

探讨天麻素对PD小鼠探索行为及运动功能的影响

黄惠萍

福建中医药大学附属第二人民医院康复科, 福建 福州

收稿日期: 2026年6月2日; 录用日期: 2026年6月26日; 发布日期: 2026年7月6日

摘 要

目的: 探讨天麻素对1-甲基-4-苯基-1,2,3,6-四氢吡啶(MPTP)诱导的PD小鼠的运动功能的保护作用。方法: 选用SPF级雄性C57BL/6小鼠, 随机分为MPTP PD模型组及MPTP + 天麻素组, 每组5只。采用MPTP 25 mg/kg连续腹腔注射7 d建立帕金森病(PD)模型。造模完成后MPTP + 天麻素组给予天麻素90 mg/kg灌胃, MPTP组灌胃等体积蒸馏水。连续给药9周, 于第8周进行旷场实验。旷场实验记录总路程、平均速度、静止时间、中心区停留时间、中心区进入次数及潜伏期等指标, 并结合活动轨迹图进行运动模式分析。结果: MPTP组轨迹减少, 主要沿边活动; MPTP + 天麻素组活动范围扩大, 中心区进入增加。两组旷场行为指标比较中, 总路程、平均速度、静止时间、中心区进入次数及中心区停留时间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。结论: 基于运动轨迹与行为学评价, 天麻素能够在一定程度上改善MPTP模型小鼠的探索行为与运动表现, 但量化指标差异未达到统计学显著性。

关键词

天麻素, 1-甲基-4-苯基-1,2,3,6-四氢吡啶, 帕金森病, 旷场实验, 运动轨迹

Investigation of the Effects of Gastrodin on Exploration Behavior and Motor Function in PD Mice

Huiping Huang

Rehabilitation Department, The Second People's Hospital Affiliated to Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou Fujian

Received: June 2, 2026; accepted: June 26, 2026; published: July 6, 2026

文章引用: 黄惠萍. 探讨天麻素对 PD 小鼠探索行为及运动功能的影响[J]. 临床医学进展, 2026, 16(7): 455-459.
DOI: 10.12677/acm.2026.1672546

Abstract

Objective: Exploring the protective effects of gastrodin on motor function in mice with parkinson's disease induced by 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine (MPTP). **Method:** SPF-grade male C57BL/6 mice were randomly assigned to either the MPTP PD model group or the MPTP + gastrodin group, with 5 mice in each group. A Parkinson's disease (PD) model was established by continuous intraperitoneal injection of MPTP at 25 mg/kg for 7 days. After model establishment, the MPTP + gastrodin group received gastrodin at 90 mg/kg via oral administration, while the MPTP group received an equal volume of distilled water orally. The drug was administered continuously for 9 weeks, and the open-field test was conducted in the 8th week. The open-field test recorded indicators such as total distance traveled, average speed, stationary time, central zone dwell time, number of central zone entries, and latency period. Additionally, movement pattern analysis was performed using activity trace plots. **Results:** The MPTP group exhibited reduced movement trajectories, predominantly confined to periphery; the MPTP + gastrodin group demonstrated expanded activity range with increased central zone entry. Comparative analysis of open-field behavioral parameters revealed no statistically significant differences between the two groups in total distance traveled, average speed, rest duration, central zone entry frequency, or central zone dwell time ($P > 0.05$). **Conclusion:** Based on movement trajectory and behavioral assessments, gastrodin partially improved exploratory behavior and motor performance in MPTP model mice, though the quantitative differences were not statistically significant.

Keywords

Gastrodin, 1-Methyl-4-Phenyl-1,2,3,6-Tetrahydropyridine, Parkinson's Disease, Open Field Test, Movement Trajectory

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

帕金森病(PD)作为继阿尔茨海默病(AD)之后的第二大神经退行性疾病,其特征性病理改变为中枢神经系统中 α -突触核蛋白(α -syn)的异常聚集,形成路易小体(Lewy bodies, Lbs),以及多巴胺能神经元的退行性死亡。这些病理变化导致纹状体中酪氨酸羟化酶(TH)阳性神经元的减少和多巴胺(DA)水平的降低,从而引发PD的运动症状[1][2]。1-甲基-4-苯基-1,2,3,6-四氢吡啶(MPTP)是目前应用广泛的PD建模药物,其代谢产物MPP⁺可选择性破坏黑质多巴胺能神经元,从而复制运动障碍和探索行为下降等PD样表型[3]。近年来,中医药在神经退行性疾病研究中的潜力逐渐受到关注。天麻素的生物学作用已受到深入研究,尤其在神经退行性疾病领域显示出广泛的益处。其作用机制涉及多个方面,包括调节神经递质、抗氧化和抗炎作用、抑制小胶质细胞活化、调节线粒体级联反应,以及上调神经营养因子等[4]。本研究采用MPTP构建PD小鼠模型,通过旷场实验、运动轨迹分析,从探索行为能力两方面评价天麻素的潜在改善作用,为进一步阐明天麻素的神经保护效应提供实验依据。

