

大鼠骨骼肌糖酵解限速酶在不同训练负荷过程中的变化*★

张敏¹, 陈立军¹, 靳秋月¹, 周蔚²

Variation of rate-limiting enzyme in glycolysis of rat skeletal muscle under different training intensities

Zhang Min¹, Chen Li-jun¹, Jin Qiu-yue¹, Zhou Wei²

Abstract

BACKGROUND: Glycolytic system plays an important role in the consumption and utilization of energy in movement. Various training subjects lead to different adaptive changes of bodies.

OBJECTIVE: To explore the effects of different training intensities on phosphofructokinase (PFK), hexokinase (HK) and pyruvate kinase (PK) activities of rat skeletal muscle.

METHODS: According to BEDFORD TG standards, anaerobic exercise, aerobic exercise, aerobic and anaerobic cross-training motion models were established using treadmill running with different intensities. At the same time, normal animals served as control group. All the animals were killed immediately after exercise training. The activity of PFK, HK and PK were determined by enzyme-coupled assay.

RESULTS AND CONCLUSION: After treadmill training, the PFK activity in the anaerobic exercise group was increased ($P < 0.05$). To the cross-training group, it increased after 6 weeks' training ($P < 0.05$), however, the activity of PFK was decreased after 2 and 4 weeks' aerobic exercise training ($P < 0.05$). HK activity was increased after 4 and 6 weeks' training ($P < 0.05$), which was the highest in the anaerobic exercise group ($P < 0.05$). Compared with the cross-training group, HK activity in the aerobic exercise group was lower ($P < 0.05$). The activity of PK was decreased in 2-week and 4-week anaerobic exercise group than that of the control group ($P < 0.05$). The present findings demonstrated that, the activity of rate-limiting enzyme in glycolysis was affected not only by exercise modes, but also by training periods. Long-time training, especially including high-speed anaerobic training, can protect the activity of rate-limiting enzyme in glycolysis.

Zhang M, Chen LJ, Jin QY, Zhou W. Variation of rate-limiting enzyme in glycolysis of rat skeletal muscle under different training intensities. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(41): 7649-7652. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 糖酵解系统在运动时能量的消耗和利用中起重要作用, 不同的训练科目的主要供能系统不同, 会引起战士机体不同的适应性变化。

目的: 探讨不同训练负荷条件对大鼠骨骼肌相关糖酵解限速酶磷酸果糖激酶、己糖激酶和丙酮酸激酶活性的影响。

方法: 参照 BEDFORD TG 标准, 建立无氧、有氧和有氧无氧交替运动大鼠跑台训练模型, 并设置正常对照组。各组动物训练结束后即刻处死, 应用酶偶联法检测 SD 大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶、己糖激酶和丙酮酸激酶的活性。

结果与结论: 经过不同时间的跑台训练, 无氧组大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶活性均明显升高 ($P < 0.05$), 交替运动组在训练至 6 周时磷酸果糖激酶活性增加 ($P < 0.05$), 而有氧组磷酸果糖激酶活性在训练 2 周和 4 周后均下降 ($P < 0.05$)。各组己糖激酶活性在训练 4 周和 6 周后均升高 ($P < 0.05$), 其中无氧组最高 ($P < 0.05$), 交替运动组己糖激酶活性高于有氧运动组 ($P < 0.05$)。而无氧运动 2 和 4 周组丙酮酸激酶活性较对照组有所下降 ($P < 0.05$)。结果提示, 大鼠骨骼肌糖酵解限速酶的活性不仅受运动方式的影响, 而且在相同运动方式下还与训练时间的长短有关。长时间的训练, 尤其是包含高速无氧训练的运动项目更能提高骨骼肌糖酵解限速酶的活性。

关键词: 训练; 有氧; 无氧; 糖酵解; 限速酶; 骨骼肌

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.41.012

张敏, 陈立军, 靳秋月, 周蔚. 大鼠骨骼肌糖酵解限速酶在不同训练负荷过程中的变化[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(41):7649-7652. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

¹Department of Biochemistry, ²Graduate Management Brigade, Medical College of Chinese People's Armed Police Forces, Tianjin 300162, China

Zhang Min★, Master, Lecturer, Department of Biochemistry, Medical College of Chinese People's Armed Police Forces, Tianjin 300162, China zhangmin53421@163.com

