



研究报告

Research Report

甘草黄酮对长期大强度运动小鼠心肌损伤的保护作用

李敏华[✉], 唐健[✉], 王春亮[✉]

广西师范大学体育学院, 桂林, 541000

✉ 通讯作者: 17399097@qq.com; ✉ 作者

植物药与药理学杂志, 2015 年, 第 4 卷, 第 1 篇

收稿日期: 2015 年 02 月 03 日

接受日期: 2015 年 02 月 13 日

发表日期: 2015 年 02 月 25 日

本文首次发表在《基因组学与应用生物学》(2015 年第 34 卷第 2 期 290-295 页)上。现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License 对其进行授权, 再次发表与传播。只要对原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。建议最佳引用格式:

引用格式(中文):

李敏华等, 2015, 甘草黄酮对长期大强度运动小鼠心肌损伤的保护作用, 基因组学与应用生物学, 34(2): 290-295 (doi: [10.13417/j.gab.034.000290](https://doi.org/10.13417/j.gab.034.000290))

引用格式(英文):

Li et al., 2015, Protective Effect of Glycyrrhizic Flavone on Myocardial Injury Induced by Long-term Exhaustive Exercised Rats, Genomics and Applied Biology, 34(2): 290-295 (doi: [10.13417/j.gab.034.000290](https://doi.org/10.13417/j.gab.034.000290))

摘要 为了探讨甘草黄酮对长期大强度运动小鼠心肌损伤的保护作用机制。本研究选用 50 只昆明雄性小鼠为研究对象, 以每组 10 只分组, 分为安静对照组(A 组)、运动训练组(B 组)、运动低剂量给药组(C 组)、运动中剂量给药组(D 组)、以及运动高剂量给药组(E 组)。运动低剂量给药组(C 组)、运动中剂量给药组(D 组)、运动高剂量给药组(E 组)训练前分别灌服剂量为 5 g/kg/d、10 g/kg/d、15 g/kg/d 黄酮溶液;除安静对照组外, 运动组小鼠进行为期 6 周的大强度游泳训练。测定小鼠各组小鼠血清 CK-MB、cTnI, 心肌组织中 GSH-PX、SOD、CAT、MDA、NOS、NO、Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP。结果表明: 与安静对照组比较, 运动训练组 CK-MB、cTnI、MDA、NO、NOS 升高, GSH-PX、SOD、CAT、Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 降低。与运动训练组比较, 运动低剂量给药组、运动中剂量给药组、运动高剂量给药组 CK-MB、cTnI、MDA、NO、NOS 降低, GSH-PX、SOD、CAT、Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 升高; 与运动低剂量给药组比较, 运动高剂量给药组 CK-MB、cTnI、GSH-Px、SOD、Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 升高, MDA 降低。本研究提示, 长期大强度运动导致机体心肌损伤, 甘草黄酮可提高机体心肌组织中抗氧化酶、ATPase 酶的活性, 抑制自由基生成、NOS 活性, 减少 NO 的生成, 维持细胞膜内外 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ 的分布平衡, 对大强度运动造成的心肌损伤具有保护作用, 效果以高剂量黄酮最佳。

关键词 甘草黄酮, 昆明鼠, 大强度运动, 心肌损伤, 保护作用

Protective Effect of Glycyrrhizic Flavone on Myocardial Injury Induced by Long-term Exhaustive Exercised Rats

Li Minhua[✉], Tang Jian[✉], Wang Chunliang[✉]

