

麻黄素对仔鼠睾丸组织结构和 Bax、EGF 蛋白的影响

肖世南 俞诗源*

西北师范大学生命科学学院 兰州 730070

摘要: 为探讨麻黄素对各发育期昆明小鼠 (*Mus musculus*) 仔鼠睾丸组织结构及 Bax 蛋白和表皮生长因子 (epidermal growth factor, EGF) 阳性表达的影响, 选取雄性仔鼠采用递增剂量腹腔连续注射麻黄素, 应用生物显微技术观察睾丸组织结构的变化, 用免疫组织化学和体视学半定量方法检测 Bax 和 EGF 蛋白在睾丸组织中的表达。结果表明, 麻黄素组仔鼠各发育阶段生精小管直径及上皮厚度明显小于对照组 ($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$), 初级精母细胞直径小于对照组 ($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$), 生精小管上皮各级生精细胞的发生较晚, 且排列疏松而凌乱, 细胞间空隙多, 发育成熟期管腔内成熟精子较少; 麻黄素组各发育期仔鼠睾丸中 Bax 和 EGF 蛋白的阳性表达与对照组相比显著增强 ($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$)。上述结果表明, 麻黄素影响仔鼠睾丸组织的发育, 麻黄素对各发育期仔鼠睾丸组织的损伤可能与 Bax 和 EGF 蛋白表达的增强有关。

关键词: 麻黄素; 仔鼠; 睾丸; 组织结构; Bax 蛋白; 表皮生长因子

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2013)04-634-08

Effects of Ephedrine on Histological Structure and Expression of Bax and EGF in Testis of Young Male Mice

XIAO Shi-Nan YU Shi-Yuan*

College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: To study the effects of ephedrine on histological structure of testis and on expression of Bax protein and epidermal growth factor (EGF) in the testis of the developing young mice (*Mus musculus*), ephedrine was administered by intraperitoneal injection at different doses. The testis structure was observed by microscopy and expression of Bax protein and EGF in the testis was measured by immunohistochemistry combined with stereological method at different developmental stages. Results indicated that the diameter and epithelium thickness of seminiferous tube significantly decreased in the experimental groups ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). The diameter of primary spermatocyte was smaller than that of the control group ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). Spermatogenic cells in seminiferous tube appeared late, and the cells loosely distributed, with more space between them, in the treatment group. At maturity there were less mature spermatozoa in the lumen of seminiferous tube. The expression of Bax protein and EGF in the testis of ephedrine-treated young mice significantly increased ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). So the testis structure of young mice at different developmental

基金项目 甘肃省自然科学基金计划项目 (No. 1107RJZA141), 兰州市社会发展项目 (No. 2010-127);

* 通讯作者, E-mail: syyu006@nwnu.edu.cn;

第一作者介绍 肖世南, 女, 硕士研究生; 研究方向: 细胞与发育生物学; E-mail: newdaynewthings@163.com。

收稿日期: 2012-11-22, 修回日期: 2013-04-01

stages were damaged to different degrees by ephedrine, which led to slow development of gonad. Therefore, ephedrine may affect spermatogenesis by altering status of primary spermatocytes and testis damage may be correlated with the expression intensity of Bax protein and EGF in young mouse testis.

Key words: Ephedrine; Mice; Testis; Histological structure; Bax protein; Epidermal growth factor

兴奋剂滥用已成为当今世界严重的医学问题和社会问题,青少年的机体正处于发育和完善的时期,接触毒品极易引起器官组织结构与生理活动的损害。麻黄素是合成冰毒和摇头丸的重要原料,它们同属于苯丙胺类兴奋剂(amphetamine type stimulants, ATS),对中枢神经系统有兴奋作用,长期滥用都会造成严重的药物依赖,并产生多种毒副作用。20世纪90年代后麻黄素的滥用呈上升趋势,超过海洛因、可卡因等兴奋剂(郑少攀等 2004)。研究表明,麻黄素对脑、心血管及肌肉组织均有毒性影响(常福厚等 1997,景红娟等 2008,李重阳等 2009)。Bax 蛋白(Bcl-2 associated X protein)是一种促进细胞凋亡的蛋白,表皮生长因子(epidermal growth factor, EGF)可加速核酸和蛋白的合成,促进细胞的增殖并影响细胞的分化, Bax 蛋白和 EGF 表达的变化在一定程度上可反映组织的受损情况。麻黄素对生长发育期仔鼠(*Mus musculus*)的睾丸组织结构和精子发生是否有影响?其机制如何均需进一步的研究和探讨。本研究通过腹腔连续注射麻黄素,观察发育期仔鼠睾丸的组织结构及 Bax 蛋白、EGF 表达的变化,以探讨麻黄素对生长发育期仔鼠睾丸的毒性及可能机制,为临床麻黄素中毒的防治提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 主要试剂 盐酸麻黄素(纯度 $\geq 98\%$,甘肃省公安厅提供),根据半数致死剂量和成瘾量用生理盐水配制成 3.0、4.0、5.0、6.0、7.0 g/L 5 个梯度浓度的水溶液,4~6℃下保存备用。全部抗体、免疫组织化学试剂盒和显色剂均购于北京中杉金桥生物技术有限公司。

