

赵永智,张亦文,罗燕琴,等. 基于行为实验的睡眠干扰应激诱发焦虑抑郁共患动物模型的建立 [J]. 中国实验动物学报, 2025, 33(5): 695-703.

ZHAO Y Z, ZHANG Y W, LUO Y Q, et al. Establishment of an animal model of comorbid anxiety and depression induced by sleep interruption stress based on behavioral experiments [J]. Acta Lab Anim Sci Sin, 2025, 33(5): 695-703.

Doi:10.3969/j.issn.1005-4847.2025.05.008

基于行为实验的睡眠干扰应激诱发焦虑抑郁 共患动物模型的建立

赵永智^{1,3,4}, 张亦文³, 罗燕琴^{1,3}, 陈芳³, 许燕飞³, 潘瑞乐³, 常琪³,
刘萌潮^{1,3}, 何清湖², 姜宁^{3*}, 刘新民^{1,2,4*}

(1. 石河子大学药学院/新疆植物药资源利用教育部重点实验室, 新疆 石河子 832003; 2. 湖南医药学院/
中国-巴基斯坦中医药中心, 湖南 怀化 418000; 3. 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所,
北京 100193; 4. 宁波大学新药技术研究院, 浙江 宁波 315211)

【摘要】 目的 本研究旨在探讨不同周期睡眠干扰(sleep interruption, SI)应激对ICR小鼠情绪行为的影响,建立SI应激致焦虑抑郁共患小鼠模型。方法 雄性ICR(4~5周龄)小鼠72只,分别按1、2、3周应激周期,随机分为空白组和模型组;除空白组外,模型组分别给予1、2、3周的SI应激。应激结束后采用旷场、高架十字迷宫、明暗箱、大理石掩埋和强迫游泳行为学检测方法评估小鼠情绪行为,并采用ELISA试剂盒检测小鼠血清皮质酮(CORT)的含量。结果 在SI应激1周后,模型组小鼠的大理石掩埋个数较空白组均显著增加($P < 0.05$);应激2周后,与对照组相比,模型组小鼠明暗箱穿箱次数显著降低($P < 0.05$)、大理石掩埋个数显著增加($P < 0.01$);应激3周后,模型组小鼠大理石掩埋个数显著增加($P < 0.05$),明暗箱穿箱次数显著降低($P < 0.05$),小鼠强迫游泳的不动时间显著增加($P < 0.01$)。结论 睡眠干扰应激2周时小鼠表现出明显的焦虑样行为,而3周后出现显著的焦虑和抑郁行为变化,表明睡眠干扰应激3周后成功构建了小鼠焦虑抑郁共患模型。

【关键词】 睡眠干扰;焦虑抑郁;动物模型;行为学

【中图分类号】 Q95-33 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1005-4847(2025)05-0695-09

Establishment of an animal model of comorbid anxiety and depression induced by sleep interruption stress based on behavioral experiments

ZHAO Yongzhi^{1,3,4}, ZHANG Yiwen³, LUO Yanqin^{1,3}, CHEN Fang³, XU Yanfei³, PAN Ruile³,
CHANG Qi³, LIU Mengchao^{1,3}, HE Qinghu², JIANG Ning^{3*}, LIU Xinmin^{1,2,4*}

【基金项目】 中国医学科学院创新工程(2021-I2M-1-034),自治区重大科技专项(2023A02010-3),新疆生产建设兵团 NGHJG 项目(2023AA503),2024 年国家中医药管理局中医药国际合作专项(中心类项目 XDZYJZC-001)。

Funded by the CAMS Innovation Fund for Medical Sciences(2021-I2M-1-034), Major Science and Technology Project in the Autonomous Region (2023A02010-3), NGHJG Project of Xinjiang Production and Construction Corps (2023AA503), 2024 International Cooperation Special Project of Traditional Chinese Medicine by the National Administration of Traditional Chinese Medicine (Center Category Project, XDZYJZC-001).

【作者简介】 赵永智,男,在读硕士研究生,研究方向:动物行为学和神经精神药理学。Email:ZhaoYongZh1@163.com

【通信作者】 刘新民,男,博士,教授,研究员,博士生导师,研究方向:动物行为学和神经精神药理学。

Email: liuxinmin@hotmail.com;

姜宁,女,博士,副研究员,研究方向:动物行为学和神经精神药理学。Email: jiangning0603@163.com。

* 共同通信作者

(1. Key Laboratory of Ministry of Education for Xinjiang Phytomedicine Resource and Utilization, School of Pharmacy, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. Sino-Pakistan Center on Traditional Chinese Medicine, Hunan University of Medicine, Huaihua 418000, China; 3. China Institute of Medicinal Plant Development (IMPLAD), Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; 4. Institute of Drug Discovery Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)
Corresponding author: JIANG Ning. E-mail: jiangning0603@163.com; LIU Xinmin. E-mail: liuxinmin@hotmail.com

