

张换鸽,党延红,胡柏平.不同运动方式干预对攻击行为大鼠情绪行为的影响[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(2): 97-102.
Zhang HG, Dang YH, HU BP. Effects of different types of exercise on emotion and behavior in aggressive rats[J]. Chin J Comp Med, 2020, 30(2): 97-102.
doi: 10.3969/j.issn.1671-7856. 2020. 02. 015

不同运动方式干预对攻击行为大鼠情绪行为的影响

张换鸽¹, 党延红², 胡柏平^{3*}

(1.重庆市体育科学研究所,国家体育总局体质评价与运动机能监控重点实验室,重庆 401331;
2.莱芜知临教育科技有限公司,济南 271100; 3.陕西师范大学体育学院,西安 710062)

【摘要】 目的 探讨不同运动方式干预对攻击行为大鼠情绪行为的影响。方法 12周龄SPF级雄性SD大鼠50只,适应性饲养一周后随机分为5组:安静(A)组、攻击模型(G)组、攻击跳台(GT)组、攻击跑台(GP)组、入侵(R)组。采用单笼饲养+外来鼠入侵建立大鼠攻击模型,观察攻击模型大鼠情绪行为的变化。采用跳台运动和跑台运动两种运动方式干预8周,跳台组每周训练3d,跑台组每周训练5d,在训练中期和训练后期对各组大鼠进行旷场实验,观察运动干预后大鼠情绪行为的变化。结果 在实验过程中,攻击模型(G)组大鼠探究行为、活跃程度和自主活动度均显著性降低,情绪焦虑、紧张度较高。跳台运动和跑台运动干预4周后,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组在站立次数、跨格数和修饰次数均有显著性差异,两组大鼠的平均速度、中央活动时间及总路程极显著增加,两种运动对攻击模型(G)组大鼠兴奋性、探究行为和对自身关注度等行为变化均有不同程度的提高,而且跳台运动对大鼠行为的影响程度更明显。跳台运动和跑台运动干预8周后,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组大鼠的兴奋性极显著性提高,但是跑台运动干预后的大鼠兴奋性、探究行为及自发活动显著性降低,与攻击模型(G)组无显著性差异。结论 进行适宜的跳台运动和跑台运动对攻击行为大鼠的焦虑、紧张情绪和动作行为有明显改善。

【关键词】 攻击行为;兴奋性;探究行为;跳台运动;跑台运动

【中图分类号】 【文献标识码】A 【文章编号】1671-7856(2020)02-0097-06

Effects of different types of exercise on emotion and behavior in aggressive rats

ZHANG Huange¹, DANG Yanhong², HU Boping^{3*}

(1. Chongqing Institute of Sport Science, Key Lab of Physical Fitness Evaluation and Sports Function Monitoring, General Administration of Sport of China, Chongqing 400015, China. 2. Laiwu know Pro Educational Technology Co., Ltd., Jinan 271100.
3. Physical Education College, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062)

【Abstract】 **Objective** To investigate the effects of different types of exercise on emotion and behavior in aggressive rats. **Methods** Fifty-six 12-week-old SPF male SD rats were randomly divided into the following five groups after 1 week of adaptive feeding: quiet (A), aggressive model (G), aggressive jumping (GT), aggressive treadmill (GP), and aggressive (R). Rats were fed in single cages, subjected to invasion by foreign rat to establish the aggressive model, and observed for changes in emotional and behavior. Interventions with jumping and treadmill exercises for 8 weeks the aggressive jumping were training for 3 days a week, and the treadmill were training for 5 days a week. in the middle and

