

· 综述与进展 ·

运动训练与肌酸激酶研究进展

ADVANCE OF RESEARCH OF SPORTS TRAINING AND CREATINE KINASE

刘振玉* LIU Zhenyu



摘要 采用文献资料分析法, 综述了近 40 年来国内外对肌酸激酶研究的成果和运动训练对血清肌酸激酶活力变化影响的各种因素。研究证明, 无论是大强度还是低强度的运动训练, 都会使血清中肌酸激酶活性不同程度增高。由于细胞和血液中肌酸激酶的数量差异特别大, 因此它是评定肌肉承受负荷刺激的最敏感的指标。

关键词 运动训练 肌酸激酶 运动量

Abstract The present study summarizes achievements of research of creatine kinase (CK) and factors of sports training influencing serum CK activity in the past 40 years by literature. Results show that serum CK activity increases with sports training of any intensity which is the most sensitive indicator to assess load due to the significant difference between cellular CK and serum CK.

Key Words sportstraining CK exercise load

自 1958 年首次报告运动后血清酶活性增加以来, 随后许多研究表明, 当运动量达到一定强度时, 可引起体内血清酶活性的显著增加, 并且还表明许多因素能够影响运动时和运动后各种血清酶活性变化。

肌酸激酶 (EC: 2. 3. 2. 2) 全名为 ATP: 肌酸磷酸转移酶, 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、线粒体呼吸和肌肉收缩供能, 并且大量存在于骨骼肌、心肌、脑、视网膜及精液等处, CK 是机体 ATP-CP 系统代谢的关键酶之一。正常情况下肌细胞结构完整、功能正常使 CK 极少透出细胞膜, 所以血清中 CK 活性很低。血清中 CK 活性的变化能反映肌细胞对运动训练的适应程度。

1 运动量与血清 CK 活性的关系

血清 CK 活性升高的幅度与运动量的关系极为密切。多数报道表明, 剧烈运动后血清 CK 活性显著升高。亚极限强度的运动可使 CK 活性增加到 100 ~ 200 U/L (U 为国际酶活性单位), 极限强度的运动 CK 活性可增加至 500 ~ 1 000 U/L 左右。人体运动后血清 CK 的最高值是 Lang 报告的在 160.9 km 赛跑后的 2185 U/L。另有学者认为, 各种强度的短时间运动后血清 CK 活性增高。最近国内报道以渐增负荷踏车 12 ~ 15 min (最大负荷约维持 2 ~ 3 min) 后, 即可出现血清 CK 活性的显著升高。可见血清 CK 活性的升高不仅与运动时间的长短有关, 而且与运动强度有关。

2 性别、年龄等因素与血清 CK 活性的关系

大多数学者报道, 男性运动后血清酶活性增高比女性更明显。Shunate 等发现, 运动 2 h 后男性血清 CK 的平均活性明显高于女性。在马拉松比赛后, 男性血清 CK 活性平均增高 22 倍, 而女性仅增高 9 倍。

年龄因素对运动后血清酶活性增加的程度影响不大。Novak 报告血清 CK 活性与瘦体重呈高度相关。Clerkson 认为, 血清 CK 活性与快肌纤维和慢肌纤维的横截面积比例呈正相关, 而参与运动的肌纤维的类型和数量也能影响血清酶水平。另外, 在高原、低气压或周围有噪音的环境下运动时, 运动后血清 CK 活性的增加高于平原、常压或安静环境; 人在高温环境中运动引起血清酶活性的增加比在常温环境中更加明显。运动引起的血液浓缩及改变也可使血清酶活性升高, 因此, 很多因素都能影响运动后血清酶活性的变化。运动导致血清酶活性升高是这些影响因素综合作用的结果。

3 运动训练后血清 CK 活性变化的规律

不同种类的血清酶对运动产生的适应性变化有所差异, 表现在运动后血清酶活性增加的时间和程度不同。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。Tidus 的报道与 Nuttall 等的研究结果一致。

血清 CK 活性在运动后的增加程度存在着显著的个体差异, 运动后血清 CK 的恢复个体差异也很大。不少报道认为, 有训练的运动员运动后血清 CK 的活性恢复较快, 一般在 24 h 内即可恢复正常。

