

牛磺酸对大鼠铁利用和抗氧化能力的影响

王芙蓉^{1,2}, 谢中国¹, 叶兴乾², 邓尚贵³, 陈士国^{*2}, 胡亚芹², 肖定福⁴

(1. 舟山普陀海洋高科技园区, 浙江 舟山 316100; 2. 浙江大学 生物工程与食品学院, 浙江 杭州 310029; 3. 浙江海洋学院 食品与药学院、医学院, 浙江 舟山 316000; 4. 湖南农业大学 动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 研究了牛磺酸对缺铁性贫血大鼠和正常大鼠铁利用和抗氧化能力的影响。通过对 SD 大鼠喂养缺铁饲料, 建立缺铁性贫血大鼠模型, 再给缺铁性贫血大鼠和正常大鼠灌胃 0.5 g/kg 牛磺酸共 21 d, 比较牛磺酸对正常大鼠和缺铁性贫血大鼠铁利用和抗氧化能力的影响。结果表明, 牛磺酸可显著提高缺铁性贫血大鼠血红蛋白含量, 提高血清铁和铁蛋白含量, 提高肝脏铁含量, 降低血清总铁结合力 ($P < 0.05$); 可提高缺铁性贫血大鼠抗氧化能力, 在补铁的同时添加牛磺酸效果更佳。添加牛磺酸对正常大鼠铁利用和抗氧化能力的提高效果不显著 ($P > 0.05$)。因此, 牛磺酸对缺铁性贫血大鼠铁利用和抗氧化能力的提高效果优于正常大鼠。

关键词: 牛磺酸; 大鼠; 缺铁性贫血; 铁利用; 抗氧化

中图分类号: Q 517; Q 95-331 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2013)05-0546-05

Effects of Taurine on Iron Utilization and Antioxidative Ability of Rats

WANG Fu-rong^{1,2}, XIE Zhong-guo¹, YE Xing-qian², DENG Shang-gui³,
CHEN Shi-guo^{*2}, HU Ya-qin², XIAO Ding-fu⁴

(1. Zhejiang Zhoushan Putuo Marine High Technology Zone, Zhoushan 316100, China; 2. College of Biosystem Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 3. College of Food and Pharmacy&medicine, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China; 4. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: The aim of this manuscript was to investigate the effects of taurine on iron utilization and antioxidative ability of iron deficiency anemia (IDA) rats and normal rats, for those, the iron utilization and antioxidative ability in IDA rats and normal rats were determined after gavaged 0.5 g/kg taurine for 21 days. The IDA rat model was established through fed iron deficiency feed to the SD rats. Hemoglobin, serum iron, serum ferritin, total iron binding capacity and the content of liver and spleen iron, MDA, SOD, GSH-Px and T-AOC were determined respectively after the end of the intervention. It was found that the addition of taurine in IDA rats increased hemoglobin, serum iron, serum ferritin, the content of liver iron and decreased the total iron binding capacity significantly ($P < 0.05$). Adding taurine improved the antioxidative ability in IDA rats, especially

收稿日期: 2013-03-28

基金项目: 浙江省省级公益性技术应用研究计划项目(2011C22026); 浙江省博士后科研择优资助项目; 舟山市普陀区科学技术局 2012 年科技项目。

作者简介: 王芙蓉(1982—), 女, 湖南永州人, 工学博士, 主要从事功能性食品研究。

* 通信作者: 陈士国(1982—), 男, 浙江温州人, 工学博士, 副教授, 主要从事生物活性物质的研究。E-mail: chenshiguo210@163.com

when adding iron in the same time. Adding taurine had no significant effects on iron utilization and antioxidative ability in normal rats ($P > 0.05$). Therefore, the effects of taurine on iron utilization and antioxidative ability in the IDA rats were better than that of the normal rats.

