

# 纳米硒通过抗氧化应激调节大脑 NO 含量 改善睡眠剥夺小鼠认知功能

秦粉菊 袁红霞 聂继华 童建\*

(苏州科技学院化学与生物工程学院 苏州 215009;

苏州大学放射医学与公共卫生学院 苏州 215123)

**摘要:**研究了纳米硒对睡眠剥夺(SD)小鼠(*Mus musculus*)认知功能的影响,并探讨其作用机制。将120只雄性昆明小鼠随机分成两批,第一批24只分为3组:对照组(NC)、亚硒酸钠组(SE)和纳米硒组(NS),分别给予硒浓度为 $4\mu\text{g}/\text{ml}$ 的亚硒酸钠和纳米硒溶液每只 $0.5\text{ml}/\text{d}$ ,NC组给等体积蒸馏水,连续30d,第31天测定SE和NS两组小鼠的血硒及全血GSH-Px活性,评价两种硒源的生物利用性;第二批96只分为4组:对照组(N-SeC)、纳米硒低、中、高剂量组(L、M、H),L、M和H组分别给予硒浓度为 $2\mu\text{g}/\text{ml}$ 、 $4\mu\text{g}/\text{ml}$ 、 $8\mu\text{g}/\text{ml}$ 的纳米硒溶液每只 $0.5\text{ml}/\text{d}$ ,N-SeC组给予同体积蒸馏水,连续30d。第二批小鼠每组又各自分为4小组:SD对照组(SDC)及SD18h、SD36h、SD54h组,采用单平台水环境法(SEM)制作小鼠SD模型。在SD后,N-SeC、L、M和H组利用Y型迷宫试验测定认知能力,同时测定小鼠大脑GSH-Px、NO、MDA含量。结果表明,纳米硒对GSH-Px活性的提高优于传统硒源亚硒酸钠,但血硒无显著差异;与SDC组比较,SD降低了小鼠的认知能力及大脑GSH-Px活性,提高了NO和MDA含量;与N-SeC比较,纳米硒使SD小鼠的认知功能得到改善,大脑GSH-Px活性提高,MDA和NO含量下降。上述结果表明,纳米硒能够改善SD小鼠的认知功能,这可能与提高大脑GSH-Px活性并降低了自由基对大脑神经的损害有关。

**关键词:** 纳米硒;睡眠剥夺;认知;谷胱甘肽过氧化物酶;一氧化氮;丙二醛

**中图分类号:** R151 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2010)01-43-07

## Cognition Performance in Sleep-Deprived Mice is Improved by Cerebral NO Content Adjustment via Anti-Oxidation of Nano-Selenium

QIN Fen-Ju YUAN Hong-Xia NIE Ji-Hua TONG Jian\*

(Department of Chemistry and Bioengineering, Suzhou Science and Technology University, Suzhou 215009;

School of Radiation Medicine and Public Health, Soochow University, Soochow University, Suzhou 215123, China)

**Abstract** To study the effects and mechanisms of Nano-Se on cognition performance after sleep deprivation (SD) in mice. A total of 120 male mice were randomly divided into 2 batches. The first batch of 24 mice was randomly divided into 3 groups: control (NC),  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  (SE) and Nano-Se (NS). These mice were administered respectively with SE and NS ( $1\mu\text{g}/\text{d}$ ,  $2\mu\text{g}/\text{d}$ ,  $4\mu\text{g}/\text{d}$ ) by intra-gastric injection for 30 days, then their Se content and GSH-Px activity in blood were measured; The second batch of 96 mice were randomly divided into

**基金项目** 苏州科技学院科研基金项目 (No. Z974);

\* 通讯作者, E-mail: tongjian@suda.edu.cn;

