

·运动人体科学·

## 补充赖氨酸对大鼠心、肝组织 Bax 和 Bcl-2 的影响

罗荣保<sup>1</sup>, 张桂兰<sup>2</sup>, 刘文锋<sup>3</sup>, 刘慧敏<sup>3</sup>

(1.湘南学院 体育系, 湖南 郴州 423000; 2.长沙航空职业技术学院 体育部, 湖南 长沙 410124;  
3.湖南师范大学 体育学院, 湖南 长沙 410012)

**摘 要:** 为了解补充不同浓度赖氨酸对力竭运动大鼠心、肝组织细胞凋亡的影响, 观察其对心、肝组织细胞凋亡调控基因 Bax 和 Bcl-2 的变化, 探讨赖氨酸对力竭运动大鼠机体的保护作用。将 32 只大鼠进行 3 d 的跑台运动适应性训练后, 随机分成 4 组: 安静对照组、运动组、低浓度给药组和高浓度给药组。力竭运动大鼠均采用 Bedford 所建立的运动负荷模型。实验结束用免疫组织化学法检测心、肝组织细胞凋亡调控基因 Bax 和 Bcl-2 的阳性物质平均光密度值、面积和含量。结果: 与对照组比较, 运动组和给药组心、肝组织细胞凋亡调控基因 Bax 光密度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 与运动组比较, 差异也具有显著性( $P < 0.05$ ), 不同浓度赖氨酸的作用相当, 差异没有显著性; 运动组与对照组比较, 心、肝组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 光密度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 给药组与运动组比较, 心组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 光密度值差异也具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 只肝细胞表现高浓度给药组比低浓度给药组相比差异有显著性。结果说明: 大强度急性力竭运动可使大鼠心、肝组织致损伤, 诱导肝细胞凋亡, L-赖氨酸对急性力竭运动的大鼠心、肝组织有保护作用。

**关 键 词:** 大强度急性力竭运动; L-赖氨酸; 细胞凋亡调控基因; 免疫组织化学  
中图分类号: G804.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2008)05-0094-05

### Effects of lysine supplement on Bax and Bcl-2 of cardiac and hepatic tissue of rats

LUO Rong-bao<sup>1</sup>, ZHANG Gui-lan<sup>2</sup>, LIU Wen-feng<sup>3</sup>, LIU Hui-min<sup>3</sup>

(1.Department of Physical Education, Xiangnan College, Chenzhou 423000, China; 2.Department of Physical Education, Changsha Institute of Vocational and Technical Aviation, Changsha 400124, China;  
3.School of Physical Education, Hunan Normal University, Changsha 410012, China)

**Abstract:** In order to gain an insight into the effects of lysine with different concentrations on the apoptosis of cardiac and hepatic histiocytes of rats doing an exhaustive exercise, to observe the change which lysine causes to Bax and Bcl-2 (genes that regulate the apoptosis of cardiac and hepatic histiocytes), and to probe into the function of lysine in protecting the body of rats doing an exhaustive exercise, the authors divided 32 rats randomly into 4 groups (calm control group, exercise group, low concentration lysine supplied group and high concentration lysine supplied group) for 3 days of adaptation training on a running track, adopted the exercise load model established by Bedford for rats doing an exhaustive exercise, used an immunohistochemical method to test the average optical density, area and content of the positive substance of Bax and Bcl-2 when the experiment was finished, and revealed the following findings: there is a significant difference ( $P < 0.05$ ) in optical density of Bax between the exercise group/lysine supplied groups and the control group, and also between the lysine supplied groups and the exercise group; no significant difference was produced by the function of lysine with different concentrations, whose function is pretty much the same; there is a significant difference ( $P < 0.05$ ) in optical density of Bcl-2 between the exercise group and

收稿日期: 2007-12-18

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(05JJ30066)和(06JJ20731)。

作者简介: 罗荣保(1964-), 男, 副教授, 研究方向: 武术教学与训练、运动与人体生理功能评价。

the control group, and also between the lysine supplied groups and the exercise group, and there is a significant difference in hepatic cell expression between the high concentration lysine supplied group and the low concentration lysine supplied group. From the said findings the authors drew the following conclusions: a high intensity acute exhaustive exercise can cause the damage of cardiac and hepatic tissue of rats, and induce the apoptosis of hepatic cells; L-lysine has the function of protecting cardiac and hepatic tissue of rats doing an exhaustive exercise.