Department of Physical Education, QingZhou University, Qingzhou, 535000

✉ Corresponding author, 17399097@qq.com; ✉ Authors

Abstract In order to explore the protective mechanism of glycyrrhizic flavone on myocardial injury induced by long-term exhaustive exercised rats, we employed 50 male Kunming rats as the experimental materials that were randomly grouped into five groups by 10 rats each, which were sedentary control group (A group), trained group (B group), low dosage plus trained group (C group), medium dosage plus trained group (D group), and high dosage plus trained group (E group). All rats of the dosage-given group, C, D and E group were fed with 5 g/Kg/d, 10 g/Kg/d and 15 g/Kg/d of glycyrrhizic flavone solution respectively in prior to doing experimental exercise for lasting six-week intensive swimming exercises except for the sedentary control. All experimental rats in this research were determined to measure the CK-MB and cTnI of rats' serum, as well as GSH-PX, SOD, CAT, MDA, NOS, NO, Na⁺/K⁺-ATP, and Ca²⁺/Mg²⁺-ATP of myocardial tissues. Results exhibited that the parameters of CK-MB, cTnI, MDA, NO, and NOS in treated groups were increased, whereas the parameters of GSH-PX, SOD, CAT, Na⁺/K⁺-ATP, and Ca²⁺/Mg²⁺-ATP were decreased in contrast of sedentary control. However, the parameters of CK-MB, cTnI, MDA, NO, and NOS were decreased, whereas GSH-PX, SOD, CAT, Na⁺/K⁺-ATP, and Ca²⁺/Mg²⁺-ATP were increased in low dosage plus trained group, medium dosage plus trained group, and high dosage plus trained group compared to the control. But by Comparing with low dosage plus trained group, the parameters of CK-MB, cTnI, GSH-Px, SOD, Na⁺/K⁺-ATP, and a²⁺/Mg²⁺-ATP were increased and MDA was decreased. In this research we thought that the long-term intensive exercises might result in the myocardial injury of organism, but the glycyrrhizic flavone could enhance the antioxidant enzymes in myocardial tissues and inhibit the generation of NOS activity, which may



maintain the balanced distribution of Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺. Therefore, we proposed that the treatment with high dosage glycyrrhizic flavone should function a protective effect on myocardial injury induced by long-term exhaustive exercised rats.

Keywords Glycyrrhizic flavone, Kunming rat, Intensive training, Nitric oxide, Nitric oxide synthase, ATP enzyme, Myocardial

长期大强度运动可造成心肌损伤, 一是物理性损伤, 一是氧化损伤。在氧化损伤中, 一方面, 自由基攻击心肌细胞膜上的多不饱和脂肪酸产生脂质过氧化, 使细胞膜功能与结构发生变化, 例如细胞膜形变加剧, 膜通透性改变, 细胞内物质溢出, 三磷酸腺苷(ATP)生成下降等。另一方面, 抗氧化酶系统的平衡被打破, 抗氧化酶活性降低引起蛋白质、核酸变性, 引起细胞内线粒体等细胞器功能障碍及蛋白质合成困难(习雪峰等, 2012; 郭燕菊和彭峰林, 2012), 能量合成受阻, 严重的影响心脏功能。黄酮是甘草重要的功能性成分, 具有调剂机降血糖、抗氧化、抗肿瘤、抗抑郁、抗菌消炎脂等功效(邹志梅等, 2012; 林晓春等, 2013; 陈东波和曾繁涛, 2014; 程瑞凤等, 2014; 黄东等, 2014)。目前为止, 甘草黄酮的研究较多运用于临床医学领域, 运动医学领域的研究相对较少。本研究拟观察甘草黄酮对力竭运动小鼠心肌组织自由基代谢、一氧化碳系统、ATP 酶活性的影响, 以探讨甘草黄酮抗运动性心肌损伤的保护作用机制。

1 结果与分析

1.1 小鼠血清 CK-MB、cTnI

与安静对照组相比(A 组)相比运动训练组(B 组)血清 CK-MB、cTnI 均极显著升高($p < 0.01$); 与运动训练组相比, 运动低剂量给药组(C 组)、运动中剂量给药组(D 组)、运动高剂量给药组(E 组)CK-MB、cTnI 均显著或极显著降低($p < 0.05$, $p < 0.01$); 与运动低剂量给药组(C 组)相比, 运动高剂量给药组(E 组) CK-MB、cTnI 显著升高($p < 0.05$) (表 1)。

表 1 小鼠血清 CK-MB, cTnI 的含量的比较

Table 1 Comparison of rats'CK-MB and cTnI indicators in each group

组别 Group	只 n	CK-MB (U/L)	cTnI (μg/L)
A 组 Group A	10	1140.66±175.03	0.13±0.02
B 组 Group B	8	1594.78±179.92 ^{▲▲}	0.43±0.08 ^{▲▲}
C 组 Group C	9	1508.36±168.98 [*]	0.41±0.04 [*]
D 组 Group D	9	1322.78±170.66 ^{▲▲}	0.27±0.08 ^{▲▲}
E 组 Group E	9	1211.61±171.158 ^{**#}	0.13±0.01 ^{**#}

注: 与 A 组相比, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; 与 B 组相比, # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$; 与 C 组相比, a $p < 0.05$, aa $p < 0.01$, 下同

Note: Compared with group A, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; compared with group B, # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$; compared with group C, a $p < 0.05$, aa $p < 0.01$, the explanation are the same as the following tables.