4 CK 是评定肌肉承受刺激的敏感指标

研究证明, 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。由于肌细胞和血液中 CK 的数量差异特别大 (约为 $5 \times 10^6 \diamond 1$), 因此可以把它看成作为评定肌肉承受刺激的一个敏感指标。CK 与其它酶相比, 不仅分子量小 (约

* 女, 副教授, 天津体育学院运动生理教研室, 天津 300381
Correspondence to: LIU Zhenyu, Dept. of Social Sports, Tianjin Institute of Physical Education, Tianjin 300381, China.
收稿: 1998-09-18
修回: 1999-11-18

为 84 000) 容易脱离细胞,而且能通过肝脏网状内皮细胞系统得到较快的分解。金特曼认为,一个训练良好的运动员,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。因此,动态测定血清 CK活性,对监测运动员疲劳的出现和恢复程度具有实践意义。近来有文献报道,运动所致肌肉损伤均与血清 CK活性的变化有关,CK活性变化可作为了解运动性骨骼肌损伤的一个敏感生化指标。

在运动实践中利用血清 CK进行训练评定有两大优势:首先就能量代谢来看,CK通过催化反应 $ATP + \text{肌酸} = ADP + \text{磷酸肌酸}$,而参与细胞内的能量转运活动——磷酸肌酸穿梭。由于磷酸肌酸分子比 ATP小得多,容易通过线粒体外膜,也容易在胞浆内扩散。因此,磷酸肌酸穿梭尤其适用于能量代谢旺盛的组织 and 细胞,说明 CK为什么会大量存在于骨骼肌、心肌等处。在这些细胞中存在两种能量代谢途径,一条是在一般情况下使用的腺苷酸穿梭;另一条是在能量代谢旺盛时才启用的磷酸肌酸穿梭。人类运动能力的发展在很大程度上依赖于能量代谢,而线粒体在能量代谢中占有非常重要的地位。要完成磷酸肌酸穿梭需位于线粒体外的胞浆 CK(CytcK)和位于线粒体内的线粒体 CK(MiicK)共同参与。CytcK为二聚体,广泛存在于各种亚细胞结构上,并通过与它们的 ATP酶在功能上相偶联而使磷酸肌酸在转换成 ATP后能够直接供能。至少已发现 CytcK与肌细胞 M带的结合是可逆的,而且这种可逆结合能调节能量的利用,因此,这可能是 CytcK调节细胞能量分布和利用的普遍方式。MiicK有二聚体和八聚体两种形式,它们之间可以相互转变。八聚体 MiicK位于线粒体内膜的外表面,与 ATP、ADP 移位酶(ANT)在结构和功能上相偶联,把 ANT产生的 ATP转变成磷酸肌酸,同时还与线粒体外膜作用,将产生的磷酸肌酸运至线粒体。二聚体 MiicK存在于线粒体内外膜之间的介质中,不参与这一转运活动。有多种因素可以改变二聚体和八聚体内的动态平衡,并以此来调节能量的产生和运输。

人类运动能力的不断发展在很大程度上依赖于能量代谢的自身条件,而线粒体在能量代谢中有举足轻重的地位,骨骼肌内线粒体产生 ATP的能力与氧化磷酸化(OXPHOS)及其酶密切相关。CK活性的变化正是反映骨骼肌内能量代谢的变化。近年来国内学者在与运动能力相关的特定性状的遗传度和个体对运动训练敏感度的差异方面作了大量工作,其肌组织中 CK活性的增加及适应性变化依赖于个体的基因型。一段基因可表达一种酶。现已证实,MiicK有脑型和肌型两种同工酶,分别由不同的基因编码,其中编码脑型 MiicK的基因可在多种细胞中表达,而编码肌型 MiicK只能在肌肉组织中表达。CytcK和 MiicK都有同工酶,它们的分布有明显的组织和发育阶段的特异性,这反映了 CK基因表达的特异性调节。CytcK有三种同工酶,分别由 M、B两种亚基双双组合而成。MM型主要存在于成年动物骨骼和肌组织中;BB型存在于胚胎细胞中,但也存在于成年动物的各种细胞中,其中以脑组织中含量为最多;BM型主要存在于心肌组织中。M、B亚基分别由 b-cytcK和 M-cytcK两基因编码。所以 CK不但可

