

怡力康对运动性疲劳大鼠骨骼肌能量代谢的影响

李湘奇 张笃超 王毅

摘要 目的 探讨怡力康对运动性疲劳大鼠骨骼肌能量代谢的作用机制。**方法** 72 只健康大鼠随机分为安静对照组、运动对照组、西洋参含片组、怡力康小剂量组、怡力康中剂量组、怡力康大剂量组, 每组 12 只, 采用游泳疲劳造模, 同时分别给与纯净水、西洋参含片、怡力康(含片)灌服, 均每天 1 次, 连续 21 天后检测各组动物血清胰岛素样生长因子(IGF - I)、乳酸(LH)、尿素氮(BUN)含量和骨骼肌能量代谢相关酶(LDH、MDH)活性。**结果** 各游泳组大鼠血清 IGF - I 含量, 骨骼肌 LDH、MDH 活性显著高于安静对照组 ($P < 0.01$), 西洋参含片组、怡力康各剂量组高于运动对照组 ($P < 0.01$); 各药物组大鼠血清 LH、BUN 含量低于安静对照组及运动对照组 ($P < 0.01$)。**结论** 怡力康能够提高血清 IGF - I 含量, 骨骼肌能量代谢相关酶 LDH、MDH 的活性, 降低血清 LH、BUN 含量, 提高机体能量代谢, 加速乳酸及尿素氮的消除, 提高机体抗疲劳能力。

关键词 运动性疲劳 怡力康 胰岛素样生长因子 能量代谢

Effects of Yilikang on Skeletal Muscle Energy Metabolism in Rats with Exercise - induced Fatigue. Li Xiangqi, Zhang Duchao, Wang Yi. The Affiliated Hospital of Taishan Medical College, Shandong 271000, China

Abstract Objective To explore the mechanism of yilikang on skeletal muscle energy metabolism in rats with exercise - induced fatigue. **Methods** 72 healthy rats were divided into 6 groups at random (12 rats for every group): rest control group, exercise training control group, American ginseng tablet group, yilikang low dose group, yilikang medium dose group, yilikang high dose group. Rats were made into the fatigue model by exhaustive swimming. Every rat at the same time was administrated pure water, American ginseng tablet or yilikang tablet respectively once a day. At the 21th day, insulin like growth factor(IGF - I), LH, BUN and enzymes related to skeletal muscle energy metabolism(LDH, MDH) were assayed. **Results** It was significant higher in blood serum IGF - I and skeletal muscle LDH, MDH to each rat in swimming group than in rest groups ($P < 0.01$). They were higher in American ginseng tablet group and yilikang tablet group than those in exercise control group ($P < 0.01$). LH and BUN were lower in each medicine group than those in rest control group ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). **Conclusion** Yilikang can improve the blood serum level of IGF - I, and the activity of enzymes related to skeletal muscle energy metabolism(LDH, MDH). At the same time, yilikang can reduce serum LH and serum BUN level, increase body energy apply, accelerate the clearance of LH and BUN and enhance anti - fatigue activity due to exercise.

Key words Exercise fatigue; Yilikang; Insulin like growth factor(IGF - I); Energy metabolism

运动性疲劳又称体力性疲劳, 在竞技运动中, 运动性疲劳在运动员超强度大运动量训练中经常发生, 因而延缓体力性疲劳的出现无疑有助于机体运动能力的保持与运动成绩的提高。随着我国社会主义市场经济的发展, 竞争意识的增强, 社会生活节奏的加快, 对如何增强人体素质, 迅速消除疲劳, 保持旺盛的精力, 已成为社会的需要, 尤其对竞技于运动员来说, 延缓疲劳的发生, 也是体育事业发展的需要。自 20 世纪 80 年代起, 我国运动医学界已开始重视并致力于借助传统医药来消除运动性疲劳与提高机体运动能力, 从已取得的成绩看, 中医药提高机体运动能力

的潜力确实值得深入挖掘, 本课题试图通过研究怡力康对运动性疲劳大鼠骨骼肌能量代谢指标的影响, 探讨其对抗运动性疲劳作用机制。

材料与方法

1. 实验动物: SPF 级 Wistar 健康大鼠共 72 只, 雌雄各半, 体重 200 ± 20 g, 鼠龄 2 个月, 山东大学实验动物中心提供, 合格证号: SCXK(鲁)20030004。在常规饲养方法 1 周, 适应环境后开始实验。