1.2 小鼠心肌组织 MDA 含量、GSH-Px、SOD

与安静对照组(A 组)相比, 运动训练组(B 组)MDA 极显著升高($p < 0.01$), GSH-Px、SOD、CAT 极显著降低($p < 0.01$); 与运动训练组(B 组)相比, 运动低剂量给药组(C 组)、运动中剂量给药组(D 组)、运动高剂量给药组(E 组)MDA 显著或者极显著降低($p < 0.01$, $p < 0.05$), GSH-Px、SOD 极显著升高($p < 0.05$); 与运动低剂量给药组(C 组)相比, 运动高剂量给药组(E 组)MDA 显著降低($p < 0.05$), GSH-Px、SOD 升高($p < 0.05$) (表 2)。

表 2 各组小鼠心肌组织 MDA 含量, GSH-Px, SOD 活性的比较

Table 2 Comparison of indicators of MDA, GSH-Px, and SOD in myocardial tissue among each group

组别 Group	只 n	MDA (μmol/g)	GSH-Px (U/mg)	SOD (U/mg)
A 组 Group A	10	5.80±1.13	8.71±1.44	46.81±1.06
B 组 Group B	8	28.85±3.40 ^{▲▲}	19.32±2.84 ^{▲▲}	27.64±3.11 ^{▲▲}
C 组 Group C	9	21.21±6.39 [*]	28.77±4.25 ^{**}	53.43±5.78 ^{**}
D 组 Group D	9	16.78±2.80 ^{**#}	32.71±1.26 ^{**}	66.86±1.08 ^{**}



E 组 Group E	9	8.23±1.91**#	38.77±4.25**#	73.43±5.78**#
----------------	---	--------------	---------------	---------------

1.3 小鼠心肌组织 NO 含量、NOS 活性

与安静对照组(A 组)相比, 运动训练组(B 组)NO 含量、NOS 活性显著或极显著升高($p<0.05$, $p<0.01$); 与运动训练组(B 组)相比, 运动低剂量给药组(C 组)、运动中剂量给药组(D 组)、运动高剂量给药组(E 组) NO 含量、NOS 活性显著降低($p<0.05$) (表 3)。

表 3 各组小鼠心肌组织 NO 含量, NOS 活性的比较

Table 3 Comparison of NO and NOS Indicators in myocardial tissue among Each Group

组别 Group	只 n	NO ($\mu\text{mol/L}$)	NOS (U/mL)
A 组 Group A	10	0.52±0.07	0.45±0.06
B 组 Group B	8	0.78±0.01 [▲]	0.88±0.02 ^{▲▲}
C 组 Group C	9	0.61±0.03 [*]	0.69±0.06 [*]
D 组 Group D	9	0.58±0.02 [*]	0.63±0.06 [*]
E 组 Group E	9	0.53±0.05 [*]	0.57±0.06 [*]

1.4 小鼠心肌组织 Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 活性

由表 4 可见, 与安静对照组(A 组)相比与安静对照组相比, 运动训练组(B 组)Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 活性均显著或极显著降低($p<0.05$, $p<0.01$); 与运动训练组(B 组)相比, 运动低剂量给药组(C 组)、运动中剂量给药组(D 组)、运动高剂量给药组(E 组) Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 活性均显著或极显著升高($p<0.05$, $p<0.01$); 与运动低剂量给药组(C 组)相比, 运动高剂量给药组(E 组) Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 活性显著升高($p<0.05$) (表 4)。