[作者简介]张换鸽(1986—),女,助理研究员,研究方向:运动生理生化 and 运动机能监控。E-mail: zhanghg008@163.com

[通信作者]胡柏平(1957—),男,教授,研究方向:运动生理学和运动训练学。E-mail: hubp166@snnu.edu.cn

late stage of training, the open-field experiments were conducted to observe changes in emotion and behavior after exercise intervention. **Results** The exploratory behaviors, degrees of activity and autonomous activity of the rats in the aggressive model (G) group were significantly reduced, the anxious mood and tension were higher. After 4 weeks of jumping and treadmill exercise intervention, there were significant differences in the number of upright times, crossing numbers, washing and shaving times between the aggressive jumping (GT) and the aggressive treadmill (GP) groups. The average speed, central activity time and total distance of the two groups of rats were significantly increased. The excitability and exploration effects of the two kinds of exercises on the aggressive model (G) group were significant, and the influence of the jumping exercise on rat behavior was more obvious. After 8 weeks of jumping and treadmill exercise intervention, the excitability of rats in the aggressive jumping (GT) and aggressive treadmill (GP) groups increased significantly, but the excitability, exploratory behavior and spontaneous activity of rats following the treadmill exercise intervention decreased significantly, and there was no significant difference with the aggressive model (G) group. **Conclusions** Proper jumping and treadmill exercise significantly improved the anxiety, nervousness and proactive behavior of the aggressive rats.

【Keywords】 aggressive behavior; excitement; exploratory behavior; jumping exercise; treadmill exercise

攻击是一种应激性反应,体现在机体外在的行为变化、情绪变化和机体内部的生理变化,当机体对应激反应不适应时,会做出非正常的行为反应^[1]。攻击分为两种,主动型和反应型^[2],心理学和生物学数据支持攻击性的双峰分类,认为人类具有较低的反应性攻击倾向和较高的主动性攻击倾向^[3]。攻击对于大多数物种都具有适应性意义,对于获取和保护领土、食物、伴侣和后代至关重要^[4],许多人类的攻击性是来自当前的适应性,或者是来自于适应性策略^[5],攻击性行为,尤其是获胜经验,在动物身上具有有益的特性,重复的攻击性经验可能会导致强迫性的病理性攻击^[6-7],另外,一些精神障碍患者,如精神分裂症、反社会人格障碍、冲动控制障碍、注意力缺陷障碍等,伴随着对他人施加暴力行为或对自己进行自残行为等攻击升级形式,都具有较大的社会危害性^[8]。具有攻击性的个体是否会产生攻击行为受该个体的认知评价、应对方式、社会支持和个性特点等的影响。社会发展过程中通过对个人及社会调查发现,较高的认知控制能力与低水平意向性愤怒和攻击有密切联系^[9]。运动是良医,运动对于不良情绪的改善及各种慢性疾病的改善具有良好的效果^[10],旷场实验已被证实是检测动物情绪、行为变化的一种常用的经典方法,为了研究运动对攻击行为的影响,本研究建立大鼠攻击模型,采用跳台训练和跑台训练两种运动方式对攻击行为大鼠进行运动干预,观察各组大鼠在旷场实验中情绪行为方面的变化。

1 材料和方法

1.1 实验动物

SPF 级 SD 雄性大鼠 50 只,体重 180~220 g,来

源于西安交通大学医学部实验动物中心[SCXK(陕)2012-003],饲养于陕西师范大学体育学院动物房,旷场实验和运动训练干预在陕西师范大学体育学院运动生理学实验室完成,实验方案经陕西师范大学人类或动物实验对象审查委员会批准,并按实验动物使用的 3R 原则给予人道的关怀。国家标准啮齿类动物饲料喂养,自由饮水饮食,实验室环境温度(24±2)℃,湿度 45%~55%,昼夜节律 12 h/12 h,每天观察动物生活习性及其变化,作好记录。

大鼠适应性饲养一周后随机分为 5 组:安静(A)组、攻击模型(G)组、攻击跳台(GT)组、攻击跑台(GP)组、入侵(R)组,每组 10 只,其中安静(A)组和入侵(R)组分别群居饲养,不作任何处理,攻击模型(G)组、攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组单笼喂养一周后,采用单笼喂养+入侵鼠入侵建造攻击模型,同时,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组分别进行 8 周的跳台训练干预和跑台训练干预。

