

两种模拟训练前后男子马拉松运动员 CK、BU和心电图 $\Sigma T/R$ 的相关性

姚大为¹, 于亮¹, 苏贵斌², 高诗军³

(1.齐齐哈尔大学 体育学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2.牡丹江师范学院 体育系, 黑龙江 牡丹江 157000;
3.辽宁省田径培训中心, 辽宁 大连 116600)

摘 要: 通过测定模拟大运动强度训练和大运动量训练前后男子马拉松运动员肌酸激酶(CK)、血尿素(BU)指标和心电图 $\Sigma T/R$ 指标的变化规律, 探讨指标间的相关性, 以期为运动员提供无创监控。将8名马拉松运动员分2次进行大运动强度训练和大运动量训练, 训练前后取血及心电图指标进行测试分析。结果: 在大运动强度训练后, 运动员CK指标与心电图 $\Sigma T/R$ 指标呈负相关, 在日常训练中可以使用心电图 $\Sigma T/R$ 这一简易、无创指标代替CK指标进行强度训练监控; 在大运动量训练后, 运动员BU指标与心电图 $\Sigma T/R$ 指标之间基本不存在相关性。

关 键 词: 马拉松; 心电图; 肌酸激酶; 血尿素

中图分类号: G822.8; G804.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2008)01-0105-04

The correlation between CK, BU and ECG $\Sigma T/R$ with respect to male marathoners before and after two types of simulated training

YAO Da-wei¹, YU Liang¹, SU Gui-bin², GAO Shi-jun³

(1.School of Physical Education, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China;

2.Department of Physical Education, Mudanjiang Normal College, Mudanjiang 157000, China;

3.The Track and Field Training Center of Liaoning, Dalian 116600, China)

Abstract: By measuring the pattern of changes of such indexes as creatine kinase (CK), blood urea (BU) and ECG $\Sigma T/R$ with respect to male marathoners before and after simulated high intensity training and heavy load training, the authors probed into the correlation between the said indexes, hoping to provide marathoners with trauma free monitoring. The authors put 8 marathoners into high intensity training and heavy load training twice, sampled their blood before and after the training, tested and analyzed ECG indexes, and revealed the following findings: after high intensity training, the CK index and ECG $\Sigma T/R$ index with respect to the marathoners showed a negative correlation; in day to day training such a simple and trauma free index as ECG $\Sigma T/R$ can be used to replace the CK index for the monitoring of intensity training; after heavy load training, there is basically no correlation between the BU index and ECG $\Sigma T/R$ index with respect to the marathoners.

Key words: marathon; electrocardiogram; creatine kinase; blood urea

当今的马拉松运动训练出现了引人注目的发展趋势: 即大运动量和大强度相结合, 二者同时变化, 同时达到最大值。大多数教练员在训练中均相对地加大训练量和训练强度, 使运动员的负荷加大, 心脏功能易受损害, 需要对训练过程进行监控^[1]。目前对于运动员的监控和评定方法多为创伤性CK(肌酸激酶)、

BU(血尿素)监控、评定, 虽然其提供监控数据的准确性已经获得公认^[2-3], 但是取血过程往往为运动员带来诸多不便, 使运动员的训练质量受到影响。目前国内有学者利用心电图 T/R 对赛艇运动员和中长跑运动员进行监控的报道^[4], 而对马拉松运动员的研究较少。本文探讨马拉松运动员大运动强度训练和大运动

量训练前后 CK、BU 指标与心电图 T/R 指标之间的相关性,以期利用心电图 T/R 对运动员进行无创监控。

1 研究对象与方法

1.1 实验对象

辽宁省田径培训中心优秀马拉松运动员 8 人,平均年龄(19.5 ± 2.3)岁,训练年限(4.5 ± 1.4)年,训练水平均达到一级运动员水平。无心肺病史,实验前及实验中无患病。本人自愿参加本实验。

