

# 苯与甲醛联合染毒对小鼠睾丸及精子的损伤作用

邹学敏<sup>1</sup>, 张英彪<sup>2</sup>, 朱乐玫<sup>1</sup>, 杨双波<sup>1</sup>, 吴成秋<sup>2</sup>

1. 长沙医学院公共卫生学院, 湖南 长沙 410219; 2. 南华大学公共卫生学院, 湖南 衡阳 421001

**摘要:**目的 通过研究苯与甲醛联合染毒对雄性小鼠睾丸及精子的损伤情况, 探讨苯与甲醛联合对其损伤的作用机制。**方法** 选择40只SPF级成年雄性小鼠随机分为4组, 分别为对照组(A组)、苯单独染毒组(B组)、甲醛单独染毒组(C组)、苯与甲醛联合染毒组(D组), 每组小鼠10只。A组小鼠灌胃生理盐水和植物油; B组灌胃200 mg/(kg·bw)剂量的苯; C组灌胃10 mg/(kg·bw)剂量的甲醛; D组灌胃苯200 mg/(kg·bw)+甲醛10 mg/(kg·bw)。各组均连续染毒5 d, 再饲养30 d后称重处死动物, 分离双侧睾丸测定其睾丸脏器系数、光学显微镜下观察小鼠精子数量、死亡精子和畸形精子; 按照常规方法制作睾丸组织病理切片, HE染色后置显微镜下观察其睾丸组织病理变化; 采用试剂盒检测睾丸T-AOC和Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP酶活性; 采用SPSS 17.0软件对实验数据进行统计分析。**结果** D组小鼠体重及睾丸脏器系数均分别低于A、B、C组( $P<0.05$ ); 与A及B、C组比较, D组小鼠精子数减少[14.9/(10<sup>7</sup>个·g附睾)], 精子的死亡率(45.17%)、畸形率(58.33%)均增加( $P<0.05$ ); B、C、D三个染毒组小鼠睾丸组织均出现不同程度病理损害, 其中D组病理损害明显; D组小鼠睾丸T-AOC、Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP活性较B、C组降低, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论** 甲醛与苯联合染毒对小鼠睾丸及精子有明显损伤作用; 其损伤机制可能通过抑制ATP酶活性降低睾丸生殖细胞的抗氧化性有关。

**关键词:** 苯与甲醛联合染毒; 雄性小鼠; 睾丸; 精子

**中图分类号:** R697.22 R994.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4152(2016)06-0925-04

**DOI:** 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.2016.06.013

**The reproductive toxicity of benzene and formaldehyde for male mice** ZOU Xue-min, ZHANG Ying-biao, ZHU Le-mei, et al. School of public health of Changsha Medical University, Changsha, Hunan 410219, China

**Abstract: Objective** To explore the mechanism of benzene and formaldehyde joint damage through the study of benzene and formaldehyde jointly infected in male mice testis and sperm damage. **Methods** Fourty SPF male mice were randomly divided into 4 groups, control group(A group), benzene respectively separate infected group(B group), formaldehyde infected group(C group), benzene and formaldehyde jointly infected group(D group), 10 mice in each group. The mice in A group were intragastric saline and vegetable oil. The mice in B group were intragastric benzene 200 mg/(kg·bw). The mice in C group were intragastric formaldehyde 10 mg/(kg·bw). The mice in D group were intragastric benzene with 200 mg/(kg·bw)+formaldehyde 10 mg/(kg·bw). Each groups were exposed for 5 days, then to weigh after 30 days and be killed, to separate bilateral testes measure its testicular viscera coefficient, optical microscope sperm counts, dead sperm and sperm deformity in mice. According to the conventional method of making testicular tissue pathological slices, HE dye rear under a microscope to observe the testicular tissue pathological changes. Use the kits testicular T-AOC and Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> atpase activity. The experimental data were analyzed using SPSS 17.0. **Results** Body weight and testis organ coefficient of D group exposed mice were lower than A, B, C group( $P<0.05$ ). Compared with the A group and B, C group, D group mice sperm count reduced[14.9/(10<sup>7</sup>·g epididymitis)], mortality(45.17%), deformity rate(58.33%) were increased( $P<0.05$ ); B, C and D group in mice, were showed different degree of pathological damages, the D group mice were damaged obviously; D groups mice testis T-AOC, Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP were lower than the B, C groups, its difference has statistics significance( $P<0.05$ ). **Conclusion** The combined toxicity of benzene and formaldehyde have obvious synergistic effect on testis and sperm damage in mice; the injury may reduce the inhibiting ability of mice testicle cell and inhibiting ATP enzyme activity.