Correspondence to: Chen Li-jun, Master, Professor, Department of Biochemistry, Medical College of Chinese People's Armed Police Forces, Tianjin 300162, China chenlijun67@eyou.com

Supported by: the Key Program of Medical College of Chinese People's Armed Police Forces, No. WKH2009Z02*

Received: 2010-07-09 Accepted: 2010-09-10

0 引言

糖酵解系统在运动时能量的消耗和利用中占有举足轻重的地位。不同的训练科目的主要供能系统不同, 会引起战士机体不同的适应性变化。目前, 关于不同训练负荷和训练时间对骨骼肌糖酵解限速酶活性的影响规律和特点尚不清楚。实验通过建立无氧运动、有氧运动、有氧和无氧交替运动SD大鼠跑台训练模型, 检

测大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶、己糖激酶和丙酮酸激酶的活性, 探讨不同训练负荷和训练时间条件下大鼠骨骼肌糖酵解限速酶的变化特点和规律。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验。

时间及地点: 于2010-01/02在武警医学院生物化学实验室完成。

武警医学院, 1 生物化学教研室, 2 研究生管理大队, 天津市 300162

张敏★, 女, 1978 年生, 山东省济南市人, 汉族, 2007 年天津医科大学毕业, 硕士, 讲师, 主要从事生物化学教学与研究, zhangmin53421@163.com

通讯作者: 陈立军, 硕士, 教授, 武警医学院生物化学教研室, 天津市 300162 chenlijun67@eyou.com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225 (2010)41-07649-04

收稿日期: 2010-07-09
修回日期: 2010-09-10 (20100709003/WJ-Z)

材料: 健康 2 月龄 SD 雄性大鼠 80 只, 清洁级, 体质量 (214.65±11.24) g, 由北京大学医学部实验动物科学部提供 (许可证号: SCXK 2002-0001)。动物房维持在温度 (23±2) °C, 湿度 40%~60%, 每日按自然昼夜照明, 自由进食饮水。动物饲料为实验动物专用饲料, 饮用水为自来水。大鼠购进后均先适应性饲养 1 周, 自由活动。每日清理鼠笼, 换水、添食。实验对动物的处理方法符合中华人民共和国科学技术部颁发的《关于善待实验动物的指导性意见》^[1]。

实验参照 BEDFORDTG 标准^[2], 运动方式为无氧运动、有氧运动、有氧和无氧交替运动, 使用成都泰盟科技有限公司的 FT-200 三通道大鼠跑步机进行跑台训练。每次由专人在同一时间对大鼠进行训练, 训练时间从 8:00 AM 开始。

主要试剂及仪器:

试剂及仪器	来源
6 磷酸果糖醛缩酶, 磷酸烯醇式丙酮酸异构酶、 α -磷酸甘油脱氢酶, 6-磷酸葡萄糖脱氢酶	美国 Sigma 公司
电动玻璃匀浆器 DY89-I	浙江宁波科器研究所
UV-120-20 紫外/可见分光光度计	日本岛津公司

实验方法:

分组: 大鼠购进后适应性饲养 1 周, 然后进行 3 d 适应性跑台训练 (坡度为 0°, 速度 8.2 m/min, 10 min/d) 后, 按体质量 (组间体质量无显著性差异) 将 SD 大鼠 80 只随机分为 4 组: 正常对照组 8 只、无氧运动组 24 只、有氧运动组 24 只, 有氧和无氧交替运动组 24 只, 按训练周期长短每个运动组再分为训练 2, 4 和 6 周组, 每组 8 只。

动物模型的建立: 参照 BEDFORD TG 标准^[2], 建立无氧、有氧、有氧和无氧交替运动跑台训练模型。

有氧运动组采用递增负荷训练, 起始速度为 15 m/min, 每间隔 5 min, 速度增加 3 m/min, 运动至速度为 20 m/min 后维持此速度并增加跑台坡度为 5%, 时间 60 min, 运动强度为 64%~66% VO_{2max}。无氧运动组训练速度为 50 m/min, 时间 6 min, 休息 5 min 后, 继续依此训练 3 次, 运动强度 >80%VO_{2max}^[3-4]。有氧与无氧交替运动组起始速度为 15 m/min, 5 min 后, 增至 18 m/min, 5 min 后增至 20 m/min, 坡度提为 5%, 训练 35 min。大鼠休息 10~15 min 后, 以 50 m/min 训练 6 min。