表 4 各组小鼠心肌组织 ATP 酶活性的比较

Table 4 Comparison of ATP in myocardial tissue among each group

组别 Group	只 n	Na ⁺ /K ⁺ -ATP (U/mg)	Ca ²⁺ /Mg ²⁺ -ATP (U/mg)
A 组 Group A	10	5.77±1.23	6.84±1.33
B 组 Group B	8	3.09±0.93 ^{▲▲}	4.75±1.12 [▲]
C 组 Group C	9	4.24±1.01 [*]	5.24±1.18 [*]
D 组 Group D	9	4.94±1.11 [*]	5.87±1.17 ^{**}
E 组 Group E	9	5.63±1.21 ^{**#}	6.91±1.24 ^{**#}

2 讨论

血液中 CK-MB 是诊断心肌梗死的敏感指标, 曾被认为是诊断心肌算上的“金标准”。它是有 M 和 B 亚基构成的杂化的二聚体, 主要存在于心肌细胞的外浆层, 是心肌酶谱的特异性酶。以往 CK-MB 是检测机体运动性心肌损伤的重要指标, 然而, 在检测过程中 CK-MB 浓度的变化会受到受损骨骼肌中 CK-MB 的干扰, 所以以血清中 CK-MB 浓度的变化判定是否心肌损伤, 存在一定的质疑。心肌肌钙蛋白有心肌肌钙蛋白-T (cTnT)、心肌肌钙蛋白-I (cTnI)、心肌肌钙蛋白-C (cTnC)组成, 近年的研究表明, 心肌微小损伤后, 在血液中均能测定到 cTnI、cTnT 的变化, 尤其是 cTnI 更为敏感。因此, 心肌肌钙蛋白逐步取代 CK-MB, 成为判定心肌损伤的重要指标。许思毛等(2011)的研究认为, 大负荷运动过后, 大鼠心肌 cTnI 在运动后即刻显著升高, 在运动后 24h 已经有所恢复。本研究中, 长期大强度运动引起血清中 CK-MB、cTnI 升高幅度较大, 导致小鼠心肌细胞损伤, 服用甘草黄酮后, 小鼠 CK-MB、cTnI 显著降低, 表明甘草黄酮对大强度运动引起的心肌损伤具有一定的保护作用, 效果以高剂量甘草黄酮最佳。



大强度或过度训练会产生自由基, 自由基攻击细胞膜系统的不饱和脂肪酸, 引起生物膜的功能障碍, 导致细胞膜通透性改变, 细胞内外粒子转运发生紊乱, 影响肌纤维的兴奋收缩偶联、线粒体功能紊乱、氧化代谢能力减弱、ATP 生成减少及能量供应不足等诸多生理反应, 加重组织损伤(马兰军等, 2007; 熊静宇等, 2010; 熊正英, 2010)。MDA 是脂质过氧化过程中的代谢产物, 其含量多少间接反应体内被自由基攻击的程度。SOD、GSH-Px 是常见的抗氧化酶, 其重要功能是清除自由基。本研究中, 运动组小鼠 MDA 升高, SOD、GSH-Px 降低, 表明大强度运动导致心肌组织脂质过氧化程度加深, 自由基生成过多, 服用甘草黄酮可以抑制这些现象, 提高心肌组织中抗氧化酶活性, 减少自由基的生成, 效果以高剂量甘草黄酮最佳。原因可能有两个: 一是甘草黄酮促进抗氧化酶活性; 二是甘草黄酮或可以直接清除自由基。阳毅等(2013)的研究中, 甘草黄酮可以提高力竭运动后肝组织中抗氧化酶的活性, 抑制 MDA 的生成, 抑制肝细胞凋亡, 具有保护运动后肝脏损伤的作用。

在急性心肌缺血损伤中, NO 与 NOS 具有双重作用: 一方面, eNOS 生成的 NO 有助于心流畅通, 降低血管阻力; 另一方面, iNOS 生成 NO 的毒性代谢产物引起更重的心肌损伤。本实验中, 运动训练组 NO 含量、NOS 活性明显升高, 表明大强度运动诱发 NOS 活性增加, 导致 NO 含量上升。运动给药组 NO 含量、NOS 活性显著低于运动训练组, 表明甘草黄酮通过抑制 NOS 的活性, 减少 NO 的生成。