**Key words:** Benzene combined with formaldehyde exposure; Male mice; Testis; Sperm

随着居住条件和办公条件的改善, 人们的新居和办公室等场所都要进行室内装饰和购买家具。装修和家具制造要使用到胶合板、大芯板、中纤板等各种人造板材, 而生产人造板通常需大量使用高毒性的甲醛作为胶粘剂, 同时在装修和家具制造中要使用到大量的以苯作为有机溶剂使用的油漆涂料。因甲醛具有释放

期很长(约长达15年), 苯具有挥发性强的特点, 导致甲醛和苯成为室内空气中的主要污染物, 已成为当今室内空气污染的主要来源, 严重影响到室内空气质量, 导致人类多种疾病的发生<sup>[1-3]</sup>。甲醛和苯已经被世界卫生组织确定为致癌和致畸形物质, 是公认的变态反应源, 也是潜在的强致突变物之一, 同时对人体能产生多器官的急、慢性生物毒性作用。甲醛和苯引发人类的健康问题日益受到人们的广泛关注<sup>[4-5]</sup>。

鉴于目前甲醛和苯联合对生殖系统的毒作用研究

**基金项目:** 湖南省教育厅科研基金项目(14C0124)

**通信作者:** 朱乐玫, E-mail: zhulemei@qq.com

较少,且其研究结果也不尽相同<sup>[6-7]</sup>。本研究旨在利用甲醛和苯对小鼠的联合染毒,观察其对小鼠睾丸及精子的损伤作用,为探讨甲醛和苯对生殖系统的联合毒性提供实验依据。

## 1 材料与方法

1.1 实验动物 选择昆明种 SPF 级成年雄性小鼠 40 只,体重为 25~33 g,由南华大学实验动物部提供,动物合格证号为 SYXK(湘)2014-0009。实验动物均置于专用饲养房喂养,所有小鼠均饲养于专属笼,每组一笼,实验前将小鼠适应性饲养 1 周,实验条件为屏障环境,环境温度 22~25 ℃,湿度 55%~60%,12 h 光照交替,实验期间各组小鼠均给予全价颗粒饲料喂养,自由进食、饮水(自来水)。

1.2 主要试剂及仪器 甲醛,国产分析纯;苯,国产分析纯;生理盐水、枸橼酸盐缓冲液、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,衡阳制药厂;甲醇,北京化工有限公司;T-AOC 试剂盒、Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP 试剂盒、考马斯亮蓝蛋白测定试剂盒,均购自由南京建成生物工程研究所;植物油为金龙鱼牌食用油。光学显微镜(CK40),日本 OLYMPUS 公司;电子天平(AG135 型),METTLER 公司;超低温冰箱(SLT-13V-85 型),美国 HARRIS 公司;分光光度计(2100 型)尤尼柯仪器有限公司;玻璃匀浆器(40 ml)上海博通经贸有限公司;石蜡切片机(RM2245 型),德国 Leica 公司;包埋机 KD-BMII,上海科技仪器设备有限公司。

1.3 实验方法及观察指标 小鼠随机分为 4 组:溶剂对照组(A组,1:1 生理盐水和植物油)、苯单独染毒组[B组,200 mg/(kg·bw)]、甲醛单独染毒组[C组,10 mg/(kg·bw)]、苯与甲醛联合染毒组[D组,苯 200 mg/kg+甲醛 10 mg/(kg·bw)]。采用灌胃方式进行染毒,甲醛用生理盐水稀释,苯用植物油稀释,配成相应的浓度,按 0.1 ml/10 g 体重于每天上午 9 点进行灌胃染毒,1 次/d,连续染毒 5 d,对照组用生理盐水和植物油等体积混合液灌胃,各组动物染毒结束后再饲养

