $P < 0.05$ 表示组间差异有统计学意义, $P < 0.01$ 表示组间有非常显著性差异。

表 1 各组赛艇运动员机能监控指标结果($\bar{x} \pm s, n=47$ 人)

性别	c(BUN)/(mmol·L ⁻¹)		ρ (HB)/(g·L ⁻¹)		ρ (T)/(ng·dL ⁻¹)		CK 酶活力/(U·L ⁻¹)	
	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组
男	5.7 \pm 1.1	6.1 \pm 1.1	152.0 \pm 7.2	151.0 \pm 13.7	723.8 \pm 120.3	696.9 \pm 131.7	180.0 \pm 61.8	228.0 \pm 92.4
女	5.7 \pm 0.6	5.5 \pm 0.6	132.0 \pm 4.7	134.0 \pm 7.3	40.7 \pm 5.2	53.0 \pm 19.3	183.0 \pm 67.6	230.4 \pm 94.3

表 2 各组赛艇运动员机能监控指标的变异系数($\bar{x} \pm s, n=47$ 人)

性别	BUN		HB		T		CK	
	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组
男	0.15 \pm 0.07	0.14 \pm 0.03	0.05 \pm 0.01 ²⁾	0.07 \pm 0.01	0.14 \pm 0.04 ¹⁾²⁾	0.18 \pm 0.05 ²⁾	0.25 \pm 0.08 ¹⁾	0.29 \pm 0.06
女	0.14 \pm 0.04	0.16 \pm 0.03	0.07 \pm 0.01	0.07 \pm 0.02	0.16 \pm 0.07	0.27 \pm 0.11	0.28 \pm 0.12	0.30 \pm 0.08

1)与非奖牌组运动员比较 $P < 0.05$; 2)与女运动员比较 $P < 0.05$

2.2 监控指标的定量分级

采用定量差异分析法对不同级别赛艇运动员定量分级结果分别见表 3(男子)和表 4(女子)。整体来看,在 4 个监控指标中,CK 最多可分 4 级,T 可分为 3 级,BUN 可分为 2 级,HB 不能分级。

表 3 是男子赛艇运动员奖牌组和非奖牌组定量分级及稳定性分析结果:(1)BUN 在奖牌组和非奖牌组运动员中均可分为 2 级,且奖牌组运动员 BUN 的量浓度小于非奖牌组,两组 CV 值接近,BUN 的稳定性相当;(2)奖牌组 T(2 级)高于非奖牌组(1 级), $P < 0.05$,奖牌组 T 值的分级与稳定性都要高于非奖牌组运动员;

2 研究结果及分析

2.1 各机能监控指标原始数据及其变异系数

表 1 为赛艇运动员在跟踪测试期间各机能指标均值。对原始数据进行分析可知,不同级别、不同性别运动员之间,同一性别不同指标之间的数据均没有明显规律。 T 检验和定量差异分析结果表明,各指标原始数据在不同级别运动员之间均无显著性差异($P > 0.05, I < 0.80$)。表 2 为赛艇运动员跟踪测试期间各指标变异系数列表。整体来看,奖牌运动员指标 CV 普遍低于非奖牌运动员,说明奖牌运动员指标稳定性整体要好于非奖牌运动员,其中男子奖牌运动员 T 和 CK 的稳定性显著高于非奖牌运动员,男子运动员各指标 CV 均小于女子运动员,其中男子运动员奖牌组 HB 和非奖牌组 T 及 TCV 与女运动员相比有显著性差异($P < 0.05$)。十二运中男子赛艇运动员包括奖牌选手 9 名,其中 6 名为金牌选手;女子运动员包括奖牌选手 4 名,金牌选手 1 名,男子运动员在奖牌总数、金牌选手人数和总获奖人数比例均高于女子运动员,这也是男子运动员指标稳定性好于女子运动员的主要因素。