**Key words:** high intensity acute exhaustive exercise; L-lysine; cell apoptosis regulating gene; immunohistochemistry

细胞凋亡(apoptosis), 又称程序性死亡(programmed cell death, PCD)。它是细胞在一定的刺激或病理条件下, 遵循自身的程序, 有序地走向消亡的过程。当组织细胞凋亡异常(过高或过低)时, 可导致各种疾病的发生。肝细胞凋亡的异常在急、慢性肝损伤的发病机制中起着重要作用<sup>[1]</sup>。在大强度运动过程中, 由于能源物质耗竭, 代谢产物堆积及氧化应激所造成的自由基损伤等多种因素的影响, 机体运动能力下降, 出现运动性疲劳, 还引起肝细胞凋亡。如何克服运动过程中机能水平下降过快以及加快运动后运动性疲劳的消除一直是运动医学界研究的热点问题之一。资料显示人们对赖氨酸(Lysine)与力竭运动之间关系的研究比较少, 课题组成员刘慧敏等<sup>[2]</sup>已报道剧烈运动前后适时适量饮用赖氨酸能抵抗氧化应激代谢产物的生物毒性作用, 保护机体免受伤害。本研究通过运动前补充赖氨酸对大强度急性力竭运动大鼠的心、肝组织细胞凋

亡调控基因 Bax (Bcl-2 associated x)、Bcl-2(B-cell lymphoma/leukemia-2)的影响的实验, 探讨 L-赖氨酸对力竭运动后大鼠的保护作用, 为科学选用氨基酸作为运动强力手段的机制研究, 提供一定的实验证据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物及分组

健康雄性 10 周龄(Sprague-Dawley)大鼠 32 只, 体重(219.87 ± 13.49) g(购自湖南农业大学动物中心, 许可证号: 湘 scxk2003-003), 为清洁级实验动物。所有动物按国家标准啮齿类动物饲料分笼饲养, 每笼 6 只, 自由饮食饮水。室温控制在(22 ± 2) °C, 相对湿度 45%~55%, 自然光照。保证实验室隔天用消毒液消毒。

进行 3 d 的跑台运动适应性训练(速度为 10 m/min, 时间为 10 min/d, 坡度为 0°), 随机分成 4 组。分组情况见表 1。

表 1 大鼠分组情况

组别	n/只	施加因素	处死情况
安静对照组(Control, C)	8	灌胃生理盐水 0.01 mL/g 一次	不运动, 即刻处死
运动组 (Exhausting Exercise, EE)	8	前 1 h 灌胃生理盐水 0.01 mL/g 一次并进行急性力竭运动	运动至力竭, 即刻处死
低浓度给药组 (Exhausting Exercise and Applying Low - concentration Lysine, EEALL)	8	前 1 h 灌胃 L-赖氨酸剂量 0.01 mL/g(浓度 0.1 mol/L) 一次并进行急性力竭运动	运动至力竭, 即刻处死
高浓度给药组 (Exhausting Exercise and Applying High - concentration Lysine, EEAHL)	8	前 1 h 灌胃 L-赖氨酸剂量 0.01 mL/g(浓度 0.2 mol/L) 一次并进行急性力竭运动	运动至力竭, 即刻处死

### 1.2 动物模型

#### 1) 力竭运动模型<sup>[3]</sup>。

安静组大鼠不运动, 运动实验组大鼠休息 2 d。正式实验时, 运动强度依 Bedford 所建立的运动负荷模型, 跑台坡度为 10°, 大强度力竭运动组为 26.8 m/min(相当于 92.3%  $Vo_{2max}$ )的速度运动至力竭。运动时使用声音刺激及小木棍刺激动物尾部, 必要时采用一定电刺激, 使动物保持在跑道前 1/3 处, 以保证运动强度。