【Abstract】 Objective This study aimed to investigate the effects of sleep interruption (SI) cycles on emotional behavior in ICR mice, and to establish a mouse model of comorbid anxiety and depression induced by SI. **Methods** Seventy-two male ICR mice (4 ~ 5 weeks old) were divided randomly into a blank group and a model group. Mice in the model group were subjected to SI stress modeling for 1, 2, and 3 weeks, respectively. After modeling, emotional behaviors were evaluated using open-field, elevated plus maze, light-dark box, marble-burying, and forced-swimming tests. Serum corticosterone levels were detected by enzyme-linked immunosorbent assay. **Results** Mice in the model group buried significantly more marbles after 1 week of SI stress, compared with the blank group ($P < 0.05$). After 2 weeks of stress, mice in the model group also showed a significant decrease in the number of crossings in the light-dark box ($P < 0.05$) and a significant increase in the number of marbles buried ($P < 0.01$) compared with the control group. After 3 weeks of stress, mice in the model group showed a significant increase in the number of marbles buried ($P < 0.05$), a significant decrease in the number of crossings in the light-dark box ($P < 0.05$), and a significant increase in immobility time in the forced-swim test ($P < 0.01$). **Conclusions** ICR mice exhibited significant anxiety-related behaviors after 2 weeks of SI modeling and significant anxiety- and depressive-related behavioral changes after 3 weeks. Three weeks of SI stress can be used to establish a model of comorbid anxiety and depression.

【Keywords】 sleep interruption; anxiety-depression; animal model; behavior
Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

睡眠问题作为一种常见的健康困扰,与焦虑抑郁等情绪障碍密切相关^[1-3]。特别是在快节奏的现代社会,长期的睡眠问题正困扰着大量的群体。中国睡眠研究会发布的《2024 情绪与健康睡眠白皮书》显示,约 95% 的受访者认为睡眠问题是其首要健康问题,这进一步凸显了睡眠健康与心理健康之间的密切联系^[4]。睡眠是维持机体正常生理和心理功能的关键过程,其长期缺失或不足会引发一系列健康问题,尤其是在情绪调控方面,睡眠不足可能导致大脑相关区域功能异常,从而加剧焦虑、抑郁情绪^[5-6]。因此探索睡眠问题与焦虑抑郁障碍之间的关联,不仅有助于揭示情绪障碍的潜在机制,也为心理健康的干预措施提供了新的视角^[7-9]。

动物模型是研究情绪行为和应激反应的重要工具。构建稳定、可靠的动物模型对于推动神经精神系统疾病的病理机制研究及治疗方案的开发具有重要意义,这也成为当前科学研究的热点领域^[10-11]。睡眠干扰(sleep interruption, SI)是

通过模拟现代社会多重压力下人类睡眠障碍特征的造模方法,是将动物置于睡眠干扰仪中,使其睡眠时间不足、睡眠质量下降,比较贴近现代社会睡眠问题的实际特征^[12]。已有研究表明睡眠干扰会破坏正常睡眠结构,减少深度睡眠时间,会增加实验动物的焦虑行为^[13-14]。但关于睡眠干扰造模周期、造模时间各文献较少且有所不同,本研究采用睡眠干扰范式,利用旷场实验、高架十字迷宫实验、明暗箱实验、大理石掩埋实验和强迫游泳实验等焦虑和抑郁行为学实验比较不同 SI 应激周期对 ICR 小鼠焦虑抑郁行为的影响,旨在为建立稳定的 SI 导致焦虑和焦虑抑郁模型提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验动物

SPF 级 ICR 雄性小鼠 72 只,4 ~ 5 周龄,体重 24 ~ 27 g,采购于北京维通利华实验动物技术

有限公司【SCXK(京)2021-0006】,动物饲养于中国医学科学院药用植物研究所【SYXK(京)2023-0008】,饲养期间小鼠自由饮食饮水,温度 22 ~ 24 ℃,湿度(55 ± 10)%,明暗各半循环照明。实验期间所有操作遵循动物实验 3R 原则,并经过中国医学科学院药用植物研究所实验伦理委员会审批(SLXD-20240409021)。

1.1.2 主要试剂与仪器

小鼠皮质酮(corticosterone, CORT)试剂盒购于南京建成生物工程研究所(货号:H205-1-2;检测方法:干粉法)。滚筒式睡眠干扰仪 KSXE01、小鼠旷场实验测试箱 KSZ02、明暗箱测试箱 KSL01、KSQT6 型小鼠强迫游泳分析仪(均由中国医学科学院药用植物研究所、中国航天员中心和北京康森益友科技有限公司联合研制);高架十字迷宫视频分析软件(版本 7.15,美国 Any Maze 公司)。

1.2 方法

1.2.1 动物分组

ICR 小鼠 72 只,按照造模周期分为 1、2、3 周,每个周期小鼠各 24 只,随机分为 2 组:空白组($n = 12$)和模型组($n = 12$),实验期间所有动物自由饮水摄食。

1.2.2 SI 模型的建立

睡眠干扰模型组小鼠采用睡眠干扰仪应激造模,仪器由滚筒和计算机控制系统两部分组成,根据本课题组前期的工作基础建议设置参数:转速(1 r/min),转 1 圈,休息(2 min),转动方向随机^[15]。所有模型组小鼠在正式开始造模前先经过 3 d 的滚筒适应期(3 h/d),随后将模型组小鼠放入滚筒中按照预设参数开始造模,每天累计转动时间为 8 h,直至造模周期结束。当 SI 应激 1 周结束后,即第 2 天开始旷场、高架、明暗箱、大理石掩埋和强迫游泳行为学检测,每天一种测试,同理应激 2 和 3 周结束后依次进行上述行为学测试,结果用于统计分析。