**第一作者简介** 秦粉菊,女,讲师,研究方向:卫生毒理学; E-mail: qinfenju@163.com.

**收稿日期:** 2009-05-09,修回日期: 2009-11-12

4 large groups: control(N-SeC) and low, middle, high Nano-Se groups(L, M, H). Nano-Se solutions(2  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 4  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 8  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) were administered (0.5 ml/d) to mice of L, M and H groups respectively by intra-gastric injection for 30 days, and the control group was administered with distilled water. Each large group was divided into 4 groups: SD control(SDC), SD18h, SD36h and SD54h. SD model was induced in mice by single platform technique. In the SD mice, the cognitive ability of the mice were tested by Y-maze. Further, brain GSH-Px, NO and MDA levels were measured. Blood GSH-Px activity was enhanced by Nano-Se compared to SE group, but the blood Se content was not different. SD decreased cognitive ability and GSH-Px activity, but increased NO and MDA levels. Compared to N-SeC, Nano-Se improved cognitive ability, increased GSH-Px activities, while decreased NO levels in M and H groups. MDA reduction was found in H group only. Our data suggest that Nano-Se could improve cognitive ability of mice, the mechanism of which might involve the increased GSH-Px activity and decreased free radical content.

**Key words:** Nano-Selenium; Sleep deprivation; Cognition; GSH-Px; NO; MDA

睡眠剥夺 (sleep deprivation, SD)是指因环境或自身的原因丧失了所需要的睡眠量的过程或状态<sup>[1]</sup>。Stem发现, SD可引起大鼠 (*Rattus norvegicus*)认知能力下降<sup>[2]</sup>。随着生活节奏的加快和竞争的日益激烈,越来越多的人 (*Homo sapiens*)正受到睡眠剥夺的威胁。Chee和Kahn-Greene等认为 SD可对人们的情绪、学习、免疫功能和代谢等产生不良影响<sup>[3-4]</sup>, Nilsson等研究表明,短期睡眠剥夺会明显降低工作效率<sup>[5]</sup>。因此,为了 SD人员的安全与健康,提高 SD条件下的工作效率,寻求减少睡眠剥夺对机体影响的措施具有十分重要的意义。以往研究主要针对镇静催眠药、中枢兴奋药等中西药,而对微量元素的探讨较少。硒 (selenium, Se) 是人体必需的微量元素,具有抑癌、抗病毒、抗氧化及调节免疫等广泛的生物学活性<sup>[6]</sup>。但传统硒源使用最佳浓度和致毒浓度之间的安全限度非常狭窄<sup>[7]</sup>,限制了硒的应用。纳米硒是纳米级的单质硒,小鼠 (*Mus musculus*)急性毒性和慢性毒性实验表明,纳米硒毒性远低于亚硒酸钠,按照体重纳米硒的半致死浓度为 112.98 mg/kg,而亚硒酸钠为 15.72 mg/kg<sup>[8-9]</sup>。因此,本研究利用动物行为学的方法来探讨微量元素纳米硒对 SD小鼠认知功能的影响及其机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 动物模型及分组 选健康清洁级幼年昆

明种雄性小白鼠 120只,苏州大学医学院动物饲养中心提供,体重 (15  $\pm$ 2) g,随机分为两批。第一批 24只分为 3组,每组 8只:对照组 (NC)、亚硒酸钠组 (SE)和纳米硒组 (NS), SE和 NS组分别灌胃给予硒浓度为 4  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 的亚硒酸钠和纳米硒溶液,每只 0.5 ml/d, NC组给等体积蒸馏水,连续 30 d,第 31天测定第一批小鼠的血硒及全血谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px)活性,评价两种硒源的生物利用性。分两步筛选<sup>[10]</sup>,选出第二批小鼠,将小鼠放入 Y型迷宫箱中适应 3~5 min后,给予适当电击,至其对 3臂均探索进入为止。选择活跃,对电击反应较敏感,逃避反应迅速者供测试用。淘汰反应过于迟钝或特别敏感的小鼠。预选达到连续 2次正确反应,电击次数 3次,对电击反应较敏感的小鼠供实验用。第二批 96只小鼠,分为 4组,每组 24只,对照组 (N-SeC), 纳米硒低、中、高剂量组 (L、M、H)。给硒组按纳米硒成人每日治疗推荐量 (200~800  $\mu\text{g}/\text{d}$ ) 换算为小鼠等效剂量, L、M和 H三组每只分别灌胃硒浓度为 2  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 4  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 8  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 的纳米硒溶液 0.5 ml/d,连续 30 d, N-SeC灌胃蒸馏水每只 0.5 ml/d。第 31天将每大组各自分为 4小组 (每组 6只): SD对照组 (SDC)、SD18h组、SD36h组、SD54h组。睡眠剥夺的时间为连续睡眠剥夺时间。采用单平台水环境法 (single platform method, SPM)<sup>[11]</sup>制作小鼠 SD模型。