1.2 实验方法

两次实验均为公路跑。第 1 次实验为大强度训练后的实验,依据个人最好成绩的 85%作为标准,按照此强度共进行 15 km 训练;第 2 次实验在大强度训练 1 周后(1 周内无大强度训练及大运动量训练),进行大运动量训练后的实验。训练距离为 30 km,强度为中强度(运动员跑 1 km 用 3 min 50 s)。两次训练结束后均休息,晚餐后禁食,以备次日进行数据采样。

实验前 1 d 安静状态下和实验 16 h 后,即次日清晨空腹状态下,取静脉血测定肌酸激酶(CK)、血尿素(BU)值。具体方法为,采肘静脉血 2 mL,37 °C 水浴 50 min,3 000 r/min 离心 20 min,提取血清,放置 -30 °C 冰箱保存,等待检测。在实验之前选取实验操作日,每次实验的室内外温度相差不应超过 3 °C。实验前 1 d 安静状态下或次日晨安静状态下,常规记录 12 导联

心电图,纸速为 25 mm/s,定准电压为 10 mm/mV。心电图的记录、阅读、测量及统计分析由专业人员操作。从心电图纸上量取 I、II、aVF 及 V₅导联的 T 波和 R 波高度,分别得出 I、II、aVF 及 V₅导联的 T/R 值,求和得出 $\Sigma T/R$ 值。

实验仪器和耗品:血清 CK 和 BU 活性使用美国 Rayto RT-1904C 半自动生化分析仪,北京中生北控生物科技股份有限公司生产的 CK 检测试剂盒和 BU 检测试剂盒。宁波奥力医疗仪器有限公司生产的 ECG-8800 型心电图仪。

1.3 数据统计、分析方法

对实验结果用($\bar{x} \pm s$)表示,应用配对 *t* 检验判断同组及组间各指标实验前后差异的显著性进行对比分析,应用 Spss13.0 统计分析软件对大运动强度训练和大运动量训练前后 CK 酶活性、BU 浓度以及心电图 T/R 数据的差值进行 Spearman 相关分析,显著性的检验水平取生物学检验通常采用的 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 两种训练前后 CK 酶活性和心电图 $\Sigma T/R$ 值的变化

由表 1 可见,优秀男子马拉松运动员两种训练前后 CK 和心电图 T/R 值的变化差异均有非常显著性($P<0.01$)。而 BU 浓度大强度训练前后差异有显著性($P<0.05$),大运动量训练前后差异有非常显著性。

表 1 优秀男子马拉松运动员两种训练前后 CK 酶活性、BU 浓度和心电图 $\Sigma T/R$ 值($\bar{x} \pm s$)的变化

实验次序	实验前后	人数	CK 酶活性/(U · L ⁻¹)	c(BU)/(mmol · L ⁻¹)	心电图 $\Sigma T/R$ 值
第 1 次 (大强度训练)	安静	8	159.2±63.47	5.04±0.58	1.52±0.33
	运动训练	8	371.26±184.69 ²⁾	6.07±1.01 ¹⁾	1.21±0.35 ²⁾
第 2 次 (大运动量训练)	安静	8	177.23±87.83	5.08±0.66	1.76±0.31
	运动训练	8	319.83±119.61 ²⁾	6.78±1.43 ²⁾	1.48±0.35 ²⁾

与各自实验前指标比较 1) $P<0.05$; 2) $P<0.01$

从图 1、2 可见优秀男子马拉松运动员大运动强度模拟训练后血清 CK 酶活性和心电图 T/R 值变化的总体趋势。与此同时,发现优秀男子马拉松运动员模拟训练后 CK 和心电图 T/R 值的变化水平存在个体差异,尤以 2 号和 5 号运动员突出。

2.2 两种训练前后 BU 浓度和心电图 $\Sigma T/R$ 值的变化

由表 1 可见,优秀男子马拉松运动员两种训练前后心电图 T/R 值的变化和大运动量训练后 BU 浓度的变化差异均存在非常显著性($P<0.01$)。BU 浓度在大运动强度训练后差异存在显著性($P<0.05$)。