1.2 动物分组及处理 选出生 7 d 的雄性昆明仔鼠 60 只(购于兰州大学实验动物中心),

体重 4~5 g,实验前适应性饲养 5 d,由母鼠带养,之后随机分为麻黄素组和对照组,每组 30 只。麻黄素组用递增剂量腹腔连续注射麻黄素 25 d,在 1~5 d、6~10 d、11~15 d、16~20 d、21~25 d 分别注射 0.2 ml 浓度为 3.0 g/L、4.0 g/L、5.0 g/L、6.0 g/L、7.0 g/L 的麻黄素溶液,每天 2 次,分别于 9:00 时和 16:00 时进行注射。对照组每天腹腔注射等量的生理盐水,其他饲养与实验组相同。

1.3 切片制作与体视学观察 分别取给药处理后 5 d、10 d、15 d、20 d、25 d 的仔鼠各 6 只的睾丸组织,投入 10% 的中性福尔马林液固定 24 h,石蜡包埋后连续切片(6 μm),H. E 染色,在显微镜(Olympus, FX-35WA, Japan)下观察并拍照,用目镜方格测试系统测量相关数据。

用固定好的各仔鼠睾丸组织数块,包埋后连续切片(6 μm),每个蜡带贴一张,共 10 张,每张切片随机选择 12 个视野观察、摄片($\times 400$)。采用方格测试系统(测试面积 $1.512 \times 10^4 \text{ mm}^2$,测试线总长为 $7.808 \times 10^3 \text{ mm}$,测试线包括纵线 36 条和横线 28 条,每小格长为 4 mm,相当于实际长度的 10 μm 。两种测线的交点为测试点,总测试点数为 1 008 个)交点计数法分别测算睾丸组织中细胞阳性表达的面密度值,公式为: $S_v = 2 I_x / L_c$ ($L_c = \sum P_c \cdot a$),式中 I_x 为阳性表达的细胞与测试方格的交点数, P_c 为测试系统落在参照系的点数, a 为方格的两点间距离, S_v 为测算的睾丸组织中细胞阳性表达的面密度值(陈玉琴等 2008)。

1.4 免疫组织化学 免疫组化 SABC 法。将仔鼠睾丸组织石蜡切片脱蜡至水,微波处理进行抗原修复,用 PBS 冲洗后,用 3% H_2O_2 孵育消除内源性过氧化物酶活性,正常牛血清室温孵育 20 min,以封闭非特异性反应位点;一抗分别用兔抗 Bax 蛋白和兔抗表皮生长因子(EGF)

(工作浓度 1:200),置 4℃ 冰箱过夜;PBS 冲洗后,滴加生物素标记的二抗(羊抗兔 IgG 抗血清),37℃ 孵育(20 min);滴加链霉素抗生物素蛋白-过氧化物酶复合物工作液,37℃ 孵育(20 min);空白对照以 PBS 代替一抗;DAB 显色,苏木精轻度复染,常规脱水,透明、封片,在显微镜下观察并摄片。结果显示,阳性表达部位被染成棕黄色。

1.5 数据处理 实验数据用 SPSS13.0 软件进行统计学分析处理,结果以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示,两组间均数比较采用双尾 *t* 检验, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 差异极显著。

2 结果

2.1 仔鼠睾丸的组织结构变化 麻黄素影响仔鼠睾丸的组织结构(图 1)。注射麻黄素后仔鼠各阶段睾丸组织结构与对照组相比,生精小管直径及上皮厚度明显小于对照组。初级精母细胞直径小于对照组。生精小管上皮各级生精细胞的发生较对照组迟缓,且各种细胞数量明显少于对照组,细胞排列疏松而凌乱,细胞间空