单平台水环境法,即在每个鼠笼中央设置

一个直径约为 2.5 cm,高约为 4.0 cm的平台,鼠笼内注水,水面低于平台 1 cm。将一只小鼠放置在平台上,小鼠可以在平台上站立,也可进入非快速眼球运动睡眠(non-rapid-eye-movement, NREM)。但当小鼠进入快速眼球运动睡眠(rapid eye movement sleep, REM)时,全身骨骼肌张力明显降低,颈部肌张力降低引起节律性低头、触水、清醒,从而无法进入 REM,就此达到睡眠剥夺的目的。

## 1.2 试剂与仪器

1.2.1 试剂 纳米硒(上海四通纳米技术港有限公司), GSH-Px试剂盒、MDA试剂盒、NO试剂盒、考马斯亮兰蛋白测定试剂盒(南京建成生物工程研究所),肝素(国药集团化学试剂有限公司)。

1.2.2 仪器 AMG-2型 Y迷宫刺激器(张家港生物医学仪器厂制造), XNMAD722型可见分光光度计, 80-2B离心机(上海安亭科学仪器厂), S648恒温水浴锅。

## 1.3 观察指标

1.3.1 血硒含量及全血 GSH-Px活性测定 在对第一批小鼠连续灌胃 30 d后,尾静脉取血测 GSH-Px活性,摘眼球后眶内采血 0.5 ml测定血硒。全血 GSH-Px活性严格按照试剂盒提供的方法执行,血硒含量的测定参照 GB/T13883-92硒含量测定法(2,3-二氨基萘荧光分光光度法)测定。

1.3.2 小鼠认知功能的测定 在连续灌胃 30 d并进行睡眠剥夺之后,对第二批小鼠用 Y型迷宫法测定学习记忆<sup>[10]</sup>。Y型迷宫由 3个相互连通的臂组成。底面为可以通电的铜栅,周壁为绝缘塑料板,每臂顶设一个可以活动的安全板,实验测试时,三臂轮流作起步区、安全区

和危险区,以灯光作为条件刺激,非条件刺激为足底电击。测试开始时,将小鼠放入起步区,适应环境 60 s。在安全区给予灯光信号,灯光照射 5 s后通电(起步区、危险区带电),直到小鼠逃到安全区,灯光继续亮 15 s后熄灭,结束一次训练。此时又以安全区为下次训练的起步区,依次类推进行训练。以电击后一次性跑入安全区为正确反应,否则为错误反应。当小鼠连续 10次训练中有 9次正确时,就认为小鼠已学会走电迷宫,此时的次数就是学会走迷宫所需的次数。24 h后测定记忆成绩,以第一次学习次数与 24 h后的学习次数之差占第一次学习次数的百分率表示。

1.3.3 小鼠大脑组织生化指标的检测 对认知功能试验测定结束后的第二批小鼠断颈处死,分离小鼠大脑并制备组织匀浆,采用二硫代二硝基苯甲酸法测定谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,硝酸还原酶法测定一氧化氮(NO)、硫代巴比妥酸法(TBA)测定丙二醛(MDA),测试过程严格按照试剂盒提供的方法执行。

1.4 统计分析 用 SPSS软件进行统计学分析,数据以平均值±标准差(Mean±SD)表示,组间差异采用 Dunnett *t*检验。

## 2 结果

2.1 纳米硒与亚硒酸钠生物利用性的比较 与正常对照组相比,两种硒源均使小鼠的血硒含量和全血 GSH-Px活性极显著提高( $P < 0.01$ ,表 1)。NS组与 SE组比较,全血 GSH-Px活性显著提高( $P < 0.05$ ),血硒含量虽有提高,但无显著差异(表 1)。由此说明纳米硒较传统硒源亚硒酸钠能被小鼠更好地利用。