训练过程中使用毛刷刺激, 维持大鼠在跑

台跑道前 1/3 处, 以保证运动强度恒定。每次实验后均检查动物是否受伤, 如有受伤则及时治疗和休息调整。训练 6 周, 6 d/周。正常对照组大鼠正常笼内生活, 不运动。

大鼠骨骼肌匀浆液的制备: 在冰上迅速将大鼠处死, 取 1 g 骨骼肌, 置于 7 mL 的 0.3 mol/L 蔗糖、10 mmol/L 咪唑 (pH 7.4, 4 °C) 溶液中, 使用匀浆器进行充分研磨, 组织匀浆液在 4 °C 条件下, 3 000 r/min, 离心 20 min, 取上清检测酶活性。应用 Lowry 法测定蛋白浓度。

指标测定: 采用酶偶联法应用 UV-120-20 紫外分光光度计检测大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶、己糖激酶和丙酮酸激酶的活性^[5-7]。

主要观察指标: SD 大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶、己糖激酶和丙酮酸激酶活性。

设计、实施、评估者: 设计者为第二作者, 实施者为全部作者, 评估为第一作者, 均受过正常培训。实验未使用盲法评估。

统计学分析: 计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 应用 SPSS16.0 统计学软件对实验数据进行统计学分析, 组间差异比较采用单因素方差分析和 SNK-q 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 实验动物数量分析 大鼠 80 只全部进入结果分析, 无脱落。

2.2 不同训练负荷对 SD 大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶活性的影响 无氧组大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶活性较对照组均升高 ($P < 0.05$), 且随着训练时间的延长, 无氧运动 6 周组磷酸果糖激酶活性较无氧 2 和 4 周组升高 ($P < 0.05$); 交替运动组在训练至 6 周时酶活性增加 ($P < 0.05$), 而有氧组磷酸果糖激酶活性在训练 2 和 4 周后均下降 ($P < 0.05$)。见表 1。

Group	Training cycle (wk)		
	2	4	6
Anaerobic exercise	202.21±13.67 ^a	204.87±26.01 ^a	219.54±20.00 ^{ab}
Aerobic exercise	111.52±12.84 ^a	130.53±9.67 ^a	162.53±17.67
Crossing-training	165.03±11.67	169.20±14.00	217.04±18.84 ^a

^a $P < 0.05$, vs. control group (163.37±15.84) $\mu\text{kat/g}$; ^b $P < 0.05$, vs. 2- and 4-wk anaerobic exercise group

2.3 不同训练负荷对SD大鼠骨骼肌己糖激酶活性的影响 由表2可知, 训练2周, 各组己糖激酶活性与对照组相比无显著性差异; 训练4周, 各运动组己糖激酶活性较对照组和2周组有所升高($P < 0.05$), 其中无氧组己糖激酶活性最高($P < 0.05$), 交替运动组高于有氧运动组($P < 0.05$); 训练至6周, 各组己糖激酶活性较相同运动方式4周组未出现变化, 但仍以无氧组己糖激酶活性最高($P < 0.05$), 交替运动组酶活性高于有氧运动组($P < 0.05$)。

表2 不同训练负荷大鼠骨骼肌己糖激酶活性的变化
Table 2 Changes of hexokinase activity after different training intensities ($\bar{x} \pm s$, $n=8$, $\mu\text{kat/g}$)

Group	Training cycle (wk)		
	2	4	6
Anaerobic exercise	72.35±15.34	129.36±10.84 ^{ab}	137.36±9.50 ^c
Aerobic exercise	65.51±13.67	93.85±11.17 ^a	101.85±9.84
Crossing-training	68.18±19.17	108.19±9.34 ^a	116.19±9.84

^a $P < 0.05$, vs. control group (66.51±17.67) $\mu\text{kat/g}$; ^b $P < 0.05$, vs. 4-wk aerobic exercise and 4-wk crossing-training group; ^c $P < 0.05$, vs. 6-wk aerobic exercise and 6-wk crossing-training group

2.4 不同训练负荷对SD大鼠骨骼肌丙酮酸激酶活性的影响 由表3可知, 有氧组和交替运动组丙酮酸激酶活性在不同训练时期与对照组相比差异均无显著性意义; 无氧运动2周和4周组丙酮酸激酶活性较对照组有所下降($P < 0.05$), 但6周组与对照组相比差异无显著性意义。

