

鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱痴呆小鼠 学习记忆功能的影响

周苗苗¹, 孙树红², 宋姗姗¹, 徐杰¹, 王玉明¹, 薛长湖¹, 李兆杰¹

(1. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266003) (2. 青岛市市立医院检验科, 山东青岛 266071)

摘要: 本文比较研究了鱿鱼卵磷脂和蛋黄磷脂对老年痴呆小鼠学习记忆能力的影响。雄性 BALB/c 小鼠分为正常对照、模型、鱿鱼卵磷脂组 (SL) 和蛋黄磷脂组 (EL), 喂养 1 周后, 腹腔注射东莨菪碱造模并进行行为学测试。测定脑皮层、白质、海马中乙酰胆碱酯酶 (TchE)、超氧化物歧化酶 (SOD)、单胺氧化酶 (MAO) 活力和脑内丙二醛 (MDA) 含量。结果显示, SL 组水迷宫潜伏期显著降低, 而穿越平台次数和目标象限停留时间显著提高, 行为学改善效果优于 EL 组。SL 能显著降低脑内各组织 TchE 活力、MDA 水平和白质中 MAO 活力, 显著提高脑皮层、海马和白质中 SOD 活力, 且作用效果优于 EL。综上, 鱿鱼卵磷脂通过影响中枢胆碱能神经系统和脑内抗氧化系统, 改善了东莨菪碱所致痴呆小鼠学习记忆能力。

关键词: 卵磷脂; 多不饱和脂肪酸; 神经系统; 老年痴呆; 东莨菪碱

文章编号: 1673-9078(2015)9-20-25

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.004

Effects of Squid Lecithin on Brain Function of Mice with Scopolamine-induced Dementia

ZHOU Miao-miao¹, SUN Shu-hong², SONG Shan-shan¹, XU Jie¹, WANG Yu-ming¹, XUE Chang-hu¹, LI Zhao-jie¹

(1.College of Food Science and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

(2.Laboratory, Qingdao Municipal Hospital, Qingdao 266071, China)

Abstract: The effects of squid lecithin (SL) and egg lecithin (EL) on the brain function of mice with dementia induced by scopolamine were comparatively investigated. Male BALB/c mice were randomly divided into 4 groups: control, model, SL (3.3% squid lecithin), and EL groups (1.5% egg lecithin). Mice models were established by intraperitoneal injection of scopolamine a week after feeding, except for the control group mice, which were treated with saline, followed by the behavioral test. Acetylcholinesterase (TchE), superoxide dismutase (SOD), and monoamine oxidase (MAO) activities in the cortex, white matter, and hippocampus, as well as malondialdehyde (MDA) content in the brain were determined. In the Morris water maze test, the latency of mice fed SL significantly reduced, while the number of platform crossings and the time spent in the target quadrant increased significantly; in general, the behavioral improvement of the group fed SL was better than that of the EL group. The biochemical tests of brain tissues also showed similar trends. SL could significantly reduce the TchE activity and MDA level in various brain tissues and MAO activity in white matter, as well as significantly improve the SOD activity in the cortex, hippocampus, and white matter. The results were better than those of the EL group. In summary, SL could improve the learning and memory abilities of mice with dementia by affecting central cholinergic nervous system and antioxidant system in the brain.

Key words: lecithin; polyunsaturated fatty acids; nervous system; Alzheimer's disease; scopolamine

随着人类社会老龄化的进步, 我国老龄化和现代化的进展迅速, 从 2013 到 2021 年为快速发展阶段, 中国老年人口将由 2.02 亿增长到 2.58 亿, 老龄化水平

收稿日期: 2014-11-11

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2012BAD33B07); 山东省自主创新专项 (2012CX80201); 教育部“新世纪优秀人才支持计划” (NCET-04-0642)