2. 资料与方法

2.1. 实验动物

选用SPF级C57BL/6小鼠,雄性,体重20~25 g。小鼠饲养于屏障环境中,温度 $22 \pm 2^\circ\text{C}$,湿度50%

± 10%，12 h 光/暗循环，自由摄食与饮水。实验前所有小鼠适应性饲养 7 d。

2.2. 帕金森病模型的建立

采用 MPTP 急性损伤法制备帕金森病(PD)模型。以 MPTP 25 mg/kg 作为注射剂量，每日 1 次，连续腹腔注射 7 d，构建亚急性 PD 模型。考虑到小鼠单次腹腔注射液耐受量为 5~10 mL/kg，结合小鼠体重，本研究单次每只小鼠腹腔注射体积为 0.1~0.2 mL，据此配制 MPTP 终浓度为 5 mg/mL。使用灭菌生理盐水将 MPTP 溶解后新鲜配制备用。

腹腔注射时，将小鼠尾部轻轻提起，左手固定颈部和尾基部，使小鼠头部朝下、尾部朝上。选取下腹中线附近作为进针点，针尖与腹壁夹角保持在 30°~60°，缓慢进针，回抽无回血后推注药液。注射后 10~30 min，小鼠可出现震颤、平衡能力下降等急性行为改变。行为学检测安排在 MPTP 最后一次注射后第 3~4 天进行。

2.3. 分组与给药

小鼠随机分为 2 组，每组 5 只：MPTP 组：连续 7 d 注射 MPTP 制备 PD 模型。MPTP + 天麻素组：造模完成后给予天麻素(GAS) 90 mg/kg 灌胃，每日 1 次，连续给药 9 周。MPTP 组给予等体积蒸馏水。

行为学检测主要为旷场实验，于给药第 8 周开始进行。

2.4. 行为学测试：记录两组小鼠注射 MPTP 后急性及 8 周后的行为学反应

旷场实验

旷场箱为 500 × 500 × 300 mm，底部划分为 4 × 4、共 16 个等面积小方格，箱体内壁为黑色。实验前 30 min 将小鼠置于实验室环境适应。测试时将小鼠轻置于旷场中央，顶部摄像头实时记录 5 min 内的活动轨迹，通过计算机运动分析系统统计相关行为指标。记录指标包括：总路程、平均速度、静止时间、方格间穿行次数、直立次数、中心区停留时间、中心区进入次数、中心区路程、潜伏期(进入中心区的首次时间)。实验结束后清洁旷场箱，避免气味干扰。

2.5. 数据记录与处理

行为学数据由自动记录系统导出。各指标以均值 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示，检验采用：Mann-Whitney U (双侧)及多重校正：FDR (Benjamini-Hochberg)。统计分析使用 SPSS26.0 软件，显著性水平设为 $P < 0.05$ 。

3. 结果

记录两组小鼠注射 MPTP 后急性及 8 周后的行为学反应：模型组与天麻素组小鼠在每次注射 MPTP 后约 10~30 分钟内，均出现明显的急性行为学反应，包括：身体颤抖、弓背、竖毛(畏寒表现)、活动减少、行走不稳。过程：上述急性症状通常在注射后 2~4 小时内逐渐减轻并消退，小鼠恢复自主活动和进食饮水。第 8 周时模型组小鼠有明显的行动迟缓，肢体抖动，活动减少等表现。

两组小鼠 5 min 旷场行为数据比较，总路程、平均速度、静止时间、中心区进入次数、静止时间差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

Table 1. Open-field behavioral test results (mean ± standard deviation)

表 1. 旷场行为学检测结果($\bar{x} \pm s$)

指标	Model (Mean ± SEM)	Treat (Mean ± SEM)	U	P 值	FDRq 值(BH)
总路程(mm)	20079.46 ± 1337.98	27878.35 ± 1883.91	2.0	0.0317	0.1270
平均速度(mm/s)	67.00 ± 4.41	93.16 ± 6.19	1.0	0.0159	0.1270

续表

静止时间(s)	74.27 ± 8.39	60.51 ± 6.09	19.0	0.2222	0.5926
中心区路程(mm)	1637.92 ± 258.86	2083.80 ± 147.91	7.0	0.3095	0.6169
中心区停留时间(s)	13.24 ± 2.88	12.60 ± 1.39	11.0	0.8413	0.9615
中心区进入次数(次)	12.00 ± 2.14	13.60 ± 1.63	9.5	0.5993	0.7990
进入中心潜伏期(s)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	12.5	1.0000	1.0000
中心区静止时间(s)	0.534 ± 0.469	0.694 ± 0.274	8.0	0.3855	0.6169