1.2 主要仪器

大鼠跳台采用成都泰盟科技有限公司 DT-200 小鼠跳台改造而成;大鼠跑台采用杭州段氏制作 DSTp-202;旷场实验采用淮北正华生物仪器设备有限公司的实验装置及软件。

1.3 实验方法

1.3.1 攻击模型的建立

大鼠的攻击模型建模方式较多,有 Apomorphine 诱导的大鼠攻击模型、单笼饲养+给水剥夺的攻击模型、单笼饲养+昼夜颠倒的攻击模型、单笼饲养+入侵鼠的攻击模型等,考虑到将大鼠神经内分泌系统的影响降到最低,同时能够正常进行运动训练,本研究采用单笼饲养+外来鼠入侵模型,即将建立攻击模型的大鼠单独饲养,之后将 1 只入侵(R)组

大鼠引入单笼中,单笼饲养大鼠便会对入侵者发出攻击。

具体措施:大鼠购回适应性喂养一周后,安静(A)组和入侵(R)组分别群居 9 周,攻击大鼠全部单笼喂养一周,适用环境,形成领地意识,随后 8 周在单笼喂养的基础上,每天 18:30~22:30 之间加入入侵鼠,前 5 min 为大鼠适应期,后 6~15 min 观察攻击鼠行为变化。

8 周持续建模后筛选建模成功的大鼠进入下一步实验,用混合攻击得分评价建模结果,其中包括攻击次数、攻击时间、撕咬次数、攀压持续时间、竖毛次数,混合攻击行为得分作为大鼠攻击行为的稳定参数,其复测信度较高^[11]。

1.3.2 跳台组快速力量训练方案

本实验参考小鼠跳台原理对小鼠跳台进行改装重组,将两个小鼠跳台改装成一个大鼠跳台,并在原有跳台的基础上根据大鼠的运动能力进行了跳台隔板高度的重新设置,以满足大鼠的运动需求。跳台训练是利用电刺激迫使大鼠从跳台底部跳到平台之上,电刺激次数多了会对大鼠产生生理和心理的影响,因此,跳台训练的第一周为准备周,旨在让大鼠学会跳台并形成放到跳台底部就自觉往上跳的条件反射,为无电刺激的跳台训练做好准备。具体跳台训练方案如下:大鼠训练周期共 8 周,周二、周四、周六进行跳台训练,每次 2 组,组间间歇 10 min,初始高度 20 cm,每个高度水平适应后,持续训练一周,跳跃能力提高后增加高度,跳台高度递增每次 5 cm。

1.3.3 跑台组快速力量训练方案

跑台训练的第一周为准备周,开始跑台上采用声、光、电刺激,使大鼠适应跑台训练,逐渐取消声、光、电刺激,为无外界刺激的跑台训练做好准备。参考以往研究的训练强度,大强度与中等强度训练^[12]、间歇性冲刺训练与耐力训练^[13]、大强度运动^[14],本实验具体训练方案如下:大鼠训练每周 5 d,周末两天休息,共训练 8 周,具体跑台训练方案如下:大鼠周一、周三、周五下午 17:00~20:00 进行跑台训练,每次持续训练 25~30 min,适应性低强度 10 min→大强度训练 10 min→恢复性低强度 10 min,第一周适应性训练一周,强度为 10 m/min,5 min→15 m/min,10 min→10 m/min,5 min,第二周开始,适应性低强度和恢复性低强度均为 15 m/min,训练强度每次增加 5 m/min,每两周增加一次。

1.3.4 旷场实验行为学观察

旷场实验(opening field experiment)是检测动物情绪行为的一种常用的经典实验方法,以实验动物在新奇环境中某些行为的发生频率和持续时间来判断动物在陌生环境中自主行为与探究行为的发生程度。旷场实验装置由旷场反应箱和数据自动采集处理系统两部分组成,旷场箱底边长 50 cm×50 cm,内壁涂黑,底面平均分为 25 个 4 cm×4 cm 小方格,正上方 1 m 处架数码摄像头,其视野可覆盖整个旷场内部。旷场光照为自然光照和人工照明相结合,晴天时利用自然光照明,阴天时用四个日光灯照明。实验室背景噪音控制在 65 dB 以下,室内静音,实验观察时间为 5 min,每只鼠实验结束后,用 10% 的酒精消毒清洗方箱内壁及底面,以免上一只大鼠余留的信息(如动物的大、小便、气味)影响下一只大鼠的行为表现^[15],每次动物仅进行一次行为测定。最后结果采用计算机软件对大鼠运动轨迹进行分析和人工计数分析相结合。