30 d。实验结束后用戊巴比妥钠麻醉后称重采血处死小鼠,取其双侧睾丸计算睾丸脏器系数并作病理学观察;取新鲜附睾尾制成精子悬液光镜下观察精子质量的改变;采用试剂盒检测睾丸 T-AOC 和 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP 酶活性。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 17.0 软件进行数据录入和统计分析,计量数据用  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用 *t* 检验,以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 苯与甲醛联合染毒对小鼠体重增长和睾丸脏器系数的影响 染毒期间 B、C、D 三组小鼠体重较 A 组小鼠体重增长缓慢,其中 D 组小鼠体重增长更缓慢(*P*<0.05)。B、C、D 三组之间比较其 D 组小鼠体重增长较 B、C 两个单独染毒组缓慢(*P*<0.05);D 组小鼠睾丸脏器系数均分别低于 A 组和 B、C 两个单独染毒组,且对小鼠睾丸脏器系数的影响有协同效应,其差异均有统计学意义(*P*<0.05),见表 1。

表 1 苯与甲醛联合染毒对小鼠体重及睾丸脏器系数的影响( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	体重增重(g)	脏器系数(%)
A 组	10	7.15±0.86	0.62±0.18
B 组	10	4.59±0.71 <sup>a</sup>	0.47±0.16
C 组	10	4.15±0.76 <sup>a</sup>	0.46±0.19
D 组	10	2.31±0.49 <sup>ab</sup>	0.32±0.14 <sup>ab</sup>

注:与 A 组比较,<sup>a</sup>*P*<0.05;与 B 组、C 组比较,<sup>b</sup>*P*<0.05。

2.2 苯与甲醛联合染毒对小鼠精子质量的影响 与 A 组比较,B、C、D 三组小鼠精子数量均有所降低,精子的死亡率、畸形率均有增加,差别有统计学意义(*P*<0.05);B、C、D 三个染毒组之间比较,其中 D 组小鼠精子数量降低,精子的死亡率、畸形率增加均较 B、C 两个单独染毒组明显(*P*<0.05),见表 2。畸形精子形态多以大头精子、香蕉头精子、勾形头精子及短尾、折尾精子为主,偶然也观察到双头畸形精子。

表 2 苯与甲醛联合染毒对小鼠精子质量的影响( $\bar{x} \pm s$ )

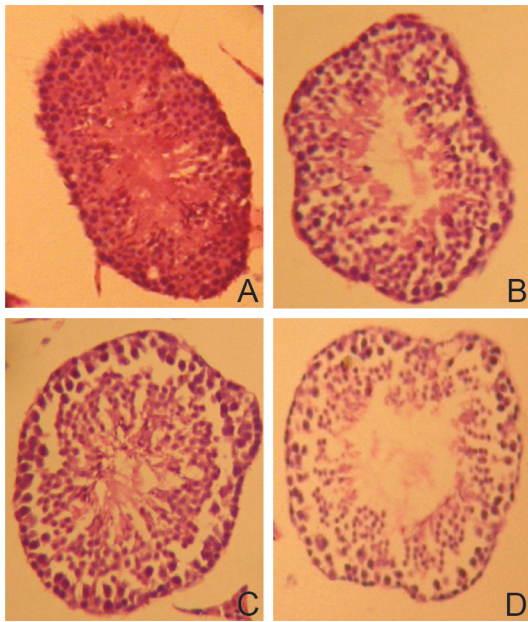
组别	例数	精子数(10 <sup>7</sup> 个/g附睾)	精子死亡率(%)	精子畸形率(%)
A 组	10	17.96±0.71	43.47±7.95	50.02±9.44
B 组	10	12.33±0.80 <sup>a</sup>	73.29±9.18 <sup>a</sup>	109.57±12.05 <sup>a</sup>
C 组	10	11.64±0.69 <sup>a</sup>	101.35±12.03 <sup>a</sup>	152.25±10.82 <sup>a</sup>
D 组	10	9.31±0.56 <sup>ab</sup>	175.44±10.52 <sup>ab</sup>	210.31±13.01 <sup>ab</sup>

注:与 A 组比较,<sup>a</sup>*P*<0.05;与 B 组、C 组比较,<sup>b</sup>*P*<0.05。

2.3 苯与甲醛联合染毒对小鼠睾丸病理形态的影响 小鼠睾丸病理形态观察:A 组睾丸组织结构正常,曲细精管形态规则完整,边缘整齐,曲细精管管壁内各级精母细胞由外至内排列紧密,层次分明清晰,其管腔位于中心处,腔内可清楚见到大量较发育成熟的精细胞,无变性坏死现象(见图 1A)。B、C、D 三个染毒组小鼠睾丸组织结构均有不同程度的损害,出现曲细精