表 1 硒的生物利用率实验结果

Table 1 Bioavailability of Selenium (Mean±SD, n=8)

组别 Group	血硒 (μg/ml) Selenium content	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px(U/ml)
对照组 Control(NC)	0.147±0.013	56.06±8.30
亚硒酸钠组 Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> (SE)	0.299±0.016*	73.46±7.86*
纳米硒组 Nano-Se(NS)	0.312±0.014*	82.81±9.10*#

与对照组比较: \*  $P < 0.01$ ; 与亚硒酸钠组比较: #  $P < 0.05$ 。

Compared with NC group: \*  $P < 0.01$ ; Compared with SE group: #  $P < 0.05$ 。

**2.2 纳米硒对 SD 小鼠认知功能的影响** 小鼠的学习和记忆能力随着 SD 时间的延长而降低。在同一纳米硒水平上与 SDC 比较, SD18h、SD36h 和 SD54h 组小鼠的学习次数增加, 记忆率降低, 但仅 SD36h 和 SD54h 组差异显著 ( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ , 图 1、2)。由此表明 SD 使小鼠认知能力下降。

在同一睡眠剥夺水平上与 N-SeC 比较, M 和 H 组小鼠的学习次数明显减少 ( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ , 图 1), M 组中 SD36h 和 SD54h 两小组小鼠的记忆率及 H 组小鼠的记忆率明显升高 ( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ , 图 2), 表明纳米硒可以在一定程度上改善 SD 所造成的小鼠认知能力的降低, 且随着纳米硒添加水平的提高其改善效果越好。

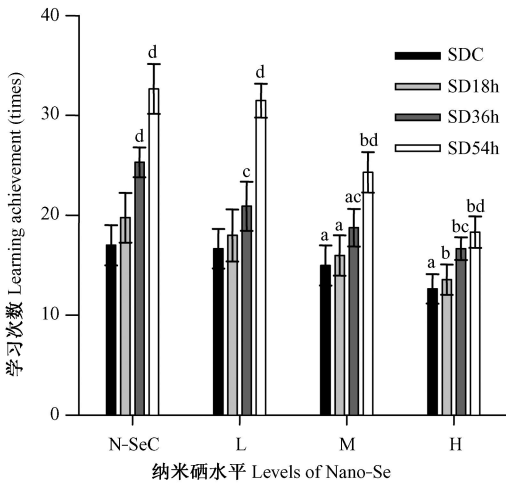


图 1 纳米硒对睡眠剥夺小鼠学习能力的影 响

Fig 1 Effects of Nano-Se on the ability of learning in sleep-deprived mice

在同一睡眠剥夺水平上与 N-SeC 组比较: a  $P < 0.05$ , b  $P < 0.01$ ; 在同一纳米硒水平上与 SDC 比较: c  $P < 0.05$ , d  $P < 0.01$ 。后图同。

Compared respectively with N-SeC group in the same SD time: a  $P < 0.05$ , b  $P < 0.01$ ; Compared respectively with SDC group in the same Nano-Se level: c  $P < 0.05$ , d  $P < 0.01$ . The same in following figs

**2.3 纳米硒对 SD 小鼠大脑 NO 含量的影响** 小鼠大脑 NO 含量随着 SD 时间的延长而升

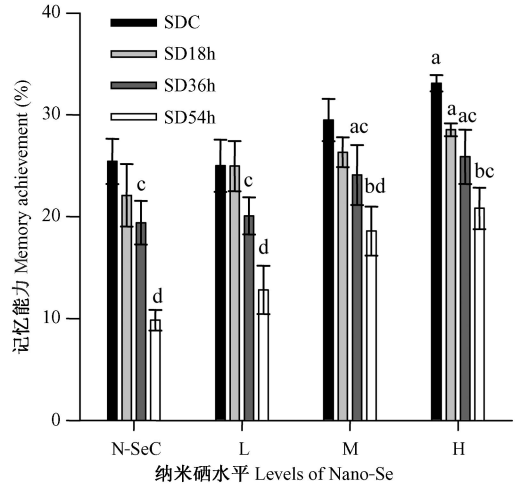


图 2 纳米硒对睡眠剥夺小鼠记忆能力的影响  
Fig 2 Effects of Nano-Se on the ability of memory in sleep-deprived mice

