

崔雅茹,高倩,李自发,等. 神经环路鉴定技术在中医药脑科学领域的应用 [J]. 中国实验动物学报, 2024, 32(8): 1059-1064.

CUI Y R, GAO Q, LI Z F, et al. Application of neurocircuit identification technology in traditional Chinese medicine brain science [J]. Acta Lab Anim Sci Sin, 2024, 32(8): 1059-1064.

Doi:10.3969/j.issn.1005-4847.2024.08.013

神经环路鉴定技术在中医药脑科学领域的应用

崔雅茹^{1,2,3,4}, 高倩^{1,2,3,4}, 李自发^{2,3,4}, 胡明会^{2,3,4}, 张浩^{2,3,4},
耿希文^{2,3,4}, 王新宇^{2,3,4*}, 魏盛^{2,3,4*}

(1. 山东中医药大学中医药创新研究院, 济南 250355; 2. 山东中医药大学中医药经典理论教育部重点实验室, 济南 250355; 3. 国家中医药管理局高水平中医药重点学科中医基础理论学科, 济南 250355; 4. 山东中医药大学中医药与脑科学交叉学科研究中心, 济南 250355)

【摘要】 神经环路是由不同神经元组成的复杂网络,是大脑功能实现的物质载体。神经环路鉴定技术通过对特定神经环路的结构追踪及其活动操纵,研究其对脑功能的充分性和必要性,对理解脑疾病发病机制尤为关键。作为神经科学与脑科学领域的高新技术手段,近年来已被逐渐引入中医药领域基础研究。本综述系统性梳理神经环路鉴定技术的原理及其在中医药脑科学领域的应用研究进展,指出该领域后期发展方向应立足中医药特色整体观念和辨证论治展开设计。开展中医药多样化手段干预疾病的神经环路机制研究有助于促进中医药与现代脑科学的深度融合。

【关键词】 神经环路鉴定技术;中医药脑科学;应用

【中图分类号】 Q95-33 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1005-4847 (2024) 08-1059-06

Application of neurocircuit identification technology in traditional Chinese medicine brain science

CUI Yaru^{1,2,3,4}, GAO Qian^{1,2,3,4}, LI Zifa^{2,3,4}, HU Minghui^{2,3,4}, ZHANG Hao^{2,3,4},
GENG Xiwen^{2,3,4}, WANG Xinyu^{2,3,4*}, WEI Sheng^{2,3,4*}

(1. Innovative Institute of Chinese Medicine and Pharmacy, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 2. Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Classical Theory, Ministry of Education, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 3. High Level Key Disciplines of Traditional Chinese Medicine, Basic Theory of Traditional Chinese Medicine, National Administration of Traditional Chinese Medicine, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 4. Chinese Medicine and Brain Science Interdisciplinary Research Center (CMBS), Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China)

【基金项目】 国家自然科学基金面上项目(82274383),泰山学者工程专项经费资助(tsqn202211137),全国中医药高等教育学会工作研究会课题(XGNH2023-K03),山东省自然科学基金重大基础研究项目(ZR2020ZD17),济南市市校融合发展战略工程项目(JNSX2023056),山东中医药大学中医药与脑科学青年科研创新团队(22202101),山东省医药卫生科技项目(202302081721)。

Funded by National Natural Science Foundation of China (82274383), the Special Funding for the Taishan Scholars Project (tsqn202211137), National Chinese Medicine Higher Education Association Work Research Project (XGNH2023-K03), Shandong Province Natural Science Foundation Major Basic Research Project (ZR2020ZD17), the City-School Integration Development Strategy Project of Jinan City (JNSX2023056), the Chinese Medicine and Brain Science Youth Scientific Research Innovation Team, Shandong University of Traditional Chinese Medicine (22202101), Shandong Province Medical Health Science and Technology Project (202302081721).