Key words: taurine, rat, iron deficiency anemia, iron utilization, antioxidant

铁是人和动物必需的一种微量元素,在体内参与血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素及某些酶的合成,在机体代谢过程中起着极其重要的作用,缺铁严重时会导致缺铁性贫血(IDA)。IDA是常见的一种营养性贫血,其发病遍及世界各地。世界卫生组织调查报告显示,IDA患者占世界总人口10%~30%左右^[1]。研究发现IDA可引起机体的脂质过氧化,导致机体抗氧化能力的下降^[2]。

牛磺酸是一种条件性必需氨基酸,具有抗氧化、提高免疫力等^[3-4]多种功能。文献报道,牛磺酸对改善贫血有一定的效果^[5],对铁过载小鼠引起的心脏损伤有保护作用^[6-7],牛磺酸对正常大鼠和缺铁性贫血大鼠的抗氧化作用鲜有报道,本文主要探讨牛磺酸对大鼠铁利用及抗氧化作用的影响。

1 材料与方法

1.1 实验材料与设备

牛磺酸,购于潜江永安药业股份有限公司,质量分数99%; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,分析纯,国药集团产品;SD大鼠,购于上海斯莱克生物有限公司;UV-2550型分光光度计,日本Shimadzu公司产品;AA700型原子吸收分光光度计,美国Perkin Elmer公司产品。

1.2 动物分组和喂养

健康雄性SD大鼠40只,体质量 (80 ± 5) g,以基础饲料适应喂养3 d。随即分为4组,其中16只整个实验过程都饲喂正常饲料,另外24只喂缺铁饲料,耗空28 d建造缺铁性贫血模型。缺铁饲料参照AIN-76饲料配方^[8],其中的矿物元素添加剂不添加铁剂。缺铁大鼠根据Hb含量随机分为3组:缺铁组、缺铁加牛磺酸组和补铁加牛磺酸组。缺铁组和缺铁加牛磺酸组继续饲喂缺铁饲料,补铁加牛磺酸组改喂正常饲料。整个实验饲喂正常饲料的16只大鼠根据体质量分为正常对照组和正常+牛磺酸组。添加牛磺酸组的大鼠每天灌胃牛磺酸0.5 g/kg,缺铁组和正常对照组灌胃等体积去离子水,共21 d。

动物饲养在不锈钢笼中,环境温度湿度恒定

$((24 \pm 1)^\circ\text{C}, (55 \pm 5)\%)$,自由采食、自由饮用去离子水,光照12 h/d,实验过程避免铁污染。灌胃结束后,40只大鼠分别用巴比妥钠腹腔注射麻醉,在大鼠深度麻醉状态下剖开腹部,从腹主动脉取血10 mL左右,从中取一部分全血测定Hb,另一部分取血清测定血清铁(SI)、血清铁蛋白(SF)、总铁结合力(TIBC)和血清抗氧化酶活性。

1.3 检测指标

1.3.1 血液指标的测定 Hb的测定:氰化高铁血红蛋白法^[9];血清SI和TIBC,采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定。SF采用ELASA法测定,试剂盒购于美国R&D公司。

1.3.2 肝脏和脾脏中铁含量的测定 待测肝脏和脾脏样品分别加混合酸($V(\text{硝酸}):V(\text{高氯酸})=4:1$)10 mL缓缓加热,待溶液变成无色时,蒸发余酸至近干,冷却,定容,稀释到合适的倍数后用美国Perkin Elmer公司AA700型火焰原子吸收分光光度计测定铁含量。

1.3.3 血清抗氧化指标的测定 总抗氧化能力(T-AOC)、总超氧化物歧化酶(SOD)活力、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)活力及丙二醛(MDA)含量用试剂盒测定。试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

1.4 统计分析

采用SPSS18.0软件中的单因子方差分析进行统计分析,并用Duncan氏新复极差法进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 牛磺酸对大鼠血液指标的影响

牛磺酸对大鼠血液指标的影响见表1。经28 d的缺铁造模,大鼠Hb含量为 (86.07 ± 3.40) g/L,说明大鼠已经处于缺铁性贫血状态。对缺铁性贫血大鼠补充牛磺酸21 d后,缺铁+牛磺酸组大鼠Hb含量已恢复正常,与缺铁组比较差异显著($P < 0.05$),但低于其他3组($P < 0.05$)。

缺铁组大鼠SI和SF含量显著低于其他4组

($P < 0.05$), 缺铁+牛磺酸组大鼠 SI 和 SF 含量低于正常组($P < 0.05$), 补铁+牛磺酸组 SI 和 SF 含量显著高于缺铁+牛磺酸组 ($P < 0.05$), 而正常组和正

常+牛磺酸组大鼠 SI 和 SF 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。缺铁组大鼠 TIBC 显著高于其他 4 组 ($P < 0.05$)。