作者简介: 周苗苗 (1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与营养支持

通信作者: 李兆杰 (1970-), 男, 高级工程师, 研究方向: 水产品加工

由 14.9% 提高到 17.9%^[1]。阿兹海默病 (Alzheimer's disease, AD) 是以认知记忆功能进行性减退为主要临床表现的神经退行性疾病, 主要在老龄人群中发病, 给社会和家庭造成严重损失和负担^[2]。关于 AD 的发病机制现已有多种假说, 例如胆碱能损伤学说、 β -淀粉样蛋白 ($A\beta$) 沉积假说、氧化应激与自由基损伤导致神经退行性病变学说等^[3]。依据现有假说, 国内外研究学者建立了多种 AD 动物模型, 东莨菪碱是非选择性 M 受体阻断剂, 通过血脑屏障进入中枢后,

阻断中枢 Ach 与其受体结合,破坏脑内的胆碱能信号传递,还能通过降低体内抗氧化酶的活力使自由基水平升高,从而导致小鼠学习记忆能力下降,表现出痴呆症状^[4]。现有研究已揭示,饮食摄入的胆碱在体内能与乙酰辅酶 A 结合生成乙酰胆碱,改善胆碱能信号的传递,从而改善学习记忆能力^[5]。磷脂酰胆碱(PC)是食物胆碱的主要来源,摄食普通型 PC 也能在一定程度上改善大鼠的学习记忆能力^[6]。DHA 和 EPA 是鱼油中主要的多不饱和脂肪酸,同时也是鱼油促进脑细胞生长发育,提高学习记忆能力和防治老年痴呆等生理活性的主要功效成分^[7]。但对于富含 DHA 的磷脂酰胆碱的生理活性研究,特别是对脑功能的影响的研究报导尚不多见,本实验从鱿鱼卵中提取制备鱿鱼卵磷脂,采用腹腔注射东莨菪碱建立小鼠痴呆模型的方法,比较研究了鱿鱼卵磷脂(DHA-PC)与蛋黄磷脂(普通型 PC)短期喂养(两周)对痴呆小鼠学习记忆能力和脑内中枢胆碱能神经系统等的影响。

1 材料与方法

1.1 实验动物

健康雄性 BALB/c 小鼠, SPF 级, 体重 18 ± 2 g, 购自北京维通利华动物实验技术有限公司, 许可证编号: SCXK(京)2012-0001; 饲养环境: 室温 20 ± 2 °C、相对湿度 50-60%、12:12 h 明暗交替。

1.2 药品与试剂

冷冻鱿鱼卵由威海博宇食品有限公司提供; 蛋黄磷脂, 购自北京奥博星生物技术有限公司; 氢溴酸东莨菪碱注射液, 购自上海禾丰制药有限公司; 乙酰胆碱酯酶试剂盒(True choline esterase TchE)、超氧化物歧化酶试剂盒(Superoxide dismutase SOD)、丙二醛(MDA)试剂盒、单胺氧化酶(MAO)试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.3 实验仪器

Morris 水迷宫装置, SLY-WMS 型, 北京硕林苑科技有限公司; 行为学评价软件, ANY-maze; 酶标仪, 680 型, 美国 Bio-Rad 产; 台式离心机, TGL-16G 型, 上海安亭科学仪器厂产品。

1.3.1 鱿鱼卵磷脂的制备

鱿鱼卵磷脂的制备方法参照 Folch 法。鱿鱼卵分拣冻干后经粉碎、过筛, 取粉末加入氯仿: 甲醇溶液(2:1, V/V) 萃取, 萃取液用 0.9% 的氯化钠溶液洗涤, 静置分层, 取氯仿层经减压浓缩后得总脂。所得总脂

加入丙酮后充分混合, -20 °C 放置 24 h, 收集沉淀, 得到鱿鱼卵磷脂, 气相色谱法测得 DHA31%, EPA%14%。

1.3.2 实验分组及给药

BALB/c 小鼠经适应性喂养一周后, 随机分成 4 组, 每组 8 只, 分别为正常对照组(Control, Con)、模型组(Model, M)和鱿鱼卵磷脂组(Squid Lecithin, SL), 蛋黄磷脂组(Egg Lecithin, EL)。各组小鼠饲料参照 AIN-93G 啮齿动物饲料配方进行, EL 组添加 1.5% 蛋黄磷脂, SL 组添加 3.3% 鱿鱼卵磷脂(磷脂含量与蛋黄磷脂组等量)。小鼠连续喂养 7 d, 于第 8 d 进行造模并进行 Morris 水迷宫行为学测试。