4. 讨论

本研究中, MPTP 组轨迹明显减少, 且主要沿边界移动, 提示其自主活动能力下降, 亦符合 MPTP 诱导的运动迟缓、焦虑样行为增加的 PD 小鼠经典表现[5]。天麻素干预后, 轨迹图显示小鼠活动范围扩大, 进入中心区次数增加, 探索能力在一定程度上改善, 这与文献中天麻素具有一定神经保护及促进神经可塑性的报道一致。然而, 由于行为学数据变异较大且样本量较小, 上述轨迹改善未在统计分析中体现为显著差异。本研究旷场量化指标分析进一步支持模型建立的有效性[6]。天麻素组小鼠对比 MPTP 组小鼠总路程与平均速度呈改善趋势, 但未达到统计学显著水平提示, 考虑天麻素对小鼠的行为学存在一定保护作用, 但统计学无显著性差异。这一结果可能与以下因素有关: 一是 MPTP 模型具有一定自发恢复性, 可能掩盖部分药物作用; 二是本研究样本量仅为每组 5 只, 行为学数据的个体差异较大, 统计效能不足; 三是天麻素的作用可能更倾向于神经保护或延缓损伤进展, 而非短期显著改善行为。

近期的科学发现揭示了天麻素在帕金森病(PD)病理保护中的潜在作用。在通过注射 6-羟基多巴胺(6-OHDA)于右侧中脑腹侧被盖区(VTA)建立的 PD 大鼠模型中, 天麻素不仅改善了模型动物的旋转行为, 还显著增加了 VTA 区域中酪氨酸羟化酶(TH)阳性神经元的表达, 显示出对这些神经元的保护效果[7]。值得注意的是, 本研究采用了运动轨迹与行为学指标结合的评价方式。轨迹图显示天麻素组表现出更活跃的探索特征, 提示该方法在评价轻度行为改善方面具有潜在优势。此外, 本研究未观察到显著统计差异, 亦提示未来实验设计应进一步优化。一方面, 可适当增加样本量或延长给药周期, 以提高统计效能。另一方面, 可结合生化或组织学检测, 如酪氨酸羟化酶免疫染色、多巴胺含量测定、氧化应激或炎症因子分析等, 更全面评价天麻素的神经保护作用。鉴于天麻素具有抗氧化、抗炎、改善线粒体功能等多重药理作用, 其在 PD 模型中的作用可能并非主要体现在短期行为改善, 而是通过保护神经元、延缓损伤进展等机制逐渐体现。

综上所述, 本研究表明 MPTP 模型小鼠呈现典型探索行为下降和运动能力受损特征, 天麻素能够在一定程度上改善 MPTP 模型小鼠运动轨迹及探索行为, 但量化指标未达统计学显著性。结合轨迹变化趋势, 天麻素仍可能具有一定神经保护作用。未来需通过扩大样本量、延长给药周期及引入力学机制实验, 进一步明确天麻素在帕金森病中的潜在应用价值。

声 明

本研究获得冷泉港生物技术有限公司实验动物伦理委员会批准(审批号: IACUCBWS-2026061001)。

基金项目

项目编号: XB2024024 福建中医药大学校管科研课题。

参考文献

[1] Beach, T.G., Adler, C.H., Sue, L.I., Vedders, L., Lue, L., White III, C.L., *et al.* (2010) Multi-Organ Distribution of

- Phosphorylated alpha-Synuclein Histopathology in Subjects with Lewy Body Disorders. *Acta Neuropathologica*, **119**, 689-702. <https://doi.org/10.1007/s00401-010-0664-3>
- [2] Tansey, M.G., Wallings, R.L., Houser, M.C., Herrick, M.K., Keating, C.E. and Joers, V. (2022) Inflammation and Immune Dysfunction in Parkinson Disease. *Nature Reviews Immunology*, **22**, 657-673. <https://doi.org/10.1038/s41577-022-00684-6>
- [3] 朱狄峰, 袁晨星, 郭城城, 等. 小鼠功能观察组合试验安全药理学评价技术的构建与应用[J]. 中国现代应用药学, 2025, 42(16): 2769-2775.
- [4] Liu, Y., Gao, J., Peng, M., Meng, H., Ma, H., Cai, P., *et al.* (2018) A Review on Central Nervous System Effects of Gastrodin. *Frontiers in Pharmacology*, **9**, Article No. 24. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00024>
- [5] 王昭静, 姜林金, 陈雨, 等. 天麻素对血管性痴呆小鼠抑郁症状的影响[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(9): 2229-2232.
- [6] 郑文旭. 中药巴戟天的有效成分 β -谷甾醇通过调控 p53 通路对帕金森病小鼠的神经保护作用及机制研究[D]: [博士学位论文]. 沈阳: 中国医科大学, 2024.
- [7] Sadeghian, Z., Eyvari-Brooshghalan, S., Sabahi, M., Nourouzi, N. and Haddadi, R. (2022) Post Treatment with Gastrodin Suppresses Oxidative Stress and Attenuates Motor Disorders Following 6-OHDA Induced Parkinson Disease. *Neuroscience Letters*, **790**, Article ID: 136884. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2022.136884>