

高氧恢复对低氧训练大鼠骨骼肌 SDH 和 MDH 活性的影响

庞阳康¹, 林文弢², 陈景岗³, 陈晓彬²

(1.广东医学院 体育部, 广东 湛江 524023; 2.广州体育学院, 广东 广州 510075;
3.湛江师范学院 体育学院, 广东 湛江 524023)

摘要: 探讨在进行低氧训练后, 吸高浓度氧对大鼠骨骼肌琥珀酸脱氢酶(SDH)和苹果酸脱氢酶(MDH)活性的影响。将雄性 SD 大鼠 38 只随机分为常氧运动组(A)、低氧运动组(B)、常氧运动高氧恢复组(C)、低氧运动高氧恢复组(D), 分别进行常氧训练、低氧训练和高氧恢复。4 周后测试大鼠骨骼肌 SDH 和 MDH 的活性。结果发现, 经过 4 周的实验, 高氧恢复干预组大鼠的 SDH、MDH 活性要比单纯运动或低氧运动组大鼠的活性高, 且常氧运动高氧恢复组 SDH、MDH 活性均显著高于对应的常氧运动组; 低氧运动高氧恢复组 MDH 活性显著高于低氧运动组; 而低氧运动组 SDH、MDH 的活性要高于对应的常氧运动组, 且低氧运动组 MDH 活性显著高于常氧运动组。结果表明, 4 周低氧训练比常氧训练在提高大鼠股四头肌 SDH 和 MDH 活性方面有一定优越性, 而在低氧训练和常氧训练后进行高浓度氧恢复则更能显著地提高大鼠股四头肌 SDH 和 MDH 的活性。

关键词: 运动生物化学; 低氧训练; 高氧恢复; 琥珀酸脱氢酶; 苹果酸脱氢酶
中图分类号: G804.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2009)07-0110-03

Effects of hyperoxia recuperation on the activities of SDH and MDH in skeletal muscle of hypoxia-training rat

PANG Yang-kang¹, LIN Wen-tao², CHEN Jing-gang³, CHEN Xiao-bin²

(1.Department of Physical Education, Guangdong Medical College, Zhanjiang 524023, China;
2.Guangzhou Sport University, Guangzhou 510075, China;
3.School of Physical Education, Zhanjiang Normal College, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: To investigate the change of activity of SDH and MDH in skeletal muscle of hypoxia-training rats after giving hyperoxia recuperation. 38 male adult Sprague-Dawley(SD) rats were randomly divided into 4 groups: normoxia exercise group (A) hypoxia exercise group(B) normoxia exercise and hyperoxia recuperation group(C) hypoxia exercise and hyperoxia recuperation group(D). After 4 weeks, to sample and to test activity of SDH and MDH in skeletal muscle of rats. Activity of SDH and MDH of hyperoxia recuperation group was significantly higher than normoxia exercise group and hypoxia exercise group. 4 weeks' hypoxia-training can boost activity of SDH and MDH of rats' skeletal muscle. TO give hyperoxia recuperation after normoxia exercise or hypoxia exercise can boost activity of SDH and MDH of rats' quadriceps muscle of thigh obviously too.

Key words: exercise biochemistry hyperxiarecuperation; hypoxia-training; succinate dehydrogenase; malate dehydrogenase

氧是有氧代谢的必要条件。因此, 有氧代谢受氧供应和氧利用情况的影响。而在低氧环境中, 机体为保证正常的机能或维持生存, 从各个方面抵御缺氧状

况, 以保持其正常机能。而机体各组织能量代谢中有许多关键酶在低氧中也发生不同的变化^[1-4]。现有的研究普遍认为, 在低氧的环境下进行适当的运动训练有

利于有氧代谢酶活性的提高。但同时因低氧环境缺氧的因素不利于机体在运动时所消耗物质的恢复。那么在低氧运动后进行高浓度氧的恢复,以解决机体缺氧的矛盾,是否会更有利于有氧代谢酶活性的提高。为此,本研究测试了三羧酸循环中两个关键酶——琥珀酸脱氢酶(SDH)和苹果酸脱氢酶(MDH)活性的变化,以了解在低氧和运动训练应激作用后,吸高浓度氧对机体有氧代谢能力变化的影响。

1 材料与方法

1.1 动物与分组

雄性SD大鼠38只,购自中山大学医学院动物中心,体重为(200±20)g,随机分为常氧运动组(A)、低氧运动组(B)、常氧运动高氧恢复组(C)、低氧运动高氧恢复组(D),所有大鼠在实验第4周末处死、采样。