隙多。生精小管发育成熟期管腔内成熟精子较少。

2.1.1 生精小管直径的变化 实验组和对照组仔鼠睾丸内生精小管直径随着时间延长均呈连续增大趋势,实验组给药后 5~15 d 增长缓慢,给药后 15~20 d 增长量较大。但实验组各期生精小管直径均小于对照组,其中,给药后 10 d、15 d、20 d、25 d 生精小管直径与对照组相比差异显著或极显著 ($P < 0.05$, $P < 0.01$) (图 2)。

2.1.2 生精小管上皮厚度的变化 实验组和对照组仔鼠睾丸内生精小管上皮厚度随着时间延长均呈连续增长趋势,实验组给药后 5~15 d 增长缓慢,给药后 15~20 d 增长量较大。但实验组仔鼠各期生精小管上皮厚度均小于对照组,其中给药后 10 d、15 d、20 d 上皮厚度与对照组相比差异显著或极显著 ($P < 0.05$, $P < 0.01$) (图 3)。

2.1.3 生精小管上皮细胞层数的变化 实验组和对照组仔鼠睾丸内生精小管上皮细胞层数随着时间延长均呈增长趋势,实验组给药后 5~15 d、20~25 d 增长缓慢,给药后 15~20 d 增长

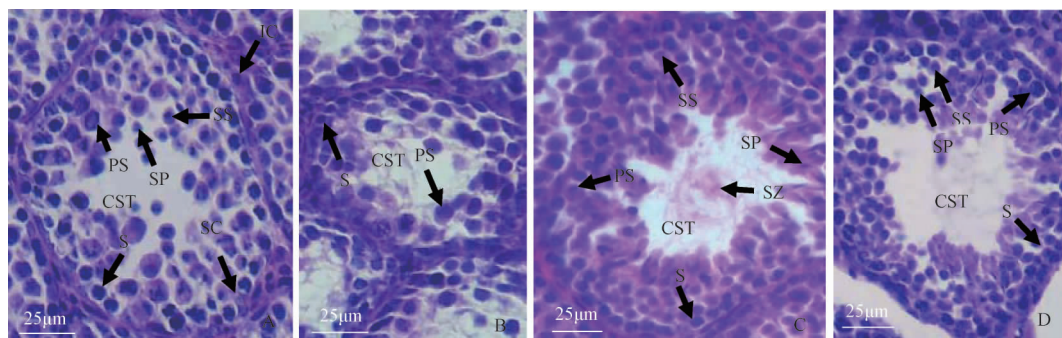


图 1 麻黄素对仔鼠睾丸组织结构的影响

Fig. 1 Effects of ephedrine on histological structure of the testis in the male young mice

A. 对照组 15 d 仔鼠睾丸光镜结构; B. 麻黄素组 15 d 仔鼠睾丸光镜结构; C. 对照组 25 d 仔鼠睾丸光镜结构; D. 麻黄素 25 d 仔鼠睾丸光镜结构。标尺 = 25 μm

A. Light microscope structure of testis in 15-day old control mice; B. Light microscope structure of testis in ephedrine-treated group at 15 day; C. Light microscope structure of testis in 25-day old control mice; D. Light microscope structure of testis in ephedrine-treated group at 25 day. Bar = 25 μm

SC. 支持细胞; S. 精原细胞; PS. 初级精母细胞; SP. 精子细胞; SS. 次级精母细胞; SZ. 精子; IC. 间质细胞; CST. 生精小管。

SC. Sertoli cells; S. Spermatogonia; PS. Primary spermatocytes; SP. Spermatids; SS. Secondary spermatocytes; SZ. Spermatozoa; IC. Interstitial cell; CST. Seminiferous tube.