表3 不同训练负荷大鼠骨骼肌丙酮酸激酶活性的变化
Table 3 Changes of pyruvatekinase activity after different training intensities ($\bar{x} \pm s$, $n=8$, $\mu\text{kat/g}$)

Group	Training cycle (wk)		
	2	4	6
Anaerobic exercise	126.86±9.00 ^a	130.53±8.50 ^a	164.20±16.50
Aerobic exercise	158.70±10.50	158.70±22.17	160.20±16.34
Crossing-training	167.20±17.50	167.87±13.17	170.53±17.67

^a $P < 0.05$, vs. control group (161.87±14.84) $\mu\text{kat/g}$

3 讨论

不同的军事训练科目其主要供能系统不同, 会引起战士机体不同的适应性变化, 掌握发展各种能量代谢系统的训练方法和原则是提高战士体能的根本。但是, 对运动人体的研究往往测量一些心肺指标和血清指标^[8-10], 组织和脏器的取材很难进行。实验通过建立SD大鼠无氧、有氧以及有氧和无氧交替训练跑台运动模型, 测定骨骼肌相关糖酵解限速酶: 磷酸果糖激酶、己糖激酶和丙酮酸激酶的活性, 总结人体在不同训练负荷条件下适应性变化

的生化规律, 为科学训练提供实验依据。

实验中的有氧运动组参照BEDFORD TG标准, 采用递增负荷训练, 符合有氧运动的特点。Shepherd等^[3]认为在30 m/min的跑速时大鼠使用了83%的 $\text{VO}_{2\text{max}}$, 此结果和无氧阈很相近。当机体的耗氧量达到最大耗氧量的大约75%时, 将自动触发无氧代谢过程, 无氧运动组大鼠的跑台速度为50 m/min, 能够达到无氧运动的要求。故而基于无氧运动和有氧运动的特点, 参照大鼠在不同负荷条件下的氧耗量^[3-4], 构建了无氧、有氧、有氧和无氧交替运动的大鼠运动模型, 且3个运动组的训练距离大致相等。

磷酸果糖激酶是调节糖酵解过程的几个限速酶中最重要的酶, 又称为糖酵解主要限速酶, 它是一个四聚体, 可以受多种变构效应剂的影响, 从而加速或减弱糖酵解的过程^[11]。实验观察到无氧组大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶活性均明显升高, 且随着训练时间的延长, 到第6周出现了显著性的增加; 交替运动组在训练至6周时酶活性增加, 而有氧组磷酸果糖激酶活性在训练2周和4周后均下降。这在一定程度上表明, 大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶的活性不仅受运动方式的影响, 而且在相同运动方式下还与训练时间的长短有关。高速无氧间歇训练更能提高磷酸果糖激酶的活性, 而且随着训练时间的延长更有利于提升酶的活性; 有氧无氧交替训练亦可增加磷酸果糖激酶的活性, 但短时期内无法实现, 训练时间必须足够长; 而较短时期的单纯的递增负荷训练无益于大鼠骨骼肌磷酸果糖激酶的活性。这一结果与许多文献的报道一致, 李开刚等^[12]通过设计不同运动强度的有氧训练, 发现长期耐力训练后磷酸果糖激酶的活性除36 m组外, 其余均低于对照组。Tikkanen等^[13]发现持续的耐力训练不改变慢肌纤维中磷酸果糖激酶的活性, 但减少了在快肌纤维中的活性。Serrano等^[14]对有氧耐力训练的马进行研究, 训练8个月后磷酸果糖激酶活性降低。而许多研究表明, 无氧训练则可增加磷酸果糖激酶的活性^[15-18]。磷酸果糖激酶活性的增加应来自两方面: 即催化功能的提高和运动训练可刺激或诱导酶合成量增加。

己糖激酶是糖酵解途径的第一个限速酶, 实验发现, 训练2周时各运动组己糖激酶活性与对照组相比无显著性差异; 训练4周和6周后, 各组酶活性均明显升高, 但都是无氧训练组最高, 交替训练组高于有氧组, 训练6周和训练4周相比, 己糖激酶活性未出现变化。这表明运动有利于己糖激酶活性的提高, 但需要一定的时间积累, 短时期的运动训练不会引起SD大鼠骨骼肌己糖激酶活性的变化。同时, 不同的训练方式也会引起酶活性不同的变化。3种训练方式相比较, 高速无氧间歇训练更能提高己糖激酶的活性, 有氧无氧交替训练次之。无氧运动和交替运动过程中, 葡萄糖经糖酵解迅速产出ATP, 以满足机体对能量的需求, 在这个过程中, 作为