#### 2) 力竭标准。

运动后期, 大鼠跑的动作较运动前期明显吃力, 动物未能坚持原跑速, 跑的姿势由开始时的蹬地跑变

为半卧位跑, 腹部与跑道时有接触, 甚至为卧位跑, 到运动末期, 大鼠先后滞留跑道后 1/3 处达 3 次以上, 各种刺激驱赶均无效, 停跑后体征表现为呼吸急促、神情倦怠、腹卧位、对刺激反应迟钝, 捕捉时, 逃避反应较运动前减弱<sup>[4]</sup>。

### 1.3 实验仪器与试剂

#### 1) 仪器。

SHH · W21 · 600 三用电热恒温水箱(天津市莱斯特仪器有限公司)、UV-9200 紫外可见光光度计(北京瑞利分析仪器公司)、TGL-16C 台式高速离心机(湖南星科科学仪器设备有限公司)、PT 动物电动跑台(浙江

杭州立泰科技有限公司)、820 轮转组织切片机(美国 AO 公司)等;鼠源 Bax 和 Bcl-2 一抗和鼠二抗(北京中杉金桥生物工程有限公司);OLYMPUS BX52 显微照相图像采集系统(日本奥林巴斯株式会社)。

#### 2)试剂的配制。

(1)磷酸缓冲液(PBS):取 0.2 mol/L  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  和 0.2 mol/L  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  配制 pH=7.4、7.2、7.0、6.8 的 PBS 缓冲液。

(2)盐酸赖氨酸:称取 L-赖氨酸(相对分子质量 182.66,质量分数 99%)3.690 1 g,于 8 mL 超纯水中溶解,定容至 10 mL;配制 0.1 mol/L 和 0.2 mol/L 两种浓度赖氨酸。

### 1.4 取材与指标检测

#### 1)取材。

大鼠处死后,将大鼠呈仰卧位于手术台上,暴露胸腔。迅速取肝左侧叶,按照长、宽、高为 5、3、5 mm 的标准取样,置于质量分数为 4%的多聚甲醛磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH7.4)中固定 24 h 后进行常规石蜡包埋,每个蜡块每隔 20  $\mu\text{m}$  连续切片 5 张,每张厚 5  $\mu\text{m}$ ,用于免疫组化等标本制作。

#### 2)免疫组织化学测试。

新鲜组织按照长、宽、高为 5、3、5 mm 的标准取样,置于质量分数为 4%的多聚甲醛磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH=7.4)中固定 24 h 后进行常规石蜡包埋,旋转切片机连续切片,每张厚 5  $\mu\text{m}$ ,烘烤后置于 4 冰箱保存待测。石蜡切片脱蜡至蒸馏水:用质量分数为 3%的  $\text{H}_2\text{O}_2$  室温孵育 10 min,阻断内源性过氧化物酶;用 0.01 mol/L pH6.0 的柠檬酸(又叫枸橼酸)缓冲液,置 WD900 AS25 R-2 型号 Galanz(格兰士)微波修复抗原, PBS 液冲洗 5 min  $\times$  3;自然冷却,用 5%~10% 山羊血清,室温孵育 10 min,减少或消除非特异性染色;分别滴加一抗(1:50)(鼠源 Bax 和 Bcl-2 多克隆抗体,购自北京中杉金桥生物技术有限公司),置 4 冰

箱过夜;取出,室温孵育 15 min(最好片子温至室温程度,若片子出现干的情况马上用 PBS 洗湿),PBS 液冲洗 5 min  $\times$  3;滴加二抗(PV6001/6002 二步法免疫组化检测试剂,购自北京中杉金桥生物技术有限公司),37  $^\circ\text{C}$  恒温箱中孵育 30 min(烤片);PBS 液冲洗 5 min  $\times$  3,用终质量分数为 0.05% DAB-0.03%  $\text{H}_2\text{O}_2$  显色 4~5 min;PBS 液充分冲洗,苏木素常规染色 4~5 min,质量分数为 1%的盐酸酒精分色数秒;烘干,中性树脂封片。