高。在同一纳米硒水平上与 SDC 比较, SD18h、SD36h 和 SD54h 组小鼠大脑 NO 含量均明显升高 ( $P < 0.01$ , 图 3)。由此表明睡眠剥夺使小鼠大脑 NO 含量增加。

在同一睡眠剥夺水平上与 N-SeC 比较, M 组中的 SD36h 和 SD54h 两小组小鼠大脑 NO 含量明显降低 ( $P < 0.05$ , 图 3), H 组小鼠大脑 NO 含量亦明显降低 ( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ , 图 3), 表明纳米硒可以在一定程度上改善 SD 所造成的小鼠大脑 NO 含量的升高, 且随着纳米硒添加水平的提高其改善效果越好。

**2.4 纳米硒对 SD 小鼠大脑 MDA 含量的影响**

小鼠大脑 MDA 含量随着 SD 时间的延长而升高。在同一纳米硒水平上与 SDC 组比较, SD18h、SD36h 和 SD54h 组小鼠大脑 MDA 含量均增加, 但只有 SD36h 和 SD54h 组差异极显著 ( $P < 0.01$ , 图 4)。由此表明 SD 使小鼠大脑 MDA 含量增加。在同一睡眠剥夺水平上与 N-SeC 组比较, L、M 和 H 组小鼠大脑 MDA 含量均降低, 但只有 H 组差异显著 ( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ , 图 4), 表明纳米硒可以在一定程度上改善 SD 所造成的小鼠大脑 MDA 含量的升高, 且随着纳米硒添加水平的提高其改善效果越好。

**2.5 纳米硒对 SD 小鼠大脑 GSH-PX 活性的**

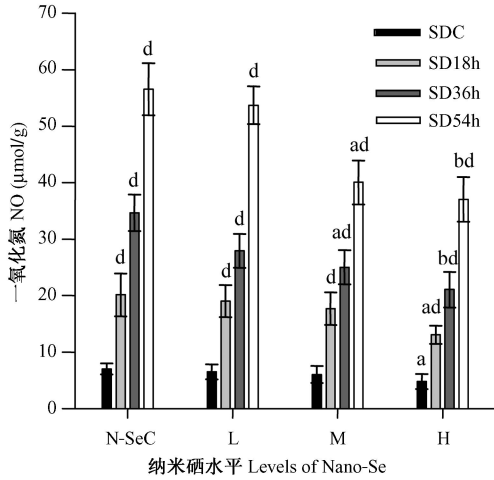


图 3 纳米硒对睡眠剥夺小鼠脑内 NO 的影响  
Fig 3 Effects of Nano-Se on NO level in the brain of sleep-deprived mice

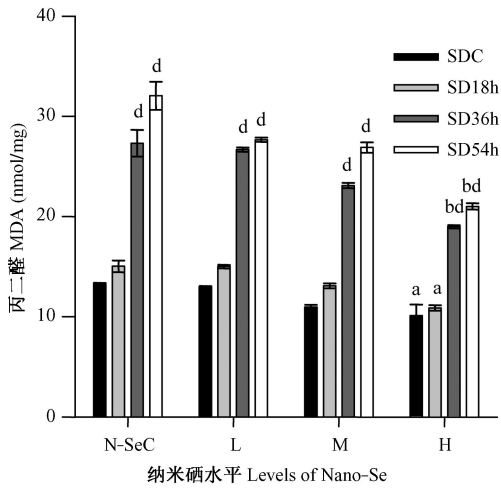


图 4 纳米硒对睡眠剥夺小鼠脑内 MDA 的影响  
Fig 4 Effects of Nano-Se on MDA level in the brain of sleep-deprived mice

影响 小鼠大脑 GSH-PX 活性随着 SD 时间的延长而降低。在同一纳米硒水平上与 SDC 组比较, SD18h、SD36h 和 SD54h 组小鼠大脑 GSH-PX 活性均增加,但只有 SD36h 和 SD54h 组差异显著 ( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ ,图 5)。由此表明 SD 使小鼠大脑 GSH-PX 活性降低。