表 1 牛磺酸对大鼠血液指标的影响

Table 1 Effect of taurine supplements on blood indexes of rats

组别	Hb/(g/L)	SI/(mg/L)	SF/(ng/ml)	TIBC/(mg/L)
正常组	132.81±13.07 ^c	16.34±1.19 ^c	104.91±5.71 ^d	28.84±1.10 ^a
正常+牛磺酸组	135.22±5.00 ^c	16.42±0.82 ^c	107.5±5.63 ^d	28.74±1.04 ^a
缺铁组	83.88±6.3 ^a	9.73±1.43 ^a	25.52±2.71 ^a	35.43±1.43 ^c
缺铁+牛磺酸组	108.00±6.03 ^b	13.44±0.78 ^b	47.96±4.02 ^b	31.77±1.01 ^b
补铁+牛磺酸组	134.46±7.57 ^c	16.40±0.48 ^c	84.79±2.05 ^c	28.79±0.86 ^a

a,b 同列中上标字母有不同者差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 牛磺酸对大鼠肝脏、脾脏中铁含量的影响

牛磺酸对大鼠肝脏、脾脏中铁含量的影响见表 2。缺铁组大鼠肝脏和脾脏中铁的含量显著低于正常组($P < 0.05$)。正常大鼠补充牛磺酸对大鼠肝脏和脾脏中铁的含量有一定的提高,并可显著提高脾脏铁含量($P < 0.05$),缺铁大鼠补充牛磺酸后可促进肝脏和脾脏中铁的含量,补铁+牛磺酸组与缺铁组比较可显著提高肝脏和脾脏中铁的含量($P < 0.05$)。

2.3 牛磺酸对大鼠血清抗氧化能力的影响

牛磺酸对大鼠血清抗氧化能力的影响见表 3。缺铁组大鼠血清 T-AOC、SOD 和 GSH-PX 活性均低于正常组大鼠,而 MDA 含量高于正常组($P < 0.05$),表明缺铁可引起机体抗氧化能力的降低。正常+牛磺酸组与正常组比较对大鼠的抗氧化能力没有显著影响($P > 0.05$)。缺铁+牛磺酸组和补铁+牛磺酸

组大鼠均可提高血清 T-AOC、SOD 和 GSH-PX 活性,降低 MDA 含量,补铁+牛磺酸组大鼠血清 MDA 含量和 SOD 活性与缺铁组大鼠比较差异显著 ($P < 0.05$)。

表 2 牛磺酸对大鼠肝脏、脾脏铁含量的影响

Table 2 Effects of taurine on iron contents of liver and spleen of rats

组别	肝脏铁/(mg/kg)	脾脏铁/(mg/kg)
正常组	597.57±23.02 ^c	1046.77±161.06 ^b
正常+牛磺酸组	630.73±21.77 ^c	1218.14±61.27 ^c
缺铁组	285.64±38.92 ^a	607.94±22.28 ^a
缺铁+牛磺酸组	410.84±28.17 ^b	731.01±84.44 ^a
补铁+牛磺酸组	596.92±30.67 ^c	1173.68±57.72 ^{bc}

a,b 同列中上标字母有不同者差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 牛磺酸对大鼠血清抗氧化能力的影响

Table 3 Effects of taurine on serum antioxidative ability of rats

组别	T-AOC/(U/mL)	MDA/(nmol/L)	SOD/(U/mL)	GSH-PX/(U/mL)
正常组	14.22±3.64 ^{ab}	5.49±0.99 ^{ab}	450.27±74.55 ^b	974.94±76.69 ^{ab}
正常+牛磺酸组	15.04±3.26 ^b	5.07±0.86 ^a	467.84±54.06 ^b	989.88±69.92 ^b
缺铁组	11.40±1.66 ^a	7.66±1.76 ^c	338.8±68.18 ^a	891.29±32.46 ^a
缺铁+牛磺酸组	13.18±1.39 ^{ab}	6.71±0.89 ^{bc}	397.24±30.81 ^{ab}	929.13±34.06 ^{ab}
补铁+牛磺酸组	14.36±1.72 ^{ab}	6.07±0.92 ^{ab}	441.49±78.95 ^b	961.00±81.13 ^{ab}