Na⁺/K⁺-ATPase 与 Ca²⁺/Mg²⁺-ATPase 是两种 ATP 酶。Na⁺/K⁺-ATPase 分布在细胞膜上, 是重要的离子载体, 同时也可以催化 ATP 水解, 其中 ATPase 又是 Na⁺、K⁺的载体。Ca²⁺/Mg²⁺-ATPase 主要调节心肌细胞中 Ca²⁺的平衡, 维持细胞浆内的低钙水平。两种酶的活性对于维持细胞膜内外 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺的正常分布, 神经递质的代谢、释放, 突触传递, 神经元的兴奋传导, 细胞的分泌、增殖等方面有重要的作用, 常被用来评价神经元质膜功能(黄海定等, 2011)。

大强度运动导致心肌组织中自由基增多, 自由基攻击 ATPase, 使其活性降低, 影响其神经动能的兴奋与传导。本研究中, 运动训练组小鼠心肌组织中 Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 活性显著或极显著低于安静对照组, 原因可能与运动导致小鼠 ATP 大量消耗与力竭运动产生大量自由基有关, 大量自由基攻击 ATPase, 导致其活性下降。运动给药组小鼠心肌组织中 Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 活性显著或极显著高于运动训练组, 结果表明甘草黄酮能明显抑制大强度运动小鼠心肌组织中 Na⁺/K⁺-ATP、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP 活性的降低, 维持细胞膜内外 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺的分布平衡, 其中以高剂量组效果最佳。原因可能有两个: 一方面甘草黄酮可以清除心肌组织中过量的自由基, 提高抗氧化酶的活性, 维持细胞膜上 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺的正常分布, 与神经功能的兴奋传导; 另一方面甘草黄酮可能参与了机体能量的供应, 维持了运动中 ATP 的供给。

以上表明, 长期大强度运动导致机体心肌损伤, 甘草黄酮可提高机体心肌组织中抗氧化酶、ATPase 酶的活性, 抑制自由基生成、NOS 活性, 减少 NO 的生成, 维持细胞膜内外 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺的分布平衡。提示甘草黄酮对大强度运动造成的心肌损伤具有保护作用, 效果以高剂量黄酮最佳。

3 材料与方法

3.1 实验动物及分组

6 周龄昆明种小鼠(广西医科大学动物实验中心), 50 只, 雄性, 体重 18g~20 g。小鼠分笼饲养(每笼 5 只), 自由进食和进水, 动物饲养室温 26~28℃, 湿度 47%~65%, 照明随自然昼夜规律。小鼠适应性饲养 1 周后, 分安静对照组(A 组, 10 只)、运动训练组(B 组, 10 只)、运动低剂量给药组(C 组, 10 只)、运动中剂量给药组(D 组, 10 只)、运动高剂量给药组(E 组, 10 只)。实验后期, 除 A 组外, 各组小鼠均有死亡, 其中 B 组 2 只, C 组 1 只, D 组 1 只, E 组 1 只, 死亡原因为小鼠发生力竭时未及时捞起。

3.2 试剂与仪器

甘草黄酮(武汉顶辉化工有限公司, 纯度>50%), 测定心肌肌钙蛋白-I (cTnI)购自美国 LDI 公司, 测定肌酸激酶同工酶 MB (CK-MB)购自北京中生北控生物科技股份有限公司, 测定谷超氧化物歧化酶(SOD)、胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)、丙二醛(MDA)过氧化氢酶(CAT)、一氧化氮合酶(NOS)、一氧化氮(NO)、Ca²⁺/Mg²⁺-ATP、Na⁺/K⁺-ATP 均购自南京建成生物工程研究所。小鼠游泳池(自制), MP200A 型电子天平、721 型分光光度计为上海第二分析仪器厂生产, DL-46RC 低速冷冻离心机、FSH-2 高速电动匀浆机购为中科生物医学高科技开发公司生产。

3.3 动物给药方法

C 组、D 组、E 组小鼠灌胃时间每日 9:00~10:00, 剂量分别为 5 g/kg/d、10 g/kg/d、15 g/kg/d 黄酮溶液(生理盐水配制成 5 mL/d 溶液)。其他两组小鼠给予同体积的生理盐水, 共 20 d。