1.3.3 造模方法

实验过程中模型组、SL 组和 EL 组小鼠每日一次腹腔注射东莨菪碱 5 mg/kg, 正常对照组注射等量生理盐水, 注射 2 h 后进行行为学测试, 连续注射 7 d, 整个实验过程各组小鼠的喂食情况不变。

1.3.4 Morris 水迷宫实验

Morris 水迷宫由内含平台的圆形水池和记录装置两部分组成。水池直径 130 cm, 高 50 cm, 水深 30 cm, 水温控制在 (22 ± 1) °C。圆形水池被通过圆心的两条假象虚线将水池划分为东(E)、南(S)、西(W)、北(N)四个象限。任意选择一个象限, 正中水域放置 1 个可移动的圆柱形安全平台, 平台直径 9 cm, 低于水面 1 cm。迷宫上方安有摄像机, 并和计算机连接, 自动录入小鼠游泳轨迹并进行分析。测试水池中加入墨汁以排除空间定位以外的其他因素, 实验过程中, 水池周围参照物保持不变。测试内容包括定位航行试验和空间探索实验。

1.3.4.1 定位航行实验

测试时平台置于 W 象限, 小鼠分别从 E, S, W, N 4 个位置面向水池池壁放入水池。实验历时 6 d, 每天下午每个象限各测试 1 次, 每次测试时间为 60 s, 记录其在 60 s 内找到平台所用时间(逃避潜伏期)。如果小鼠在 60 s 内未找到平台, 则由实验者用手牵引其至平台上, 停留 10 s, 逃避潜伏期记为 60 s, 两次实验间隔 20 s。记录系统自动记录小鼠的潜伏期和总路程, 每天实验结果以每只小鼠四次实验结果的算术平均值作为成绩进行数据统计分析。

1.3.4.2 空间探索实验

上述实验第 7 d 撤除平台, 小鼠从平台所在象限的对对象限面对池壁入水, 使小鼠在无平台情况下寻找记忆中的平台, 记录其在 60 s 内在原平台象限的停留时间、穿越原平台的次数和平均速度, 并进行统计分析。

1.3.5 生化指标测定

小鼠行为学实验完成后,脱颈椎处死,于冰浴中迅速分离大脑并进行分区,分为皮层、海马、白质。脑组织加入9倍生理盐水进行匀浆,3500 r/min离心10 min,取上清按试剂盒说明步骤分别测定皮层、白质、海马中的乙酰胆碱酯酶(TchE)以及超氧化物歧化酶(SOD)活力,白质中单胺氧化酶(MAO)活力和脑内丙二醛(MDA)含量。

1.3.6 统计学分析

所有数据利用SPSS 19.0统计软件进行处理,实验结果以 $\bar{x} \pm SE$ 表示,低脂组和模型组间采用Student's *t* test进行比较分析,其他各组之间的比较采用单因素方差分析,以 $P < 0.05$ 表示有统计学差异。

2 结果与讨论

2.1 Morris 水迷宫实验结果

2.1.1 定位航线实验结果

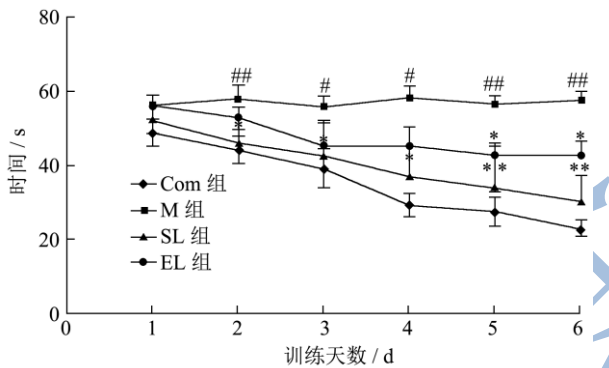


图1 鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱痴呆小鼠在水迷宫中潜伏期和游泳距离的影响 (s) (n=8)