【作者简介】 崔雅茹,女,在读硕士研究生,研究方向:中医情志病证的脑环路基础和中医药干预机制。Email:nanx155@163.com

【通信作者】 魏盛,男,教授,研究方向:中医情志病证的脑环路基础和中医药干预机制。Email:weisheng@sutcm.edu.cn;

王新宇,女,讲师,研究方向:中医情志病证的脑环路基础和中医药干预机制。Email:wangxinyu0601@163.com。

* 共同通信作者

Corresponding author: WEI Sheng. E-mail: weisheng@sdutcm.edu.cn; WANG Xinyu. E-mail: wangxinyu0601@163.com

[Abstract] The neural circuit is the material carrier for the realization of brain function, consisting of a complex network of different neurons. Neural circuit identification technology tracks the structure and activity of specific neural circuits, to study their adequacy and necessity for brain function, which is crucial for understanding the pathogenesis of brain diseases. As a high-tech tool in the fields of neuroscience and brain science, neural circuit identification technology has been gradually introduced into basic traditional Chinese medicine (TCM) research in recent years. This systematic review considers the principles of neural circuit identification technology and progress in its application in the field of TCM neuroscience. We note that future developments in this field should be based on the overall concept of TCM characteristics and the design of syndrome differentiation and treatment. Further research on the neural circuit mechanisms of diverse method of TCM in diseases will help to promote the deep integration of TCM and modern neuroscience.

[Keywords] neural circuit identification technology; traditional Chinese medicine brain science; application

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

中医药脑科学是以中医多学科与脑科学相关研究为重点的科学体系,旨在推动中医药防治脑重大疾病事业高质量发展。中医药蕴含多种学科思想,积累了大量古籍验方,在脑疾病的治疗中发挥了显著优势。因此应用中医药治疗脑疾病成为当前的研究热点。已往临床观察与分子信号通路机制方面的研究对脑科学的发展起到极大的促进作用,而根据大脑的特有结构和功能采取适宜的研究方法或许能进一步揭示脑疾病的发生机制。神经环路研究从神经元功能角度和结构角度诠释脑疾病的生理病理机制,对揭示认知、运动、情绪等脑功能原理有重要意义^[1],也为脑疾病的预防、诊断和治疗提供了新思路^[2-4]。为此,需关注神经环路鉴定技术在中医药脑科学领域的最新研究成果,运用现代科技手段探明中医药的起效机制,为创新发展中医药提供坚实的理论基础。本文主要围绕神经环路鉴定技术的原理及其在中医药脑科学研究中的应用展开综述。

1 神经环路鉴定技术原理及概述

人类大脑包含约千亿个神经元,每个神经元都有数千个突触连接。神经元从多个突触前膜接收信息,再通过轴突将信息传递给突触后膜。这种有序的突触连接是大脑处理和传递信息的结构基础。几个神经元形成的微环路及全脑范围的神经环路主要由前馈兴奋、前馈抑制和反馈抑制、侧抑制、相互抑制等环路模式构成。其中,前馈抑制和反馈抑制调节传入兴奋信号的持续时间和幅度以防止神经元过度兴奋或抑制,侧抑制能放大平行环路间的活性差异以选择需要传到下游环路的信息。这些核心环路协同作用提升了大脑处理信息的速度。

此外,神经元细胞膜上的特异性受体也能使轴突或树突棘精确识别特异性分子标记物^[5]。

如何解析大脑精确、快速处理信息的复杂结构是目前神经科学研究领域的重难点。随着多学科交叉发展^[1],神经环路鉴定技术融合了如生物学、物理学和计算机科学在内的诸多学科,进一步揭示神经元的连接方式及神经环路的精细结构,使正确认识和研究神经环路成为可能。神经环路鉴定技术包含光遗传学技术^[6]、化学遗传学技术^[7]、功能磁共振成像技术^[8]、膜片钳技术^[9]、双光子钙成像技术^[10-11]、脑电图技术^[12]和脑磁图技术^[13-14]等。该类技术的功能主要为调控神经元和记录神经信号:人们可以应用光学或遗传学手段操控特定神经元的兴奋性继而调控神经环路,还能通过影像学等手段记录活体动物的电信号或磁信号反应大脑功能网络、观察神经元的结构和放电过程。神经环路研究打破了生物大分子结构和功能研究的局限性,可以从神经元、脑区功能角度和突触连接角度诠释脑疾病的生理病理机制。该类研究可以反映神经环路中关键蛋白或分子标记物的活动信号以确定它们在信息处理和动物行为中的作用,或根据磁信号判断各脑区主导的生命活动;还可以描述神经元树突形态、离子通道组成、尖峰特性、突触强度等差异,或者观察神经递质及其他标记物揭示多个神经元之间突触连接的信号及强度^[15]。诸多学者采用神经环路鉴定技术进行实验,发现部分疾病的发病机制与神经环路的建立和调节有密切关系。因此,从神经环路水平对疾病进行研究有助于更深入地了解神经系统疾病的发生发展机制,有望开展针对神经元及基因层面的新疗法。