大鼠攻击模型建模成功后,对攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组大鼠进行为期 8 周的运动训练,分别在训练中期(第四周)及训练后期(第八周)进行旷场行为学检测。实验参数主要有:站立次数(upright time)、跨格数(crossing number)、修饰次数即洗脸理毛次数(washing and shaving time)、排便次数(defecation time)、平均速度(mean speed)、中央活动路程(central activity distance)、中央活动时间(central activity time)、总路程(total distance)等。

1.4 统计学方法

大鼠旷场实验部分数据采用行为学实验软件系统进行分析,得出相关数据,部分数据为人工记录所得。最终实验所得的所有数据采用 SPSS 17.0 软件进行数据处理,数据以平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用单因素方差分析(one-Way ANOVA),以 $P < 0.05$ 表示具有显著性差异, $P < 0.01$ 表示具有非常显著性差异。

2 结果

2.1 大鼠旷场实验中人工记录相关指标的变化

站立次数方面,在训练中期,与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组站立次数呈显著性增加($P < 0.05$),其余各组之间站立次数无显著性差异。在训练后期,各组大鼠之间站立次数无显著性差异,见表 1。

跨格数方面,在训练中期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组呈非常显著性减少($P<0.01$),攻击跑台(GP)组呈显著性减少($P<0.05$)。与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组呈非常显著性增加($P<0.01$),攻击跑台(GP)组呈显著性增加($P<0.05$)。在训练后期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组呈显著性减少($P<0.05$),攻击跑台(GP)组呈显著性增加($P<0.05$)。与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组均呈非常显著性增加($P<0.01$),见表1。

修饰次数方面,在训练中期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组和攻击跑台(GP)组呈非常显著性减少($P<0.01$),攻击跳台(GT)组呈显著性减少($P<0.05$)。与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组呈显著性增加($P<0.05$),攻击跑台(GP)组无显著性差异($P>0.05$)。在训练后期,与攻击模型(G)组相比,攻击跑台(GP)组呈显著性增加($P<0.05$),其他各组之间均无显著性差异,见表1。

排便次数方面,在训练中期,各组排之间均无显著性差异。在训练后期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组、攻击跳台(GT)组、攻击跑台(GP)组均呈非常显著性减少($P<0.01$),见表1。

2.2 大鼠旷场实验中行为学软件分析相关指标的变化

平均速度方面,在训练中期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组呈极显著性降低($P<0.01$),攻击跳台(GT)组呈显著性增加($P<0.05$)。与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)

组均呈非常显著性增加($P<0.01$)。在训练后期,安静(A)组和攻击模型(G)组之间无显著性差异,与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组均呈显著性降低($P<0.05$),见表2。

中央活动路程方面,在训练中期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组呈显著性减少($P<0.05$),其余各组之间均无显著性差异。在训练后期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组、攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组均呈非常显著性减少($P<0.01$),与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组呈显著性增加($P<0.05$),见表2。

中央活动时间方面,在训练中期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组呈非常显著性减少($P<0.01$),攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组均呈显著性减少($P<0.05$)。与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组均呈非常显著性增加($P<0.01$)。在训练后期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组、攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组均呈非常显著性减少($P<0.01$)。与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组呈显著性增加($P<0.05$),攻击跑台(GP)组呈显著性减少($P<0.05$),见表2。