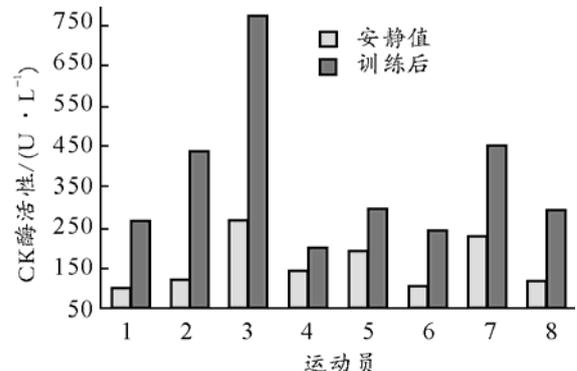


图 1 优秀男子马拉松运动员大运动强度训练后血清 CK 酶活性变化

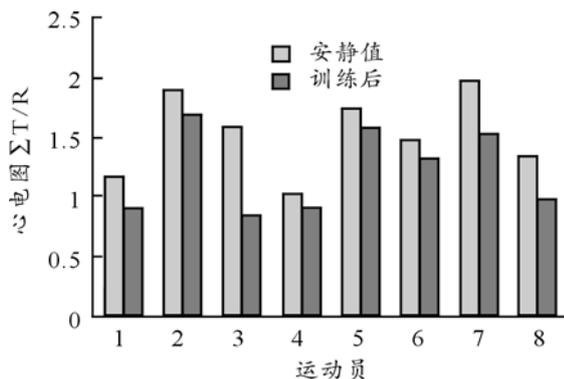


图 2 优秀男子马拉松运动员大运动强度训练后心电图 $\Sigma T/R$ 变化

从图 3、4 可见优秀男子马拉松运动员大运动量模拟训练后血清 BU 浓度和心电图 T/R 值变化的总体趋势。与此同时，发现优秀男子马拉松运动员模拟训练后 BU 浓度和心电图 T/R 值的变化水平存在个体差异。