Fig.1 Effects of squid lecithin on latency and path length of mice with scopolamine-induced dementia in water maze test (n=8)

注: # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$,与正常组相比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$,与模型组相比较。

如图1所示,随着训练的进行,模型(M)组小鼠的潜伏期明显大于正常(Con)组,表明腹腔注射东莨菪碱后,小鼠的学习能力明显降低。与模型组小鼠相比较,鱿鱼卵磷脂(SL)组小鼠的潜伏期在实验过程中显著降低,且具有统计学意义;而蛋黄磷脂(EL)组小鼠在实验前期潜伏期并未出现显著性变化,后期表现出的显著性($P < 0.05$)可能与长期的实验训练有关。

定位航行试验中,小鼠找到平台后,试验结束。从图1中的小鼠游泳的总路程可以看出,随着试验训练的进行,各组小鼠的游泳距离与潜伏期的变化趋势一致。即与模型组小鼠相比,SL组小鼠的游泳距离显

著降低,EL组小鼠在试验后期也出现了统计学差异($P < 0.05$)。以上数据均表明鱿鱼卵磷脂可以改善痴呆老鼠的学习记忆能力,其效果与蛋黄磷脂相比更明显。

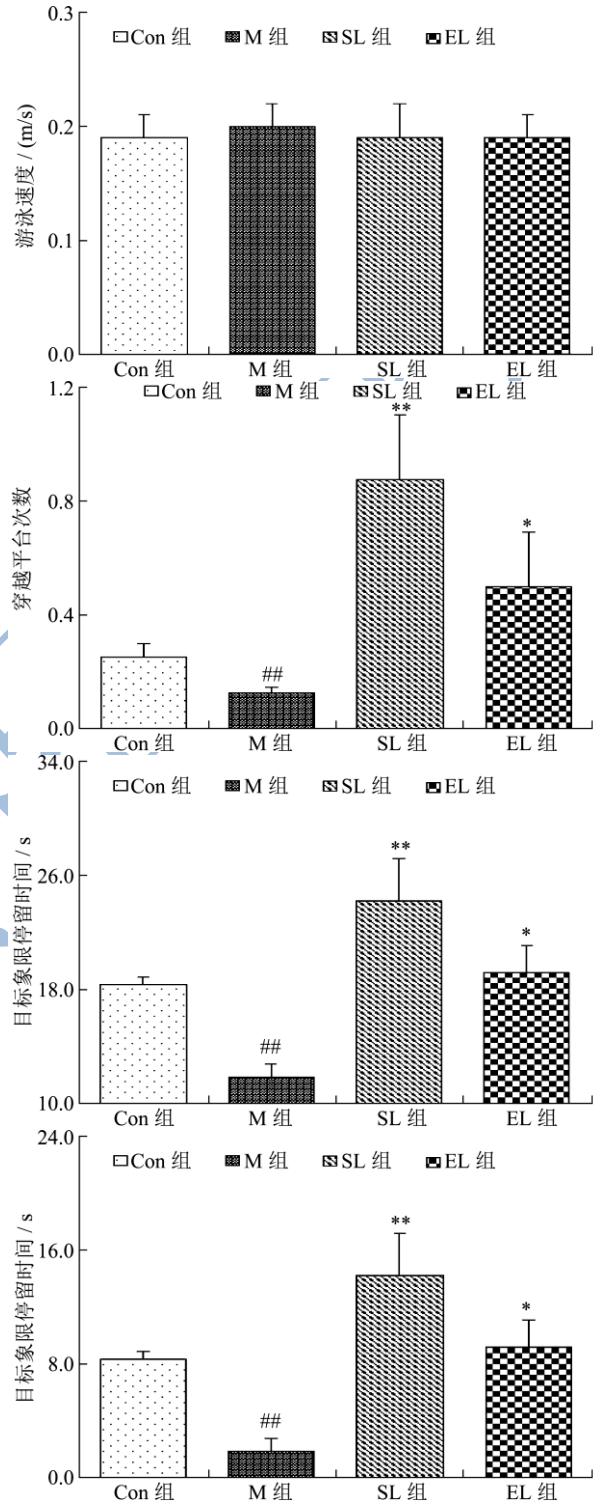


图2 鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱痴呆小鼠在水迷宫中游泳速度、穿越平台次数和目标象限停留时间的影响 (s) (n=8)