(3)CK 酶活力非奖牌运动员分级(4 级)高于奖牌运动员(3 级),奖牌组和非奖牌组运动员间的 CK 值在分级前并无差异,分级后 1 级和 2 级均显示出显著性差异,即酶活力(CK, 奖牌组) < 酶活力(CK, 非奖牌组), (1 级和 2 级 $P < 0.01$); CV(CK, 奖牌组) < CV(CK, 非奖牌组)(2 级和 3 级 $P < 0.05$)。可见奖牌组的运动员稳定性要好于非奖牌组运动员,CK 的活性和 T 的稳定性在两组之间有显著差异。“黄金分割”定量差异分析结果显示,4 个指标中仅 CK(1 级)在奖牌组和非奖牌组运动员间有显著定量差异($I \geq 0.80$),BUN、HB 和 T 的均值及 CV 值的定量差异在奖牌组和非奖牌组运动员间均无明显差异。

表3 不同级别男子赛艇运动员机能指标定量分析结果 ($\bar{x} \pm s$, $n=28$ 人)

机能指标	组别	1级		2级		3级		4级	
		均值	CV值	均值	CV值	均值	CV值	均值	CV值
c(BUN)/ (mmol·L ⁻¹)	奖牌组	5.60±1.04 ²⁾	0.18	8.30±0.63 ²⁾	0.07	—	—	—	—
	非奖牌组	6.02±1.04	0.17	9.73±0.62	0.06	—	—	—	—
	定量差异 ¹⁾	0.15	0.12	0.32	0.32	—	—	—	—
ρ(HB)/(g·L ⁻¹)	奖牌组	152.00±7.20	0.05	—	—	—	—	—	—
	非奖牌组	151.00±9.70	0.06	—	—	—	—	—	—
	定量差异	0.01	0.38	—	—	—	—	—	—
ρ(T)/(ng·dL ⁻¹)	奖牌组	720.38±129.67	0.18 ²⁾	1 177±24.04	0.02	—	—	—	—
	非奖牌组	696.93±131.74	0.19	—	—	—	—	—	—
	定量差异	0.07	0.11	—	—	—	—	—	—
CK 酶活力 (U·L ⁻¹)	奖牌组	106.30±24.49 ³⁾	0.23	239.25±52.27 ³⁾	0.22 ²⁾	462.36±73.58	0.16 ²⁾	—	—
	非奖牌组	158.63±49.00	0.30	265.84±75.93	0.29	476.67±91.67	0.19	896.40±143.87	0.16
	定量差异	0.83 ⁴⁾	0.55	0.22	0.57	0.06	0.36	—	—

1)定量差异计算公式: $I = \log_e(x/y)$ ($\tau=0.618$, x 和 y 分别代表奖牌组和非奖牌组数值; 2)与非奖牌组运动员比较 $P < 0.05$; 3)与非奖牌组运动员比较 $P < 0.01$; 4)奖牌组与非奖牌组比较, 定量差异非常显著 ($I \geq 0.80$)

表4为不同级别女子赛艇运动员定量分析结果。表4中结果可知, 女运动员生化指标的分级规律与男运动员相似。但是各级生化指标的原始数据并未表现出显著差异性, 与结果2.1节结论一致, 主要原因可能是因为女运动员奖牌组人数较少, 与非奖牌组没有明显差异性。从稳定性规律看, 女运动员与男运动员具有同样的

规律, 奖牌运动员指标稳定性(CV值)普遍高于非奖牌运动员。女运动员各指标在奖牌组和非奖牌组的定量差异结果与男运动员相似, CK(1级和2级)在两组间均呈显著性差异 ($I \geq 0.80$), 同时CK(1级)的CV值在奖牌组和非奖牌组间也成显著性差异 ($I \geq 0.80$)。

表4 不同级别女子赛艇运动员机能指标定量分析结果 ($\bar{x} \pm s$, $n=19$ 人)

机能指标	组别	1级		2级		3级	
		均值	CV值	均值	CV值	均值	CV值
c(BUN)/(mmol·L ⁻¹)	奖牌组	5.41±1.01	0.18	8.21±0.46	0.02	—	—
	非奖牌组	4.88±2.15	0.22	8.16±0.33	0.05	—	—
	定量差异	0.21	0.42	0.01	1.91)	—	—
ρ(HB)/(g·L ⁻¹)	奖牌组	132.00±4.7	0.06	—	—	—	—
	非奖牌组	134.00±7.3	0.08	—	—	—	—
	定量差异	0.03	0.60	—	—	—	—
ρ(T)/(ng·dL ⁻¹)	奖牌组	25.28±4.07	0.16	49.50±8.53	0.17	—	—
	非奖牌组	30.48±8.60	0.28	51.68±10.96	0.21	74.62±11.64	0.16
	定量差异	0.39	1.16 ¹⁾	0.09	0.44	—	—
CK 酶活力/(U·L ⁻¹)	奖牌组	97.00±19.40	0.20	211.66±67.63	0.31	—	—
	非奖牌组	143.72±59.51	0.41	335.00±34.16	0.10	—	—
	定量差异	0.81 ¹⁾	1.49 ¹⁾	0.96 ¹⁾	2.35	—	—