与 N-SeC 组比较, M 组中的 SD36h 和 SD54h 两小组小鼠大脑 GSH-PX 活性明显升高 ( $P < 0.05$ ,图 5), H 组小鼠大脑 GSH-PX 活性

亦明显升高 ( $P < 0.01$  或  $P < 0.05$ ,图 5),表明纳米硒可以在一定程度上改善 SD 所造成的小鼠大脑 GSH-PX 活性的降低,且随着纳米硒添加水平的提高其改善效果越好。

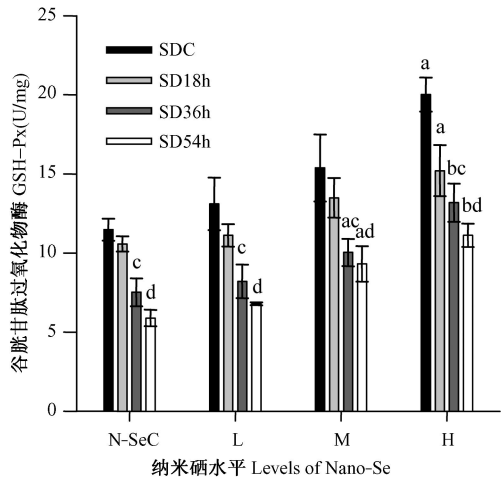


图 5 纳米硒对睡眠剥夺小鼠大脑 GSH-PX 活性的影响

Fig 5 Effects of Nano-Se on GSH-Px level in the brain of sleep-deprived mice

### 3 讨论

学习和记忆是大脑的高级功能之一。Chen 等在 2003 年通过分子克隆技术证实微量元素硒 (Se) 与脑发育的联系<sup>[12]</sup>。甲状腺激素在脑发育的过程中发挥着重要作用,而在组织水平调节甲状腺激素的脱碘酶是硒蛋白<sup>[13-14]</sup>。所以,硒是哺乳动物早期脑发育所必需的微量元素,并且在脑发育过程中发挥了重要作用,硒缺乏可能会导致脑发育的障碍<sup>[15]</sup>。本研究中所使用的纳米硒,是运用纳米技术使硒的物质结构由原来的分子态化合物变成了纳米态的零价物质,不仅可使硒的毒性降低,而且还具备较好的生物活性<sup>[16]</sup>。本次生物利用性实验证实,两种硒源硒较对照组均使小鼠的血硒含量和全血 GSH-Px 活性极显著提高;纳米硒与亚硒酸钠比较,能使全血 GSH-Px 活性显著提高,血硒含量虽有提高,但无显著差异,说明纳米硒较传统硒源亚硒酸钠能被小鼠更好利用。

单平台水环境法是研究 SD 的常用方法。Machado 等通过脑电记录发现小平台水环境法剥夺了大鼠全部快波睡眠,慢波睡眠减少 37%<sup>[17]</sup>。Marin 等研究发现,睡眠剥夺能降低与学习记忆密切相关的海马齿状回神经细胞的增殖分裂能力,使大鼠学习记忆能力下降<sup>[18]</sup>。本研究采用“Y 型迷宫试验考察小鼠的空间分辨学习能力。结果表明,SD 小鼠的认知能力减弱,即学习次数增加,记忆率降低,与 SDC 组比较,SD36h 和 SD54h 差异显著。这与 Youngblood 等的研究结果相一致<sup>[19]</sup>。测定 SD 小鼠大脑生化指标后发现:NO 含量和 MDA 含量增加、GSH-Px 活性降低,说明睡眠剥夺使小鼠的抗氧化能力降低,一氧化氮含量增加。

