

血清肌酸激酶的运动训练负荷监控作用研究述评

袁 青

(安徽体育运动职业技术学院, 安徽 合肥 230011)

摘 要: 综述了近年来有关肌酸激酶在运动训练过程中变化情况的研究。肌酸激酶(CK)是运动训练过程中变化比较敏感的指标之一,无论是大强度还是低强度的训练,都会使血清中肌酸激酶的活性产生不同程度的增高。在运动训练实践和运动生理生化研究中,血清肌酸激酶是评定训练负荷最敏感的指标之一,可以用来进行训练负荷的监控。

关 键 词: 肌酸激酶; 运动训练; 训练负荷监控; 研究述评

中图分类号: G804.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2007)06-0040-04

The monitoring function of serum creatine kinase in sports training

YUAN Qing

(Anhui Professional and Technical Institute of Athletics, Hefei 230001, China)

Abstract: The author gave an overview of researches done in recent years on the variation of creatine kinase (CK) in the process of sports training. CK is one of the indexes that vary sensitively in the process of sports training. Training, no matter in high intensity or in low intensity, will cause the increase of the activity of CK in serum to different extents. In researches on sports training practice as well as sports physiology and biochemistry, serum CK is one of the most sensitive indexes for evaluating training loads, thus it can be used for monitoring training loads.

Key words: creatine kinase; sports training; monitoring of training loads; research review

当前,世界各国运动员的竞技水平都在不断提高,有时胜负之间的差距只有0.001s,这就更加要求教练员和体育科研工作者以科学合理的手段最大限度地挖掘运动员的运动能力,有目的地进行科学训练。血清肌酸激酶就是运动训练监控中一个重要的生化指标。

肌酸激酶又称磷酸肌酸激酶(creatine phosphokinase, CPK),简称CK(creatine kinase)。肌酸激酶之所以受到运动界的广泛重视,是因为它与哺乳动物能量代谢密切相关,它参与糖酵解的控制、线粒体的呼吸和肌肉的收缩供能,是机体ATP—CP供能系统代谢的关键酶之一。它大量存在于骨骼肌、心肌、脑、视网膜及精液中。在正常情况下,肌细胞和血液中CK的数量差异特别大(约 $5 \times 10^5 : 1$),这是因为肌细胞结构完整、功能正常,肌细胞的CK极少透过细胞膜,人体血清CK得以保持正常范围^[1]。而在运动训练实践中,由于足够大的运动刺激构成机械的使肌细胞内环

境改变的因素,致使肌细胞膜通透性增大,肌细胞的CK便释放到循环血液中,这是血清CK活性升高的主要原因之一^[2]。因此,血清CK活性变化可作为评定肌肉承受刺激、骨骼肌微细损伤及适应与恢复的重要敏感指标,它的科学性远远高于血乳酸指标。血清CK的测定结果可作为一个微观的参考依据,为教练员提供重要的信息。教练员和科研人员可以利用运动员在训练前后体内血清CK的变化来评定运动员做功肌肉所承受的训练负荷,及时了解运动员肌肉对训练的适应水平及运动员的机能状态,预防过度疲劳,切实保证科学训练。

1 血清CK在调节训练强度中的监控作用

运动应激引起血清CK等指标的变化与运动负荷的强度、持续时间、运动类型、个体差异都有着密切的联系,但运动强度对血清CK活性的升高具有最重要的作用^[3-4]。

无论是大强度还是低强度的训练都会使血清中CK活性增加,但只有达到一定的运动强度,才会引起运动员血清CK活性的显著变化。血清CK的显著增加往往在中到高强度的最大力量训练或耐力训练之后。许豪文等^[5]研究认为:一般强度运动,即使运动持续140~160 min,CK活性未见显著变化,但速度和速度耐力大强度训练后,运动员体内CK活性明显升高。有报道表明:亚极量强度运动可使CK活性增加到100~200 IU/L,极限强度运动活性可增加到500~1 000 IU/L左右^[6]。Tiidus等^[3]报道:人在大强度运动后,血清CK活性比运动前增加200%。杜国玺^[7]的研究发现,运动员在全年训练准备期所进行的恢复性低强度训练,未对体内CK安静值产生影响,甚至低于体育系大学生。当以大强度的力量训练后,不同水平运动员体内的CK活性均大幅度上升。他还发现,速滑运动员在高强度训练后,体内CK活性较安静状态上升,男子达170%,女子达190%^[8]。

由于高强度的训练对运动员血清CK活性的变化产生显著影响,因此在运动实践中可以利用血清CK对运动强度进行评定。目前,德国和日本已采用CK参数法来调节训练强度,定期检测血清中CK活性,根据CK活性变化作为整个训练调节过程中的一个微观依据,以保证科学训练。