3.4 训练方案



A 组: 不运动, 安静饲养。

B 组、C 组、D 组、E 组: 训练方案依据参考文献(史亚丽等, 2010, 中国运动医学杂志, (2): 211-213), 各组小鼠灌药 0.5 h 后, 进行负重 5% 的游泳训练, 共 6 周, 一周 6 次。第一周为适应练习, 训练时间为 20 min/d, 第二周起, 每天增加 5 min/d, 直至训练时间为 45 min/d。小鼠训练时间达不到而发生力竭时, 迅速捞起, 吹干身体后休息 8 min, 继续训练。训练结束后立刻吹干身体。

3.5 取材及样品的制备

血清的制备: 末次力竭运动结束后, 小鼠眼眶取血, 肝素抗凝, 将抗凝血以 3 000 r/min 离心 10 min, 收集上清液, 4℃冰箱待测。

心肌组织匀浆液的制备: 称取适量小鼠心肌组织(0.3~1.0 g)放置烧杯中, 按 1:9 的比例加入生理盐水后, 用眼科小剪剪碎组织块(冰浴条件下), 6 000 r/min 的转速冷冻离心机离心 10~15 min, 制成 10% 的匀浆液。ATPase 和 NO 组织匀浆液采用 1 000 r/min 离心 10~15 min, -80℃冰箱保存待测。

3.6 测定方法

血清 cTnI 浓度采用 ELISA 法, CK-MB 采用免疫抑制法, 心脏组织总蛋白、SOD、MDA、GSH-Px、NO、NO、ATP 酶的测定严格按试剂盒说明书进行。

3.7 统计分析

采用 SPSS 13.0 统计软件包处理, 所得结果用平均数±标准差(±s)表示。安静对照组与运动训练组采用 t 检验比较差异, 运动训练组、运动低剂量给药组、运动中剂量给药组、运动高剂量给药组采用单因素方差比较差异, 非常显著性水平为 $p < 0.01$, 显著性水平为 $p < 0.05$ 。