管形态不规则,边缘极度不完整,管壁内的细胞由外至内排列疏松,各级精母细胞(精原母细胞、初级精母细胞和次级精母细胞)有不同程度的变性损害,甚至有细胞缺失,层次分明不清晰,管腔偏位,甚至没有曲细精管管腔,管腔发育成熟的精子明显减少,甚至出现无成熟的精子,其中 D 组(苯与甲醛联合染毒组)小鼠睾丸组织结构病理形态改变更明显(见图 1B~1D)。

2.4 苯与甲醛联合染毒对小鼠睾丸细胞 T-AOC 及  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  含量的影响 与 A 组比较 B、C、D 三个染毒组小鼠睾丸 T-AOC、 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性均下降,其中 D 组 T-AOC、 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性下降最明显,并呈现明显的量-效关系( $P < 0.05$ )。B、C、D 三个染毒组之间比较,其中 D 组小鼠睾丸 T-AOC、 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性明显低于 B、C 两个单独染毒组,其差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 3。



注:图 1A 为 A 组,图 1B 为 B 组,图 1C 为 C 组,图 1D 为 D 组。

图 1 苯与甲醛联合染毒对小鼠睾丸病理形态的影响(HE,  $\times 400$ )

表 3 苯与甲醛联合染毒对小鼠睾丸细胞 T-AOC 及  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  含量的影响( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	T-AOC [U/(mg·prot)]	$\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ [U/(mg·prot)]
A 组	10	21.08±0.52	7.01±0.25
B 组	10	18.11±0.46 <sup>a</sup>	6.06±0.28 <sup>a</sup>
C 组	10	16.89±0.37 <sup>a</sup>	5.92±0.31 <sup>a</sup>
D 组	10	9.56±0.41 <sup>ab</sup>	4.37±0.26 <sup>ab</sup>

注:与 A 组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与 B 组、C 组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ 。

### 3 讨论

目前生殖医学专家普遍认为,居室空气中苯和甲醛的超标是影响雄性生育能力的主要杀手<sup>[8-9]</sup>。本实验结果显示,苯与甲醛联合染毒小鼠体重及睾丸脏器系数均明显低于苯、甲醛单独染毒,提示苯、甲醛联合入体后在损害生殖腺体之前,可能与首先引起动物胃肠代谢功能紊乱致其食欲下降、体重降低之后致脏器萎缩有关。

哺乳动物的睾丸组织具有高度生殖能力,受内外环境不良影响均有可能导致生殖细胞发育和生精质量异常<sup>[10]</sup>。检查雄性动物的生精质量及睾丸的病理形态变化是判断接触化学毒物对其生殖功能毒性的常用方法之一<sup>[11-13]</sup>。本实验结果显示,苯与甲醛联合染毒可使雄性小鼠生精功能质量相应发生改变,出现精子

数量减少,精子的死亡率、精子畸形率明显增多;并观察到睾丸组织结构出现曲细精管形态不规则,边缘极度不完整,各级精母细胞有不同程度的变性、缺失和管腔发育成熟的精子明显减少等病变,说明苯与甲醛联合染毒后对小鼠睾丸形态结构的损害及精子质量的损伤呈明显增毒效应,这与文献报道结果相一致<sup>[14]</sup>。提示苯和甲醛混合入体后对生殖功能的损害作用危险性远大于其单独毒物的毒性。

生物体内氧化和抗氧化系统在正常情况下处于相对平衡状态,一旦受到某些环境因素影响,就会打破其平衡,导致氧化应激反映,引起睾丸组织及抗氧化酶系受损。T-AOC 是机体抗氧化自由基的主要体系,可综合反映组织抗氧化损伤的能力<sup>[15]</sup>。本实验结果发现,苯和甲醛联合染毒小鼠总抗氧化能力(T-AOC)明显低于苯、甲醛两者的单独染毒,提示甲醛和苯联合染毒对小鼠睾丸氧化损伤有明显的增毒作用。其毒作用机制可能与通过降低睾丸总抗氧化的能力,致睾丸组织脂质过氧化增强,从而损害睾丸的正常结构和生殖功能。