总路程方面,在训练中期,与安静(A)组相比,攻击模型(G)组呈非常显著性减少($P<0.01$)。与攻击模型(G)组相比,攻击跳台(GT)组和攻击跑台(GP)组均呈非常显著性增加($P<0.01$)。在训练后期,与安静(A)组相比,攻击跑台(GP)组呈显著性减少($P<0.05$),其余各组之间无显著性差异,见表2。

表1 各组大鼠旷场实验中站立次数、跨格数、修饰次数、排便次数的变化

Table 1 Rats' upright time, crossing number, washing and shaving time and defecation time in open field experiment

测试指标 Test indicators	测试时间 Test time	安静(A)组 Quiet (A) group	攻击模型(G)组 Aggressive model (G) group	攻击跳台(GT)组 Aggressive jumping (GT) group	攻击跑台(GP)组 Aggressive treadmill (GP) group
站立次数 Upright time	中	23.95±11.94	17.02±19.05	27.74±13.26 [△]	35.77±19.12 [△]
	后	42.94±40.04	40.08±73.77	31.74±40.28	40.58±47.95
跨格数 Crossing number	中	71.44±35.32	29.60±19.59**	64.20±41.70 ^{△△}	36.40±20.56* [△]
	后	97.11±31.68	44.70±32.50**	98.00±76.42 ^{△△}	125.30±62.30* ^{△△}
修饰次数 Washing and shaving time	中	4.44±2.56	1.10±2.13**	2.90±3.07* [△]	1.90±1.97**
	后	3.00±2.00	2.00±1.83	2.40±1.96	4.00±2.874 [△]
排便次数 Defecation time	中	1.11±2.028	1.70±2.312	1.10±2.183	0.50±1.080
	后	1.56±2.07	0.70±1.16**	0.50±0.97**	0.30±0.67**

注:与安静(A)组相比,* $P<0.05$;与模型组相比,[△] $P<0.05$ 。

Note. Compared with tranquil (A) group, * $P<0.05$. Compared with model group, [△] $P<0.05$.

表 2 各组大鼠旷场实验中平均速度、中央活动路程、中央活动时间、总路程的变化

Table 2 Rats' mean speed, central activity distance, central activity time and total distance in open field experiment

测试指标	测试时间	安静(A)组	攻击模型(G)组	攻击跳台(GT)组	攻击跑台(GP)组
Test indicators	Test time	Quiet (A) group	Aggressive model (G) group	Aggressive jumping (GT) group	Aggressive treadmill (GP) group
平均速度	中	3.86±0.83	1.9±0.66**	5.94±1.34* ^{△△}	4.37±0.45 ^{△△}
Mean speed	后	2.40±0.62	2.33±0.57	1.89±0.37 [△]	1.47±0.22* [△]
中央活动路程	中	49.83±13.37	29.29±3.65*	34.21±6.49	38.64±10.11
Central activity distance	后	81.45±38.95	13.88±3.51**	24.49±3.98** [△]	17.35±0.88**
中央活动时间	中	66.3±29.70	19.01±22.55**	40.04±34.08* ^{△△}	46.12±50.45* ^{△△}
Central activity time	后	69.67±29.67	14.80±19.86**	26.12±16.73** [△]	8.13±8.95** [△]
总路程	中	1158.3±248.48	389.54±46.04**	1526.72±293.39 ^{△△}	1312.41±135.85 ^{△△}
Total distance	后	778.98±157.30	654.23±63.29	679.81±40.23	431.51±27.76*

注:与安静(A)组相比,* $P<0.05$;与模型组相比,[△] $P<0.05$

Note. Compared with tranquil (A) group, * $P<0.05$. Compared with model group, [△] $P<0.05$