2. 药物及试剂: 怡力康(由黄芪、刺五加、仙灵脾、绞股蓝、枸杞子等组成), 泰山医学院药学院、滕州市体育局体育科研所提供, 0.25 克/片, 批号: 09030901; 西洋参含片, 广州九天绿实业有限公司生产, 0.6 克/片, 批号: 20080801。

胰岛素样生长因子(IGF - I)酶免试剂盒购于大连泛邦化工技术开发有限公司; 乳酸(LH)、尿素氮(BUN)、乳酸脱氢酶(LDH)、苹果酸脱氢酶(MDH)试剂盒均购于南京建成生物公司, 其他试剂为: 30% 水合氯醛购于天津福晨化学试剂厂、

基金项目: 山东省 2007 年科技发展计划项目(2007GG30008005)

作者单位: 271000 泰安, 山东省泰山医学院临床学院(李湘奇); 277500 山东省滕州市体育局(张笃超, 王毅)

乙醇、生理盐水、双蒸水等。

3. 主要仪器:TL-5.0 台式离心机(上海市离心机研究所)、电子移液器(南京贝帝实验仪器有限公司)、电子天平(上海豪晟科学仪器有限公司)、FSH-2 型高速匀浆器、江苏金坛市华欧实验仪器厂)、FA1004N 精密天平(上海精密科学仪器有限公司天平仪器厂)、医用一次性注射器等。

4. 方法:(1)动物分组:SPF 级 Wistar 大鼠 72 只,采用国家标准大鼠饲料喂养,自由饮用纯净水。按照随机表法分为 6 组,每组 12 只,安静对照组(A 组):灌服纯净水 2ml/d;运动对照组(B 组):游泳后灌服纯净水 2ml/d;西洋参含片组(C 组):灌服西洋参含片液,0.15g/(kg·d),相当于临床用量的 5 倍;怡力康小剂量组(D 组):灌服怡力康液,0.125g/(kg·d),相当于临床用量的 1 倍;怡力康中剂量组(E 组):灌服怡力康液,0.25g/(kg·d),相当于临床用量的 5 倍;怡力康大剂量组(F 组):灌服怡力康液,0.5g/(kg·d),相当于临床用量的 10 倍。均每天 1 次,连续 21 天。运动疲劳大鼠模型复制实验期间,各组大鼠正常笼饲,自由饮食。安静对照组不做任何运动。其他各组每天游泳 1 次(池水深 65cm,水温保持 28~30℃),除星期天外,每天无负重游泳至疲劳 1 次(用塑料棍驱赶使之不停地游泳。疲劳标准:大鼠游泳协调动作消失,水淹没鼻尖,身体下沉,至再次浮出水面的时间超过 10s,并连续 3 次者^[1])。(2)实验取材及测试样品制备:实验第 22 天,安静对照组大鼠和各游泳组大鼠依次游泳至力竭后捞出,30%水合氯醛麻醉,腹主动脉采血 4ml,放入不加抗凝剂的空

试管,静置 30min,3000r/min 离心 15min,吸取血清,-20℃冰箱保存待测。处死,迅速分离两侧股四头肌,冰生理盐水洗去血液,滤纸吸,取股四头肌组织 1.0g,用电子天平称重,按 1:9 的比例加入生理盐水后,电动玻璃匀浆器 1000r/min 匀浆 3min,3500r/min 离心 15min,取上清,-70℃冰箱保存待测。(3)测定方法:IGF-I(酶免法),LH、BUN、LDH、MDH 测定(化学比色法)严格按照试剂盒说明书进行,并在实验之前进行预实验,测定完毕后按说明书计算所测指标浓度。(4)统计处理:采用 SPSS13.0 统计软件对所得数据进行统计分析,求平均数,标准差,并进行方差分析和独立样本 *t* 检验(差异显著性标准采用 *P*<0.05)。

结 果

1. 怡力康对疲劳大鼠血清 IGF-I、骨骼肌能量代谢相关酶的影响:各游泳组大鼠血清 IGF-I 含量显著高于安静对照组(*P*<0.01),西洋参含片组、怡力康各剂量组高于运动对照组(*P*<0.01),运动对照组高于安静对照组,但无统计学意义,各药物组间差异无显著性。各游泳组大鼠骨骼肌 LDH、MDH 活性极显著性高于安静对照组(*P*<0.01),各药物组显著高于运动对照组(*P*<0.01),西洋参含片组高于怡力康小剂量组(*P*<0.01),与中、大剂量组无显著性差异(*P*>0.05)(表 1)。