$\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性的高低是判断毒物损伤细胞膜重要生物指标。本实验结果显示,苯与甲醛联合染毒小鼠睾丸  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性明显低于其单独染毒。说明甲醛与苯联合染毒对小鼠睾丸  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性有明显联合抑制效果。提示苯和甲醛联合染毒能对睾丸生殖细胞能量代谢产生抑制,导致其细胞渗透压的调节受阻,某些营养物质的转运及神经传导不能正常进行,从而使雄性动物的正常的生殖功能受损害。关于苯和甲醛联合染毒能对小鼠睾丸及精子的损伤作用的精准机制还需从微观(基因等)指标作一步研讨。

### 参考文献

- [1] 刘洋,庞雯文. 双酚 A 对雄性生殖系统毒性的实验进展与机制研究[J]. 生物技术世界,2015(7):14-15.
- [2] 邵玉普. 甲醛污染及毒性研究进展[J]. 河南职工医学院学报,2013,25(4):534-535.
- [3] Shahram Vosoughi, Ali Khavanin, Mojdeh Salehnia, et al. Effects of Simultaneous Exposure to Formaldehyde Vapor and Noise on Mouse Testicular Tissue and Sperm Parameters[J]. Health Scope, 2012, 1(3):110-117.
- [4] 陈晨,程义斌. 孕期甲醛暴露与女性自然流产关系的 Meta 分析[J]. 卫生研究,2015,44(2):312-315.
- [5] 吴德生,秦道云,谭琴,等. 邻苯二甲酸酯类化合物的生殖毒性及其环境内分泌干扰效应[J]. 癌变·畸变·突变,2015,27(4):316-318.
- [6] 潘艳,李纯颖,杨双波,等. 苯对大鼠的生殖毒性和胚胎发育毒性研究[J]. 实用预防医学,2010,17(6):1043-1045.
- [7] 张英彪. 苯与甲醛对雄性小鼠生殖毒性的研究[D]. 衡阳:南华大学,2010.
- [8] 邹丽君,张娟,高艳芳,等. 低剂量苯 45d 染毒致小鼠的生殖毒性[J]. 实用预防医学,2013,20(8):918-920. (下转第 972 页)

使用皮质类固醇激素和非甾体类抗风湿药物引起的胃肠黏膜出血<sup>[9-11]</sup>。本研究中,RA患者慢性贫血的类型主要是慢性病性贫血和缺铁性贫血,占贫血患者的82.46%,而两者患病率差异并无统计学意义( $P > 0.05$ )。

通过对慢性病性贫血组与不伴发贫血组的血常规各项指标比较研究发现,ADC组的病情活动度明显高于无贫血组,可见控制风湿活动度仍是首要的治疗目标,对于使用免疫抑制剂、青霉胺、非甾体抗炎药治疗结果显示,前两类抗风湿药物对贫血治疗显示出一定疗效,可使血沉下降,血红蛋白上升。另外,血沉较无贫血组高。血沉与血液粘度,尤其与红细胞聚集力呈正相关。RA患者由于体内炎症因子增加,红细胞易产生聚集,导致血沉加快,因此通过血沉的观察可了解RA病情的发展变化。有研究报道<sup>[12]</sup>:类风湿关节炎伴ADC的患者,其血沉高于其他类型的类风湿关节炎患者,这与本研究的结果一致。C反应蛋白是一种急性时相反应蛋白,在炎症或发生损伤时含量升高,反映炎症敏感程度。已有大量的研究证明,RA患者的C反应蛋白水平升高,且与RA病情活动度相关<sup>[13]</sup>。本研究中ACD组的C反应蛋白水平较无贫血组升高,进一步说明了类风湿合并慢性病性贫血病情较重。通过对使用药物分析发现,RA合并慢性病性贫血患者的强的松的使用量明显高于非贫血组,强的松为非选择性的免疫抑制剂,具有抗炎和免疫抑制作用,慢性病性贫血患者其高剂量的强的松使用量可能与其合并慢性疾病相关。通过对巨幼细胞性贫血患者组与无贫血患者组的观察发现,MA组年龄明显增大,这说明年老患者更易发生巨幼细胞性贫血,可能与年老患者对甲胺蝶呤的耐受性降低有关。

综上所述,RA是一种预后差、病情反复的慢性消耗性疾病,加之长期口服类风湿药物而引发的胃肠道反应,极易引发营养不良、缺乏各种维生素和矿物质<sup>[14-16]</sup>。RA患者并发贫血的类型主要是慢性病性贫血和缺铁性贫血,与长期口服药物、病情活动度、血沉、

C反应蛋白有关,RA患者并发贫血还需警惕和预防恶病质的出现,通过饮食增加营养摄入,补充蛋白质、维生素和矿物质,这对预防和避免贫血能起到重要作用。

**参考文献**

[1] 李勇,刘志斌,段永宏,等.人工全膝关节置换术治疗类风湿性关节炎短期临床疗效研究[J].陕西医学杂志,2014,43(11):1470-1474.