3 讨论

3.1 大鼠旷场实验中人工记录相关指标变化的讨论

旷场实验利用动物对陌生环境的恐惧,主要在周边区域活动较多、在中央区域活动较少的原理,研究动物的焦虑行为^[16]。旷场实验是评价实验动物在新异环境中自主行为、探究行为与紧张度的一种方法。垂直得分反映动物对周围环境的不确定性和探究趋势^[17],站立次数是大鼠垂直活动的指标,反映了大鼠对外界的探究活动和好奇心理。跨格数表示大鼠在场箱中的走动情况,反映大鼠水平活动的兴奋性。修饰次数反映了大鼠对自身的关注程度,也有研究认为修饰次数反映大鼠的警觉性^[18]。排便次数反映了大鼠的紧张情绪。训练中期,攻击模型组大鼠活动的兴奋性和对自身的关注度均降低,单笼饲养对大鼠形成了一定的压力和影响,两种运动干预对攻击模型大鼠兴奋性、探究行为和对自身关注度等行为变化均有不同程度的提高,而且跳台运动对大鼠行为的影响程度更明显。训练后期,经过跑台运动和跳台运动干预的攻击性大鼠的兴奋性极显著提高,并对自身的关注度显著增加,两种运动均使大鼠探究行为增多,紧张情绪降低,但两种运动之间不具显著性差异。

3.2 大鼠旷场实验中行为学软件分析相关指标变化的讨论

旷场实验中大鼠总运动距离和总穿格数、中央区域运动距离与中央区域停留时间都具有良好相关性,平均速度的变化反映了大鼠的活跃程度,中央运动路程和中央活动时间反映了大鼠对新鲜环境的好奇程度和探究行为,运动总路程的变化反映了大鼠自主活动度。有研究提出,以大鼠总运动距

离等指标能更直接地反应动物的兴奋程度,从而避免了传统的人为观察、手工记录所造成的标准不一致性、主观性程度大、费时费力等缺点,也很好的解决了观察人的行为对实验动物的“二次应激”的不足,取得更加真实准确的实验数据^[19]。在实验过程中,攻击模型(G)组大鼠探究行为、活跃程度和自主活动度均显著性降低,情绪的焦虑和紧张度较高。经过跳台运动和跑台运动干预 4 周后,大鼠的探究能力、兴奋性及活动度均显著增加。因旷场实验能够直观反映出实验动物在单位时间内的运动距离、速度等指标,也被运用于运动功能的替代性评估^[20]。在运动后期,运动干预的变化不明显,尤其是跑台运动干预后的大鼠兴奋性、探究行为及自发活动显著性降低,与模型组无显著性差异,这可能是运动强度和运动量较大,导致大鼠产生了运动性疲劳。有研究发现,慢性疲劳综合征(CFS)模型组小鼠在周边区域活动的总时间和总路程又显著低于对照组小鼠,CFS 小鼠畏惧空旷场地的特性强于对照组小鼠,其焦虑水平增高,其自发活动和探索能力明显降低^[21]。在本实验中,可能是训练周期较长,长期的入侵攻击诱导及训练负荷的加重,导致后期安静(A)组之外的几组大鼠出现了心理抑郁和焦虑的现象。欧阳俊彦等^[22]的旷场实验结果中,情绪应激大鼠在中央区域的停留时间明显减少,总运动距离和直立次数差异均无显著性,认为焦虑水平高的动物倾向于停留在周边区域,反之,中央区域的探究次数和时间越多,焦虑水平则越低。

适宜的跳台运动和跑台运动对攻击模型大鼠的焦虑、紧张情绪和动作行为有明显改善。旷场实验中采用人工计数指标和软件计数相结合,更能准确的反映出大鼠的自发行为和运动表现的变化,研究中大鼠建模的周期偏长,应注意每天观察大鼠表

现并做好实验记录。运动训练的负荷量严格把控,注意观察大鼠运动时和运动后的反应,避免后期运动负荷过大,导致运动性疲劳和焦虑情绪的产生,从而影响到大鼠的行为表现,后期的研究进一步探讨更加适宜的运动干预周期,从生物化学的角度,研究这两种不同运动方式对攻击性个体的影响。

参考文献:

[1] 王波, 郜发道. 类固醇激素对雌性实验鼠攻击行为的调节 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2003, 2(31): 199-202.

[2] Wrangham RW. Two types of aggression in human evolution [J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2018, 115(2): 245-253.