2 与神经环路相关的中医药脑科学研究

中医药以整体观念为主导思想,以辨证论治为诊疗特点^[16],治疗脑科学疾病的效果极佳。脑科学疾病的病位在脑。古籍记载:脑属“奇恒之腑”,脑为“髓海”“元神之府”。可见脑主神明、主宰生命活动、主精神意识和主感觉运动,脑功能异常则会严重影响人们的生理心理状况。已往中医药脑科学研究多考虑中药的有效成分是否与体内大分子、小分子的结构和功能相关,但神经系统的结构尤其是神经元间的突触连接在机体极为独特,分子生物学尚不能完全解析中医药对脑疾病的作用机制,而神经环路鉴定技术能根据神经系统的生理结构特异性揭示中医药治疗脑疾病的奥秘。

已有学者采用神经环路鉴定技术对脑科学疾病进行了深入探究。人们采取聚焦关键脑区再锁定病变环路的研究策略,试图明确脑疾病的可能发生机制。有研究报道抑郁模型动物的病变脑区主要集中在腹侧被盖区、伏隔核和内侧前额叶皮质^[17],DONG 等^[18]分别光学抑制伏隔核背内侧壳和伏隔核外侧壳的多巴胺能神经元,再锁定抑郁相关神经环路。除此之外,研究人员还观察突触连接及分子蛋白标记物在抑郁症中的作用^[19]。与此类似,在焦虑症^[20-22]、帕金森病^[23]、阿尔茨海默病^[24-25]、癫痫^[26-28]等其他脑疾病的研究中,人们观察病变脑区神经元的投射及兴奋性,之后在光学或基因层面调节突触间的神经递质含量,探寻特异神经元单向或双向调节行为的相关机制。目前引入神经环路鉴定技术的中医药脑科学研究较少,以下对中医药治疗脑疾病神经环路研究的最新进展进行简要综述。

2.1 针法和神经环路鉴定技术

针法源于砭石,最早载于《黄帝内经》,其疗效好、费用低、安全性好,应用极为广泛。针法作用于腧穴和经络,能纠正偏盛偏衰的病理状态,通过调节脏腑功能和气血阴阳发挥治疗疾病的作用。目前,已有研究借助神经环路鉴定技术证实针法通过调控神经环路发挥治疗阿尔茨海默病、帕金森病等脑科学疾病的作用。

阿尔茨海默病是一种起病隐匿的进行性发展的神经退行性疾病,病因迄今未明,药物治疗效果大多不理想。LIN 等^[29]探究电针对阿尔茨海默病

神经环路的影响:首先通过功能磁共振成像技术发现电针能逆转模型小鼠海马、杏仁核、内嗅皮层等脑区自发活动降低的现象,电针干预也能增强模型小鼠海马与内嗅皮层之间的连接强度。再考虑到阿尔茨海默病患者会出现记忆障碍的表现,海马脑区与记忆显著相关,便通过膜片钳技术观察电针对模型小鼠海马突触传递的影响,发现模型小鼠海马内自发兴奋性突触后电流频率及振幅显著下降,电针可以逆转这种现象,这提示电针处理逆转了突触的自发释放。该研究发现电针通过改变深层脑组织的电信号调节海马-内嗅皮层环路及多个关键脑区,纠正了阿尔茨海默病模型小鼠的记忆缺陷。主流观点认为阿尔茨海默病的发生机制可能为脑内细胞外 β -淀粉样蛋白沉积和细胞内 Tau 蛋白聚集导致的神经元死亡和认知障碍,神经环路鉴定技术的应用不仅揭示了该病的新机制,还为电针治疗阿尔茨海默病患者带来极为可靠的实验依据。

帕金森病是最常见的神经退行性疾病之一。临床证据表明针刺阳陵泉可改善帕金森病患者的运动功能障碍,但具体机制未明。CHAE 等^[30]采用功能磁共振成像技术研究针刺阳陵泉对帕金森病患者神经环路的影响。发现针刺阳陵泉可激活帕金森患者黑质、尾状核、丘脑和壳核等受损脑区,增加血氧水平依赖性信号,激活与运动相关的基底节-丘脑皮质环路,从而发挥治疗帕金森病的作用。针刺治疗比假针灸治疗效果显著,这显示了中医药及中医理论在治疗帕金森病方面的独特优势。