1.2.3 旷场实验

实验测试前提前将动物放置在测试房间适应环境。测试仪器由黑色测试桶和连接摄像头的计算机实时分析检测系统构成。其中测试桶参数(直径 × 高度:40 cm × 40 cm);测试时间为 5 min;采用的评价指标是:(1)中央区运动路程

(cm);(2)中央区运动时间(s),通常焦虑状态的动物更少去中央区域活动。

1.2.4 高架十字迷宫实验

实验测试前先将动物放置测试房间适应环境,结束后开始实验,将小鼠放置在高架十字迷宫中央区同时小鼠面向开臂。测试时间:5 min;采用的评价指标:(1)开臂时间百分比(percentage of time spent in open arm, OT)% = 实验动物进入开臂的时间/(实验动物进入开臂的时间 + 实验动物进入闭臂的时间) × 100%;(2)开臂次数百分比(percentage of open arm entries, OE)% = 实验动物进入开臂的次数/(实验动物进入开臂的次数 + 实验动物进入闭臂的次数) × 100%。

1.2.5 明暗箱实验

实验测试前先将动物放置测试房间适应环境,结束后开始实验。测试时间:10 min;评价指标:(1)明室时间;(2)穿箱次数。通常焦虑状态的小鼠表现出明室时间和穿箱次数降低。

1.2.6 大理石掩埋实验

实验测试方法:(1)适应期:为了排除珠子带来的新恐惧,正式测试前需要把小鼠放在装有新垫料和珠子的笼子中适应 20 ~ 30 min;(2)检测期:测试时间为 20 min,珠子被玉米芯垫料覆盖 2/3 以上算被掩埋,实验采用的珠子为普通玻璃弹珠(直径约 14 mm),共 20 颗,4 × 5 的形式排开;玉米芯垫料 3 ~ 5 cm 厚;测试箱的尺寸:长 38 cm,宽 27 cm,高 17 cm;测试期间测试箱上方用透明的亚克力盖板覆盖防止小鼠逃逸,整个测试采用盲法控制。

1.2.7 强迫游泳实验

将小鼠放入小鼠强迫游泳仪中(高度为 20 cm、直径为 18 cm 的测试桶),测试水深 12 cm 保持水温(23 ~ 25 ℃)。动物放入仪器中先适应 2 min 后,点击开始,系统自动记录动物后 4 min 内的累积不动时间(不动状态即小鼠四肢有轻微动作以保持头在水面,呈现出停止挣扎或者呈漂浮状态)。

1.3 统计学分析

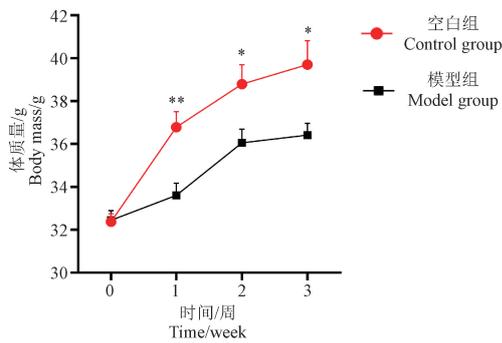
数据统计分析使用软件 SPASS 26.0,若数据符合正态分布,两组间比较使用独立样本 T 检验,否则使用 Mann-Whitney U 检验,结果表示为平均值 ± 标准差($\bar{x} \pm s$),当 $P < 0.05$ 为具有统计

学意义,并用 Graphpad Pism 9.5 绘制图表。

2 结果

2.1 不同周期 SI 应激对 ICR 小鼠体质量的影响

如图 1 所示为小鼠经 SI 应激 1 ~ 3 周后体质量的变化情况。与空白组相比,SI 应激 1 ~ 3 周后,ICR 模型组小鼠体质量均显著下降 ($P < 0.01, P < 0.05, P < 0.05$)。其中,应激 1 周,相较于空白组体质量下降最为明显。



注:与空白组相比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。(下同)

图 1 SI 应激 1 ~ 3 周对 ICR 小鼠体质量的影响

Note. Compared with the control group, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$. (The same in the following figures)