1.2 实验方法

常氧运动组实验安排:常氧环境下进行速度为25 m/min跑台训练1 h,每周运动6 d,共4周;低氧运动组实验安排:每天(23±1)h在模拟海拔2 500 m高度低氧舱内生活,并在此模拟的低氧环境下,以20 m/min速度在动物跑台上运动1 h,每周运动6 d,共4周;常氧运动高氧恢复组实验安排:常氧环境下,进行速度为25 m/min跑台训练1 h,每周运动6 d,共4周,运动后即刻进高氧舱吸高氧0.5 h;低氧运动高氧恢复组实验安排:每天(23±1)h在模拟海拔2 500 m高度低氧舱内生活,并在此模拟的低氧环境下,以20 m/min速度在动物跑台上运动1 h,每周运动6 d,共4周,运动后即刻进高氧舱吸高氧0.5 h。

1.3 高氧仓的建造

首先用现有的老鼠饲养笼在其四周打几个小孔,然后用医用纯氧气瓶连接减压阀经软管通过其中一个小孔进行放氧,并在笼子上盖上一方形玻璃板,以造成一个相对密封的空间,而其余的小孔起到通气的作用,氧流量控制在10 L/min左右。通过CY-100数字测氧仪测定,在3 min内笼内的氧气体积分数就能上升到80%以上,在30 min内,笼内的氧体积分数以先快后慢的规律逐渐上升,最后氧体积分数达到97.2%。

1.4 检测指标与方法

股四头肌SDH活性:采用深圳爱克分析仪器有限公司的AIC VIS-7220型可见分光光度计测定,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

股四头肌MDH活性:采用苏州岛津生产的紫外可见分光光度计UV-1700测定,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.5 统计方法

所有数据用SPSS11.0版进行统计,计算均值±标准差($\bar{x} \pm s$),单因素方差分析, $P < 0.05$ 为显著性水平。

2 结果与分析

经过4周的实验,高氧恢复干预组大鼠的SDH、MDH活性要比单纯运动或低氧运动组的活性高,且常氧运动高氧恢复组SDH、MDH活性均显著高于对应的常氧运动组;低氧运动高氧恢复组MDH活性显著高于低氧运动组;而低氧运动组SDH、MDH的活性要高于对应的常氧运动组,且低氧运动组MDH活性显著高于常氧运动组(见表1)。

表1 低氧、运动及高氧恢复干预后大鼠

组别	例数	SDH、MDH活性($\bar{x} \pm s$)变化	
		SDH	MDH
常氧运动组(A)	9	7.48±1.11	17.58±1.61
低氧运动组(B)	10	10.85±2.53 ¹⁾	20.60±2.55 ⁴⁾
常氧运动高氧恢复组(C)	10	12.41±2.13 ¹⁾	21.90±5.06 ¹⁾⁴⁾
低氧运动高氧恢复组(D)	9	12.17±1.67 ¹⁾	65.95±6.33 ¹⁾²⁾³⁾

1)与A组相比, $P < 0.05$;2)与B组相比, $P < 0.05$;3)与C组相比, $P < 0.05$;4)与D组相比, $P < 0.05$

3 讨论

氧是有氧代谢的最主要条件,有氧代谢受氧供应和氧利用的影响。而机体各组织能量代谢中有许多关键酶在低氧中也发生不同的变化。这些变化因低氧程度和低氧时间的不同而不同。轻、中度和重度低氧对氧化酶的影响是不一样的,另外,急、慢性低氧对其影响也不一致^[5]。现有研究表明,长时间激烈运动可造成机体氧供与氧耗失衡,引起机体产生运动性缺氧;如果在高原的低氧环境下运动,势必会加深这种缺氧的程度。而缺氧会在多方面的机制下导致机体疲劳的产生。如果在高原低氧的环境休息将会延迟机体疲劳的消除。从以往的研究与本实验结果来看,补氧能提高运动能力,延缓运动性疲劳的发生,并能促进运动性疲劳的消除。

在本实验中,低氧运动组SDH和MDH的活性都高于常氧运动组,但只在SDH活性方面上两者差异有显著($P < 0.05$)。显示了低氧运动训练比常氧运动训练在调动机体有氧代谢能力方面更具优势。本实验也观察了常氧运动和低氧运动后吸高氧对有氧代谢酶的影响。发现补氧对提高有氧代谢酶的活性有促进作用。高氧恢复组(C、D组)SDH的活性比没高氧恢复组(A、