表 1 各组大鼠血清 IGF-I、骨骼肌能量代谢相关酶结果比较

组别	<i>n</i>	LDH(U/gprot)	MDH(U/mgprot)	IGF-I(nmol/L)
安静对照组(A)	12	47.33±11.02	1.95±0.19	290.24±26.47
运动对照组(B)	12	83.78±10.39*	2.65±0.21*	336.56±27.19*
西洋参含片组(C)	12	112.64±12.26*▲△	3.76±0.31*▲△	368.64±25.34*▲
怡力康小剂量组(D)	12	98.76±11.56*▲	3.21±0.27*▲	359.46±24.26*▲
怡力康中剂量组(E)	12	114.66±13.82*▲△	3.68±0.33*▲△	374.82±23.53*▲
怡力康大剂量组(F)	12	119.59±16.38*▲△	3.74±0.39*▲△	385.21±29.86*▲

与 A 组比较,**P*<0.01;与 B 组比较,▲*P*<0.01;与 D 组比较,△*P*<0.01

2. 怡力康对疲劳大鼠血清乳酸(LH)、尿素氮(BUN)的影响:运动对照组大鼠血清 LH、BUN 含量均高于安静对照组(*P*<0.01),药物干预后,能够清除体内 LH、BUN,表现为各药物组低于安静对照组及运动对照组(*P*<0.01);对于乳酸的清除,怡力康大剂量组和西洋参含片组由于怡力康小剂量组(*P*<0.01),怡力康中、大剂量组与西洋参含片组无显著性差异(*P*>0.05)(表 2)。

讨 论

1. 怡力康对大鼠血清 IGF-I 的影响:高强度的运动作为一种外界刺激,能够引起骨骼肌的微损伤,而机体又可以通过自身的各种调节修复这种损伤,来适应这种刺激。这一过程中 IGF-I 起到一定的作

表 2 各组大鼠血清乳酸、尿素氮的结果比较(mmol/L)

组别	<i>n</i>	LH	BUN
安静对照组(A)	12	6.04±0.94	9.25±0.48
运动对照组(B)	12	7.39±0.82*	11.06±1.36*
西洋参含片组(C)	12	3.81±0.55*▲△	7.37±0.59*▲
怡力康小剂量组(D)	12	4.48±0.39*▲	7.62±1.09*▲
怡力康中剂量组(E)	12	4.12±0.33*▲	7.43±0.78*▲
怡力康大剂量组(F)	12	3.85±0.25*▲△	7.51±0.58*▲

与 A 组比较,**P*<0.01;与 B 组比较,▲*P*<0.01;与 D 组比较,△*P*<0.01

用,IGF-I 可以加强骨骼肌细胞间氨基酸和葡萄糖转运,增加骨骼肌血液供应,促进蛋白质合成;通过 IGF₅-神经-肌肉途径间接发挥肌肉营养作用;另外还可以促进骨骼肌细胞增生和分化。IGF-I 可刺激肌纤维对氨基酸的利用,从而促进蛋白质合成,还可

抑制蛋白质的降解,从而导致蛋白质的净增长。另外,IGF - I 还可以通过与 I 型受体结合促进骨骼肌细胞增生和分化。王立诺^[2]研究认为 IGF - I 在体内能促进合成代谢、促进细胞有丝分裂,刺激 RNA、DNA 的合成和细胞增生,因而能促进肌肉力量的增长和瘦体重的增加,并且在运动性心脏重塑过程中起上调作用,影响了运动训练的效果。由此可见,IGF - I 在运动引起的骨骼肌微损伤修复过程中起着关键作用。实验中,服用怡力康大鼠血清 IGF - I 含量明显的高于对照组($P < 0.01$),说明怡力康可以通过提高 IGF - I 含量,促进大鼠训练引起的骨骼肌微损伤的修复,使骨骼肌更好地适应运动训练,从而提高骨骼肌的抗疲劳能力和运动能力。