NO 在睡眠机制中具有重要的作用,SD 可引起机体对 NO 需要的增加,促进 NO 产生增多<sup>[20]</sup>。作为中枢神经系统重要信使分子的 NO,近年来被发现具有双重作用:生理浓度的 NO 起信使作用,高浓度的 NO 则具有神经毒性作用<sup>[21-22]</sup>。本研究中 SD 引起小鼠大脑的 NO 含量极显著增加,同时认知能力显著下降,这可能是过量的 NO 通过其毒性作用产物过氧化亚硝基阴离子 ( $\text{ONOO}^-$ )  $\text{NO}^{2+}$  等,引起脑神经细胞损伤造成的。

硒是人体多种酶的活性中心,在机体内主要以硒蛋白(如含硒半胱氨酸)的形式发挥生理作用。作为最具抗氧化作用的硒蛋白——GSH-Px,催化过氧化物分解的反应途径,对体内自由基和过氧化脂质的清除起着重要作用,可维持细胞内适当的低水平过氧化氢,减少自由基的潜在性损伤,保护蛋白质和 DNA 及生物膜的完整性,其表达及活性均受硒营养水平调节<sup>[23-24]</sup>。在本研究中发现纳米硒可以提高 SD 小鼠的认知能力,使 SD 小鼠大脑抗氧化酶 GSH-Px 活性提高,降低了 MDA 含量,更好地清除了氧自由基,同时减少了 NO 含量。

综上所述,添加纳米硒改善了 SD 小鼠的认知能力,这可能与提高了 SD 小鼠大脑抗氧化能力,降低了 NO 含量,减轻了自由基对脑神经细胞的损害有关。

## 参 考 文 献

- [1] Benington J H, Heller H C. Does the function of REM sleep concern non-REM sleep or waking? *Progressive Neurobiology*, 1994, 44 (5): 433 - 449.
- [2] Stem W. Acquisition impairments following rapid eye movement sleep deprivation in rats *Physiol Behav*, 1971, 7 (3): 345 - 352.
- [3] Chee M W, Chuah Y M. Functional neuroimaging and behavioral correlates of capacity decline in visual short-term memory after sleep deprivation *PNAS*, 2007, 104 (5): 9487 - 9492.
- [4] Kahn-Greene E T, Killgore D B, Kamimori G H, et al. The effects of sleep deprivation on symptoms of psychopathology in healthy adults *Sleep Med*, 2007, 8 (3): 215 - 221.
- [5] Nilsson J P, Soderstrom M, Karlsson A U, et al. Less effective executive functioning after one night's sleep deprivation *J Sleep Res*, 2005, 14: 1 - 6.
- [6] Xu H B, Huang K X. *The Chemistry and Biochemistry of Selenium and its Application in Life Science* Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1994, 53.
- [7] 王晓雅. 硒蛋白的抗氧化作用. *现代农业科技*, 2006, 8: 183 - 184.
- [8] Zhang J S, Wang H L, Yan X X, et al. Comparison of short-term toxicity between Nano-Se and selenite in mice *Life Sci*, 2005, 76 (10): 1099.
- [9] Jia X, Li N, Chen J. A subchronic toxicity study of elemental Nano-Se in Sprague-Dawley rats *Life Sci*, 2005, 76: 1989 - 2003.
- [10] 王跃春, 王子栋, 孙黎明, 等. 动物学习记忆的 Y 型迷宫测试法. *暨南大学学报*, 2001, 22 (5): 137 - 140.
- [11] McDermott C M, LaHoste G J, Chen C, et al. Sleep deprivation causes behavioral, synaptic and membrane excitability alterations in hippocampal neurons *The Journal of Neuroscience*, 2003, 23 (29): 9687 - 9695.
- [12] Chen J, Berry M J. Selenium and selenoproteins in the brain and brain diseases *J Neurochem*, 2003, 86 (1): 1 - 12.
- [13] Koibuchi N, Chin W W. Thyroid hormone action and brain development *Trends Endocrinol Metab*, 2000, 11 (4): 123 - 128.
- [14] Berry M J, Banu L, Larsen P R. Type 1 iodothyronine deiodinase is a selenocysteine-containing enzyme *Nature*, 1991, 6308 (349): 438 - 440.
- [15] 耿义群, 苏敏, 徐小虎, 等. 低硒饮食对发育期大鼠脑氧