1)奖牌组与非奖牌组比较, 定量差异非常显著 ($I \geq 0.80$)

2.3 运动员机能分级指标稳定性变化与竞技成绩的关系
奖牌组运动员各指标的CV值低于非奖牌组运动员, 说明高水平运动员训练监控指标数据的集中度越

来越高, 越来越趋于稳定, 同时也表明了竞技水平高的运动员其监控指标数值不仅要维持在一定高度, 同时要具有一定稳定性。由于男子赛艇运动员奖牌组人

数较多且与非奖牌组之间差距较明显,因此选取男子组为研究对象进行指标定量分级前后与竞技成绩的相关分析,结果见表 5 和表 6。

表 5 为生化指标(未定量分级)与竞技成绩的相关分析结果。生化指标 CV 与竞技成绩应该正相关,然而,水上 2 000 m 测试成绩与部分指标 CV 值之间的相关系数出现了-0.582,这说明,只有相关系数绝对值大于 0.582 才有生理意义,这与相关系数本身的意义

是一致的^[11]。按照这个标准,未分级之前,只有奖牌运动员 CK 的 CV 值与测功仪 2 000 m 及其成绩的 CV 值均呈显著正相关($P<0.05$),奖牌运动员 HB 和非奖牌运动员 BUN 与水上 2 000 m 测试成绩呈正相关,与成绩 CV 值无相关性,由此可以明确 CK 值对于竞技成绩及其稳定性的显著影响,而 BUN 和 HB 是否具有同样的作用还要根据定量分级后的相关性综合判定。

表 5 男子运动员机能 CV 值(分级前)与竞技成绩 Person 相关系数($n=28$ 人)

生化项目	测功仪 2 000 m				水上 2 000 m			
	成绩		CV _{成绩}		成绩		CV _{成绩}	
	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组	奖牌组	非奖牌组
BUN	0.156	0.007	0.047	0.056	-0.582	0.724	0.312	0.254
HB	0.107	0.371	0.226	0.252	0.840 ¹⁾	-0.582	0.084	0.569
T	0.567	0.264	0.202	0.120	0.071	0.252	0.028	0.422
CK	0.955 ²⁾	0.469	0.811 ¹⁾	0.426	0.162	0.394	0.204	0.167

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

表 6 是男子赛艇运动员机能指标定量分级后机能指标 CV 值与竞技成绩之间的相关分析结果,相关系数绝对值大于 0.582(参考表 5)的指标为 1 级 T 和 2 级 CK。BUN 和 HB 的相关性不再存在,而 CK 的相关性

依然保持,但进一步明确为 2 级 CK。新出现了 T 的相关性,而且是 1 级指标。因此,根据定量分析前后综合判定与竞技成绩相关性较强的训练监控核心参数可定为 2 级 CK 和 1 级 T。

表 6 男子运动员机能 CV 值(分级后)与竞技成绩 Person 相关系数($n=28$ 人)

生化项目	测功仪 2 000 m						水上 2 000 m					
	成绩			CV _{成绩}			成绩			CV _{成绩}		
	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级
BUN	0.227	0.309	—	0.305	0.454	—	0.162	0.032	—	0.088	0.050	—
HB	0.232	—	—	0.235	—	—	0.142	—	—	0.302	—	—
T	0.620	0.288	—	0.466	0.071	—	0.075	0.396	—	0.306	0.184	—
CK	0.478	0.701	0.238	0.382	0.647	0.343	0.249	0.278	0.209	0.373	0.301	0.188

