

# 力竭运动对大鼠脑组织中微量元素含量及抗氧化酶活性的影响

## Effects of Exhausted Exercise on the Content of Trace Element and the Activity of Antioxidant Enzymes in the Mouse Brain

李宁川 陈晓莺 孙新荣

LI Ningchuan CHEN Xiaoying SUN Xingrong



**摘要** 为了研究力竭运动对大鼠脑组织中微量元素含量及超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽氧化酶(GSHpx)活性的影响。让大鼠进行力竭性游泳运动,测定大鼠大脑和小脑组织中 Zn、Cu、Mn、Se、Mg、Fe 的含量以及 SOD 和 GSHpx 活性。**结果**: (1) 力竭运动后,大鼠大脑中微量元素 Zn 含量显著升高,Cu、Mn 含量显著下降,Se、Mg 含量无显著变化;小脑中 Mg 含量显著升高,Cu、Mn、Se 含量显著下降,Zn 含量则无显著变化。(2) 力竭运动后,大鼠大脑中 SOD、GSHpx 活性显著下降;小脑中 GSHpx 活性显著下降,SOD 活性无显著变化。**结果表明,力竭性运动对大鼠脑组织中微量元素含量及抗氧化酶活性有一定的影响。**

**关键词** 力竭运动;脑;微量元素;SOD 活性;GSHpx 活性

**中图分类号**: G804 **文献标识码**: A **文章编号**: 1004-4590(2003)01-0041-03

**Abstract**: In order to study the effect of exhausted exercise on the content of trace element and the activity of SOD and GSHpx in the mouse brain. Determine the content of Zn, Cu, Mn, Se, Mg, Fe and the activity of SOD and GSHpx in the mouse cerebrum and cerebellum. The result showed: 1 After exhausted exercise, in the mouse cerebrum the content of trace element Zn obviously increased and Cu, Mn obviously decreased and Se, Mg didn't change clearly; the content of trace element Mg obviously increased and Cu, Mn, Se obviously decreased and Zn didn't change clearly in the mouse cerebellum. 2 After exhausted exercise, in the mouse cerebrum the activity of SOD and GSHpx obviously decreased, and the activity of GSHpx obviously decreased, the activity of SOD didn't change clearly.

**Key words**: exhausted exercise; brain; trace element; the activity of SOD; the activity of GSHpx

微量元素在机体的代谢活动中起着重要的作用,它参与机体各种酶及活性物质的代谢,维持机体内环境的平衡。在脑组织中微量元素则以其特有的含量,以保证脑的最佳功能,这些微量元素大多作为酶或维生素的辅助因子在脑代谢过程中起催化作用。本文研究了力竭运动对大鼠大脑、小脑组织中微量元素 Zn、Cu、Mn、Se 和 Mg、Fe 的含量以及 SOD 和 GSHpx 活性的影响,以探讨力竭运动与脑组织微量元素及氧化酶活性的变化及其生物学意义。

### 1 实验材料及方法

#### 1.1 实验动物

健康雄性 Sprague-Dawley (SD) 大鼠 18 只,15 周龄(购于中

院上海动物研究中心),随机分 2 组,每组 9 只。

#### 1.2 实验方法

##### 1.2.1 分组方法

对照组:不运动。

力竭运动组:大鼠一次性力竭游泳运动,力竭标准为大鼠没入水中 10s 不能浮出水面<sup>[1]</sup>。

1.2.2 运动条件:大鼠为无负重游泳,游泳池为玻璃钢制水池,150 60 70cm,水深为 60cm,超过大鼠身长 2 倍,水温为 31 - 32 。

1.2.3 取材:对照组依次用乙醚麻醉,运动组于力竭运动后即刻麻醉,断头处死,在冰盘上开颅取出脑组织,剪去嗅球部分,将大脑、小脑分别分成 3 样。 样用去离子水洗涤 2 - 3 次

收稿日期:2002-11-03

作者单位: 225002,扬州大学体育学院

后放入培养皿,烘干准确称重,混酸(HNO<sub>3</sub> HClO<sub>4</sub> = 5 : 1,皆为GR级)硝化、定容,进行微量元素的测定。 样置于冰生理盐水中洗净血液,用滤纸吸干称重,用磷酸缓冲液(pH = 7.2)低温匀浆,取上清液测定 SOD、GSHpx 活性。

1.2.3 样品分析:微量元素用原子吸收分光光度法分析,仪器为澳大利亚产 BEG900 原子吸收光谱仪,标样 Zn、Cu、Mn、Mg、Fe、Se 都为国产优级纯。SOD 活性测定用黄嘌呤氧化法、GSHpx 活性测定用谷胱甘肽比色法,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供,测定仪器为 7230G 分光光度计(上海第三分析仪器厂)。