除上述慢性疾病外,疼痛也给人们带来诸多困扰。针刺止痛起效快且几乎无创,但解剖学知识无法解释针刺治病的经络学说理论,因此探究针刺起效的机制成为目前研究的热点。低频波动幅度描述了静息态功能磁共振成像中自发血氧水平依赖信号的区域强度。LI 等^[31]通过功能磁共振成像技术记录针刺对无先兆偏头痛患者脑部低频波动幅度的影响,发现无先兆偏头痛患者在后部岛叶和壳核/尾状核中的低频波动幅度增加,在延髓头端腹内侧/三叉神经颈复合体中的低频波动幅度减少,纵膈针治疗可使偏头痛患者延髓头端腹内侧/三叉神经颈复合体的低频波动幅度升高直至恢复正常。还有研究表明^[32],电针刺刺激尾状核和中缝核,进而抑制束旁核,从而产生镇痛作用。

这些实验表明,针刺能通过调控神经环路治疗脑疾病,且具有微创、便捷、安全的显著优势。对比

针刺的各项研究,发现选择不同的器械和目标穴位,会产生不同的治疗作用。这些差异可能与“经脉所过,主治所及”有关。针刺不仅在宏观角度减轻患者的痛苦,还能在微观层面调控神经元活性及突触可塑性。上述实验表明,神经环路鉴定技术为中医针刺治疗脑疾病提供了可靠的研究基础,使针刺疗法具有更为广阔的应用前景。

2.2 中药和神经环路鉴定技术

中药有药性药味之分,病情也会因时因地因人产生差异。因此,对患者进行辨证施治,有利于提高中药治疗脑疾病的疗效。中药具有多成分多靶点的特点,可以通过调节与疾病相关的脑区或神经环路发挥治疗效果。现存的中药种类庞杂,目前研究最广泛的有单味药、中成药和复方。其中,代表性药物西红花、抗痫胶囊和越鞠丸在脑疾病的治疗中展现出显著疗效。

TANG 等^[33]采用膜片钳技术发现西红花苷能抑制帕金森病抑郁症模型小鼠中脑腹侧被盖区中多巴胺能神经元的自发放电。抑制哺乳动物雷帕霉素靶蛋白信号通路,则能拮抗西红花苷的抗抑郁作用。该项研究将电信号与中药相关联,发现西红花苷通过激活小鼠雷帕霉素靶蛋白保护中脑腹侧被盖区的多巴胺能神经元,进而改善内侧前额叶皮质的神经突触可塑性,纠正帕金森病抑郁症小鼠的抑郁样行为。

随着中医药的现代化发展,中药胶囊剂越发普及。REN 等^[34]采用膜片钳技术发现抗痫胶囊可减少海马神经元癫痫模型的放电次数,加速 N-甲基-D-天冬氨酸受体通道衰减时程,降低海马神经元内钙离子浓度,进而发挥抗痫和神经保护作用。

越鞠丸是经典名方,具有快速抗抑郁的作用。ZHANG 等^[35]从越鞠丸中鉴定抗抑郁成分并研究其作用机制,发现越鞠丸上调了垂体腺苷酸环化酶激活肽。采用化学遗传学技术将垂体腺苷酸环化酶激活肽受体拮抗剂注入双侧海马,能逆转越鞠丸在悬尾实验和强迫游泳实验中的抗抑郁反应。光刺激抑制表达垂体腺苷酸环化酶激活肽的神经元能减弱越鞠丸的抗抑郁作用。该研究使用化学遗传学和光遗传学技术,反向验证越鞠丸作用于海马的抗抑郁机制。

以上的研究均采用神经环路鉴定技术探讨了中药起效的神经环路或微环路作用机制。研究人员首先通过一系列实验确定了中药治疗脑疾病的

关键脑区、神经元、受体分子,再反向干预环路以抵消中药的治疗作用,以此来验证中药的具体抗抑郁机制,这为新型靶向抗抑郁药的开发提供了研究基础。

3 总结与展望

神经环路鉴定技术在中医药治疗脑疾病的研究中发挥了关键作用。将神经环路研究与临床研究、分子生物学研究相结合,有助于阐释脑疾病发生的关键环路、脑区、神经元和受体,有望为中医防病治病、个性化治疗和新中药研发提供理论指导和科学依据。目前,针刺与中药是临床治疗脑疾病最常用的手段。人们根据疾病的类型和进展可选取如常规针刺、电针、中药复方、中药单体、中药胶囊等不同的干预措施,还能根据体质个性化调整穴位、方剂组成、给药途径等提高诊疗效果。但现有中医药研究尚不完善,神经环路鉴定技术在中医药对脑疾病的治疗中还有广阔的发展空间。