用 PBS 代替一抗作为空白对照。

#### 3)免疫组织化学显微图象分析。

计算机显微图象分析系统为美国 COMPIX Simple PCI 生物显微分析图象系统。每组选片 10 张,每张切片镜下( $\times$ 400)随机取 5 个视野进行分析,阳性物质用灰度值和阳性表达面积表示。

### 1.5 统计学处理

所有实验数据均应用 SPSS11.0 统计软件包进行分析,用平均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,经方差分析进行组间差异比较,  $\alpha=0.05$  提示差异有显著性意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 补充不同浓度赖氨酸对急性力竭运动大鼠心、肝组织细胞凋亡调控基因 Bax 的影响

结果(表 2)显示,与对照组比较,运动组和给药组心组织细胞凋亡调控基因 Bax 平均光密度值差异具有显著性意义( $P<0.05$ ),运动组的阳性物质表达面积和 Bax 含量差异具有非常显著性意义( $P<0.01$ ),给药组的差异却只具有显著性( $P<0.05$ );与运动组相比较,给药组心组织细胞凋亡调控基因 Bax 的阳性物质表达面积和含量差异具有非常显著性意义( $P<0.01$ );高浓度给药组的 Bax 平均光密度值比低浓度组低,但差异没有显著性。

表 2 大鼠心、肝组织细胞凋亡调控基因 BAX 免疫组织化学图象分析结果( $\bar{x} \pm s$ )

器官	组别	Bax 平均光密度值	阳性物质表达面积/ $\mu\text{m}^2$	Bax 含量
心	C	64.09 $\pm$ 3.26	213.13 $\pm$ 19.16	18 068.46 $\pm$ 1 965.73
	EE	84.76 $\pm$ 2.02 <sup>1)</sup>	328.67 $\pm$ 14.10 <sup>2)</sup>	28 297.39 $\pm$ 1 733.60 <sup>2)</sup>
	EEALL	83.80 $\pm$ 4.75 <sup>1)</sup>	260.84 $\pm$ 25.59 <sup>1)3)</sup>	19 405.17 $\pm$ 1 356.73 <sup>1)3)</sup>
	EEAHL	81.46 $\pm$ 5.61 <sup>1)</sup>	256.89 $\pm$ 21.03 <sup>1)</sup>	19 001.21 $\pm$ 1 230.51 <sup>1)</sup>
肝	C	73.09 $\pm$ 3.26	1 776.20 $\pm$ 161.44	161 776.6 $\pm$ 2 1047.08
	EE	102.75 $\pm$ 2.10 <sup>2)</sup>	2 515.01 $\pm$ 310.27 <sup>1)</sup>	252 624.4 $\pm$ 12 297.23 <sup>1)</sup>
	EEALL	99.39 $\pm$ 3.24 <sup>1)3)</sup>	2 137.80 $\pm$ 378.09 <sup>1)</sup>	221 810.9 $\pm$ 47 600.70 <sup>1)</sup>
	EEAHL	97.65 $\pm$ 2.311 <sup>3)</sup>	2 011.45 $\pm$ 238.24 <sup>1)3)</sup>	220 023.0 $\pm$ 42 312.02 <sup>1)</sup>

与安静对照组比较,1) $P<0.05$ ,2) $P<0.01$ ;与运动组比较,3) $P<0.05$

与对照组比较, 运动组的肝组织细胞凋亡调控基因 Bax 灰度值差异具有非常显著性意义( $P < 0.01$ ), 给药组的差异却只具有显著性( $P < 0.05$ ), 运动组和给药组的阳性物质表达面积和 Bax 含量差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ); 与运动组相比, 给药组的 Bax 灰度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ); 高浓度给药组的 Bax 平均光密度值比低浓度组低, 但差异没有显著性。