Fig.2 Effects of squid lecithin on swimming speed, numbers of platform crossing, and time spent in target quadrant of mice with scopolamine-induced dementia in water maze test (s) (n=8)

注: # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$,与正常组相比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$,与模型组相比较。

* $P < 0.01$, 与模型组相比较。

2.1.2 空间探索实验结果

在空间探索实验中,我们对小鼠游泳速度、穿越平台的次数和在目标象限停留的时间进行了统计。从图2中可以看到,各组老鼠的游泳速度无明显差异。M组小鼠穿越平台的平均次数明显低于Con组($P < 0.01$),SL组小鼠相比于M组有极显著提高($P < 0.01$),EL组也有一定程度提高($P < 0.05$)。目标象限停留时间可以反映老鼠的空间记忆能力,Con组老鼠的目标象限停留时间为18.39 s, M组为11.89 s,喂食鱿鱼卵磷脂的小鼠目标象限停留时间延长至24.30 s ($P < 0.01$),同时喂食蛋黄磷脂的老鼠目标象限停留时间也增至19.24 s,具有显著性($P < 0.05$)。

Morris水迷宫实验中,各组小鼠的游泳速度未出现差异,但小鼠游泳距离、潜伏期、穿越平台次数和目标象限停留时间有了显著的组间差异,说明痴呆模型造模成功东莨菪碱能严重破坏小鼠的学习记忆能力,这种受损在摄食鱿鱼卵磷脂后得到明显改善,摄食蛋黄磷脂后,在实验后期也表现出了显著性($P < 0.05$)。

2.2 小鼠大脑组织中TchE活力的变化

从图3中可以看出,SL组小鼠大脑组织中TchE活力显著降低。与正常组比较,TchE在模型组小鼠海马、白质和大脑皮层中均明显升高。与模型组比较,SL组老鼠的TchE活力显著降低,其中海马降低36.35%,白质降低21.08%,大脑皮层降低37.96%。EL组老鼠也低于模型组,仅海马TchE表现出显著性($P < 0.05$),皮层和白质未出现明显差异。已有研究表明,脑组织中胆碱乙酰化酶活力下降,乙酰胆碱酯酶活力升高,Ach含量不足,中枢神经系统功能障碍等是AD病人重要的病理特征^[8]。本实验结果表明,腹腔注射东莨菪碱能够提高模型组小鼠大脑内的TchE活力,喂食鱿鱼卵磷脂后,小鼠的海马、白质和大脑皮层中TchE活力得到显著抑制,蛋黄磷脂组小鼠TchE活力的变化在海马中表现出显著性($P < 0.05$),而白质和大脑皮层中未出现显著变化。

2.3 小鼠大脑组织中MAO活力的变化

如图4,SL组小鼠大脑白质中MAO活力相比于M组出现明显下降,且差异显著($P < 0.05$)。EL组小鼠白质中MAO活力同时也出现降低($P = 0.135$)。单胺氧化酶(MAO)是体内参与胺类物质代谢的主要酶类,存在两种亚型MAO-A和MAO-B,在脑内,MAO-B主要存在于5-HT能神经元和神经胶质细胞

中;MAO-A主要存在于肾上腺素能神经元内。已有研究发现,MAO与中枢神经系统神经元功能的损伤有密切关系,其在代谢递质过程中产生的过氧化氢与脑内 Fe^{2+} 反应产生自由基,导致神经损伤^[9]。小鼠白质中MAO活力的变化说明,摄食鱿鱼卵磷脂能显著降低脑内MAO活力,从而改善神经元的损伤,保护神经元。