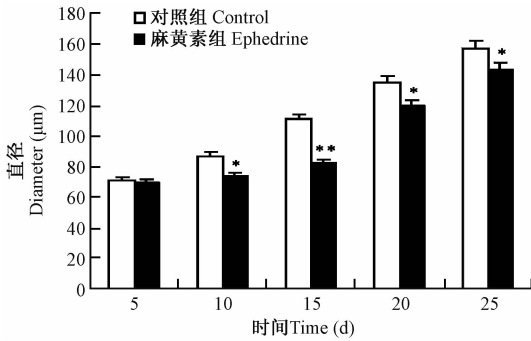


图2 仔鼠睾丸生精小管直径的变化

Fig.2 Changes in diameter of seminiferous tube in the young mice

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

Compared to control group, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

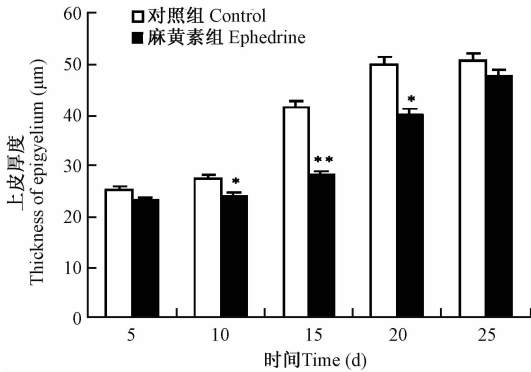


图3 仔鼠睾丸生精小管上皮厚度的变化

Fig.3 Changes in thickness of seminiferous tube epithelium in the young mice

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

Compared to control group, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

量较大。但实验组各期生精小管上皮细胞层数均小于对照组,其中给药后 15 d、20 d、25 d 上皮细胞层数与对照组相比差异显著或极显著 ($P < 0.05$, $P < 0.01$) (图 4)。

2.1.4 初级精母细胞直径的变化 各发育期仔鼠初级精母细胞直径逐渐增大,20 d 时达到最大,随后略降低。但实验组仔鼠各期初级精母细胞直径均小于对照组。其中给药后 5 d 初级精母细胞直径与对照组相比差异显著 ($P < 0.05$),给药后 25 d 初级精母细胞直径与对照组差异极显著 ($P < 0.01$) (图 5)。

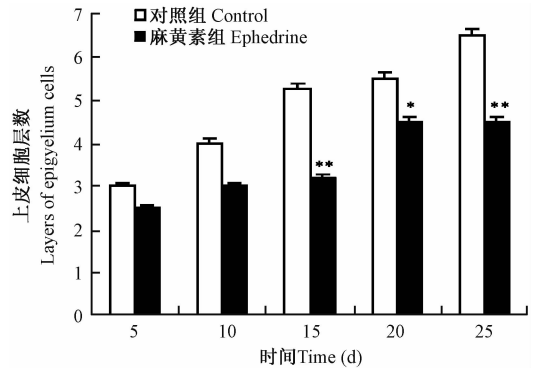


图4 仔鼠睾丸生精小管上皮细胞层数变化

Fig.4 Changes in layers of epithelium cells in seminiferous tube of the young mice

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

Compared to control group, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

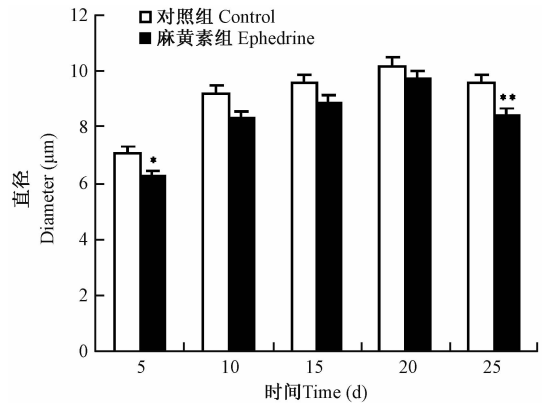


图5 仔鼠初级精母细胞直径的变化

Fig.5 Changes in diameter of primary spermatocyte in the young mice

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

Compared to control group, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

2.2 睾丸组织 Bax 蛋白的表达 麻黄素影响 Bax 蛋白在仔鼠睾丸组织中的表达 (图 6)。在睾丸组织中,阳性反应物质主要集中在精原细胞、精母细胞、间质细胞 3 种细胞的细胞膜和细胞质,支持细胞和精子细胞亦有少量表达。注射麻黄素 5 d、10 d、15 d、20 d、25 d 时,麻黄素组仔鼠睾丸组织中 Bax 蛋白阳性表达细胞的数量大于对照组,差异显著或极显著 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$) (表 1)。

表 1 Bax 蛋白在仔鼠睾丸中表达的面密度值
Table 1 Surface area density of Bax protein in the testis of young mice

组别 Group	面密度值 Surface area density				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
对照组 Control group	0.008 8 ± 0.000 9	0.020 4 ± 0.001 7	0.009 5 ± 0.000 6	0.009 0 ± 0.002 1	0.023 3 ± 0.000 8
麻黄素组 Ephedrine group	0.024 9 ± 0.001 8**	0.049 1 ± 0.001 5*	0.0403 ± 0.0008**	0.030 9 ± 0.002 3**	0.074 7 ± 0.001 1**

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。Compared to control group, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