作者贡献

李敏华负责实验部分及论文构建与撰写; 唐健负责实验部分; 王春亮负责论文的审核与修订。

致谢

本研究由广西教育厅科学研究项目(201106LX531)资助。

参考文献

- Chen D.B., and Zeng F.T., 2014, Protective effect of glycyrrhizic flavone on hairless skin of mice irradiated by Ultraviolet rays, *Yichun Xueyuan Xuebao (Journal of Yichun College)*, 36(6): 17-91 (陈东波, 曾繁涛, 2014, 甘草黄酮对紫外线照射无毛小鼠皮肤的防护作用, *宜春学院学报*, 36(6): 17-91)
- Cheng R.F., Jing J., Hua B., Xue M.Q., Lu Z.G., Zhao W.H., Fan Z.Z., Guo J., Yang W.D., Wang Y.H., and Peng X.D., 2014, Anti-depression effect of licorice flavonoids from glycyrrhiza uralensis through promotion of central serotonergic neural function in mice, *Zhongguo Yaolixue Yu Dulixue Zazhi (Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology)*, 8(4): 484-489 (程瑞凤, 景晶, 华冰, 薛受秋, 陆钊罡, 赵伟鸿, 樊紫周, 果嘉, 杨卫东, 王英华, 彭晓东, 2014, 甘草酮提取部位抗小鼠抑郁活性可能与其增强中枢 5-羟色胺能神经功能有关, *中国药理学与毒理学杂志*, 28(4): 484-489)
- Guo Y.J., and Peng F.L., 2012, Effects of flavones on antioxidant enzymes and apoptosis in heart of exhausted exercise rats, *Guangxi Shifan Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban) (Journal of Guangxi Normal University: Natural Science Edition)*, 30(2): 113-117 (郭燕菊, 彭峰林, 2012, 黄酮对力竭运动大鼠心肌抗氧化与细胞凋亡的影响, *广西师范大学学报(自然版)*, 30(2): 113-117)
- Huang D., Bu K., and Yang Y., 2014, Effect of licoflavone on expression of RBP4 mRNA of glycogen and adipose tissues in rats after sports, *Zhongguo Shiyan Fangjixue Zazhi (Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae)*, 20(2): 124-127 (黄东, 卜凯, 阳毅, 2014, 甘草黄酮对运动大鼠体内糖及脂肪组织 RBP4 mRNA 表达的影响, *中国实验方剂学杂志*, 20(2): 124-127)
- Huang H.D., Wu L.P., and Deng S.G., 2011, Effect of rhubarb on Na⁺-K⁺-ATPase activity of lung and ultra-Structure of AT II cells in rats with lung-defensive sluggishness syndrom, *Zhongguo Shiyan Fangjixue Zazhi (Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae)*, 17(8): 190-193 (黄海定, 巫莉萍, 邓时贵, 2011, 大黄对肺失宣大鼠肺泡 II 型上皮细胞超微结构及肺组织 Na⁺-K⁺-ATP 酶活力的影响, *中国实验方剂学杂志*, 17(8): 190-193)
- Lin X.C., Chen Y.Y., Bai S.T., Zheng J., and Tong L., 2013, protective effect of licoflavone gastric mucosa in rats with chronic superficial gastritis, *Nanfang Yike Daxue Xuebao (Journal of Southern Medical University)*, 33(2): 299-304 (林晓春, 陈育绕, 白殊同, 郑君, 佟丽, 2013, 甘草总黄酮对慢性浅表性胃炎大鼠胃粘膜损伤的保护作用, *南方医科大学学报*, 33(2): 299-304)
- Ma L.J., Liu G.F., Mao Y., and Xiong Z.Y., 2007, Effect of astragalus complanatus on freeracetal metabolism in muscle and exercise performance of trained rat, *Disi Junyi Daxue Xuebao (Journal of the Fourth Military Medical University)*, 28(13): 1168-1170 (马兰军, 刘根福, 毛雁, 熊正英, 2007, 沙苑子对运动大鼠骨骼肌自由基代谢及运动能力的影响, *第四军医大学学报*, 28(13): 1168-1170)
- Xi X.F., Wang D.Y., Xiong Z.Y., and Zhang L., 2012, Effect of krestin polysaccharide on antioxidant capacity and A TPase activity in brain tissues of rats with high intensity exercise, *Shipin Kexue (Food Science)*, 33(5): 256-259 (习雪峰, 王单一, 熊正英, 张林, 2012, 云脂多糖对运动训练大鼠脑组织抗氧化能力和 ATPase 活性的影响, *食品科学*, 33(5): 256-259)
- Xiong J.Y., Xiao G.Q., and Lu Y.M., 2010, Protection of pretreatment foot three li by moxi bustion on skeletal muscle of rats after a centrifuge exercise, *Shandong Tiyu Xueyuan Xuebao (Journal of Shandong Institute of Physical Education and Sports)*, 26(10): 56-61 (熊静宇, 肖国强, 卢艳梅, 2010, 艾灸预处理对大鼠离心运动后骨骼肌组织的保护作用的研究, *山东体育学院学报*, 26(10): 56-61)
- Xiong Z.Y., ed., 2010, *The biological research of free radical in exercise*, Science Press, Beijing, China, pp.22-23 (熊正英, 著, 2010, 运动自由基生物学研究, 科学出版社, 中国, 北京, pp.22-23)



- Xu S.M., Liu T.B., and Su Q.S., 2011, Study on heavy load training-induced cardiac contractility changes of rats, and the relationship between this changes and the levels of cardiac free radical, calcium ions, *Tiyu Kexue (China Sport Science)*, 31(7): 73-77 (许思毛, 刘涛波, 苏全生, 2011, 大负荷运动引起的大鼠心肌收缩力变化及其心肌自由基、钙离子水平的关系, *体育科学*, 31(7): 73-77)
- Yang Y., Mo W.B., and Li Q.C., 2013, Effect of licoflavone on metabolism of free radicals and expression of p53 mRNA of liver tissues in rats after sports, *Zhongguo Shiyang Fangjixue Zazhi (Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae)*, 19(19): 245-249 (阳毅, 莫伟斌, 李启畅, 2013, 甘草黄酮对运动大鼠肝组织自由基代谢及 p53m RNA 表达的影响, *中国实验方剂学杂志*, 19(19): 245-249)