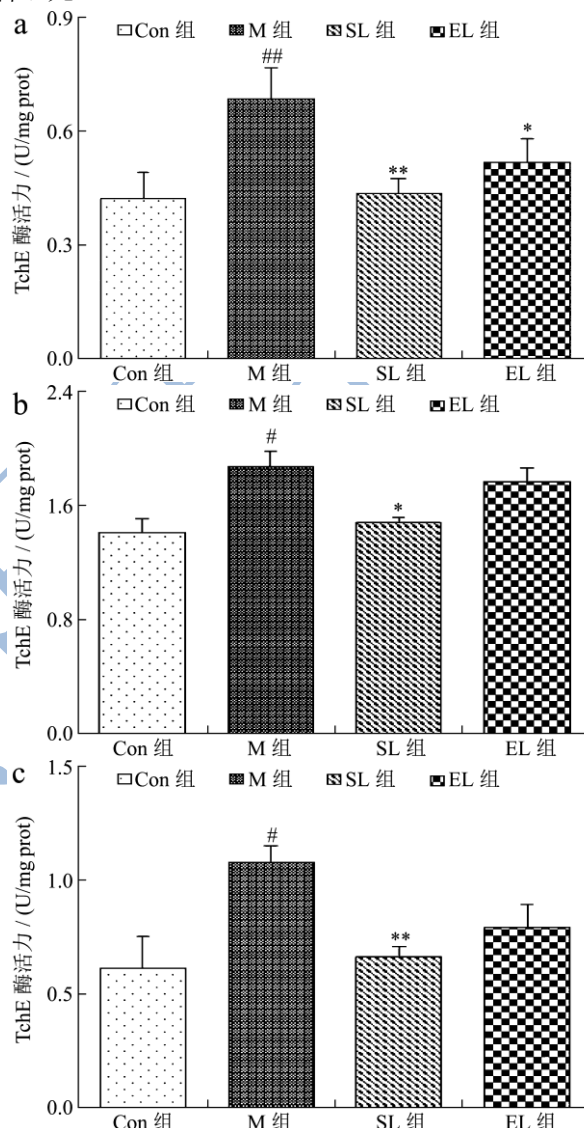


图3 鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱痴呆小鼠在大脑组织中TchE活力的影响 (n=8)

Fig.3 Effects of squid lecithin on TchE activity in brain tissues of mice with scopolamine-induced dementia (n=8)

注: a: 海马, b: 白质, c: 大脑皮层; # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$, 与正常组相比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 与模型组相比较。

2.4 小鼠大脑组织中SOD活力和MDA含量的变化

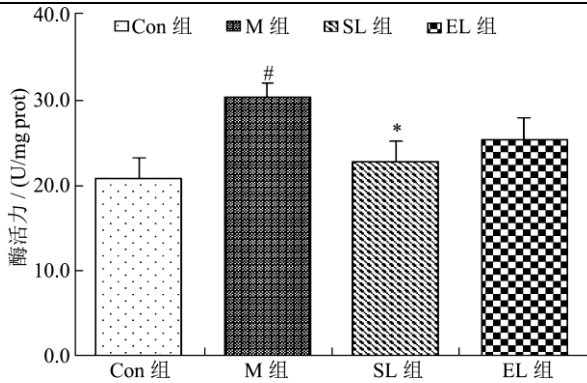


图4 鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱痴呆小鼠在大脑白质中MAO活力的影响 (n=8)

Fig.4 Effects of squid lecithin on MAO activity in white matter of mice with scopolamine-induced dementia (n=8)

注: [#]*P*<0.05, 与正常组相比较, ^{*}*P*<0.05, 与模型组相比较。

如表 1 结果所示, 鱿鱼卵磷脂显著提高小鼠大脑组织中 SOD 活力, 显著降低 MDA 含量。与正常组小鼠比较, 模型组小鼠海马、白质和大脑皮层中的 SOD

表 1 鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱痴呆小鼠在大脑组织中 SOD 活力和 MDA 含量的影响 (n=8, $\bar{x} \pm SE$)

Table 1 Effects of squid lecithin on SOD activity and MDA level in brain tissues of mice with scopolamine-induced dementia (n=8, $\bar{x} \pm SE$)