Figure 1 Effects of 1 ~ 3 weeks of SI stress on the body mass of ICR mice

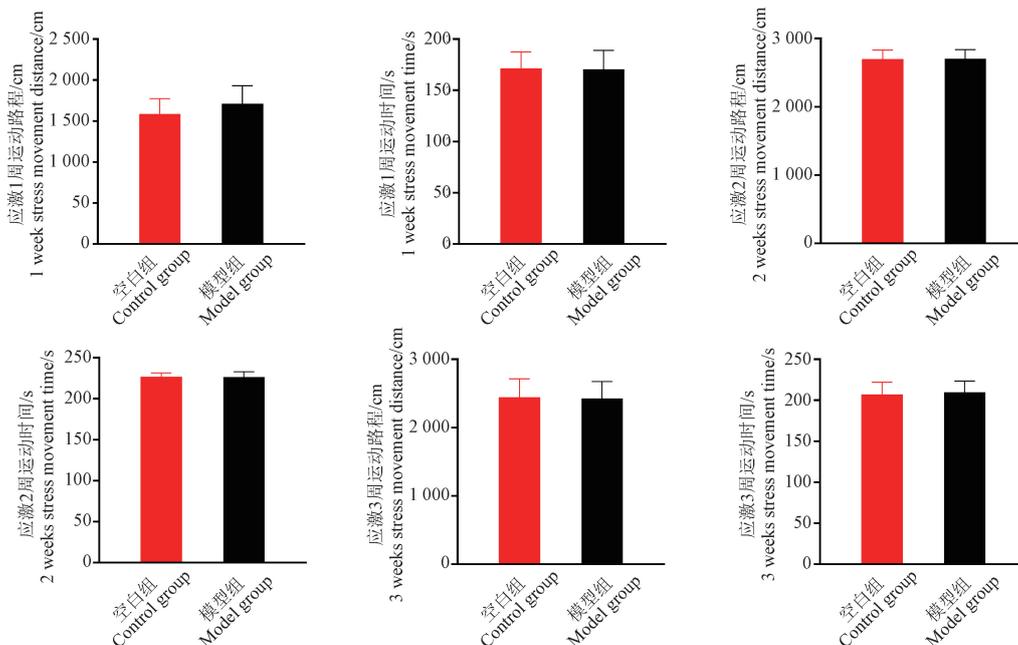


图 2 SI 应激 1 ~ 3 周 ICR 小鼠旷场实验结果

Figure 2 Results of the open field test in ICR mice after 1 ~ 3 weeks of SI stress

2.2 不同周期 SI 应激 ICR 小鼠旷场实验结果

如图 2 所示,通过对 ICR 小鼠进行 1 ~ 3 周的 SI 应激干预后,模型组与空白组小鼠在运动路程和运动时间中均未表现出显著性差异。这表明在本实验设定的条件下,1 ~ 3 周的 SI 应激并不会影响 ICR 小鼠的运动能力。

2.3 不同周期 SI 应激 ICR 小鼠高架十字迷宫实验结果

如图 3 所示,通过对 ICR 小鼠进行 1 ~ 3 周的 SI 应激干预后,模型组与空白组小鼠在开臂次数百分比和开臂时间百分比中均未表现出统计学意义。这一结果表明,在本实验条件下,ICR 小鼠可能对该应激模式的焦虑敏感性较低。

2.4 不同周期 SI 应激 ICR 小鼠明暗箱实验结果

如图 4 所示,ICR 小鼠经 SI 应激 1 周后,其模型组和空白组小鼠明暗箱实验明室时间和穿箱次数结果并无显著性差异;而应激 2 ~ 3 周后,其模型组小鼠均表现出穿箱次数显著下降 ($P < 0.05$),但明室停留时间均无明显变化。

2.5 不同周期 SI 应激 ICR 小鼠大理石掩埋实验结果

如图 5 所示,ICR 小鼠经 SI 应激 1 ~ 3 周后,其模型组小鼠掩埋珠子个数较空白组均显著增

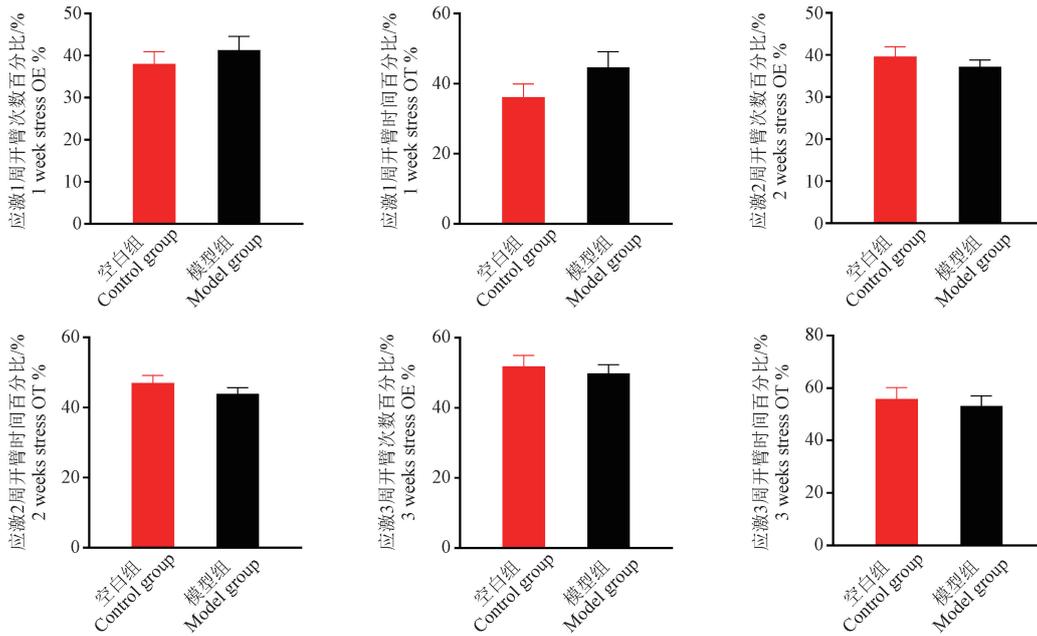


图 3 SI 应激 1 ~ 3 周 ICR 小鼠高架十字迷宫实验结果

Figure 3 Results of the elevated plus-maze test for ICR mice after 1 ~ 3 weeks of SI stress