1.3 数据分析:统计学处理采用组间 t 检验,显著性差异标准为 P < 0.05。

## 2 实验结果

### 2.1 力竭性运动前后大鼠脑组织中微量元素含量

与对照组相比,力竭性运动后大鼠大脑组织中 Zn 含量显著升高,Cu、Mn 含量显著下降,Se、Mg 含量则无显著变化(见表 1);而力竭运动后大鼠小脑组织中 Mg 含量显著升高,Cu、Mn、Se 含量显著下降,Zn 含量则无显著变化(见表 2)。大脑和小脑组织中 Fe 含量的个体差异较大,无统计学意义。

表 1 大鼠大脑组织中微量元素含量(μg/g 干重)

组别	Zn	Cu	Mg	Mn	Se
对照组	92.57 ±11.72	467.50 ±65.10	671.73 ±57.17	29.42 ±5.07	1.37 ±0.4
运动组	100.31 ±7.41 *	324.26 ±36.53 *	767.11 ±89.34	17.07 ±5.77 *	1.25 ±0.2

\* 运动组与对照组相比有显著性变化(P < 0.05)

表 2 大鼠小脑组织中微量元素含量(μg/g 干重)

组别	Zn	Cu	Mg	Mn	Se
对照组	264.25 ±36.66	725.14 ±70.99	584.89 ±62.86	35.06 ±7.06	2.5 ±0.3
运动组	237.99 ±48.97	575.99 ±67.30 *	894.11 ±89.34 *	13.80 ±3.56 *	0.7 ±0.2 *

\* 运动组与对照组相比有显著性变化(P < 0.05)

### 2.2 力竭运动前后大鼠脑组织中氧化酶的活性

与对照组相比,力竭运动后大鼠大脑中 SOD、GSHpx 活性显著下降(见表 3);小脑中 GSH - px 活性显著下降,SOD 活性无显著变化(见表 4)。

表 3 大鼠大脑组织中氧化酶的活性(nu/mg)

组别	SOD	GSHpx
对照组	267.37 ±9.75	983.45 ±37.21
运动组	201.75 ±6.18 *	851.68 ±21.23 *

\* 运动组与对照组相比有显著性变化(P < 0.05)

表 4 大鼠小脑组织中氧化酶的活性(nu/mg)

组别	SOD	GSHpx
对照组	231.75 ±9.99	875.81 ±21.2
运动组	241.23 ±1.57	801.23 ±12.79 *

\* 运动组与对照组相比有显著性变化(P < 0.05)

## 3 讨论

目前已知有 200 种 Zn 金属酶参与生物代谢过程,包括糖、脂、蛋白质及核酸的合成和分解等,其中脑中发现醇脱氢酶、羧肽酶、碱性磷酸酶、超氧化物歧化酶等。生物体内 Cu 主要有两

种神经功能。一方面 Cu 通过细胞色素(Cyt) a<sub>3</sub> 和 a<sub>0</sub> 细胞色素氧化酶在氧化磷酸化过程中促进电子传递,并通过超氧化物歧化酶调节氧自由基(O<sub>2</sub><sup>-</sup>)与过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)水平。另一方面可以控制去甲肾上腺素合成及影响神经的降解代谢和通量。Cu 缺乏及过量均会引起脑损伤。在脑内存在较重要的 Mn 酶是锰超氧化物歧化酶(Mn-SOD),它存在于线粒体中,其催化作用与 Cu-Zn SOD 相同;另一重要为锰蛋白即谷氨酰胺合成酶,其含量占脑中总 Mn 量的 80%,谷氨酰胺途径是转运氨的一种形式,它主要从脑、肌肉等组织向肝或肾运送氨,氨与谷氨酸在谷氨酰胺合成酶作用下生成谷氨酰胺,并由血液输送到肝或肾,再经谷氨酰胺酶水解成谷胺酸及氨。而 Se 通过谷胱甘肽过氧化酶(GSHpx)进行重要的抗氧化作用,其活性中心是硒-半胱氨酸(Se-CyS)为酶的活性结构所必需<sup>[2,3]</sup>。