用于细胞能量代谢的研究,还可用于基因表达的调节研究。运动所致肌肉损伤均与血清 CK活性变化有关。CK活性变化可作为了解运动性骨骼肌损伤的一个敏感指标。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,使教练掌握肌肉对训练量适应水平及运动员的机能状态,以保证科学训练和安排参加各类比赛的人选。在运动实践中利用血清 CK进行评定其优势在于:从能量代谢方面看,肌肉对训练刺激所产生的反映较为明显;另外可以了解肌细胞在超量供能的情况下,CK脱离肌细胞进入血液的数量是否减少,因此根据运动员血清 CK参数来调节训练强度是科学的。

5 运动训练后 CK活性增高的机制

运动训练后血清 CK活性的机制至今尚不清楚,但一般认为 CK活性增加与细胞内成分的释放有关。关于这一问题目前主要有两种观点,一是运动使肌细胞膜通透性发生变化;二是运动导致肌细胞损伤。这两种解释均有一定的事实根据,但仍不能圆满地解释其增高的机制。

6 近年肌酸激酶研究进展

近年来由于分子生物学的发展,特别是分子克隆技术的应用,使 CK的研究取得了较大的进展。利用肌酸激酶单克隆抗体制备特异的亲和层析柱,用于纯化 CK同工酶,可以代替以往的多次离子交换层析,使用方便,纯化效果也大大提高。在对某一种酶进行研究时,首先要有大量的纯品,才能对其分子结构、酶学特性等进行研究,所以 CK单抗在 CK基因结构和酶蛋白一级结构的研究中有广泛的应用价值。

人类 CK基因结构尚未搞清,其基因定位在第 14、15、17、19号染色体上。CK酶各类亚基间氨基酸顺序存在广泛的相似性,进化上保守的氨基酸顺序可能是酶发挥催化功能所必需的结构。利用单抗与处于翻译过程中的核糖核蛋白体结合,进而提取 CK的 mRNA,进行 cDNA 克隆,以此来研究 CK基因结构和酶蛋白一级结构,CK基因的调控与各种激素、蛋白因子的关系。单抗还可用于免疫组织定位,来研究同功能的分布及其参与的代谢过程。利用单抗与酶蛋白的特异抗原决定簇结合,来研究酶分子的功能区,进一步了解酶分子的结构及作用机制。所以,分子克隆技术的应用使 CK的研究取得了较大的进展。

在当前国际竞技水平不断提高的形势下,千分之一秒的胜负都需要运动员付出极大的生理代价,这就更加要求以科学合理的手段最大限度地挖掘人类的运动能力,有目的地进行科学训练。血清 CK测定能为教练员提供重要的信息,了解肌肉对训练的适度水平及运动员的机能状态,切实保证科学训练,血清肌酸激酶活力变化能真正反映肌细胞对运动训练的适应性,它的科学性远远高于血乳酸指标。所以 CK可作为一个微观依据,指导科学训练,对防止疲劳过度也具有重要意义。