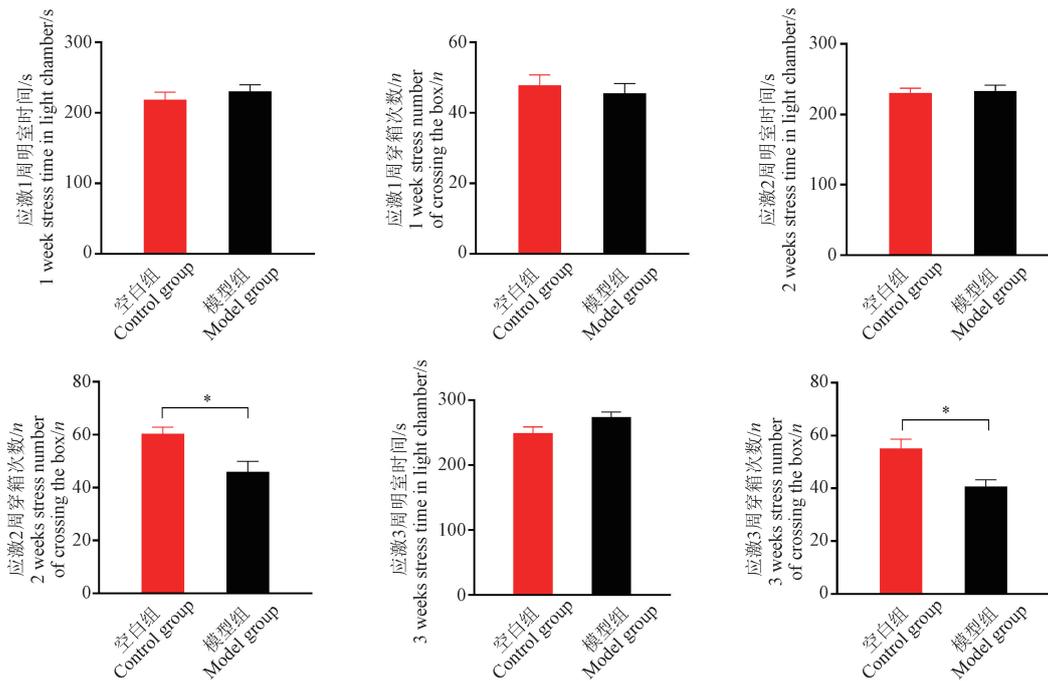


图 4 SI 应激 1 ~ 3 周 ICR 小鼠明暗箱实验结果

Figure 4 Results of the light-dark test for ICR mice after 1 ~ 3 weeks of SI stress

加 ($P < 0.01, P < 0.01, P < 0.05$), 表明 ICR 小鼠在接受 SI 应激后, 会产生防御性掩埋行为。

2.6 不同周期 SI 应激 ICR 小鼠强迫游泳实验结果

如图 6 所示, 本实验还通过强迫游泳实验对

ICR 小鼠进行抑郁样行为评估, 与空白组相比, 经历 1 ~ 2 周 SI 应激的模型组小鼠无统计学意义, 而 ICR 小鼠经 SI 应激 3 周后, 模型组小鼠表现出不动时间显著增加 ($P < 0.01$), 表明 ICR 小鼠出现了行为绝望的抑郁样状态。

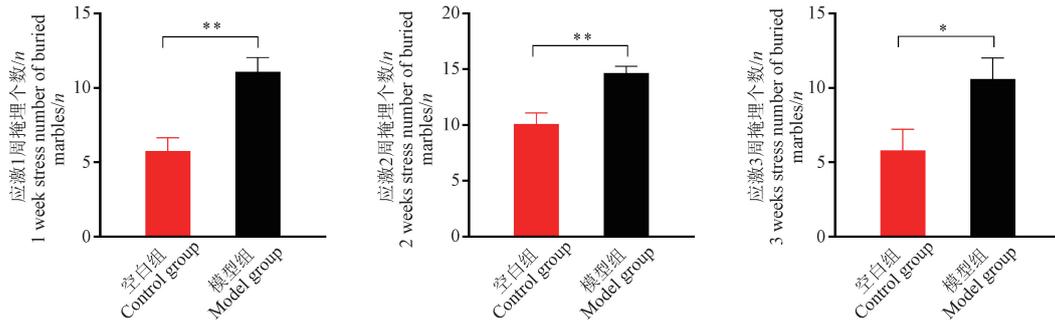


图 5 SI 应激 1 ~ 3 周 ICR 小鼠大理石掩埋实验结果

Figure 5 Results of the marble burying test for ICR mice after 1 ~ 3 weeks of SI stress

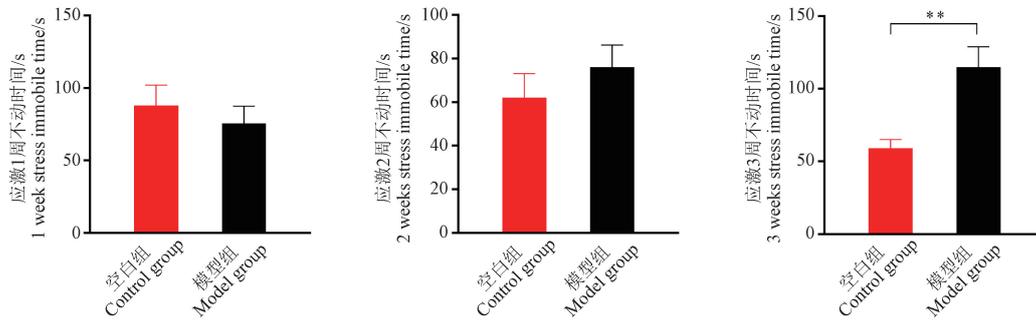


图 6 SI 应激 1 ~ 3 周 ICR 小鼠强迫游泳实验结果

Figure 6 Results of the forced swimming test in ICR mice after 1 ~ 3 weeks of SI stress