就测试方式而言,定量分级前后,测功仪 2 000 m 测试中,奖牌和非奖牌运动员 4 个指标的稳定性与竞技成绩的稳定性均呈正相关,即监控指标的稳定性越好(CV 值越小),其成绩的稳定性越好(CVR 值越小)。水上 2 000 m 测试成绩与部分指标 CV 值之间的相关系数出现了负值,这可能是由于水上测试受外界因素如温度、湿度及风向等天气条件的影响较多,导致测试成绩及其稳定性变化较大。相比之下,测功仪 2 000 m 稳定性更好,更适合进行运动员专项测试选拔。

3 讨论

3.1 变异系数分析对于运动训练的意义

在实际训练过程中,教练员常通过对运动员训练过程中阶段性指标分析、成绩排名及教练个人经验对运动员的训练状态和竞技水平进行评价,并以此作为

修订训练计划的依据。这种方法虽然简单易行,但不够客观全面。用 CV 值评价运动员竞技成绩稳定性是常用的方法,本研究把它的应用范围扩展到生化指标稳定性的研究方面,在训练监控中尤为适用。运动员机能评定也提到个体差异和相对变化的重要性^[12-13],但还没有考察差异的定量意义和 CV 的重要性。大量研究发现,运动成绩本身的 CV 越小,运动成绩越好。运动成绩的稳定性表征了运动员对应激的适应能力, CV 值越低说明运动员对应激的适应能力越强,其内在的负反馈机制和适应应激的冗余机制^[14-15]会自动抵抗各种内外因素的干扰, CV 当然很低。本研究中奖牌组运动员的 CV 值小于非奖牌组运动员,成绩越好, CV 值越小,稳定性也越好。孙海平^[16-17]在总结自己 20 年的训练经验时强调了训练一定要获得运动员的稳定状态,强调了构建训练平台的重要性,认为运动员到了

一定的水平后, 训练一定要维持在一定的高度上, 不能大起大落。广东省赛艇队林首德总教练也认为, 经验丰富的老运动员尤其是成绩优异的运动员对训练节奏的把握和身体状态的调整普遍好于资历尚浅的小运动员, 这也是他们身体状态和运动成绩稳定性高的主要原因。

3.2 定量分级的必要性和对于运动训练的意义

优秀运动员的激素指标水平不能参考普通运动员的水平范围^[18], 然而教练通常以运动员正常值为标准笼统判断训练强度和训练量是否合理, 参考值范围也只能是参考, 无法进行个体化细分, 而正常值范围到底有多大, “常规训练”和“过度训练”的界限到底在哪里不得而知。正常值的有效性在训练监控方面研究较少, 但在常规体检中已经有明确的结论。Krogshøll 等^[19]的荟萃分析发现, 体检并不能降低死亡率, 其根本原因在于所使用的统计方法只能给出是否有显著性差异的定性结果, 不能量化。物理学中为了实现被观测信号的可重复性, 要求其强度是本底信号强度的 6 倍以上^[20]。刘承宜等^[3]提出用定量差异来衡量两个数据的差异, 定量分级排除了 BUN 和 HB 与竞技成绩间的虚假相关性, 确认了 CK 的相关性, 建立了 T 的相关性, 而且将后两个相关性明确为 2 级 CK 和 1 级 T, 对于训练监控来说具有重要的参考意义。

CK 与 T 与竞技成绩相关性这一结果与已有研究吻合。CK 是短时间激烈运动时能量补充和运动后 ATP 恢复反应的催化酶, 与运动时、运动后能量平衡及转移的关系密切^[21]。已有研究表明运动是影响 CK 活性的重要因素, 训练强度变化对血清 CK 的影响更明显^[12]。T 水平高的运动员能够承受大负荷训练, 且恢复能力较强, 训练负荷量适当时血睾酮变化不大。本研究几个监控指标中, CK 分级最多, CV 值相对较高, 表明同样训练条件下, CK 对负荷的变化反应较大。奖牌组运动员 CVT 显著低于非奖牌组运动员, 表明运动员维持 T 水平稳定有助于运动后恢复过程加速和运动能力的提高, 与前人研究结果一致。