- 化代谢及 CREB 表达的影响. 脑与神经疾病杂志, 2006, 14(6): 443 - 445.
- [16] 黄峙, 郑文杰, 李乐农, 等. 纳米元素硒的生物合成及生物活性. 中国生物工程杂志, 2003, 23(7): 76 - 78.
- [17] Machado R B, Hip óide D C, Benedito-Silva A A, et al. Sleep deprivation induced by the modified multiple platform technique: quantification of sleep loss and recovery. Brain Research, 2004, 1004: 45 - 51.
- [18] Guzman-Marin R, Suntsova N, Stewart D R, et al. Sleep deprivation reduces proliferation of cells in the dentate gyrus of the hippocampus in rats J Physiol, 2003, 549: 563 - 571.
- [19] Youngblood B D, Zhou J, Smagin G N, et al. Sleep deprivation by the "flower pot" technique and spatial reference memory. Physiol Behav, 1997, 61: 249 - 256.
- [20] Kapas L, Krueger J M. Nitric oxide donors SN-1 and SNAP promote non-rapid eye movement sleep in rats Brain Res Bull, 1996, 41: 293 - 298.
- [21] Yamada K. Role of nitric oxide in learning and memory processes Nippon Yakurigaku Zasshi, 1998, 111: 87 - 96.
- [22] Zanelli S A, Trimmer P A, Solenski N J. Nitric oxide impairs mitochondrial movement in cortical neurons during hypoxia J Neurochem, 2006, 97(3): 724 - 736.
- [23] Toyoda H, Himeno S, Imura N. Regulation of glutathione peroxidase mRNA level by dietary selenium manipulation. Biochim Biophys Acta, 1990, 1049(2): 213 - 215.
- [24] Xin G L, Evenson J K, Thompson K M, et al. Glutathione peroxidase and phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase are differentially regulated in rats by dietary selenium. J Nutr, 125(6): 1438 - 1446.

(上接第 42 页)

对遗鸥分类地位的确定颇有一番曲折, 通常认为它是介于黑头鸥 (*L. melanocephalus*)、渔鸥 (*L. ichthyaetus*) 或棕头鸥 (*L. bunnicephalus*) 之间的一个不确定种、杂交种、变型种或亚种 (张荫荪等, 1994; del Hoyo et al, 1996; 何芬奇等, 1998; 王岐山等, 2006)。作为有效种也只有 30 多年历史。遗鸥是国家 级保护野生动物。在国际上, 遗鸥是为数甚少的几个同时被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES) 和《迁徙物种公约》(MSC) 附录 的鸟种之一。在 IUCN 发布的物种红皮书或相类似的出版物中一直被列为受威胁鸟种, 或者易危物种 (VU)。

## 2 细嘴鸥 (*Larus genei* Brene, 1839)

细嘴鸥为新疆鸟类新纪录种, 偶然分布于河北、青海、云南和香港等地 (王岐山等, 2006)。2008 年 5 月和 2009 年 4 ~ 10 月细嘴鸥重复出现在新疆艾比湖南部, 栖息地为养蟹池、湖岸、浅滩和河口附近。笔者在 2009 年 4 月 29 日拍摄到成对活动个体照片, 一直到 6 月下旬依然结对出现, 最多一次见到 5 只成鸟, 种群数量超过 40 对。细嘴鸥通体白色, 前胸泛淡粉红色, 非繁殖期易与红嘴鸥 (*L. ridibundus*) 混淆。近年连续出现在艾比湖区, 应该为繁殖鸟。同时被记录的还有卷羽鹈鹕 (*Pelecanus crispus*)、黑鹳 (*Ciconia nigra*)、黄脚银鸥 (*L. cachinnans*)、红嘴鸥、遗鸥、红嘴巨鸥 (*Sterna caspia*)、鸥嘴噪鸥 (*Gelochelidon nilotica*)、黑浮鸥 (*Chlidonias niger*) 和翻石鹬 (*Arrenaria interpres*) 等水鸟。

马 鸣 胡宝文 克德尔汗 李 飞 吴加清 高 翔 梅 宇  
( 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011;  
艾比湖湿地国家级自然保护区管理局 博乐 833400)