[3] Babcock JC, Tharp ALT, Sharp C, et al. Similarities and differences in impulsive/premeditated and reactive/proactive bimodal classifications of aggression [J]. Aggress Violent Behav, 2014, 19(3): 251-262.

[4] Takahashi A, Flanigan ME, McEwen BS, et al. Aggression, social stress, and the immune system in humans and animal models [J]. Front Behav Neurosci, 2018, 12: 56.

[5] De Almeida RM, Cabral JC, Narvaes R. Behavioural, hormonal and neurobiological mechanisms of aggressive behaviour in human and nonhuman primates [J]. Physiol Behav, 2015, 143: 121-135.

[6] Falkner AL, Gosenick L, Davidson TJ, et al. Hypothalamic control of male aggression-seeking behavior [J]. Nat Neurosci, 2016, 19(4): 596-604.

[7] Golden SA, Heins C, Venniro M, et al. Compulsive addiction-like aggressive behavior in mice [J]. Biol Psychiatry, 2017, 82(4): 239-248.

[8] Das S, Deuri SK, Sarmah A, et al. Aggression as an independent entity even in psychosis-the role of inflammatory cytokines [J]. J Neuroimmunol, 2016, 292: 45-51.

[9] Wilkowski BM, Robinson MD. The cognitive basis of trait anger and reactive aggression: An integrative analysis [J]. Pers Soc Psychol Rev, 2008, 12(1): 3-21.

[10] 岳建军, 龚俊丽, 贝迎九. 体力活动生命体征:运动是良医的

核心、体医融合的支点 [J]. 成都体育学院学报, 2018, 44(6): 116-120.

[11] 薄纯光, 魏盛, 高兴笑, 等. 攻击行为测试:大鼠怒情绪评价方法的复测信度检验 [J]. 医学研究杂志, 2012, 4(41): 35-37.

[12] 丁树哲, 陈彩珍, 漆正堂, 等. 不同强度训练对大鼠骨骼肌 p53 和细胞色素氧化酶 I 亚基基因和蛋白表达的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2008, 7(4): 454-457.

[13] 刘静霞, 漆正堂, 丁树哲. 不同训练方式对大鼠腓肠肌 p53-和 IL-6 的影响 [J]. 北京体育大学学报, 2010, 33(2): 56-58.

[14] 黄文英, 张媛, 徐亨屹. 大强度运动及慢性心理应激对大鼠血清 IL-1 β 、IL-2、IL-6 含量的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2008, 1(27): 93-94, 99.

[15] 邓世宁, 司文, 孙丽娟. 实验时间对老年 Sprague-Dawley 大鼠认知行为的影响 [J]. 生理学报, 2010, 62(3): 231-236.

[16] 孙秀萍, 王琼, 石哲, 等. 动物行为实验方法学研究的回顾与展望 [J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28(3): 1-7.

[17] Chourbaji S, Gass P. Glucocorticoid receptor transgenic mice as models for depression [J]. Brain Res Rev, 2008, 57(2): 554-560.

[18] 张鹏横, 阮璐薇, 卓泽伟, 等. 情绪异常大鼠模型的旷场行为实验在中医药领域的研究进展 [J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28(9): 1-5.

[19] 林晓春, 李云鹏, 卞艳芳, 等. 大鼠旷场实验指标检测及参考值的探讨 [J]. 毒理学杂志, 2010, 24(3): 224-225.

[20] 陈光耀, 徐行, 李妹蒙, 等. 旷场实验对 Hulth 法建立的骨关节炎模型大鼠运动功能探究 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(51): 8-9.

[21] 赵海, 姚刚, 钱宁, 等. 慢性疲劳综合征小鼠的自发活动和探索能力变化的观察 [J]. 实验动物科学, 2016, 33(5): 39-42.

[22] 欧阳俊彦, 胡卓炎, 褚玥, 等. γ -氨基丁酸对情绪应激大鼠额叶皮质一氧化氮合酶和一氧化氮水平的影响 [J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(5): 385-389.

[收稿日期] 2019-08-05