组别	海马 SOD / (U/mg prot)	皮层 SOD / (U/mg prot)	白质 SOD / (U/mg prot)	全脑 MDA / (nmol/mg prot)
正常组 Con	101.21 ± 2.42	115.55 ± 4.14	140.59 ± 3.97	4.63 ± 0.43
模型组 M	71.91 ± 1.95 ^{###}	91.28 ± 5.94 [#]	108.87 ± 2.64 ^{###}	5.78 ± 0.55 [#]
鱿鱼卵磷脂组 SL	100.68 ± 2.70 ^{**}	109.52 ± 2.28 [*]	129.49 ± 1.79 [*]	4.97 ± 0.49 [*]
蛋黄磷脂组 EL	91.22 ± 2.08	98.93 ± 5.75	118.24 ± 5.06	5.55 ± 0.69

注: [#]*P*<0.05, ^{##}*P*<0.01, 与正常组相比较, ^{*}*P*<0.05, ^{**}*P*<0.01, 与模型组相比较。

二十二碳六烯酸(DHA)作为鱿鱼卵磷脂中主要的多不饱和脂肪酸, 是大脑内含量最高的 ω -3系脂肪酸, 占大脑中多不饱和脂肪酸脂肪酸的 40%。神经元细胞膜中含有高达 50%的 DHA, 对维持神经细胞的正常生理活动起着非常重要的作用^[11]。马琴^[12]等试验证明灌胃 DHA-PC 脂质体能够增加腹腔注射东莨菪碱所致痴呆小鼠的脑组织中不饱和脂肪酸含量, 抑制 MAO、TchE 的活力, 提高 SOD 活力, 与本实验结果一致。有研究结果显示摄食大豆磷脂和蛋黄磷脂能提高大鼠脑内多不饱和脂肪酸(尤其是 AA 和 DHA)含量, 降低饱和脂肪酸含量^[13]。Boudrault^[14]的研究表明对四种不同 AD 疾病动物模型小鼠, 摄食 DHA 均有很好的预防作用。本实验结果表明, 摄食富含 DHA 的鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱所致痴呆小鼠的行为学改善作用优于蛋黄磷脂, 其机制可能与 DHA 有关。

3 结论

鱿鱼卵磷脂降低脑内 TchE 和 MAO 活力, 提高

酶活力分别提高了 40.01% (*P*<0.01), 19.98% (*P*<0.05) 和 18.94% (*P*<0.01), 而 MDA 含量上升了 24.84% (*P*<0.05)。对比模型组小鼠, 鱿鱼卵磷脂组小鼠大脑组织中的 SOD 活力得到了显著提高, 脑内 MDA 含量也下降了 14.01%, 且具有显著性。蛋黄磷脂组 SOD 活力有一定提高, 但无显著性, MDA 含量基本无变化。

SOD 能清除体内氧自由基, 抑制脂褐素形成, 提高脑内抗氧化能力, 降低自由基对神经细胞的损伤, 延缓神经细胞的衰老。丙二醛 (MDA) 是生物膜中的多不饱和脂肪酸被自由基破坏后的终产物, 脑内 MDA 水平能反应出大脑自由基损伤程度^[10]。本实验中, 模型组小鼠脑内 SOD 活力明显低于正常对照组, MDA 水平明显高于正常对照组。与模型组对比, 鱿鱼卵磷脂能显著提高小鼠脑组织中 SOD 活力并降低脑内 MDA 水平, 蛋黄磷脂在对 SOD 活力和 MDA 水平改变上均未表现出显著性。

抗氧化能力, 维持脑内抗氧化能力与氧化能力的动态平衡 (提高 SOD 活力, 降低 MDA 水平), 改善学习记忆能力的效果优于蛋黄磷脂, 在保健和预防 AD 病方面有一定的开发前景。

参考文献

[1] 吴玉韶, 党俊武. 中国老龄产业发展报告(2014)[R]. 北京: 社会科学文献出版社, 2014
WU Yu-shao, DANG Jun-wu. Chinese Aging Industry Development Report(2014) [R]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2014