2.7 不同周期 SI 应激对 ICR 小鼠行为学实验结果汇总

如表 1 所示,为 ICR 小鼠经 SI 应激 1 ~ 3 周

后行为学检测结果汇总情况。汇总结果显示, ICR 小鼠经 SI 应激 2 周后即可出现焦虑样行为; 而应激 3 周后出现了焦虑抑郁共患的状态。

表 1 ICR 小鼠 SI 应激 1 ~ 3 周行为学结果汇总

Table 1 Summary of behavioral results in ICR mice subjected to 1 ~ 3 weeks of SI stress

检测方法 Test methods	评价指标 Evaluation indexes	1 周 1 week	2 周 2 weeks	3 周 3 weeks
旷场实验 Open field test	运动路程/cm Movement distance/cm	↑	↑	↑
	运动时间/s Time spent/s	↑	↑	↑
高架十字迷宫实验 Elevated plus-maze test	开臂次数百分比/% OE/%	↑	↓	↓
	开臂时间百分比/% OT/%	↑	↓	↓
明暗箱实验 Light-dark test	穿箱次数/n Number of crossing the box/n	↓	↓*	↓*
	明室时间/s Time spent in lighting room/s	↑	↑	↑
大理石掩埋实验 Marble burying test	掩埋个数/n Number of buried marbles/n	↑**	↑**	↑*
	强迫游泳实验 Forced swimming test	不动时间/s Immobile time/s	↓	↑

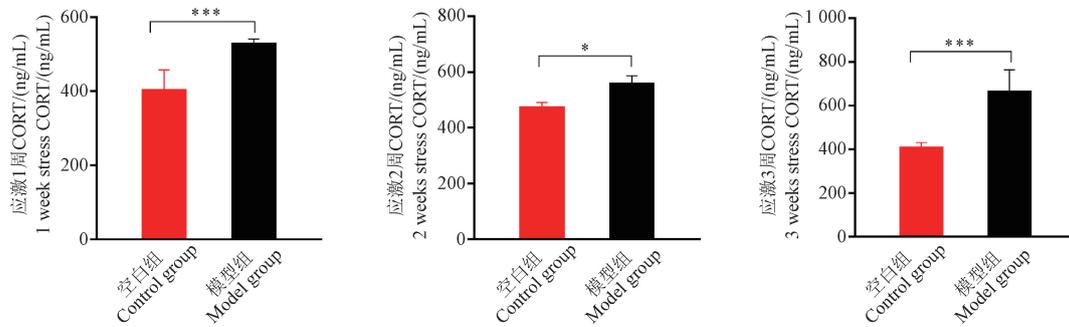
注: ↑: 上升趋势; ↓: 下降趋势。

Note. ↑. Upward trend. ↓. Downward trend.

2.8 不同周期 SI 应激对 ICR 小鼠血清 CORT 含量的影响

如图 7 所示,分别为 ICR 小鼠经 SI 应激 1 ~ 3 周后空白组和模型组小鼠血清中 CORT 的含量。结果显示,SI 应激 1 和 3 周后,模型组小鼠血

清 CORT 含量极显著增加($P < 0.001$),而应激 2 周模型组小鼠血清 CORT 含量显著增加($P < 0.05$),这一结果也证明了 SI 应激的模式会使 ICR 小鼠产生压力性反应。



注:与空白组相比,*** $P < 0.001$ 。

图 7 SI 1 ~ 3 周对 ICR 小鼠血清 CORT 含量的影响

Note. Compared with the control group, *** $P < 0.001$.

Figure 7 Effects of 1 ~ 3 weeks of SI on serum CORT levels in ICR mice

3 讨论

在临床前研究中,封闭群 ICR 小鼠作为一种常见的实验动物品系,广泛应用于神经精神疾病(如焦虑、抑郁症等)发生机制的探索及新药筛选研究。本实验使用 SI 应激范式,并采用多种常见的焦虑行为学评估方法,包括旷场实验、高架十字迷宫实验、明暗箱实验及大理石掩埋实验,同时结合抑郁样行为评价方法强迫游泳实验,从多角度综合评估 SI 应激对 ICR 小鼠品系情绪行为的影响。

实验结果显示,ICR 小鼠接受 1 ~ 3 周的 SI 应激后,表现出实验穿箱次数显著减少;且大理石掩埋个数 1 ~ 3 周应激后也均表现出显著减少。大理石掩埋实验是一种针对啮齿类动物的防御性行为测试,常用于检测强迫症和自闭症中的重复刻板行为^[16-17],并被认为是动物恐惧和焦虑状态的行为表达方式。尽管该实验可用于抗焦虑药物的筛选,但由于其存在一定的局限性^[18-19],只能作为辅助性指标。因此,应将大理石掩埋实验与其他焦虑行为学评估方法结合使用,而不宜单独作为焦虑行为的评价标准。结果表明 ICR 小鼠在 SI 应激 2 ~ 3 周后,表现出显著的焦虑样行为,且旷场实验运动路程和运动时间