随着分子生物学的发展及分子克隆技术的应用,人们在不断深入的肌酸激酶研究中,终将搞清运动训练与血清肌酸激酶活性变化的机制。

参考文献

- 1 陈惠黎. 生物化学检验技术. 北京:人民卫生出版社,1990. 244~247
- 2 (苏)弗·纳·普拉托诺夫著. 张人民,唐礼,高大安等译. 现代运动训练. 北京:人民体育出版社,1991. 178
- 3 冯连世,冯炜权. 运动与血清酶活性的变化. 中国运动医学杂志,1991,10(2):88~94
- 4 吴小平. 定量训练对红肌 SOD、LPO 的影响. 上海体育学院学报,1992,16(2):1~6
- 5 田野,王义润,杨锡让等. 运动性骨骼肌结构、机能变化的机制研究 - II:力竭运动对线粒体钙代谢水平的影响. 中国运动医学杂志,1993,12(1):1~4
- 6 唐有祺,张惠珠,吴相钰等. 生物化学. 北京:北京大学出版社,1990. 51~61
- 7 许绍辉,王爱华,顾军等. 运动疲劳时血清 CK、CK-MBAST 等生化指标的变化. 中国运动医学杂志,1992,11(3) 157
- 8 Cook R. Inhibition of Muscle Contraction by Products of ATP Hydrolysis ADP and Phosphate. Biophys J, 1985, 47:25
- 9 染鹰,陈仙春,陈淑英等. 运动性疲劳与血清酶活性的关系研究. 中国运动医学杂志,1992,11(4):241
- 10 国家体委体育信息研究所编. 训练疲劳和过度训练. 国外体育动态,1997(10):15~20
- 11 A·普拉托诺夫著. 朱冠楠译. 运动训练中的生化适应原理. 国外体育科技,1995(2):24~26
- 12 杨翼. 肘关节屈肌离心运动后血清 CK 的变化. 国外体育科学,1998(1):10~13
- 13 Bartsch W et al. Regulation and Compartmentalization of Androgens in Rat Prostate and Muscle. Steroid Biochem,1983,19:929~937
- 14 Koni P, Karlsson J. Skeletal Muscle Fibre Type Enzyme Activities and Physical Performance in Young Male and Female. Acta Physiol Scand, 1978,103:210~218
- 15 Wilson J D. Androgen Abuse by Athletes. Endoc Rev,1998,(9):180~199
- 16 Richardson J H, Drake P D. The Effects of Zinc on Fatigue of Striated Muscle. J. Sports Med, 1979(19):133~134
- 17 Kotkiewski M et al. Zinc and Muscle Strength. Acta Physiol Scand, 1982,116:309~311
- 18 Apple F S et al. Skeletal Muscle Creatine Kinase MB Alterations in Women Marathon Runner. Eur J Appl Physical, 1987,56:49~52
- 19 Arenas J. Activities of Creative Kinase and its Isoenzyme in Suramin Various Skeletal Muscle Disorders. Clin. Chem,1988,(34):2460~2462
- 20 Beggs Ah et al. Detection of 98 % of DMD/ BMD Gene Deletions by Polymerase Chain Reaction. Hum Genet,1990(86):45
- 21 Eichner E R. Overtraining: Consequences and Prevention. Journal of Sports Sciences, 1995(13):41~48

· 简 讯 ·

天津体育学院召开 1999 年工作会议

1999年2月27日,学院在开学的第一天,召开了“1999年天津体院工作会议”。市教委、市体委领导、学院党政领导及全体教职工、部分离退休老同志参加了会议。会上,李宗浩副院长做了题为《振奋精神,艰苦奋斗,大兴学习之风,创造性地深化改革,促进我院的全面发展》的报告,党委书记商淑彦做了题为《抓住机遇,深化改革,开拓创新,把各项工作逼上新台阶》的报告。他们的报告中指出:“1998年是我院大事多、好事多、难事多的一年,我院党委、院行政团结和带领广大教职工高举邓小平理论伟大旗帜,全面贯彻落实党的十五大精神和市七次党代会精神,以建院40周年为契机,艰苦奋斗,求真务实,克服诸多困难,圆满完成了年初确定的各项工作任务,并在很多方面取得了突破性进展,为我院今后的发展奠定了良好基础;1999年是承前启后、继往开来、具有特别重要意义的一年,是我院改革和发展任务重、压力大、要求高、面临严峻挑战的一年,我院全体教职员工的要变压力为动力,变挑战为机遇,在市委、教工委的领导下,继续高举邓小平理论的伟大旗帜,认真贯彻“学习、创新、改革、发展、稳定”方针,大兴学习之风,加大改革力度,下力量搞好干部制度改革、机构改革、人事制度改革、分配制度改革、后勤改革、资产管理改革,促进我院各项工作的全面发展;以创新的精神,指导我们的各项工作,真正树立尊重知识、尊重人才观念,营造尊重人才的良好环境;树立以教学为中心,切实提高办学质量和办学效益,努力塑造天津体院全方位的良好形象;开展让群众明白、让群众满意活动,实实在在为群众办实事,认认真真抓工作的落实;按照中央和市委部署,用整风的精神开展以“三讲”为主要内容的党性党风教育,以我院第四次党代会为契机,切实加强党的领导和党的建设,保持良好的发展势头,以一天也不能耽误的紧迫感和耽误一天也不行的责任感,以创一流的精神,抢抓开局,知难而进,把工作逼上一个新水平。

大会开得隆重、热烈,与会的全院教职员工的员工精神饱满、备受鼓舞。在下午的分组会讨论中,大家踊跃发言,就如何认清形势,增强改革和发展的紧迫感,贯彻落实1999年工作要点,抓好本部门的工作等问题进行了认真的讨论。

(院办供稿)