教练员和科研人员可以利用血清CK活性的变化监控运动员的赛前训练。郭子渊等^[9]研究表明,准备阶段,散打运动员血清CK的活性与正常人无差异;在大运动量训练阶段,血清CK活性上升,但与准备阶段相比无显著性差异,说明强度为一般强度;而赛前大强度训练阶段和实战对抗阶段,血清CK活性大幅度上升,与准备阶段相比,均有显著性差异,说明强度为大强度,符合训练的指导思想。

教练员和科研人员还可以通过血清CK值高峰的出现达到控制训练的目的,也就是说训练强度的高峰和效果可以通过对CK值的监测反映出来,一个训练周期可以出现多个高峰或1~2个高峰。赛前一定要使运动员血清CK值恢复到一定范围之内,否则会影响其比赛时的体能状态。

有专家建议,用CK值建立运动员训练强度控制模型。一般大赛4年为一个周期,在高强度训练和适应期的第2、3年可以采取最大强度负荷的训练方式,使运动员适应高CK值的强度负荷,而在大赛前的最后一年,则要用中大CK强度控制训练,并使专项技术和技能得到较好的巩固,这样才能使运动员比赛时的体能状态达到最佳水平^[10]。

2 血清CK对运动疲劳和恢复的监控作用

血清CK“训练值”主要反映机体对运动负荷大小的应激程度,“恢复值”更能反映机体对训练负荷的适应和训练后的恢复状况^[11]。

在训练中随着强度的增加,血清CK值也相应增高,运动员的训练状态也表现为从不适应到适应的过程,不适应时其运动专项能力有所下降,适应后专项能力会有所突破^[10]。据许豪文^[2]研究报道,定量运动时对运动适应的人比不适应的人血清CK的活性增高要少,但是如果运动导致人体筋疲力尽,往往是经过良好训练的优秀运动员在运动后血清CK活性增高更多。

激烈运动会导致机体耗氧量增加并产生大量代谢产物及自由基,引起细胞膜的损伤,这种损伤会使运动时的疲劳提前出现,随着运动时疲劳程度的加深,血清CK的活性会持续升高。一定范围内CK活性的变化能很好地反映运动时的疲劳程度。因此训练中可以通过控制血清CK的浓度来掌握机体的疲劳程度,以确保运动员训练中的良好状态。

Nuttall等观察到运动后血清CK变化规律是0~2 h轻度增高,8 h明显升高,16~24 h达到最高峰值,持续48 h以上可恢复到运动前水平。Tiidus的报道与Nuttall等的研究结果一致^[1]。运动后血清CK活性变化对运动后机能状况评定及训练安排有一定参考意义。负荷后运动员CK经常处于100~200 IU/L,如超过200 IU/L,且长时间(3~4 d)不能恢复到安静时水平,说明运动量过大,身体机能下降或有局部组织损伤,应及时调整运动量^[12]。

对一个训练有素的运动员,进行大强度或持续长时间训练后,CK值一般在24 h恢复到正常水平。若明显减慢或要几天才恢复到正常水平,预示运动员可能出现疲劳症候。Nowacki等^[13]提出运动训练后8~12 h,如CK值仍在升高,重复再进行训练,则容易引起过度疲劳和过度训练。并指出,在第2天清晨CK活性已经恢复到正常时,才宜再进行训练。文舫等^[14]在对女子摔跤运动员十运会前2个月CK值的变化规定中发现:大运动量训练不能连续几周安排,当达到一定强度时,需要经过适当调整,减小强度,以确保运动员对训练强度的适应和身体的恢复,避免造成累积性疲劳。一般CK 1 500 IU/L时,第2天要进行复测,然后针对不同情况进行个别调整。

3 血清CK对延迟性肌肉酸痛中的监控作用

大量研究表明,大运动量训练(特别是离心运动或离心工作为主的运动)可能导致骨骼肌延迟性肌肉酸

痛,引起运动能力下降^[15]。Rodenburg 等发现离心运动后,肌肉酸痛的变化与血清 CK 活性的变化呈显著相关。运动性骨骼肌损伤引起的血清 CK 活性升高具有延迟性的特点。向心、等长练习和耐力跑后,CK 峰值出现较早,大约在 18~24 h,而离心练习后常在第 4 天达峰值,且居高不下。一些学者认为:CK 在血清中延迟升高可能是运动损伤过程最后阶段的表现。高强度肌肉收缩后,肌肉酸痛与血清 CK 水平存在高度相关。CK 活性增加先于肌肉酸痛出现,有利于更早期地诊断肌肉损伤^[12]。而田野^[16]的研究发现:运动后血清 CK 的升高与肌肉酸痛变化同步,血清 CK 活性可作为评价一次性运动和连续运动后延迟性肌肉酸痛的客观指标。