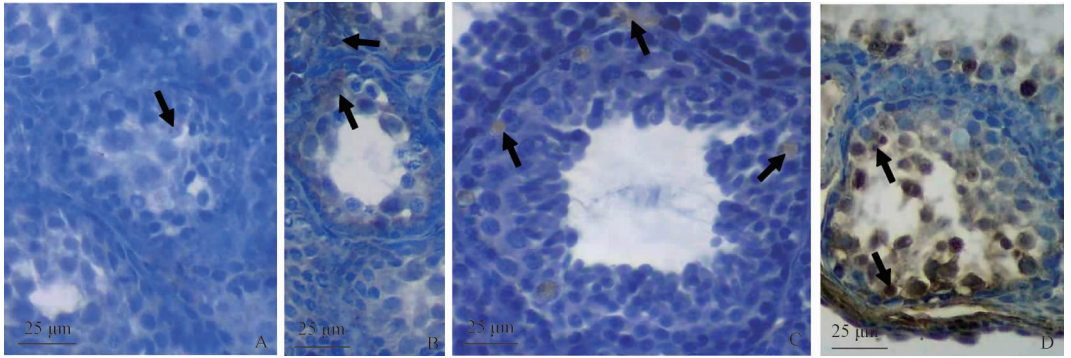


图 6 麻黄素对仔鼠睾丸 Bax 蛋白表达的影响

Fig. 6 Effects of ephedrine on expression of Bax protein in the testis of male young mice

A. 对照组 5 d 仔鼠睾丸中 Bax 蛋白的表达(↑); B. 麻黄素组 5 d 仔鼠睾丸中 Bax 蛋白的表达(↑); C. 对照组 25 d 仔鼠睾丸中 Bax 蛋白的表达(↑); D. 麻黄素组 25 d 仔鼠睾丸中 Bax 蛋白的表达(↑)。标尺 = 25 μm

A. Arrow showing expression of Bax protein in the testis of control young mice at day 5 (↑); B. Arrow showing expression of Bax protein in the testis of ephedrine-treatment mice at day 5 (↑); C. Arrow showing expression of Bax protein in the testis of control mice at day 25 (↑); D. Arrow showing expression of Bax protein in the testis of ephedrine-treatment mice at day 25 (↑). Bar = 25 μm

2.3 睾丸组织 EGF 的表达 麻黄素影响 EGF 在仔鼠睾丸组织中的表达(图 7)。在睾丸中, 阳性反应物质主要集中在精原细胞、精母细胞、间质细胞 3 种细胞的细胞膜和细胞质。注射麻

黄素 5 d、10 d、15 d、20 d、25 d 时, 实验组仔鼠睾丸组织 EGF 蛋白阳性表达细胞的数量大于对照组, 差异显著或极显著 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$) (表 2)。

表 2 EGF 在仔鼠睾丸组织中表达的面密度值
Table 2 Surface area density of EGF in the testis of young mice

组别 Group	面密度值 Surface area density				
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d
对照组 Control group	0.010 0 ± 0.001 6	0.020 3 ± 0.000 9	0.007 8 ± 0.001	0.004 4 ± 0.002 1	0.005 7 ± 0.001 2
麻黄素组 Ephedrine group	0.015 5 ± 0.001 3**	0.022 5 ± 0.000 7*	0.015 0 ± 0.001 4**	0.006 4 ± 0.001 8*	0.013 1 ± 0.000 8**

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。Compared to control group, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

3 讨论

3.1 麻黄素对仔鼠睾丸组织结构的影响 苯丙胺类兴奋剂大多作用于儿茶酚胺神经细胞的

突触前膜, 通过促进突触前膜内神经递质, 如去甲肾上腺素 (norepinephrine, NE)、多巴胺 (dopamine, DA) 和 5-羟色胺 (5-hydroxy tryptamine, 5-HT) 等的释放, 阻止递质再摄取,