糖酵解启动步骤中的限速酶己糖激酶活性会增加。递增负荷训练过程中, 葡萄糖通过有氧氧化为机体供能, 葡萄糖的有氧氧化分为4个阶段, 其中第一阶段即糖酵解途径, 因此己糖激酶的活性也会升高。漆正堂的研究也表明耐力训练与间歇性速度训练都能提高骨骼肌己糖激酶的活性^[19]。除此之外, 己糖激酶对葡萄糖的磷酸化作用也是糖原合成的第一步反应, 己糖激酶活性的升高也能促进训练后糖原合成水平的提高, 但相关问题有待于进一步研究探讨。

丙酮酸激酶是糖酵解过程中最后一个限速酶, 1, 6-二磷酸果糖是丙酮酸激酶的变构激活剂, 而ATP则有抑制作用。此外, 丙酮酸激酶还受共价修饰调节, 依赖环腺苷酸的蛋白激酶和依赖Ca²⁺、钙调蛋白的蛋白激酶均可使其磷酸化而失活。本实验中, 有氧运动组和交替运动组丙酮酸激酶活性在不同训练时期与对照组相比无显著性差异; 无氧运动2周和4周组丙酮酸激酶活性下降。很可能是因为无氧训练后血Ca²⁺水平增加^[20], Ca²⁺-钙调蛋白依赖途径被激活。钙调蛋白底物谱非常广, 可以磷酸化许多蛋白质的丝氨酸和(或)苏氨酸残基, 使之激活或失活。丙酮酸激酶是其底物之一, 通过磷酸化反应使酶活性降低。有研究显示耐力训练与间歇性速度训练过程中, 丙酮酸激酶的活性与对照组相比均无显著性差异^[19]。而实验中无氧运动6周后, 丙酮酸激酶的活性与对照组无差别, 但是再延长训练时间, 该酶的活性是否会出现升高还有待于做进一步的研究探讨。

总之, 不同的训练负荷和训练时间对大鼠骨骼肌糖酵解限速酶的影响是不同的。实验通过建立模拟武警战士的无氧、有氧和有氧无氧交替训练跑台运动模型, 探讨了不同训练负荷对骨骼肌糖酵解限速酶影响的规律和特点, 以期在训练实践中如何发展各种能量代谢系统的训练方法和原则提供科学依据。

4 参考文献

[1] The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. Guidance Suggestions for the Care and Use of Laboratory Animals. 2006-09-30.

[2] Bedford TG, Tipion CM, Nilson NC, et al. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedure. J Appl Physiol. 1979;47(6):1278-1283.

[3] Shepherd RE, Gollnick PD. Oxygen uptake of rats at different work intensities. Pflugers Arch. 1976;362:219-222.

[4] Levine BD. VO₂max: what do we know, and what do we still need to know? J Physiol. 2008;586(1):25-34.

[5] Alice AF, Pérez-Martínez G, Sánchez-Rivas C, et al. Existence of a True Phosphofructokinase in Bacillus sphaericus: Cloning and Sequencing of the pfk Gene. Appl Environ Microbiol. 2002;68(12):6410-6415.

[6] Preet A, Gupta B L, Yadava P K, et al. Efficacy of lower doses of vanadium in restoring altered glucose metabolism and antioxidant status in diabetic rat lenses. J Biosci. 2005;30(2):221-230.

[7] Feiden S, Stypa H, Wolfrum U. A novel pyruvate kinase (PK-S) from boar spermatozoa is localized at the fibrous sheath and the acrosome. Reproduction. 2007;134(1):81-95.

[8] Chen LJ, Qin YS, Zhang M, et al. Zhongguo Linchuang Kangfu. 2005;9(4):172-173.
陈立军, 秦永生, 张敏, 等. 不同运动强度对训练者血乳酸水平的影响[J]. 中国临床康复, 2005, 9(4):172-173.

[9] Zhang M, Qin YS, Chen LJ, et al. Wujing Yixue. 2004;15(8):565-568.
张敏, 秦永生, 陈立军, 等. 不同负荷形式的生理生化指标与武警战士的有氧代谢能力评价研究[J]. 武警医学, 2004, 15 (8):565-568.