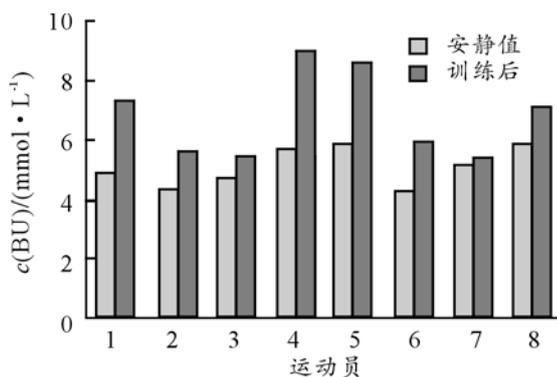


图 3 优秀男子马拉松运动员大运动量训练后血清 BU 浓度变化

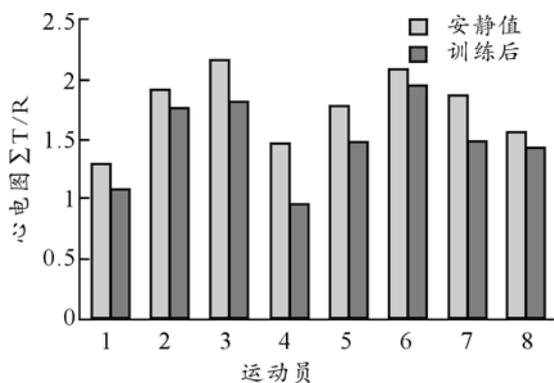


图 4 优秀男子马拉松运动员大运动量训练后心电图 $\Sigma T/R$ 变化

3 讨论

3.1 大运动强度训练对 CK 酶活性和心电图 $\Sigma T/R$ 变化的影响

血清 CK 是骨骼肌能量代谢的关键酶之一。有研

究表明，血清中 CK 活性与运动强度和运动持续时间成正比，即运动强度越大，运动持续时间越长，运动后血清 CK 活性升高越明显。定量负荷时，运动训练水平高的人血清 CK 活性增高较小，而大负荷时明显升高，表现出定量负荷时的机能节省化和大负荷时的机能潜力的动员，且越优秀的运动员运动后血清 CK 的活性恢复越快^[5-6]。Tiidus 等^[7]报道人在大强度运动后血清 CK 活性与运动前比较增加了 200%，剧烈运动后 CK 可升高几倍甚至几十倍^[7]。Stansbie 等^[8]研究了人在进行 3 种强度运动后血清 CK 活性的变化，发现轻度运动对 CK 活性无明显影响；中等程度运动后 CK 活性仍无变化；大强度运动后 CK 活性比安静值增加 4 倍，说明只有达到一定强度的运动 CK 活性才明显增加^[8]。所以就身体机能评定而言血清 CK 活性对强度的反应比对运动量的反应更加敏感一些。

男子运动员安静状态下 CK 活性在 10~300 U/L，男子马拉松运动员安静状态下 CK 活性最大值稍高，个别可达到 450 U/L。在大强度训练后，血清 CK 活性在短时间内可增至 200~300 U/L，极限运动后甚至达到 400~500 U/L。长时间运动后，血清 CK 活性在 0~2 h 内轻度增加，8 h 内明显升高，20 h 达峰值，48~96 h 逐步恢复至运动前水平^[9-10]。由于肌细胞和血液中 CK 的数量差异很大，因此血清 CK 活性的变化可作为评定肌肉承受刺激和了解骨骼肌微细损伤及适应与恢复的重要敏感生化指标。

本研究中优秀男子马拉松运动员大运动强度训练前安静状态下的 CK 活性为 $(159.23 \pm 63.47)U/L$ ，大运动强度训练后次日晨（16 h 后）CK 活性为 $(371.26 \pm 184.69)U/L$ ，其中，运动员个体 CK 活性差异变化最高值为 771.90 U/L，最低值为 198.40 U/L。两次 CK 指标均值差异有非常显著性 ($P < 0.01$)，CK 活性的升高预示运动员身体机能水平的下降，证实该训练强度达到大运动强度训练要求。而 8 名运动员在大运动强度训练后的心电图 T/R 值均有不同程度的下降，其中有 4 名运动员的心电图 T/R 值降至 0.9 以下，5 名运动员该值降幅 0.25。运动员心电图 T/R 均值也从 1.52 ± 0.33 下降到 1.21 ± 0.35 ，下降幅度超过 0.25，且前后纵向比较差异也具有非常显著性 ($P < 0.01$)。一般情况下，运动员机能水平下降，T/R 值相应降低，当

T/R 值低于 0.9 时，可以判断运动员心脏机能不佳，容易出现异常心电图；当 T/R 值下降的幅度 0.25 时，可以认为是运动员心脏机能下降较明显，如果是由于运动负荷过大造成，应及时调整训练负荷，加强恢复措施。

3.2 大运动量训练对 BU 浓度和心电图 $\Sigma T/R$ 变化的影响

尿素是蛋白质的代谢产物,运动员运动前后该指标自身的变化幅度可作为评定运动量的标准。当运动后 BU 浓度比运动前增加值超过 3 mmol/L 时运动量大,运动员已达到疲劳阈值。如果增加值为 2 mmol/L 左右,则认为运动量较大,运动员基本可以适应;如果 BU 浓度变化只有 1 mmol/L 左右说明运动量很小^[11-12]。