也均无显著性差异,表明该应激范式不会对 ICR 小鼠的运动能力产生影响;同时高架十字迷宫实验也无显著性差异。虽然 SI 应激 1 周后模型组小鼠大理石掩埋数量显著增加,但未出现其他行为学变化,无法直接判断小鼠出现了焦虑样行为,同时也体现出 ICR 小鼠在此应激方式下对明亮环境具有较高的敏感性。综合分析来看,ICR 小鼠接受 SI 应激后,表现出对旷场中央区和高架十字迷宫高悬开臂的条件低敏感性,但对明亮环境条件较为敏感。因此,明暗箱实验结合大理石掩埋实验更适用于 ICR 小鼠在 SI 应激诱导下焦虑行为的评估,可以多方面地揭示小鼠的焦虑行为特征。此外,本研究还采用了强迫游泳实验用来评估实验动物是否表现出抑郁样行为。结果显示,ICR 小鼠在经历 3 周的 SI 应激后不动时间显著增加,表现出明显的行为绝望状态,这一结果结合明暗箱和大理石掩埋实验的结果,可以进一步支持 ICR 小鼠在该应激范式下存在焦虑与抑郁共患的状态。

SI 和失眠与焦虑抑郁共患之间存在密切的生理和心理联系^[20]。研究表明,SI 会导致下丘脑-垂体-肾上腺(hypothalamic-pituitary-adrenal, HPA)轴的过度激活,增加 CORT 的分泌。而长期高水平的 CORT 会损害海马体功能,降低情绪调

节能力,从而诱发焦虑和抑郁^[21-22]。睡眠干扰还会影响前额叶皮层、杏仁核和海马等与情绪处理和应激反应密切相关的区域^[23]。本研究也检测了 ICR 小鼠 SI 应激 1 ~ 3 周小鼠血清中的“压力标志物”CORT 的水平^[24-25],来验证 SI 应激模式是否对小鼠产生压力性应激反应,结果显示应激 1 ~ 3 周后,ICR 小鼠血清 CORT 水平均显著升高,证实了此应激方式会引起小鼠 HPA 轴的激活。关于 SI 应激范式焦虑行为的发生机制,以及对情绪相关脑区前额叶皮层、海马和杏仁核等区域功能的影响,将在后续工作中进一步研究揭示。

综上所述,本研究通过 3 周的慢性 SI 应激成功构建了 ICR 小鼠的焦虑抑郁共患模型,并通过多种行为学实验从不同角度对模型进行了评估。本实验也是首次研究封闭群 ICR 小鼠品系应用 SI 范式成功建立焦虑抑郁共患模型报道。尽管 ICR 小鼠在旷场实验和高架十字迷宫实验中未表现出显著的焦虑样行为,但在明暗箱实验和大理石掩埋实验中对相关实验条件表现出较高的敏感性,特别是在明亮环境下呈现出显著的焦虑样行为,这也为后面模型的研究提供了合适的评价方法。此外,结合血清 ELISA 检测 CORT 结果,进一步证实了 SI 应激可导致小鼠 HPA 轴紊乱,表明该模型能够较好地模拟睡眠障碍诱发的情绪障碍特征。本研究为焦虑与抑郁共患的病理机制研究提供了一种可参考的动物模型,并在新药筛选和情绪障碍研究领域具有一定的应用价值。

参 考 文 献(References)