**以微量元素为活性中心的酶与运动有着密切的关系**,关于急性运动与机体内微量元素的关系,国内外的学者已有不少研究<sup>[4,8]</sup>,但研究结果不尽一致。许多学者研究结果为一次长时间、高强度运动可使 Zn、Cu 消耗增加。 . . . 研究发现 50 Km 滑雪者当日的 Zn、Cu 排出量大于赛前休息日,其滑雪后血清 Cu、红细胞 Zn、红细胞 Cu 分别下降 16%、8%、14%,而血清 Zn 则上升 23%<sup>[4]</sup>。陈吉棣<sup>[5]</sup>研究发现自行车功率计上做长时间有氧运动可使血清 Cu 下降,以运动后 24h 下降幅度最大,显著低于运动前及运动后即刻,血清锌在运动前后没有明显变化。冯建英等<sup>[6]</sup>研究认为一次衰竭性运动可引起血浆或血清锌、铜含量升高,也导致肝、脑中锌、铜含量呈增加趋势。邹伟<sup>[8]</sup>等研究发现极量运动后,大鼠肝组织中 Zn 含量升高,Fe、Se 含量下降,脑中 Zn 含量、肌肉中 Se 的含量上升。我们的研究表明,力竭性运动后大鼠大脑组织中 Zn、Cu、Mn 含量有显著变化,Se、Mg 含量无显著变化;小脑组织中 Mg、Cu、Mn、Se 含量有显著变化,Zn 含量则无显著变化。其结果与前人研究不完全一致,这可能是运动强度、研究方法、测试手段等不一样所致。运动引起机体微量元素机制还不十分清楚,有人推测为:(1)运动中微量元素从汗液、尿液等方面的丢失是运动导致微量元素消耗的不可忽视的因素。R. A. Jacob<sup>[9]</sup>观察到人体每天由体表(包括汗液、皮脂腺的分泌、表皮细胞的脱落)排出体外的锌、铜分别是 0.5mg、0.3mg,而中长跑运动员在气温为 37℃,相对湿度为 35.7%的气候下,室外跑步 1 小时就可从汗液中丢失 Zn 1.3mg、Cu 0.53mg;(2)机体中微量元素间相互作用,从而影响某一元素含量<sup>[9]</sup>。另外我的研究结果提示力竭可导致脑组织中一些氧化酶活性的变化,这也可能是引发微量元素变化的原因之一。

**运动医学界对运动对脑组织中自由基氧化酶的影响也有不少研究**<sup>[10,15]</sup>,辛东等<sup>[10]</sup>研究得出:在整个力竭运动过程及恢复期,大鼠脑组织中 MDA 含量略高于对照组,但无统计学意义,OF<sub>R</sub> 较安静时增加 15%,恢复期 30min OF<sub>R</sub> 略有下降,此后持续升高,4h 达峰值,8h 明显下降,但仍高于安静时,而 SOD 活性无明显变化。代毅等<sup>[11]</sup>研究结果是大鼠力竭性游泳后大鼠大脑组织中 SOD 活显著上升,而 GSHpx 活性无显著变化。曹国华<sup>[12]</sup>等报告 90min 游泳并未引起小鼠大脑组织中 SOD 活性、GSHpx 活性的明显变化。韩立明等<sup>[13]</sup>研究发现:大鼠 70min 游泳后脑组织中 SOD 活性无明显变化。张蕴琨等研究<sup>[14]</sup>表明力竭性游泳后小鼠脑组织中 SOD 活性呈升高趋势,

但无显著性差异。他们的研究结果显示急性运动对脑组织中 SOD、GSHpx 活性无显著影响,并推测脑组织中存在活性较强的自由基清除酶,从而避免自由基对神经中枢的影响,从而维持脑组织中 SOD、GSHpx 活性相对稳定。但我们的研究结果与金花等研究结果基本一致。金花等<sup>[15]</sup>研究表明:在跑速为 30m/min,坡度为 10%,时间为 90min 的定量运动后,大鼠大脑、小脑中 SOD 活性、GSHpx 活性都显著下降。并推测酶活性下降与自由基及自由基衍生物的积累对其反抑制有关。我们的研究发现,力竭运动后脑组织中微量元素变化与氧化酶活性变化不完全相关,但微量元素作为一些酶的活性中心,对酶活性有一定的影响,当然它们之间的因果关系以及与运动疲劳间的关系,还有待于进一步研究。