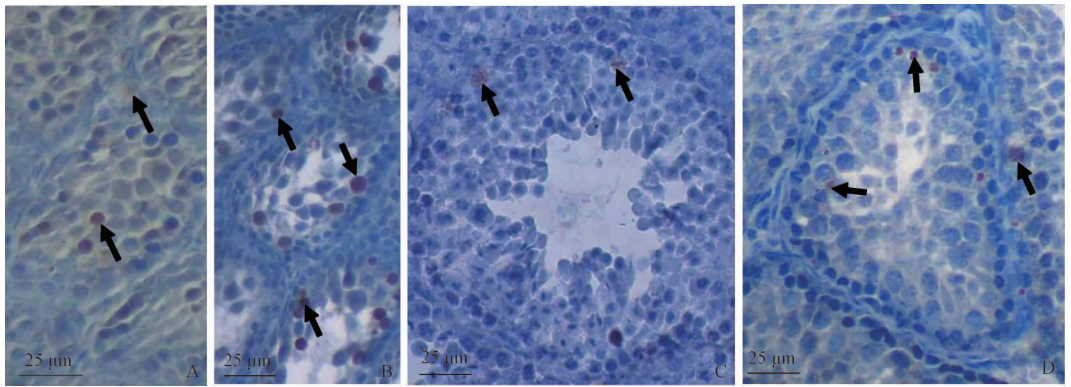


图 7 麻黄素对仔鼠睾丸组织 EGF 表达的影响

Fig. 7 Effects of ephedrine on expression of EGF in the testis of young mice

A. 对照组 5 d 仔鼠睾丸中 EGF 的表达(↑); B. 麻黄素组 5 d 仔鼠睾丸中 EGF 的表达(↑); C. 对照组 25 d 仔鼠睾丸中 EGF 的表达(↑); D. 麻黄素组 25 d 仔鼠睾丸中 EGF 的表达(↑)。标尺 = 25 μm

A. Arrow showing expression of EGF in the testis of control group at day 5 (↑); B. Arrow showing expression of EGF in the testis of ephedrine-treatment group at day 5 (↑); C. Arrow showing expression of EGF in the testis of control group at day 25 (↑); D. Arrow showing expression of EGF in the testis of ephedrine-treatment group at day 25 (↑). Bar = 25 μm

使这些递质含量长时间减少 (Sulzer et al. 1995), 影响机体的结构与机能。冰毒可导致细胞线粒体轻度肿胀和线粒体抗氧化酶谷胱甘肽过氧化物酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px)、超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 的活性降低, 表明冰毒能使线粒体产生大量的活性氧自由基而造成其结构和功能的破坏 (戴捷等 2003, 易少华等 2008)。本实验中麻黄素组仔鼠发育各阶段睾丸组织结构与对照组相比, 生精小管直径及厚度明显小于对照组, 生精小管的各级生精细胞的发生比对照组晚, 且各种细胞数量明显少于对照组, 生精细胞在生精小管内排列疏松而凌乱, 细胞间空隙多, 初级精母细胞的直径明显减小, 生精小管发育成熟期管腔内成熟精子较少, 表明麻黄素影响了仔鼠性腺的发育, 且造成睾丸结构的损伤。给动物注射海洛因、麻黄素可引起仔鼠下丘脑细胞凋亡增加 (李重阳等 2009), 从而使下丘脑释放的促性腺素释放因子减少, 导致机体卵泡刺激素 (follicle stimulating hormone, FSH) 和黄体生成素 (luteinizing hormone, LH) 水平下降, 影响睾丸的发育和精子的发生。麻黄素亦可能通过影响线粒体的结构和功能, 使睾丸组织供能不

足, 间接影响精子的发生和成熟。

3.2 麻黄素对仔鼠睾丸组织中 Bax 蛋白表达的影响 Bax 属于 Bcl-2 家族, 这种可溶性蛋白分子主要位于细胞膜与细胞浆中, 发挥作用时它从胞浆中移到线粒体并与线粒体膜相结合, 可促进细胞凋亡。Bax 蛋白与细胞凋亡抑制因子 Bcl-2 作用相反, 它们之间主要通过相互二聚化作用形成动态平衡来调节细胞的凋亡 (刘上峰等 2002)。Bax 和 Bcl-2 在正常生物体生殖系统中都有表达, 它们共同调节生精细胞的凋亡, 维持精子发生过程的动态平衡, 维持支持细胞与生精细胞的最佳比例, 调节生精过程中精子的数量和质量 (Billing et al. 1995, 吴耀华 1996)。生精细胞的凋亡受基因和激素等的调控 (黄宇烽 2005), 但生精细胞的凋亡也可被有害刺激诱发, 在病理状态下细胞凋亡则导致少精子或无精子症的发生 (李积胜等 1998)。低氧作用下大鼠睾丸内表达 Bax 蛋白的生精小管数显著高于常氧对照组, 表明低氧促进生殖细胞凋亡 (廖卫公等 2007)。本实验观察到仔鼠睾丸内 Bax 蛋白阳性反应物质主要集中在精原细胞、精母细胞、间质细胞, 支持细胞和精子细胞亦有少量表达, 且注射麻黄素后仔鼠睾丸中

Bax 蛋白阳性表达明显增强,表明麻黄素引起睾丸组织细胞凋亡加剧,其中,间质细胞凋亡可使雄性激素的分泌减少,支持细胞凋亡又可影响精子发育的微环境,进而可能使各种生精细胞凋亡加剧而数量减少,以致生精小管发育成熟期管腔内成熟精子较少,因此麻黄素造成睾丸结构的损伤,影响了仔鼠性腺的发育。