4 血清 CK 对个体运动能力的监控作用

在训练应激的适应过程中,个体差异很大,相同的训练方法或训练负荷,对不同运动员产生训练效果和造成的机体疲劳程度有所不同。用 CK 值监控运动员训练时的机能状态可以推测运动员的潜在能力。研究发现,训练程度高的运动员比训练程度低的运动员血清 CK 活性恢复快^[17]。归予恒等^[10]报道:CK 恢复较慢的选手,专项素质和技术难以巩固和提高。优秀年轻选手在高 CK 状态下可能对高训练负荷的承受力及恢复能力均较强;但如果高 CK 出现的时间太长,即运动员机体承受高负荷的时间过长,随着机体能力的下降,较容易出现局部损伤。而训练时不能承受较大负荷,CK 上升幅度较低的运动员,专项成绩也难提高。Ulrich Hartmann 等^[18]发现,具有长期低水平血清 CK(女 100 IU/L,男 200 IU/L)的运动员主要表现出低的变化性,而具有长期高水平血清 CK(女 200 IU/L,男 400 IU/L)的运动员则表现出较高的变化性,提示血清 CK 水平的监控在制定运动员个人训练计划中有重要作用。

5 血清 CK 对低氧训练的监控作用

除了运动对血清 CK 活性有影响外,缺氧对运动员血清 CK 活性的变化亦有影响。刘海平对 20 名中日竞走运动员在多巴高原训练基地训练期间进行了训练后血清 CK 的测试,发现平原运动员初到高原训练时,由于受到高原缺氧影响,CK 明显上升,男、女分别比上高原前增加 142.4 IU/L 和 44.2 IU/L^[19]。

在缺氧环境下进行运动训练有利于提高机体的抗缺氧能力,目前模拟低氧训练已成为高原训练的研究热点,低氧训练的模式也由最早开始的高住低练(HiLo)逐步向低住高练(Living low-Training high,LoHi)、

高住高练低练(Living High-Training high-Training Low,HiHiLo)等新的训练模式发展。探讨不同模式低氧训练对运动员血清 CK 的影响,可以为不同低氧训练模式在运动实践中的科学应用提供理论和实践依据。

高住低练是一种有效地提高运动员耐力水平的科学模拟高原训练方法,能明显提高运动员的有氧耐力。刘建红等^[20]的研究发现,划船运动员进行高住低练 2 周后,血清中 CK 活性高于低住低练组,但没有显著性差异,说明运动员尚没有完全适应缺氧的环境。在高住低练 4 周后及高住低练后 2 周,血清中 CK 活性均明显低于低住低练组。因而,教练员和科研人员在训练中必须注意:在进行高住低练的初期阶段,应对运动员进行合理的营养物质的补充;同时在大约 2 500 m 的高度进行高住低练的时间至少应大于 2 周,效果才可能较好。

高炳宏等^[21]通过对女子赛艇运动员高住低练、低住高练和高住高练低练 3 种模式低氧训练前后血清 CK 变化的研究发现:训练负荷和低氧刺激的增大导致运动员血清 CK 升高,每周 3 次的低氧训练更能引起血清 CK 活性升高,而且低氧暴露时间长短与血清 CK 活性的变化存在一定关系。因而他们认为:教练员和科研人员在低氧训练过程中对运动员血清 CK 进行监测,可以防止运动员运动强度过大,使低氧训练收到更好效果。

6 血清 CK 对运动员合理营养的监控作用

合理营养是运动员取得优异成绩的基本因素之一。由于运动员长期从事大强度、大运动量的训练,机体能量代谢加强,代谢废物增加。合理的营养能供给运动员所消耗的热能,提供能源物质的储备和补充,加速代谢废物消除,有助于提高运动能力和运动后体能的恢复。但是,运动员营养的补充是否合理、补充后的效果如何,需要通过对运动员在营养补充过程中进行系统的生理、生化指标的测试和评价。CK 可作为评价运动员合理营养效果的一个很好的监控指标。

补充复合磷脂对细胞膜结构完整性起着重要的保护作用,能保护体内脏器官免受脂质过氧化的损伤。翁锡全等^[22]研究发现补充复合磷脂 1 周后便可对机体产生显著的保健效果:实验组安静时血清 CK 活性显著下降,而对照组却与实验前保持同一水平;实验组力竭运动时和次日晨血清 CK 活性尽管与对照组同样显著升高,但从升高水平来看,仍显著低于对照组水平。