将中医基础理论与脑疾病神经环路研究融会贯通,能更好地促进中医药事业的发展。例如,将中医证型与神经环路进行对应性研究、结合多种中医手段探究神经环路以及研究中枢与外周神经环路蕴含的整体观念思想,都有助于实现中医药脑科学的传承创新。

目前的研究大多集中在某种中医手段调控一种疾病的一条神经环路,忽视了辨证论治的重要性。中医药、疾病、证候、神经环路之间或许有交互错杂的对应关系,如中医药多功效多靶点的原因是否与其能调控多条神经环路相关?具体的神经环路与中医证候有何种关系?因此,未来更应关注脑科学疾病中证候和神经环路之间的关联,将宏观辨证与微观辨证结合,探究中医药-疾病-证候-神经环路之间的相关性,明确中医药的起效靶点。

现有研究将中医药干预手段局限于针刺和中药,尚未全面探究中医药的起效机制。中医药范畴极广,除针刺和中药外,灸法、推拿、五音疗法、芳香疗法和导引术等都能治疗疾病。因此,可将神经环路鉴定技术与上述中医药手段相结合,充分研究中医药的起效原理与作用环路,以筛选更安全的治疗方式。

近些年关于中医药对脑疾病神经环路的研究多集中在脑,未考虑到整体观念的重要性。生理状态下五脏六腑相互为用,病理时各脏器也互相影

响。后续可结合脏腑辨证和六经辨证,关注中医药-中枢神经-外周神经的作用机制,使中医药证候与治疗效果评估趋向标准化。

综上所述,神经环路鉴定技术的应用为中医药脑科学的研究从经验医学向循证医学体系的转变提供了新的研究范式。剖析中医药对脑疾病的治疗机理将进一步促进中医药事业与脑科学的发展,推动中医药的全球化进程。

参 考 文 献(References)

[1] ZHANG F, WU L B, YU Q, et al. Neurotropic viruses as a tool for neural circuit-tracing [J]. *Neurochem J*, 2021, 15(4): 435–447.

[2] CHELLAPPA S L, AESCHBACH D. Sleep and anxiety: From mechanisms to interventions [J]. *Sleep Med Rev*, 2022, 61: 101583.

[3] RUSSO S J, NESTLER E J. The brain reward circuitry in mood disorders [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2013, 14(9): 609–625.

[4] MCGREGOR M M, NELSON A B. Circuit mechanisms of Parkinson’s disease [J]. *Neuron*, 2019, 101(6): 1042–1056.

[5] LUO L. Architectures of neuronal circuits [J]. *Science*, 2021, 373(6559): eabg7285.

[6] ADESNIK H, ABDELADIM L. Probing neural codes with two-photon holographic optogenetics [J]. *Nat Neurosci*, 2021, 24(10): 1356–1366.

[7] LI N, TENG S W, ZHAO L, et al. Carboxypeptidase E regulates activity-dependent TrkB neuronal surface insertion and hippocampal memory [J]. *J Neurosci*, 2021, 41(33): 6987–7002.

[8] CHEN J E, GLOVER G H. Functional magnetic resonance imaging methods [J]. *Neuropsychol Rev*, 2015, 25(3): 289–313.

[9] HILL C L, STEPHENS G J. An introduction to patch clamp recording [J]. *Methods Mol Biol*, 2021, 2188: 1–19.

[10] HIRAI A, SUGIO S, NIMAKO C, et al. Ca²⁺ imaging with two-photon microscopy to detect the disruption of brain function in mice administered neonicotinoid insecticides [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 5114.

[11] XIONG H, TANG F, GUO Y, et al. Neural circuit changes in neurological disorders: Evidence from *in vivo* two-photon imaging [J]. *Ageing Res Rev*, 2023, 87: 101933.

[12] BIASIUCCI A, FRANCESCHIELLO B, MURRAY M M. Electroencephalography [J]. *Curr Biol*, 2019, 29(3): R80–R85.

[13] GROSS J. Magnetoencephalography in cognitive neuroscience: a primer [J]. *Neuron*, 2019, 104(2): 189–204.

[14] BAILLET S. Magnetoencephalography for brain electrophysiology and imaging [J]. *Nat Neurosci*, 2017, 20(3): 327–339.