3.3 麻黄素对仔鼠睾丸组织中 EGF 表达的影响 表皮生长因子(EGF)是细胞分裂促进因子,能刺激体内多种类型组织细胞的分裂和增生,能增强正常细胞的再生及损伤修复。EGF 主要由颌下腺产生,肾、垂体、睾丸、前列腺、卵巢等处也有发现(孙亚平等 1997, Yan et al. 1998, 翁静 2001)。EGF 通常与细胞膜上的特异性受体 EGF-R 结合,通过激活细胞内多条信号传导通路来调节细胞的生长、分化、迁移和凋亡等生理活动(刘建军等 1999)。EGF 与精子的发生有关,切除颌下腺的小鼠睾丸生精小管中精子数量下降,但精母细胞数明显增加(Reyes et al. 1995),体外培养猪(*Sus domestica*)睾丸间质细胞时,加入 EGF 使甾体激素生成量明显增多,说明 EGF 参与甾体类激素合成的调控(Sordoillet et al. 1991),EGF 还与精子获能有关(Furuya et al. 1993)。本实验显示,麻黄素组仔鼠睾丸内 EGF 阳性表达保持较高水平,尽管随着仔鼠的发育,阳性表达略有减弱,但阳性细胞数仍高于对照组,这可能是麻黄素诱导机体发生免疫应激反应,刺激睾丸内细胞分泌大量 EGF 参与睾丸的损伤修复;另一方面可能是麻黄素改变了睾丸组织血睾屏障的通透性,使外周组织及血液中的 EGF 大量渗入睾丸组织,使睾丸组织中 EGF 增多,表明 EGF 在麻黄素引起的睾丸损伤修复中有重要作用。

任何一种因子都不能单独解释病理或生理刺激对精子发生的复杂过程的影响,麻黄素组各发育期仔鼠睾丸组织中 Bax 蛋白和 EGF 的表达均有不同程度的增强,表明麻黄素可使睾丸组织各种细胞凋亡加剧而造成睾丸结构损伤,还可能使睾丸组织细胞 EGF 增多以参与睾丸损伤的修复。麻黄素对发育期仔鼠睾丸组织

的损伤可能与 Bax 蛋白和 EGF 等多种活性物质的协调作用有关,具体机制有待进一步研究。

参 考 文 献

- Billing H, Furuta I, River C, et al. 1995. Apoptosis in testis germ cells: Developmental changes in gonadotropin dependence and localization to selective tubule stages. *Endocrinology*, 136(1): 5-12.
- Furuya S, Endo Y, Suzuki S, et al. 1993. Effect of epidermal growth factor on human sperm capacitation. *Fertility and Sterility*, 60(5): 905-910.
- Reyes A B V, Wakasugi N. 1995. Long-term influence of sialoadenectomy on reproductive performance of male mice. *Journal of Reproduction and Fertility*, 105(2): 279-285.
- Sordoillet C, Chauvin M A, Peretti E, et al. 1991. Epidermal growth factor directly stimulates steroidogenesis in primary cultures of porcine Leydig cells: Actions and sites of action. *Endocrinology*, 128(4): 2160-2168.
- Sulzer D, Chen T K, Lau Y Y, et al. 1995. Amphetamine redistributes dopamine from synaptic vesicles to the cytosol and promotes reverse transport. *The Journal of Neuroscience*, 15(5): 4102-4108.
- Yan Y C, Sun Y P, Zhang M L. 1998. Testis epidermal growth factor and spermatogenesis. *Archives of Andrology*, 40(2): 133-146.
- 陈玉琴, 俞诗源, 张虎林, 等. 2008. 红腹锦鸡肾的组织结构及 EGFR, TGF- β , AQP-2 在肾脏中的表达. *动物学报*, 54(2): 323-331.
- 常福厚, 刘素珍, 屈爱桃, 等. 1997. 麻黄素衍生物对豚鼠心肌细胞内 cAMP 含量的影响. *内蒙古医学院学报*, 19(4): 33-35.
- 戴捷, 余小燕, 梅启明, 等. 2003. 甲基苯丙胺对大鼠心肌线粒体抗氧化酶的影响. *中国公共卫生*, 19(10): 1190-1192.
- 景红娟, 汪长东, 甘露, 等. 2008. 麻黄碱抑制支气管平滑肌细胞增殖的机制. *细胞生物学杂志*, 30(5): 647-650.
- 李重阳, 高先军, 王昱, 等. 2009. 海洛因、麻黄素对小鼠仔鼠下丘脑、海马组织结构及胆碱乙酰基转移酶活性的影响. *解剖学报*, 40(6): 862-868.
- 黄宇烽. 2005. 生精细胞凋亡的基因调控. *中华男科学杂志*, 11(9): 643-646.
- 李积胜, 徐鹏霄, 贺智. 1998. 缺锌对大鼠睾丸生精细胞凋亡的影响. *中华医学杂志*, (2): 91-93.
- 廖卫公, 高钰琪, 蔡明春, 等. 2007. 低氧对大鼠睾丸生殖细胞凋亡的影响. *中华男科学杂志*, 13(6): 487-491.
- 刘上峰, 李麓芸. 2002. 人类睾丸生殖细胞凋亡相关基因分子遗传学研究进展. *国外医学: 遗传学分册*, 25(3): 169-173.