对机能指标进行定量分级能够更加精准地确定与竞技成绩关联较大的指标。本研究中男子赛艇运动员 1 级 T 的质量浓度处于正常值范围(270 ~ 1 000 ng/dL)中等偏上, 表明运动员机体合成代谢水平一直处于良好的适应训练的状态, 大负荷训练后机能状态能快速恢复, 因此, 维持 1 级 T 质量浓度水平是运动员获得优异成绩的重要保障。通过与训练强度对应, 发现当训练强度较低时会出现 1 级 CK 的情况, 随着强度增加 CK 级别会不断提高, 最高可到 3 级(奖牌组)和 4 级(非奖牌组), 但在常规训练强度下能达到 4 级的运动

员较少。奖牌组 1 级 CK 酶活性均值为(106.30 ± 24.49) U/L, 接近安静状态 CK 活性的低限, 表明 1 级 CK 测试的前一天运动员可能处于休息调整或是进行持续时间较短、强度较小的运动, 因此导致 CK 活性变化不大, 不能达到影响竞技成绩的程度。一般来说, 定量负荷运动后, 运动员血清 CK 活性的上升幅度较小, 恢复也较快。力竭性运动后 CK 活性升高较多, 恢复也较慢, 一般超出 300 U/L 即是运动量过大, 身体尚未恢复的表现^[21]。奖牌组运动员 3 级 CK 活性均值达到(462.36 ± 73.58) U/L, 说明经过一夜休息 CK 活性仍超出正常值范围 35%, 4 级 CK 活性则超出更多, 从训练方案看, 基本以高强度或全力划(力竭性运动)为主, 运动员恢复较慢, 倘若检测到 3 级或 4 级 CK 活性表明教练需要调整训练方案。经过定量负荷训练后, 奖牌组运动员 CK 活性能恢复到 2 级水平(239.25 ± 52.27) U/L, 接近正常值高限, 说明训练负荷对运动员身体达到一定刺激但又不影响运动员恢复, 在此负荷下训练能够使运动员快速适应并建立稳定性平台。因此, 2 级 CK 活性与竞技成绩密切相关, 其所对应的训练强度也是提高运动员竞技成绩及其稳定性的参考指标。

3.3 训练监控核心参数对于运动训练的意义

本研究中 1 级 T 质量浓度和 2 级 CK 活性为训练监控的核心参数。指标定量分级结果及其与竞技成绩之间的相关分析结果均表明运动员维持 1 级血 T 水平和 2 级 CK 水平的稳定有助于运动后恢复过程加速和运动能力的提高。BUN、HB、T 和 CK 皆是当前运动训练中常用的生化监控指标。竞技水平高, 经过适应性训练的运动员(奖牌组运动员)机能状态较好, 代谢上表现为护氮作用增强, 晨起 BUN 浓度相对降低。HB 反映了携氧能力, 运动员在大运动量训练早期容易出现 HB 质量浓度下降, 当机体对训练方案适应时, HB 质量浓度又会回升, 这是运动员机能改善和运动能力提高的表现。本研究表 2 数据也表明, 训练水平高、成绩好的运动员(奖牌组运动员)CV(HB)明显偏小, 这类运动员对训练方案的适应性较好, HB 质量浓度通常偏离正常生理值较小, 恢复也较快。上述 3 种生化指标在常规训练监控中确实起到了很大的作用, 然而如若更有效地挖掘运动员的运动潜力, 最大限度地提高运动成绩, 这就需要有更能准确分析运动员训练状态的核心参数, 运动员血清 CK 和 T 一直是运动训练监控中非常重要的生化指标。动态测定血清 CK 对监测运动性疲劳具有实践意义, 其变化可以反映训练课的训练负荷大小, 也可以评价周期训练负荷强度变化及训练后身体机能的恢复情况, 不同训练水平的运动员机体对训练负荷的反应程度不一样, 负荷后 CK

活性的提高程度也存在着明显差异^[22]。定量分级的结果主要是机能监控指标受训练负荷影响的综合体现,在4个指标中,HB未能分级,推测其对训练强度变化的反应不如其他3个指标敏感;男子赛艇运动员一级T体现了运动员能够维持较高的合成代谢水平,其变化受训练负荷影响不大;CK活性受运动强度影响较大,也是4个指标中最适用于定量分级的生化指标。在训练监控中,运用定量分级法把2级CK和1级T相结合,可确定“常规训练”和“过度训练”的界限,为教练制定个性化训练方案提供客观依据。