- [1] BEN SIMON E, VALLAT R, BARNES C M, et al. Sleep loss and the socio-emotional brain [J]. Trends Cogn Sci, 2020, 24(6): 435-450.
- [2] PALMER C A, ALFANO C A. Anxiety modifies the emotional effects of sleep loss [J]. Curr Opin Psychol, 2020, 34: 100-104.
- [3] LEWIS K S, GORDON-SMITH K, FORTY L, et al. Sleep loss as a trigger of mood episodes in bipolar disorder: individual differences based on diagnostic subtype and gender [J]. Br J Psychiatry, 2017, 211(3): 169-174.
- [4] 中国睡眠研究会. 2024 情绪与健康睡眠白皮书 [EB/OL]. (2024-03-11) [2024-08-30]. <https://www.derucci.com/static/home/images/ny19/2024>
China Sleep Research Society. 2024 white paper on emotion and healthy sleep [EB/OL]. (2024-03-11) [2024-08-30]. <https://www.derucci.com/static/home/images/ny19/2024>
- [5] YAN T, QIU Y, YU X, et al. Glymphatic dysfunction: a bridge between sleep disturbance and mood disorders [J]. Front Psychiatry, 2021, 12: 658340.
- [6] BEN SIMON E, ROSSI A, HARVEY A G, et al. Overanxious and underslept [J]. Nat Hum Behav, 2020, 4(1): 100-110.
- [7] JEMCOV A, OLTHUIS J V, WATT M C, et al. Do anxiety sensitivity cognitive concerns and/or depression symptoms independently explain sleep disturbances in a high anxiety sensitive treatment-seeking sample? [J]. J Anxiety Disord, 2023, 97: 102731.
- [8] JAVAKHISHVILI M, SPATZ WIDOM C. Childhood maltreatment, sleep disturbances, and anxiety and depression: a prospective longitudinal investigation [J]. J Appl Dev Psychol, 2021, 77: 101351.
- [9] ZHANG Q, TONG M, JI Y, et al. The impact of sleep disturbances on treatment efficacy and prognosis in patients with depressive and anxiety disorders [J]. Front Psychiatry, 2024, 15: 1432538.
- [10] GORDON J, DZIRASA K. Animal models of psychiatric disorders [J]. Neuroscience, 2016, 321: 1-2.
- [11] PHELPS E A, LEDOUX J E. Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior [J]. Neuron, 2005, 48(2): 175-187.
- [12] WANG H, LV J, JIANG N, et al. Ginsenoside Re protects against chronic restraint stress-induced cognitive deficits through regulation of NLRP3 and Nrf2 pathways in mice [J]. Phytother Res, 2021, 35(5): 2523-2535.
- [13] SAPOLSKY R M. Psychiatric distress in animals versus animal models of psychiatric distress [J]. Nat Neurosci, 2016, 19(11): 1387-1389.
- [14] KAISER T, ZHOU Y, FENG G. Animal models for neuropsychiatric disorders: prospects for circuit intervention [J]. Curr Opin Neurobiol, 2017, 45: 59-65.
- [15] 黄红, 陈碧清, 姜宁, 等. 鲜天麻对睡眠干扰诱导小鼠学习记忆障碍的改善作用 [J]. 中草药, 2020, 51(9): 2509-2516.
HUANG H, CHEN B Q, JIANG N, et al. Fresh gastrodia elata ameliorates learning and memory impairments in sleep interruption induced mice [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2020, 51(9): 2509-2516.
- [16] BURGESS L A, ALEXANDER T B, MOYA H A, et al. A revision to marble burying: video analysis during the marble burying task is imperative to understanding rodent behavior [J]. Lab Anim (NY), 2024, 53(12): 387-389.
- [17] CHANG Y C, COLE T B, COSTA L G. Prenatal and early-life diesel exhaust exposure causes autism-like behavioral

- changes in mice [J]. Part Fibre Toxicol, 2018, 15 (1): 18.
- [18] DE BOER S F, KOOLHAAS J M. Defensive burying in rodents: ethology, neurobiology and psychopharmacology [J]. Eur J Pharmacol, 2003, 463(1/2/3): 145-161.
- [19] NICOLAS L B, KOLB Y, PRINSSEN E P M. A combined marble burying-locomotor activity test in mice: a practical screening test with sensitivity to different classes of anxiolytics and antidepressants [J]. Eur J Pharmacol, 2006, 547(1/2/3): 106-115.
- [20] CAO D, ZHAO Y, WANG Y, et al. Effects of sleep deprivation on anxiety-depressive-like behavior and neuroinflammation [J]. Brain Res, 2024, 1836: 148916.
- [21] MEERLO P, SGOIFO A, SUCHECKI D. Restricted and disrupted sleep: effects on autonomic function, neuroendocrine stress systems and stress responsivity [J]. Sleep Med Rev, 2008, 12(3): 197-210.
- [22] BAGLIONI C, BATTAGLIESE G, FEIGE B, et al. Insomnia as a predictor of depression: a meta-analytic evaluation of longitudinal epidemiological studies [J]. J Affect Disord, 2011, 135(1/2/3): 10-19.
- [23] GOLDSTEIN A N, WALKER M P. The role of sleep in emotional brain function [J]. Annu Rev Clin Psychol, 2014, 10: 679-708.
- [24] IONADI A, JOHNSON J D. Interaction between corticosterone and PER2 in regulating emotional behaviors in the rat [J]. Psychoneuroendocrinology, 2022, 137: 105628.
- [25] ROTH K A, KATZ R J. Stress, behavioral arousal, and open field activity-a reexamination of emotionality in the rat [J]. Neurosci Biobehav Rev, 1979, 3(4): 247-263.

[收稿日期] 2024-01-15

《中国实验动物学报》稿约

国内刊号 CN 11-2986/Q 国际刊号 ISSN 1005-4847 邮局代号 2-748

一、杂志介绍

本刊是由中国实验动物学会与中国医学科学院医学实验动物研究所主办的全国性高级学术刊物(月刊),以理论与实践、普及与提高相结合为宗旨,征稿的范围是与实验动物与动物实验相关的生命科学各分支学科,栏目设置包括研究报告、研究快报和进展与综述。要求来稿材料翔实、数据可靠、文字简练、观点明确、论证合理,有创新、有突破、有新意。

本刊是中国科学引文数据库来源期刊、中国学术期刊综合评价数据库来源期刊、中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)统计源期刊、《中国学术期刊文摘》来源期刊;被中国生物学文献数据库、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科技论文统计源期刊》(中国科技核心期刊)、《中文核心期刊要目总览》(北大核心)等数据库收录。

二、投稿要求及注意事项

文稿内容要具有创新性、科学性和实用性,论点明确,资料可靠,文字通顺精练,标点符号准确,用词规范,图表清晰。文章字数在 6000 字之内。

投稿网址: <http://zgdydw.cnjournals.com/>

期待您的来稿!