a,b 同列中上标字母有不同者差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 讨论

正常组大鼠添加牛磺酸对 Hb 含量影响不大,而缺铁和缺铁后补铁大鼠添加牛磺酸可提高大鼠

Hb 含量,表明牛磺酸能促进缺铁大鼠铁的吸收,而对正常大鼠铁吸收的促进效果不明显。

铁蛋白是体内含铁最丰富的一种蛋白质,在铁

的代谢方面起着重要作用。SF 能反映体内铁存储量及机体的营养状态,是判定体内铁缺乏的有效指标^[10]。TIBC 代表血清铁运铁蛋白含量,缺铁性贫血时血清总铁结合力可升高^[11]。IDA 可引起机体 SI、SF 下降,TIBC 含量偏高。缺铁组大鼠添加牛磺酸后 SI、SF 含量升高,TIBC 含量降低,说明牛磺酸可提高 IDA 大鼠对铁的利用。

肝脏和脾脏是机体铁主要的储存部位,在机体铁代谢平衡中具有重要作用。

IDA 大鼠肝脏和脾脏铁含量与正常组比较显著降低,说明缺铁严重时可引起机体储存铁显著降低。添加牛磺酸和补铁后可提高 IDA 大鼠肝脏和脾脏铁含量。

SOD 与 GSH-Px 构成人体重要抗氧化酶系统,二者协同作用以减少活性氧自由基的产生,防止脂质过氧化及其中间代谢产物对机体的损害。MDA 是脂质过氧化产物,测定 MDA 的量可反映机体内脂质过氧化的程度,间接反映细胞损伤程度^[12]。因此,检测血清 T-AOC、SOD、GSH-Px 和 MDA 的变化,可以反映机体的抗氧化能力的变化。本实验缺铁组大鼠血清 MDA 升高,而 SOD、GSH-Px 和 T-AOC 下降,表明 IDA 大鼠体内脂质过氧化反应增强,抗氧

化能力下降,存在明显的脂质过氧化损伤。通过灌胃牛磺酸可抑制 IDA 大鼠 MDA 的升高及 SOD、GSH-Px、T-AOC 的下降,表明牛磺酸可保护 IDA 大鼠体内的抗氧化酶活性,从而维持机体氧化及抗氧化系统的动态平衡,减少自由基对机体的损伤作用。前期也有研究发现缺铁可加重脂质过氧化,认为自由基的产生和清除均需要含铁酶类的参与,而缺铁时清除自由基的酶活性降低,自由基清除障碍,过多的自由基可引起脂质过氧化^[13]。牛磺酸具有抗氧化作用,因此 IDA 大鼠添加牛磺酸后可提高机体的抗氧化能力,且补铁+牛磺酸组大鼠改善 IDA 效果更佳。

3 结 语

牛磺酸可显著提高缺铁性贫血大鼠血红蛋白、血清铁、血清铁蛋白和肝脏铁含量,显著降低血清总铁结合力,提高血清抗氧化酶活性,降低脂质过氧化产物丙二醛的产生,表明牛磺酸可提高缺铁性贫血大鼠铁的利用和抗氧化能力;牛磺酸对正常大鼠铁利用和抗氧化能力的作用效果不显著。因此,牛磺酸可有效的改善缺铁性贫血。

参考文献:

- [1] WHO/UNI CEF/UNU. Iron deficiency anaemia:assessment prevention,and control[M]. Geneva:World Health Organization, 2001.
- [2] Srigirdhar K, Madhavan N K. Iron-deficient intestine is more susceptible to peroxidative damage during iron supplementation in rats[J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 1998, 25(6):660-665.
- [3] 王芙蓉,佟建明,张晓鸣,等. 牛磺酸对鹌鹑生产性能、免疫功能及抗氧化能力的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(2): 190-193.
WANG Fu-rong, TONG Jian-ming, ZHANG Xiao-ming, et al. Effects of dietary taurine on egg production, egg quality and cholesterol levels in Japanese Quail[J]. *Journal of Food Science and Bitechology*, 2011, 30(2): 190-193. (in Chinese)
- [4] 王芙蓉,佟建明,张晓鸣,等. 牛磺酸对鹌鹑产蛋性能、脂肪代谢和免疫功能的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(3): 381-384.
WANG Fu-rong, TONG Jian-ming, ZHANG Xiao-ming, et al. Effects of dietary taurine on egg production, immune responses and fat metabolism in laying quails[J]. *Journal of Food Science and Bitechology*, 2010, 29(3): 381-384. (in Chinese)
- [5] 李秋莲,高秋华,薛承斌,等. 牛磺酸对染铅大鼠生长发育和贫血的改善作用[J]. 中国药杂志, 2005, 9: 675-677.
LI Qiu-lian, GAO Qiu-hua, XUE Cheng-bin, et al. Effects of taurine on growth and anaemia in rats exposed to lead[J]. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 2005, 9: 675-677. (in Chinese)
- [6] Oudit G Y, Trivieri M G, KhaPer N, et al. Taurine supplementation reduces oxidative stress and improves cardiovascular function in an iron-overload murine model[J]. *Circulation*, 2004, 109: 1877-1885.
- [7] 曾雅娟,徐群英,冯建高,等. 维生素 C 和牛磺酸对铁过载小鼠心脏损伤的保护作用研究[J]. 南昌大学学报:医学版, 2011, 51(11): 1-5.