## 2.2 补充不同浓度赖氨酸对急性力竭运动大鼠心、肝组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 的影响

结果(表 3)显示, 与对照组比较, 运动组的心组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 平均光密度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 而给药组的差异具有非常显著性( $P < 0.01$ )。运动组和给药组的阳性物质表达面积和 Bcl-2 含量差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ); 与运动组比较,

给药组心组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 平均光密度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ); 高浓度给药组的 Bcl-2 高于低浓度给药组, 但差异没有显著性。心肌组织的对照组、运动组和给药组的 Bax/Bcl-2 分别为 0.82、0.99、0.87 和 0.84。

与对照组比较, 运动组的肝组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 平均光密度值、阳性物质表达面积和含量差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 给药组的却具有非常显著性差异( $P < 0.01$ ); 与运动组比较, 给药组的 Bcl-2 平均光密度值、阳性物质表达面积和含量差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ); 与低浓度给药组相比, 高浓度给药组的 Bcl-2 更强, 差异具有显著性意义( $P < 0.05$ )。肝组织的对照组、运动组和给药组的 Bax/Bcl-2 分别为 0.93、1.03、0.88 和 0.76。

表 3 大鼠心、肝组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 免疫组织化学图象分析结果( $\bar{x} \pm s$ )

器官	组别	Bcl-2 平均光密度值	阳性物质表达面积/ $\mu\text{m}^2$	Bcl-2 含量
心	C	78.28 $\pm$ 3.11	250.26 $\pm$ 27.08	16 159.66 $\pm$ 1 161.24
	EE	85.46 $\pm$ 1.42 <sup>1)</sup>	321.47 $\pm$ 23.10 <sup>1)</sup>	27 644.24 $\pm$ 1 028.09 <sup>1)</sup>
	EEALL	95.68 $\pm$ 4.22 <sup>2)3)</sup>	457.43 $\pm$ 17.73 <sup>1)3)</sup>	45 276.42 $\pm$ 1 012.57 <sup>1)3)</sup>
	EEAHL	97.31 $\pm$ 3.21 <sup>2)3)</sup>	463.13 $\pm$ 13.69 <sup>2)3)</sup>	46 213.34 $\pm$ 1 002.34 <sup>2)3)4)</sup>
肝	C	78.48 $\pm$ 2.13	440.53 $\pm$ 47.09	34 832.53 $\pm$ 1 329.14
	EE	99.39 $\pm$ 4.12 <sup>1)</sup>	2 137.80 $\pm$ 100.14 <sup>1)</sup>	221 810.9 $\pm$ 11 792.19 <sup>1)</sup>
	EEALL	112.22 $\pm$ 3.13 <sup>2)3)</sup>	2 601.12 $\pm$ 197.93 <sup>2)3)</sup>	301 706.37 $\pm$ 20 120.22 <sup>2)3)</sup>
	EEAHL	120.33 $\pm$ 1.29 <sup>2)3)4)</sup>	2 706.13 $\pm$ 188.96 <sup>2)3)</sup>	320 170.68 $\pm$ 21 207.38 <sup>2)3)4)</sup>

与安静对照组比较, 1) $P < 0.05$ , 2) $P < 0.01$ ; 与运动组比较, 3) $P < 0.05$ ; 与低浓度给药组比较, 4) $P < 0.05$

## 3 讨论

### 3.1 补充赖氨酸对心组织细胞 Bax 和 Bcl-2 的影响

大量的临床证明, 赖氨酸可提高血中 SOD 和 CAT 活性, 降低血中氧自由基含量<sup>[5]</sup>, 使大脑细胞和肌肉组织维持正常的生理功能, 同时为组织损伤的修复提供了必需的氨基酸和能量来源, 这对提高运动能力十分有益。宋东林等<sup>[6]</sup>报道赖氨酸治疗癫痫临床效果显著, 患者血中 SOD 和 CAT 活性显著升高。由于赖氨酸能清除自由基, 因此可延缓运动疲劳的发生和加快运动疲劳的恢复, 这对提高运动能力具有重要意义<sup>[7-8]</sup>。