- 刘建军,汪涛. 1999. 大脑发育和电离辐射. 国外医学:放射医学核医学分册,23(2): 82-85.
- 孙亚平,严缘昌,张尚权,等. 1997. 大鼠和小鼠睾丸表皮生长因子表达的免疫组织化学定位观察. 中国组织化学与细胞化学杂志,6(1): 18-22.
- 吴耀华. 1996. 性腺细胞的凋亡. 国外医学:内分泌学分册,16(3): 116.
- 翁静. 2001. EGF 与生殖. 首都医科大学学报,22(1): 91-93.
- 易少华,刘良,任亮,等. 2008. 甲基苯丙胺对大鼠心肌细胞线粒体结构 Cytochrome C、Caspase-3、Caspase-9 mRNA 影响. 毒理学杂志,22(5): 349-352.
- 郑少攀,卢延旭. 2004. 苯丙胺类兴奋剂的法医毒理学研究进展. 中国法医学杂志,19(1): 55-57.

蓑羽鹤在鄂尔多斯桃-阿海子的繁殖记录

蓑羽鹤(*Anthropoides virgo*)中有少量个体作为夏候鸟零星散布于内蒙古西部的鄂尔多斯高原。20世纪90年代初期,我们曾在桃力庙-阿拉善湾海子(简称桃-阿海子)记录到蓑羽鹤的繁殖,当时,1对蓑羽鹤将巢置于桃-阿海子南面的沙丘顶部,并成功育出2只幼鹤。

桃-阿海子为双驼峰形荒漠咸水湖泊,满水时面积约10 km²,其东半部称桃力庙海子,西半部为阿拉善湾海子,因20世纪90年代承载了遗鸥(*Larus relictus*)全世界至少65%以上的繁殖个体而于2002年被认定为全球No. 1148国际重要湿地。21世纪初的干旱加之随后严重的人为干扰使得桃-阿海子自2006年起大部时间或完全干涸,或仅于雨季过后在阿拉善湾海子的西部积有面积约1 km²的浅水水面,延至次年夏季再度全然干涸。2011和2012年夏,我们连续两年发现有1对蓑羽鹤在干涸的桃力庙海子中心部位营巢繁殖,每年育出2只幼鹤后成功带飞。

2013年5月底,在桃力庙海子中心部位发现1蓑羽鹤巢,其2枚卵分别于6月6日和7日孵化成幼。6月11日,在阿拉善湾海子的中心部位又发现1蓑羽鹤巢,2卵,其中1幼鹤正在破壳,三日后发现另一枚卵未能孵化而遭弃置。此2巢的点位分别为39°46'55.8" N、109°21'16" E、1 359 m和39°47'18" N、109°18'48.66" E、1 358 m,两巢相距大约2 600 m。

2013年6月24日,对上述3只蓑羽鹤幼鸟进行环志,将红底白字的彩环套在幼鹤的小腿部位,号码分别为665、666、667。至7月5日观察,3只幼鹤长势良好。另外,6月22日发现1群6只蓑羽鹤成鸟飞临桃-阿海子湖区并停留数日。

查《中国动物志·鸟纲·第五卷》中的相应记述(王岐山等2006),蓑羽鹤作为夏候鸟和繁殖鸟在中国(仅)见于北纬40°以北地区。桃-阿海子干涸虽然使遗鸥丧失了一块极为宝贵的繁殖地,却使蓑羽鹤得以在最近3年连续营巢繁殖并吸引了少量非繁殖个体来此群聚。桃-阿海子干涸后其鸟类群落会如何演替和发展,将是我们今后的关注目标。

任永奇^① 苏雅拉^① 何芬奇^②

鄂尔多斯市野生动植物保护管理站 康巴什 017000; ② 中国科学院动物研究所 北京 100101