本研究中优秀男子马拉松运动员大运动量训练前安静状态下的 BU 浓度为(5.08 ± 0.66) mmol/L,大运动量训练后次日晨(16 h 后)BU 浓度为(6.78 ± 1.43) mmol/L,其中,运动员个体 BU 浓度变化最高值为 8.97 mmol/L,最低值为 5.36 mmol/L。两次 BU 浓度均值差异有非常显著性($P < 0.01$),BU 浓度均值增加约 1.7 mmol/L,考虑到个体差异,可以认为本实验“大运动量训练”属于“运动量较大,运动员基本可以适应”这一范围的值。而 8 名运动员在大运动量训练后的心电图 T/R 值也同样有不同程度的下降,其中有 5 名运动员心电图 T/R 值降幅 0.25,但是没有 1 人降至 0.9 以下,说明个别运动员适应该运动量或身体机能状态比大强度训练时稍好。运动员心电图 T/R 均值也从 1.76 ± 0.31 下降到 1.48 ± 0.35,下降幅度超过 0.25,且前后纵向比较差异也具有非常显著性($P < 0.01$)。可以认为该运动量同样造成了运动员心脏机能明显下降,如果是由于运动量过大造成,应及时调整训练负荷量,加强恢复措施。

3.3 用心电图 Σ T/R 取代 CK、BU 作为监控指标的可行性

根据上述结果,在大运动强度训练后,运动员 CK 指标与心电图 T/R 指标经差值相关性检验,双尾检验结果 P 值为 0.04,差异存在显著性, r 值为 -0.82,提示二者之间呈负相关,并且在监控训练强度方面均可起到一定作用,可尝试在日常训练中使用心电图 T/R 这一简易、无创指标代替 CK 指标对运动员进行监控。但是,由于本研究心电图 T/R 指标与 CK 指标的相关度是根据 8 人的小样本短期监控得出,而且运动员监控中存在个体差异,无法使用横向比较,况且若心电图监控中的操作不当,便会存在许多误差,导致监控效果下降,因此仍有待于进一步长期、大样本的监控。所以对于重大比赛赛前的周期训练,仍然需要使用 CK 等生化监控方法配合心电图进行训练监控。

由于在大运动量训练后,运动员 BU 指标与心电图 T/R 指标经差值的相关性检验,双尾检验结果 P

值为 0.58,不存在显著性差异, r 值为 -0.23,提示二者之间基本无相关性,心电图 T/R 无法代替 BU 指标对运动员进行运动量监控。

参考文献:

- [1] Hart G. Exercise induced cardiac hypertrophy: A substrate for sudden death in athletes[J]. *Experimental Physiology*, 2003, 88(5): 639-644.
- [2] 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: 74-113.
- [3] 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,2003: 71-211.
- [4] 杨翼.男子赛艇运动员冬训期间血清酶活性及心电图的变化[J].*武汉体育学院学报*, 2001, 35(6): 46-49.
- [5] 庞永和,刘浩,李亚英.血清肌酸激酶在运动医学监控中的意义[J].*现代中西医结合杂志*, 2004, 13(16): 2150.
- [6] 李景丽,刘东.优秀马拉松运动员高原训练期间身体机能监控的研究[J].*北京体育大学学报*, 2006, 29(8): 1061-1063.
- [7] Tiidus P, Ianuzzo C. Effects of intensity and duration of muscular exercise on delayed soreness and serum enzyme activities[J]. *Medicine Science Sports Exercise*, 1983(6): 461-465.
- [8] Stansbie D, Aston J, Dallimore N, et al. Effect of exercise on plasma pyruvate kinase and creatine kinase activity[J]. *Clinical Chemistry Activity*, 1983, 132(2): 127-132.
- [9] 张和莉,段黔冰,潘建武,等.足球运动员血清肌酸激酶和血清尿素氮变化特点及身体机能评定的研究[J].*四川体育科学*, 2006(2): 31-33.
- [10] 崔玉鹏,杨则宜.血清 CK 活性变化与运动导致的骨骼肌损伤[J].*中国运动医学杂志*, 2004, 23(3): 343-347.
- [11] 冯连世,冯美云,冯炜权.运动训练的生理生化监控方法[M].北京:人民体育出版社,2006, 50-106.
- [12] 范家成,顾军,彭波,等.血尿素指标用于运动员机能评定的方法学研究[J].*湖北体育科技*, 2003, 22(4): 455-457.

[编辑: 郑植友]