本实验结果表明, 与对照组比较, 运动组和给药组心组织细胞凋亡调控基因 Bax 灰度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 说明大强度急性力竭运动对心脏有损伤作用, Bax 的高表达, 可能就是大鼠机体的应激太大导致促凋亡基因表达而诱导心肌细胞凋亡来保护机体, 但是凋亡过多对机体是有害的, 这基本已经被大家公认。给药组与运动组相比较, 差异也有具有

显著性( $P < 0.05$ ); 高浓度给药组的 Bax 平均光密度值比低浓度组低, 但没有差异显著性, 说明运动前补充赖氨酸对机体具有保护作用, 补充不同浓度赖氨酸作用相当, 具体机制有待进一步研究。

关于 Bcl-2, 本实验结果显示, 与对照组相比较, 运动组的心组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 灰度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 与运动组比较, 给药组心组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 灰度值差异也具有显著性意义( $P < 0.05$ )。Bcl-2 和 Bax 是与细胞凋亡有密切关系的基因, Bcl-2 和 Bax 两蛋白之间的比例关系影响细胞凋亡的状态。Bcl-2 水平高于 Bax 时, Bcl-2 和 Bcl-2 形成同源二聚体, 细胞凋亡受抑制, 凋亡过程减慢, 凋亡细胞减少; Bax 表达高于 Bcl-2 时, 则形成 Bax 和 Bax 同源二聚体, 细胞凋亡增强, Bcl-2 和 Bax 水平相当时, 形成 Bcl-2-Bax 二聚体, 细胞凋亡终止。并且, Bcl-2 和 Bax 定位于线粒体膜上, 这为其调控细胞凋亡提供了条件<sup>[9]</sup>。从本实验结果来看充分

说明大强度急性力竭运动在促进 Bax 高表达时, 抑凋亡基因 Bcl-2 表达也有所增加, Bcl-2 和 Bax 两蛋白之间的比例是导致细胞凋亡发生增加, 但是运动前补充赖氨酸能促进 Bcl-2 高表达, 使 Bcl-2 和 Bax 两蛋白之间的比例得到调整而相对减少凋亡的发生, 说明赖氨酸对机体保护作用, 可能是调节 Bcl-2 和 Bax 两蛋白的比例从而减少凋亡是其机制之一, 值得进一步研究。金其贯等<sup>[10]</sup>的研究表明, 运动是引起心肌细胞凋亡的重要因素。大鼠不运动组的心肌组织未见凋亡细胞, 每天 1 h 运动组 12.5% 的心肌组织出现凋亡细胞, 过度运动组 66.7% 的大鼠心肌组织出现细胞凋亡。对照组、1 h 运动组和过度运动组 Bcl-2 均表达, 而过度运动组 Bcl-2 的表达显著低于 1 h 运动组, 几乎与对照组相等。Bcl-2 的低表达和细胞凋亡的高出现, 提示长期不运动和长期过度运动, 对心脏的影响都是负面的。而长期过度运动, 心肌组织细胞凋亡增加, 可能是早期运动性心肌损伤的机制之一。

### 3.2 补充赖氨酸对肝组织 Bax 和 Bcl-2 的影响

有研究表明在运动时, 机体会发生血液重新分配现象, 使运动骨骼肌的血管舒张, 血流量增加, 而腹腔内的脏器和皮肤的血管收缩, 血流量减少, 肝脏作为内脏器官之一, 亦是血液重新分配对象之一, 运动时供应肝脏的血液明显减少, 又由于肝脏的高代谢特点, 肝脏是人体最易受缺血影响的脏器之一<sup>[11]</sup>。本实验结果表明, 与对照组比较, 运动组和给药组肝组织细胞凋亡调控基因 Bax 灰度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ ), 说明大强度急性力竭运动对肝有损伤作用。与运动组比较, 给药组的差异也有具有显著性( $P < 0.05$ )。唐瑶函<sup>[12]</sup>采用运动组 24 只大鼠依据 Bedford 建立的大鼠运动模型方案进行运动: 跑台坡度为  $10^\circ$ , 速度为  $19.3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  (相当于  $76\% \text{Vo}_{2\text{max}}$ )。中等强度运动 20 min、1 h 对大鼠肝细胞凋亡未见明显影响; 中等强度运动 2 h 可致大鼠肝细胞凋亡, 运动至力竭时大鼠肝细胞凋亡更为明显; 大鼠肝组织糖原含量、NO 含量与肝细胞凋亡呈负相关; Bax 与 Bcl-2 基因参与调控肝细胞的凋亡, 二者之间的平衡关系可能是维持或导致凋亡是否发生的重要因素。说明运动前补充赖氨酸对机体具有保护作用, 具体机制有待进一步研究。