夏阳等^[23]的研究发现:单独补充糖或肌酸,同时

补充糖和肌酸均可使足球运动员赛后的即刻血清 CK 活性显著下降,而且糖和肌酸同时补充效果更好,有利于足球运动员提高竞技能力。

血清肌酸激酶是运动训练过程中变化比较敏感的指标之一。但单一的肌酸激酶指标往往很难全面地评价运动员在训练过程中所承受的运动量和运动强度,必须同时采用多种生化指标进行综合评定,这样才可以起到相互补充、扬长避短的作用^[25]。无论是大强度还是低强度的训练,都会使血清中肌酸激酶的活性产生不同程度的增高。测定血清肌酸激酶,可以对运动员的训练强度、延迟性肌肉酸痛、运动能力评定、疲劳及恢复过程、低氧训练和合理营养等方面进行监控,为教练员和科研人员在训练中正确评估训练计划是否合理、训练负荷是否达到计划要求等提供参考,以利他们科学地安排训练。

参考文献:

- [1] 刘振玉.运动训练与肌酸激酶研究进展[J].天津体育学院学报,1999,14(1):30-32.
- [2] 许豪文.肌酸激酶和运动员的机能评定[J].中国运动医学杂志,1987,6(3):164-167.
- [3] Tiidus P M.Effects of intensity and duration of muscular exercise on delayed soreness and serum enzyme activities[J].Med Sci Sports Exerc,1983,15(6):461-465.
- [4] Hunter J B.Effect of training on plasma enzyme levels in man[J].J Appl Physiol,1971(31):20-23.
- [5] 许豪文.不同项目运动应激后血清磷酸肌酸激酶和尿素氮的变化[J].中国运动医学杂志,1983,2(1):18-23.
- [6] 杨洁.大强度训练后拳击运动员血清 CK 异常升高恢复手段的探讨[J].天津体育学院学报,2005,20(2):31-32.
- [7] 杜国玺.力量训练对速滑运动员血清肌酸激酶的影响[J].哈尔滨体育学院学报,2003,21(1):6-8.
- [8] 杜国玺.不同状态下速滑运动员肌酸激酶的变化[J].冰雪运动,1988(6):49-53.
- [9] 郭子渊,洪雷,蒋华社.应用血清酶监控散打运动员赛前训练[J].中国运动医学杂志,2005,24(1):103-105.
- [10] 归予恒.运用血清肌酸激酶值监控举重运动员的训练负荷承受力[J].中国运动医学杂志,2004,23(2):180-184.
- [11] 封飞虎.古典式青年摔跤运动员大强度训练期部分生化指标的监测研究[J].上海体育学院学报,2005,29(2):55-58.
- [12] 杨翼.肌酸激酶与运动训练[J].武汉体育学院学报,1999,33(1):82-85.
- [13] Nowacki P E.The influence of exhaustive efforts at high altitude(2 040 m) on serum enzymes (CPK,CPK_{at},LDH,SGOT,SGPT) in well trained athletes[M]//Metabolic to Prolonged Physical Exercise,Birhauser Verlag Basel,1973:78-83.
- [14] 文舫,祝英,姜淑芳.肌酸激酶在女子摔跤训练负荷中的应用研究[J].辽宁体育科技,2006,28(3):24.
- [15] Nosaka K.Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage[J].Scand J Med Sci Sports,2002,12(6):337-346.
- [16] 田野,马鹏鹏,郭时杰.连续运动后延迟性肌肉损伤的适应性研究[J].中国运动医学杂志,2003,22(2):138-142.
- [17] 陈扬.运动对血液中肌酸激酶、乳酸脱氢酶、琥珀酸脱氢酶的影响[J].解放军体育学院学报,2000,19(1):25-30.
- [18] Ulrich Hartmann.体育项目中的训练与过度训练特征[J].体育科研,2006,27(1):44-49.
- [19] 刘海平.高原训练期间血清酶活性的变化[J].西安体育学院学报,2000,13(1):47-49.
- [20] 刘建红,周志红,欧明毫,等.“高住低练”模拟高原训练对划船运动员血清 CK、LDH 和 ALT 活性的影响[J].中国应用生理学杂志,2005,21(3):349-352.
- [21] 高炳宏,陈坚,王道,等.女子赛艇运动员 HiLo、LoHi 和 HiHiLo 三种模式低氧训练前后血清 CK 和 BUN 的变化[J].中国运动医学杂志,2006,25(2):192-195.
- [22] 翁锡全.补充复合磷脂对力竭运动后血清酶活性的影响[J].中国临床康复,2003,7(15):2242-2243.
- [23] 夏阳.补充糖和/或肌酸对赛后血清肌酸激酶活性的影响[J].山东体育科技,2002,24(3):38-39.
- [24] 谢敏豪.运动员基础训练的人体科学原理[M].北京:北京体育大学出版社,2005:163-166.

[编辑:郑植友]