- ZENG Ya-juan, XU Qun-ying, FENG Jian-gao, et al. Effects of Vitamin C and taurine on iron overload cardiomyopathy in mice [J]. **Journal of Nanchan University: Medical Science**, 2011, 51(11): 1-5. (in Chinese)
- [8] Borel M J, Smith S H, Brigham D E, et al. The impact of varying degrees of iron nutrition on several functional consequences of iron deficiency in rats[J]. **Journal of Nutrition**, 1991, 121: 729-36.
- [9] Davidsohn I, Nelson D A. The blood [G]/Davidsohn I, Henry J B, Saunders W B, Clinical Diagnosis by Laboratory Methods. Philadelphia; PA. 1974; 100-310.
- [10] Cook J D. Diagnosis and management of iron-deficiency anaemia[J]. **Best Practice & Research Clinical Haematology**, 2005, 18: 319-332.
- [11] Clark S F. Iron deficiency anemia: diagnosis and management[J]. **Current Opinion in Gastroenterology**, 2009, 25: 122-128.
- [12] Slater T F. Free radicals mechanisms in tissue injury[M]. [S.I.]: **Cell Function and Disease**, 1989: 209-218.
- [13] Uehara M, Chiba H, Mogi H, et al. Introduction of increased phosphatidylcholine hydroperoxide by an iron-deficient diet in rats [J]. **Journal of Nutritional biochemistry**, 1997(8): 385-391.

科 技 信 息

美国 FDA 就乳制品的标识征求意见

2013 年 4 月 15 日, 美国食品药品监督管理局(FDA)发布通告, 征求民众对取消调味乳制品“低热量”标识的意见。

the International Dairy Foods Association (IDFA)、the National Milk Producers Federation (NMPF)请求 FDA 取消调味乳制品“低热量”标识。他们认为, 与原奶相比, 儿童更倾向于购买调味奶, 然而调味奶标签上的“低热量”(reduced calorie)、“不含糖”(no added sugar)标识对儿童没有吸引力, 而改变标识可以培养良好的饮食习惯, 并减少儿童肥胖的发生, 因此请求美国 FDA 对乳制品标识做出修订, 取消产品标签上的“低热量”(reduced calorie)标识。

自从乳制品行业的修订提议发布以来, 美国 FDA 收到了 3 万多份评论, 希望更多的消费者在 5 月 21 日前提交更多的评论。

[信息来源] U.S. Food and Drug Administration. FDA Wants Your Opinion on Dairy-Product Labels [EB/OL]. (2013-4-15). <http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm347194.htm>

英国就 2 种藻油作为新型食品配料征求意见

2013 年 4 月 12 日, 英国食品标准局发布公告, 就一家公司申请将 2 种藻油作为新型食品配料征求意见。

该申请由 DSM 营养品公司发布, 该公司申请将两种藻油同时用于食品补充剂, 最大使用限量 3 克/天。

该 2 种藻油富含欧米伽-3 脂肪酸, 来自两种不同的裂殖壶菌微藻, 分别为富二十二碳六烯酸藻油(富 DHA), 富十二碳五烯酸藻油(富 EPA)。

英国食品标准局认为, 两种藻油的使用范围扩大后, 不会超过欧盟食品安全局制定的 EPA 与 DHA 最高 5 克/天的要求。

[信息来源] 食品伙伴网. 英国就 2 种藻油作为新型食品配料征求意见 [EB/OL]. (2013-4-16). <http://www.foodmate.net/news/yujing/2013/04/229399.html>.