关于 Bcl-2, 本实验结果显示, 与对照组比较, 运动组的肝组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 灰度值差异具有显著性意义( $P < 0.05$ )。程丽彩等<sup>[13]</sup>认为一定强度和持续时间的运动训练能够引起人体肝细胞凋亡, 同时引起机体各组织不同程度的疲劳和损伤。可以说运动引发的肝细胞凋亡是人体细胞“生存竞争”的结果,

由运动训练的外界刺激而产生了机体细胞的“自然选择”。与运动组比较, 给药组肝组织细胞凋亡调控基因 Bcl-2 灰度值差异也具有显著性意义( $P < 0.05$ )。Bcl-2 和 Bax 是与细胞凋亡有密切关系的基因, 具体在前已经论述。总之, 说明赖氨酸对肝组织起到了保护作用, 可能是调节 Bcl-2 和 Bax 两蛋白之间的比例从而减少凋亡是其机制之一, 具体值得进一步研究。

### 参考文献:

- [1] Tushar P, Gregory J G. Apoptosis and hepatobiliary disease[J]. *Hepatology*, 1995, 21(6): 1725.
- [2] 刘慧敏, 贺洪, 印大中. 赖氨酸对力竭运动后的大鼠保护作用[J]. *湖南师范大学学报: 医学版*, 2007, 4(1): 49-51.
- [3] Bedford. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures[J]. *American Physiological Society*, 1979, 21(1): 1278-1283.
- [4] 李善妮, 瞿树林, 汤长发. 急性不同强度至力竭运动对大鼠肝细胞凋亡的影响[J]. *北京体育大学学报*, 2006, 29(5): 634-636.
- [5] 陆志范, 周保全. 赖氨酸的药用功能[J]. *药学实践杂志*, 1996, 14(4): 255-256.
- [6] 宋东林, 吕强, 刘红巾, 等. 赖氨酸治疗癫痫的临床效果及血中自由基防御酶活性变化[J]. *空军总医院学报*, 1994, 10(4): 22-231.
- [7] 周俊, 宋代军. 赖氨酸营养研究进展[J]. *饲料工业*, 2006, 27(8): 48-50.
- [8] 罗敏蓉, 熊正英. 赖氨酸与运动能力的关系[J]. *四川体育科学*, 2006(3): 43-47.
- [9] 杨胜利, 何作云. 缺氧/复氧诱导培养人肥大大鼠心肌细胞凋亡模型的建立[J]. *重庆医学*, 2004, 33(1): 4-6.
- [10] 金其贯, 邓荣华. 过度训练对大鼠心肌细胞凋亡的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2000, 19(4): 356-359.
- [11] 王震侠, 张瑞明, 欧阳晓晖, 等. 大鼠肝脏缺血不同时间再灌注时肝细胞凋亡的动态变化及凋亡相关基因 Bcl-2 的表达[J]. *肝胆胰外科杂志*, 2004, 16(4): 250-252.
- [12] 唐瑶函. 不同时间中等强度运动对大鼠肝细胞凋亡的影响[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2006: 5-7.
- [13] 程丽彩, 何玉秀. 运动与肝细胞凋亡研究进展[J]. *中国运动医学杂志*, 2006, 25(5): 623-626.