[2] 姚血明,马武开,黄颖,等.类风湿关节炎患者贫血情况及其对疾病影响的研究[J].风湿病与关节炎,2014,3(11):20-22.

[3] 潘童.类风湿关节炎诊断新旧标准对比分析[D].泰安:泰山医学院,2013.

[4] 张之南,沈悒.血液病诊断及疗效标准(第三版)[M].北京:科学出版社,2008:1-279.

[5] 李震.清热活血方药治疗类风湿关节炎疗效分析[J].中国卫生标准管理,2014,5(21):184-185.

[6] 武长江,李伟,郭晓东.全膝关节置换术治疗类风湿性关节炎的临床效果分析[J].现代生物医学进展,2015,15(3):496-498.

[7] 江波,解本贵.风湿疼痛散治疗风湿性关节炎的效果分析[J].中医临床研究,2015,7(2):110-111.

[8] 詹卿,曹启洪.浅谈类风湿性关节炎的非药物治疗[J].世界最新医学信息文摘,2015,15(61):102.

[9] 朱仁杰.藏药浴治疗类风湿关节炎30例临床观察[J].中国民族民间医药,2015,24(19):2-3.

[10] 字绍芬,李迎春.类风湿性关节炎的治疗及护理研究现状[J].全科护理,2015,13(32):3219-3221.

[11] 于天一,孔庆喜,陈丽姝,等.类风湿关节炎的病理机制浅析[J].黑龙江医药,2014,26(1):98-102.

[12] 张如峰,包淑贞.老年类风湿性关节炎患者的血清细胞因子的表达及意义[J].实用临床医药杂志,2014,18(13):26-28,32.

[13] 秦晨曼.基于C-反应蛋白和血沉的类风湿关节炎患者疾病活动度DAS28的比较[D].郑州:郑州大学,2013.

[14] 曾婷,宋超英,陆静忠.血清pro-hepcidin水平与类风湿性关节炎贫血、疾病活动指标的相关性[J].疑难病杂志,2014,13(11):1130-1133.

[15] 谢秀丽,刘健,盛长健,等.活动期类风湿关节炎蛋白质代谢变化及相关性[J].中国临床保健杂志,2010,13(1):15-18.

[16] 钱超,余建华,汤巧.类风湿关节炎伴慢性贫血患者相关细胞因子检测分析[J].检验医学与临床,2011,8(23):2819-2821.

(本文编辑:赵瑞) 收稿日期:2015-12-24

(上接第927页)

[9] 张金凤,李慧娟,刘希斌.液态甲醛对雄性小鼠生殖系统的毒性作用研究[J].现代农业科技,2011(22):314-315.

[10] 吴成秋.居室空气甲醛与苯污染的生殖和胚胎发育毒性及其作用机制研究[D].长沙:中南大学,2010.

[11] 邹学敏,李梓民,杨双波,等.金属硫蛋白对铬染毒小鼠肝脏损伤的修复作用[J].微量元素与健康研究,2013,30(6):1-3.

[12] 秦晓东,袁欣然,李冬梅.邻苯二甲酸酯类的雄性生殖毒性研究

进展[J].医学研究生学报,2014,27(5):531-534.

[13] 袁萍,邹学敏,肖满红,等.原花青素对氨基脲染毒小鼠精子质量损伤的修复作用[J].实用预防医学,2013,20(10):1170-1173.

[14] 邹学敏,朱乐玫,肖满红.金属硫蛋白对镍铬联合染毒小鼠肾脏损伤的修复作用[J].环境与健康杂志,2014,31(6):489-492.

[15] 邹学敏,肖满红,朱乐玫,等.金属硫蛋白对镍铬染毒小鼠睾丸损伤的保护作用[J].中国公共卫生,2014,30(10):1268-1270.

(本文编辑:季群) 收稿日期:2015-08-28