#### 4 结论

4.1 急性运动可引起大鼠脑组织中部分微量元素含量的变化。

4.2 急性运动可引起大鼠脑组织中部分氧化酶活性的变化。

#### 参考文献

- [1] 李静先等. 运动生理生化研究中的动物模型[J]. 天津体育学院学报, 1995;10(2):1-5
- [2] 苗健等. 微量元素与相关疾病[M]. 河南医科大学出版社, 1997(郑州)
- [3] 颜世铭等. 实用元素医学[M]. 河南医科大学出版社, 1999(郑州)
- [4] . . . 大运动量时运动员的铁、铜、锰、锌代谢(摘译)国外军事医学资料 军队卫生 1981,3:116-117
- [5] 陈吉棣等. 中国优秀运动员血清锌、铜水平的研究[J]. 中国运动医学杂志, 1987;6(4):194-199
- [6] 冯建英等. 运动训练与微量元素锌[J]. 中国运动医学杂志, 1991;10(3):166-168
- [7] 邱卓君等. 微量元素锌与运动[J]. 武汉体育学院学报, 2000;34(4):39-41
- [8] 邹伟等. 极量运动对小鼠体内 4 种器官微量元素影响的性别差异[J]. 中国运动医学杂志, 1999;18(2):134-136
- [9] R. A. Jacob Whole body surface loss of trace metals in normal males. Am. J. Clin. Nutr. 1981,34:1379-1383
- [10] 辛东等. 力竭性运动时大鼠脑组织自由基产生及氧化、抗氧化能力的动态观察[J]. 中国运动医学杂志, 1999;18(4):321-323
- [11] 代毅等. 力竭游泳后大鼠脑自由基代谢动态变化研究[J]. 成都体育学院学报, 2000;26(4):84-86
- [12] 曹国华等. 游泳对小鼠肝脑组织内自由基代谢的影响[J]. 中国运动医学杂志, 1990;9(3):
- [13] 韩立明、许豪文. 70 分钟游泳对小鼠脑、心、肝、肾、肌组织 MDA 水平及 SOD 活性的影响[J]. 中国运动医学杂志, 1996;1(1):69
- [14] 张蕴琨等. 力竭性游泳对小鼠脑、肝、肌组织自由基代谢和血清 CK、CDH 活性的影响[J]. 中国运动医学杂志, 1995;12(4):69-72
- [15] 金花、许豪文. 耐力训练对大鼠大脑、小脑、心肌抗氧化酶及脂褐素含量的影响[J]. 中国运动医学杂志, 1995;14(3):166-168

(上接第 24 页)

克运动的精神遗产。同样也是现代市场经济的需求。在这一点上, 竞技运动竞争与市场商业竞争有着惊人的内在联系。早在 19 世纪, 欧洲的体育教育家们就注意到用竞技运动教育青年, 使青年人从小就认识到无论是在赛场上还是在人生中的竞争都必须遵守规则服从秩序, 保证公平的观点。这也是现代奥林匹克教育观念之一。也正是秩序观念的淡漠直接导致了现代奥运会上兴奋剂、商业化等等不良现象的泛滥。2008 年的人文奥运也应在中国积极宣传这种秩序化的竞争观念。这不仅有助于奥林匹克运动自身问题的解决, 同时对于在中国加入 WTO 后, 国内市场与国际市场进一步接轨的过程中, 扭转中国在经济转型过程时期种种无序与不公平竞争现象, 使中国的社会主义市场经济健康发展, 使中国更好地走向世界, 无疑也有着积极的现实意义。

#### 5 结论

综上所述, 我们可以看到, 古代奥运会的诞生尽管与希腊人的教育传统、竞技健身习俗有着直接的关系。但这些因素主要形成的是古代奥运会的外在形式, 古代奥运会的内在价值观念——公平竞争精神则深植于古希腊民族的生活方式与文化价值系统中。古希腊人的秩序观念与经济政治环境在其中起

到关键性作用, 繁荣的古代商业文明与民主政治带来了平等与竞争观念; 其文化传统又强调秩序与规则。二者结合, 于是竞技运动的灵魂——公平竞争观念出现了。尽管这种观念形成于古希腊奴隶制社会, 但其作为文化模式的稳定性在西方文化传统中占有重要地位, 并对今天的人类社会产生深远影响。结合对古代东方民族, 如中国与印度传统社会结构与文化观念的考察, 我们就更清楚地看到古代奥运会在古希腊文明产生的这些深层原因。同样作为古老的东方民族, 我们今天迎来 2008 年北京奥运会的时候, 就更应该注意对奥林匹克运动更深层文化价值的借鉴与吸收, 这对于我们古老的中华文明在新世纪焕发出新的光彩有着积极的现实意义。

#### 参考文献

- [1] 体育院校通用教材. 奥林匹克运动[M]. 北京: 人民体育出版社, 1993 年版
- [2] 怀特海(何钦译). 科学与近代世界[M]. 北京: 商务印书馆, 1959 年版
- [3] 刘家和. 世界上古史[M]. 长春: 吉林文史出版社, 1987 年版