B 组)SDH 的活性高,但只与常氧运动组(A 组)差异有显著性($P<0.05$),与低氧训练组(B 组)差异没有显著性($P>0.05$)。同时,在实验的过程中发现高氧组大鼠跑步训练完成的情况要比其它组好,可以从侧面反映补氧对有氧运动能力有一定的促进作用。崔建华等^[6]的研究结果也显示高氧能提高 SDH 的活性。而高氧恢复也能促进平原训练和低氧训练后 MDH 活性的提高,其中以低氧训练后吸高氧变化最为显著($P<0.01$)。这些结果提示在低氧训练后吸高浓度氧有利于有氧代谢酶类活性的提高。

高氧可能通过以下的机制提高大鼠骨骼肌有氧代谢酶类的活性。首先、高氧能提高血氧张力,增加血氧含量和组织储氧量,改善机体缺血缺氧状态,改善组织代谢;其次、高氧能增加组织氧的有效弥散距离;最后高氧能改善血液的流变性。而这些方面机制的改善都会迅速提高循环血液中氧含量并直接供组织细胞利用,改善重要脏器缺血缺氧区的供氧,改善微循环,恢复组织细胞正常能量的代谢,促进低氧组织线粒体呼吸功能恢复,产生大量内源性 ATP,而产生的大量能量就能用于细胞结构及膜通道修复; Ca^{2+} 转出细胞后转入肌浆网储存,促进 Ca^{2+} 超载恢复;促进受损的组织修复;促进有毒性的代谢物的降解及排出体外;改善重要器官的功能;为运动过程中所消耗物质的恢复创造良好的环境和提供能量(ATP)。

另一方面,高氧能增加机体抗氧化酶活力,提高机体对自由基损伤的抵抗能力^[7]。现有的运动医学领域研究结果认为:急性和慢性运动等能引起人体内的自由基增加。另外,缺氧也会对机体自由基的代谢产生影响,已知缺氧的发生发展过程与 ROS 密切相关。缺氧时电子传递链的复合体 I 与辅酶 Q 之间两位点“电子漏”增加,ROS 形成增加;且缺氧 ATP 耗竭,胞内 Ca^{2+} 超载, Ca^{2+} 通过蛋白激酶使黄嘌呤脱氢酶转化为黄嘌呤氧化酶,进一步催化黄嘌呤氧化,生成大量的 O_2^- 。ROS 通过其强烈的氧化作用,对不饱和脂肪酸产生氧化和过氧化作用,从而生成脂质过氧化物,影响到机

体抗氧化酶系统。而运动和缺氧这两种因素的叠加就会导致机体的更大氧应激。而高氧可以迅速改善机体缺氧状况和能量代谢的模式,进而改善机体自由基的代谢状况。因此补氧可以拮抗自由基直接攻击细胞的超微结构,保证了细胞结构的完整性及其功能的正常发挥;并防止自由基损伤酶的结构导致有氧代谢酶活性的下降。

再者, O_2 本身可能就是有氧代谢酶的激动剂。高氧可能直接或间接从多方面的机制调动大鼠骨骼肌 SDH 和 MDH 的活性。

参考文献:

- [1] 林文弢,徐国琴,翁锡全,等. 常压模拟高住低练对大鼠促红细胞生成素及红细胞相关指标的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2003, 22(6): 566-568.
- [2] 林文弢,赵军,翁锡全,等. 常压模拟高住低练对大鼠血清自由基及一氧化氮的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2004, 23(1): 46-48.
- [3] 黄丽英,翁锡全,林文弢,等. 间歇低氧训练对抗氧化酶系统及其适应能力的影响[J]. 广州体育学院学报, 2007, 27(2): 111-115.
- [4] 林文弢,邱烈峰,翁锡全,等. 低氧暴露对运动性低血红蛋白大鼠血清铁代谢的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2007, 26(1): 66-67.
- [5] 路瑛丽,冯连世. 低氧训练对有氧代谢酶影响的研究进展[J]. 中国运动医学杂志, 2005, 24(2): 195-198.
- [6] 崔建华,杨海军,张西洲,等. 富氧对缺氧大鼠心肌琥珀酸脱氢酶及超微结构的影响[J]. 西南国防医药, 2005, 15(2): 129-131.
- [7] 崔建华,战祥总,张西洲,等. 富氧对高原人体自由基代谢及持续保留时间的影响[J]. 高原医学杂志, 2004, 14(2): 4-6.

[编辑: 郑植友]