对运动员训练监控数据进行定量分级及指标稳定性测试,不仅可以了解指标的稳定性规律及其与训练负荷的相关性,定量分级更是能够把指标更加细分,把机能指标、训练强度与竞技成绩相对应关联,确定“常规训练”和“过度训练”的界限,有助于制定个性化训练方案、预防过度训练的发生,同时也可以协助教练对运动员的竞技能力做出合理推测,有效鉴别优秀运动员。

参考文献:

- [1] ACSM. ACSM's advanced exercise physiology[M]. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2005.
- [2] MAY R M. Uses and abuses of mathematics in biology[J]. Science, 2004, 303(5659): 790-793.
- [3] 刘承宜,胡少娟,李晓云,等. 定量差异及其在体育科学中的应用[J]. 体育学刊, 2016, 23(1): 11-17.
- [4] STEWART A M, HOPKINS W G. Consistency of swimming performance within and between competitions[J]. Med Sci Sports Exerc, 2000, 32(5): 997-1001.
- [5] MALCATA R M, HOPKINS W G. Variability of Competitive Performance of Elite Athletes: A Systematic Review[J]. Sports Med, 2014, 44(12): 1763-1774.
- [6] SMITH T B, HOPKINS W G. Variability and predictability of finals times of elite rowers[J]. Med Sci Sports Exerc, 2011, 43(11): 2155-2160.
- [7] SPENCER M, LOSNEGARD T, HALLÉN J, et al. Variability and predictability of performance times of elite cross-country skiers[J]. Int J Sports Physiol Perform, 2014, 9(1): 5-11.
- [8] 蒋国勤,张崇光. 世界优秀跳远运动员竞技表现过
- 程的稳定性研究[J]. 首都体育学院学报, 2011, 23(2): 156-159.
- [9] 吴述松,梁东梅,李星儿. 从类平均数、变异系数和权重看我国男子十项全能的差距[J]. 中国体育科技, 2013, 49(5): 28-34.
- [10] 武露凌,季师敏,田春美,等. 优秀运动员机能评定中肌酸激酶、血尿素等指标的个体化研究[J]. 体育与科学, 2008, 29(2): 75-77.
- [11] ZHU W. Sadly, the earth is still round ($P<0.05$)[J]. J Sport Health Sci, 2012, 01(1): 9-11.
- [12] 冯连世,冯美云,冯炜权,等. 优秀运动员身体机能评定方法[M]. 北京:人民体育出版社, 2003.
- [13] 田野,王清,冯连世,等. 优秀运动员运动训练科学监控与竞技状态调整[J]. 体育科学, 2008, 28(9): 3-11.
- [14] LIU T C Y, LIU R, ZHU L, et al. Homeostatic photobiomodulation[J]. Front Optoelectron China, 2009, 2(1): 1-8.
- [15] LIU T C Y, LIU Y Y, WEI E X, et al. Photobiomodulation on stress[J]. Int J Photobenergy, Photobiomodulation Issue, 2012: 1-11.
- [16] 孙海平. 孙海平指导谈训练(二) [J]. 田径, 2005(6): 14-18.
- [17] 孙海平. 孙海平指导谈训练(一) [J]. 田径, 2005(5): 4-7.
- [18] HEALY M L, GIBNEY J, PENTECOST C, et al. Endocrine profiles in 693 elite athletes in the postcompetition Setting[J]. Clinical Endocrinology, 2014, 81(2): 294-305.
- [19] KROGSBØLL L T, JØRGENSEN K J, GRØNHØJ LARSEN C, et al. General health checks in adults for reducing morbidity and mortality from disease: Cochrane systematic review and meta-analysis[J]. BMJ, 2012(345): e7191.
- [20] CONRAD J. Reproducibility: Don't cry wolf[J]. Nature, 2015, 523(7558): 27-28.
- [21] 王清. 我国优秀运动员竞技能力状态诊断和监测系统的研究与建立[M]. 北京:人民体育出版社, 2004.
- [22] BRANCACCIO P, MAFFULLI N, LIMONGELLI F M. Creatine kinase monitoring in sport medicine[J]. Br Med Bull, 2007(81-82): 209-230.