2. 怡力康对大鼠骨骼肌能量代谢相关酶的影响:运动即是骨骼肌利用能量物质做功的过程,运动强度越大,需要的能量物质就越多,若能量供应不能满足运动强度时,机体则会出现体能下降,不能完成既定的运动强度,出现机体的疲劳。肌肉运动所需能量的直接来源是肌肉细胞中的 ATP,如果不断地运动就必须反复合成 ATP。ATP 主要有 3 种合成途径,3 条途径中各自有相关的酶参与代谢,这酶类多分布在线粒体及细胞液中,如参与有氧氧化的琥珀酸脱氢酶(SDH)、苹果酸脱氢酶(MDH);参与糖酵解的乳酸脱氢酶(LDH)等。LDH 是机体糖代谢中无氧酵解过程中的一种重要的酶,对机体缺氧状态下运动时能量的生成、供应及乳酸代谢有着十分重要的意义,它主要催化丙酮与乳酸的可逆反应。MDH 是机体有氧代谢途径中的催化酶之一,它是线粒体基质的标志酶。王煜等^[3]研究指出,快速力量训练 6 周后,肌肉中各酶特别是无氧氧化酶(LDH)的活性显著提高;但是也有人指出,一般强度的运动训练对提高 LDH 的活性作用不大。为了对抗运动疲劳,可以通过药物干预提高骨骼肌能量代谢酶的活性,陈理标等^[4]实验表明,中药补气养阴清热活血方能够有效地提高骨骼肌 LDH 活性。余谦等^[5]实验指出,补剂和清剂均能提高大鼠骨骼肌 MDH 酶活性,其中补剂能显著提高骨骼肌 MDH 活性。

本实验结果中,各药物组大鼠骨骼肌 LDH、MDH 活性均非常显著地高于安静对照组($P < 0.01$);说明本实验采用力竭运动及怡力康均可提高骨骼肌 LDH、MDH 活性,从而提高骨骼肌有氧代谢能力。并且怡力康作用较运动对照组更明显($P < 0.01$),中、高剂量组与西洋参含片组无显著性差异,但优于小剂

量组,提示骨骼肌 LDH、MDH 活性与怡力康有一定的量效关系。

综上所述,本实验所用怡力康自身或协同运动训练,可有效提高机体在不同状态下能量代谢相关酶的活性,增强机体有氧、无氧代谢,提高机体抗疲劳能力。

3. 怡力康对疲劳大鼠代谢产物的清除:乳酸是体内糖无氧代谢的终产物,剧烈运动时,由于机体缺氧,丙酮酸在 LDH 的催化下还原成 LA,其浓度升高时可引起组织 pH 值下降,破坏机体内环境的平衡,影响机体内的正常代谢过程,并引起肌肉收缩力的下降^[6]。运动时骨骼肌中产生乳酸,乳酸透过细胞膜进入血液,并随血液循环到达身体的其他组织被代谢清除。体内乳酸堆积过多是引起运动性疲劳的主要原因之一,乳酸的消除有利于疲劳的恢复。研究表明,运动对照组大鼠在力竭性游泳后,其血 LA 浓度显著高于安静对照组,各药物组大鼠血 LA 的浓度明显低于安静对照组和运动对照组($P < 0.01$),以怡力康大剂量组最显著,因此有增加机体有氧供能能力,防止乳酸在体内的蓄积,可能是该制剂提高大鼠运动能力的机制之一。

长时间耐力运动中,体内蛋白质分解参与供能,血清 BUN 含量是反映蛋白质分解代谢的主要指标。在长时间运动的后期,肌肉中能量代谢平衡遭到破坏,肌糖元大量消耗,蛋白质和氨基酸代谢加速,尿素生成增多,致使血中 BUN 增加^[7]。本研究中各药物组大鼠血 BUN 低于对照组($P < 0.01$),说明怡力康可降低蛋白质和氨基酸供能的比例,相对提高糖和脂肪的供能,提高机体的供能能力,显示了其适应能力和抗疲劳的效果。

参考文献

- 1 李静先,张勇.运动生理生化研究中的运动模型[J].天津体育学院学报,1995,2:1
- 2 王立诺.运动方式与 IGF - I 相关关系研究进展[J].体育世界,2009,7:112 - 113
- 3 王煜,金雯.快速力量训练停训后对大鼠骨骼肌中酶及糖原影响的实验研究[J].西安体育学院学报,2003,20(3):38 - 40
- 4 陈理标.中药补气养阴清热活血方抗运动性疲劳的实验研究[J].中国临床康复,2004,8(12):2339 - 2340
- 5 余谦,宋开源,罗永芬,等.中药复方补剂和清剂抗体力性疲劳作用的研究[J].中国运动医学杂志,1999,18(4):300 - 305
- 6 李宁川,祝瑾,金其贯.刺五加制剂抗疲劳的实验研究.安徽体育科技[J],2000,3:89 - 91
- 7 张强,杨明.群刚生命源(氨基酸口服液)对速滑运动员身体机能影响的研究[J].冰雪运动,2002,4:48 - 49 (收稿:2010 - 02 - 11)
(修回:2010 - 04 - 20)