[2] Kiren Ubhi, Edward Rockenstein, Ruben Vazquez-Roque, et al. Cerebrolysin modulates pronerve growth factor/nerve growth factor ratio and ameliorates the cholinergic deficit in a transgenic model of Alzheimer's disease [J]. Journal of Neuroscience Research, 2013, 91(2): 167-177

[3] Chen Y, Zhang M, Li Q, et al. Interfering effect and mechanism of neuregulin on experimental dementia model in

- rats [J]. Behavioural Brain Research, 2011, 222(2): 321-325
- [4] Kay C, Harper D N, Hunt M. Differential effects of MDMA and scopolamine on working versus reference memory in the radial arm maze task [J]. Neurobiology of Learning and Memory, 2010, 93(2): 151-156
- [5] 范文辉,刘之荣.血管性痴呆的动物模型及其胆碱能机制研究[J].第三军医大学学报,2000,22(4): 314-317
FAN Wen-hui, LIU Zhi-rong. Establishment of a rat model of vascular dementia and study of its cholinergic mechanism [J]. Journal of Third Military Medical University, 2000, 22(4): 314- 317
- [6] 张朗,侯一平,宋焱峰,等.大豆磷脂酰胆碱对异相睡眠剥夺大鼠学习记忆能力的影响[J].中国临床康复,2005,9(12): 119-121
ZHANG Lang, HOU Yi-ping, SONG Yan-feng, et al. Effect of soybean phosphatidylcholine on the learning and memory ability in rats with paradoxical sleep deprivation [J]. Chinese Journal of Clinical Rehabilitation, 2005, 9(12):119-121
- [7] 姜淑卿,李大鸣,张静姝.深海鱼油中主要生理活性成分影响认知功能的研究进展[J].中国慢性病预防与控制,2012, 20(2):225-227
JIANG Shu-qin, LI Da-min, ZHANG Jing-zhu. Advances in effects of the active ingredient in fish oil major physiological on cognitive function [J]. Chinese Journal of Prevention and Control of Chronic Non-Communicable Diseases, 2012, 20(2):225-227
- [8] 李前,朱振霞,孙曼霁.乙酰胆碱酯酶与老年性痴呆关系的研究进展[J].中国老年学杂志,2002,22(4):325-326
LI Qian, ZHU Zhen-xia, SUN Man-qi. Research progress of the relationship between Acetyl cholinesterase and senile dementia [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2002, 22(4): 325-326
- [9] Michael J Parsons, Ruth M Benca, Mark S Brownfield, et al. Age-associated changes in the serotonergic system in rat superior colliculus and preteum [J]. Brain Research Bulletin, 2001, 55(3): 435-444
- [10] Peter P Zandi, James C Anthony, Ara S Khachaturian, et al. Reduced risk of Alzheimer disease in users of antioxidant vitamin supplements: the Cache County Study [J]. Archives of Neurology, 2004, 61(1): 82-88
- [11] Anna R Patten, Patricia S Brocardo, Brian R Christie. Omega-3 supplementation can restore glutathione levels and prevent oxidative damage caused by prenatal ethanol exposure [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2013, 24(5): 760-769
- [12] 马琴,王静凤,王玉明,等.二十二碳六烯酸-磷脂脂质体对东莨菪碱所致痴呆小鼠智力的影响研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2009,39:69-72
MA Qin, WANG Jing-feng, WANG Yu-ming, et al. Effects of DHA-PC on intelligence in dementia mice induced by scopolamine [J]. Periodical of Ocean University of China (Natural Science), 2009, 39: 69-72
- [13] 王玉明,李金章,薛勇,等.摄食不同来源磷脂对大鼠脂质代谢及脑内磷脂脂肪酸组成的影响[J].中国油脂,2012, 37(2): 31-34
WANG Yu-ming, LI Jin-zhang, XUE Yong, et al. Effects of different dietary phospholipids on lipid metabolism and brain phospholipids fatty acid composition in rats [J]. China Oils and Fats, 2012, 37(2): 31- 34
- [14] Cynthia Boudrault, Richard P Bazinet, David WL Ma. Experimental models and mechanisms underlying the protective effects of n-3 polyunsaturated fatty acids in Alzheimer's disease [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2009, 20(1): 1-10