[10] Zhang M, Qin YS, Chen LJ, et al. Jiefangjun Yufang Yixue Zazhi. 2004;22(5):348-351.
张敏, 秦永生, 陈立军, 等. 武警战士不同间歇期400m跑的跑动时间、心率和血乳酸变化[J]. 解放军预防医学杂志, 2004, 22(5):348-351.

[11] Cha XL. Beijing: People's Medical Publishing House. 2008.
查锡良. 生物化学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.

[12] Li KG, Lu SZ, Feng LS, et al. Zhongguo Yundong Yixue Zazhi, 2002;21(2):166-169.
李开刚, 陆绍中, 冯连世, 等. 不同强度耐力训练后大鼠骨骼肌酶活性适应性变化的研究[J]. 中国运动医学杂志, 2002, 21(2):166-169.

[13] Tikkanen HO, Näveri HK, Härkönen MH. Alteration of regulatory enzyme activities in fast-twitch and slow-twitch muscles and muscle fibres in low-intensity endurance-trained rats. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1995;70(4):281-287.

[14] Serrano AL, Quiroz-Rothe E, Rivero JL. Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining. Pflugers Arch. 2000;441(2-3):263-274.

[15] Laursen PB, Marsh SA, Jenkins DG, et al. Manipulating training intensity and volume in already well-trained rats: effect on skeletal muscle oxidative and glycolytic enzymes and buffering capacity. Appl Physiol Nutr Metab. 2007;32(3):434-42.

[16] Roberts AD, Billeter R, Howald H. Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. Int J Sports Med. 1982;3(1):18-21.

[17] Simoneau JA, Lortie G, Boulay MR, et al. Effects of two high-intensity intermittent training programs interspersed by detraining on human skeletal muscle and performance. Eur J Appl Physiol. 1987;56(5):516-521.

[18] Vogt M, Puntschart A, Geiser J, et al. Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. J Appl Physiol. 2001;91(1):173-182.

[19] Qi ZT, Guo W, Zhang Y, et al. Tiyu Kexue. 2009;29(3):38-42.
漆正堂, 郭维, 张媛, 等. 不同训练方式对静息骨骼肌糖酵解能力及线粒体PDK4、CPT21基因转录的影响[J]. 体育科学, 2009, 29(3):38-42.

[20] Li WJ, Hui XY, Xu YL, et al. Xiandai Linchuangyixue Shengwu Gongchengxue Zazhi. 2005;11(4):273-276.
李闻捷, 惠小阳, 徐玉莲, 等. 高强度有氧及无氧训练对运动员机体生化指标的综合影响[J]. 现代临床医学生物工程杂志, 2005, 11(4):273-276.

来自本文课题的更多信息一

基金资助: 本课题受武警医学院重点科研项目《不同训练负荷条件下身体机能的代谢评定及机制探讨》(WKH2009Z02)资助。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

课题的意义: 实验通过建立 SD 大鼠无氧、有氧以及有氧无氧交替训练的跑台运动模型, 模拟武警战士的日常训练, 观察各组 SD 大鼠骨骼肌糖酵解限速酶变化的特点和规律, 为训练实践中如何发展各种能量代谢系统的训练方法和原则提供科学依据, 更好的为军事训练服务。

课题评估的“金标准”: 糖酵解系统在运动时能量的利用和消耗中占有举足轻重的地位, 磷酸果糖激酶、己糖激酶和丙酮酸激酶是糖酵解过程中的限速酶, 其活性的高低可影响机体的代谢供能能力。实验采用酶偶联法对 3 种酶的活性进行测定。

设计或课题的偏倚与不足: 实验仅为动物实验, 未来将进一步把动物实验和人的训练相结合进行研究。

提供借鉴的价值: 对运动后机体代谢情况的研究, 除了构建动物模型以外, 还可以直接研究运动人体, 但运动人体的直接研究往往只是测量一些心肺指标和血清指标, 组织和脏器的取材很难进行。实验采用 SD 大鼠跑台训练模型, 模拟人体的无氧、有氧、有氧和无氧交替运动训练, 探讨总结了不同训练负荷条件下骨骼肌糖酵解限速酶活性变化的特点和规律, 有一定的理论意义和应用价值, 能够为武警战士的科学训练提供有益的资料。