[15] RAJASETHUPATHY P, FERENCZI E, DEISSEROTH K. Targeting neural circuits [J]. *Cell*, 2016, 165(3): 524–534.

[16] LIU S, ZHU J J, LI J C. The interpretation of human body in traditional Chinese medicine and its influence on the characteristics of TCM theory [J]. *Anat Rec*, 2021, 304(11): 2559–2565.

[17] SPELLMAN T, LISTON C. Toward circuit mechanisms of pathophysiology in depression [J]. *Am J Psychiatry*, 2020, 177(5): 381–390.

[18] DONG Y, LI Y, XIANG X, et al. Stress relief as a natural resilience mechanism against depression-like behaviors [J]. *Neuron*, 2023, 111(23): 3789–3801.

[19] MA H, LI C, WANG J, et al. Amygdala-hippocampal innervation modulates stress-induced depressive-like behaviors through AMPA receptors [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2021, 118(6): e2019409118.

[20] YAN J J, DING X J, HE T, et al. A circuit from the ventral subiculum to anterior hypothalamic nucleus GABAergic neurons essential for anxiety-like behavioral avoidance [J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 7464.

[21] KIRKBY L A, LUONGO F J, LEE M B, et al. An amygdala-hippocampus subnetwork that encodes variation in human mood [J]. *Cell*, 2018, 175(6): 1688–1700.

[22] WANG Z, ZENG Y N, YANG P, et al. Axonal iron transport in the brain modulates anxiety-related behaviors [J]. *Nat Chem Biol*, 2019, 15(12): 1214–1222.

[23] LILASCHAROEN V, WANG E H, DO N, et al. Divergent pallidal pathways underlying distinct Parkinsonian behavioral deficits [J]. *Nat Neurosci*, 2021, 24(4): 504–515.

[24] JUN H, BRAMIAN A, SOMA S, et al. Disrupted place cell remapping and impaired grid cells in a knockin model of Alzheimer’s disease [J]. *Neuron*, 2020, 107(6): 1095–1112.

[25] RÍOS A S, OXENFORD S, NEUDORFER C, et al. Optimal deep brain stimulation sites and networks for stimulation of the fornix in Alzheimer’s disease [J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 7707.

[26] CHEN B, XU C, WANG Y, et al. A disinhibitory nigra-parafascicular pathway amplifies seizure in temporal lobe epilepsy [J]. *Nat Commun*, 2020, 11(1): 923.

[27] CHEN L, XU Y, CHENG H, et al. Adult-born neurons in critical period maintain hippocampal seizures via local aberrant excitatory circuits [J]. *Signal Transduct Target Ther*, 2023, 8(1): 225.

[28] FEI F, WANG X, XU C, et al. Discrete subicular circuits control generalization of hippocampal seizures [J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 5010.

[29] LIN B, ZHANG L, YIN X, et al. Modulation of entorhinal cortex-hippocampus connectivity and recognition memory following electroacupuncture on 3 × Tg-AD model: Evidence from multimodal MRI and electrophysiological recordings [J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 968767.

[30] CHAE Y, LEE H, KIM H, et al. Parsing brain activity associated with acupuncture treatment in Parkinson’s diseases

- [J]. Mov Disord, 2009, 24(12): 1794–1802.
- [31] LI Z, ZENG F, YIN T, et al. Acupuncture modulates the abnormal brainstem activity in migraine without aura patients [J]. Neuroimage Clin, 2017, 15: 367–375.
- [32] ZHOU M, ZHANG Q, HUO M, et al. The mechanistic basis for the effects of electroacupuncture on neuropathic pain within the central nervous system [J]. Biomed Pharmacother, 2023, 161: 114516.
- [33] TANG J, LU L, WANG Q, et al. Crocin reverses depression-like behavior in parkinson disease mice via VTA-mPFC pathway [J]. Mol Neurobiol, 2020, 57(7): 3158–3170.
- [34] REN X Q, MA R, YANG C Q, et al. Kangxian capsules: Effects on convulsive injuries, N-methyl-d-aspartate (NMDA) receptor subunit expression, and free Ca^{2+} concentration in a rat hippocampal neuron epileptic discharge model [J]. Seizure, 2016, 40: 27–32.
- [35] ZHANG H, SUN Y, YAU S Y, et al. Synergistic effects of two naturally occurring iridoids in eliciting a rapid antidepressant action by up-regulating hippocampal PACAP signalling [J]. Br J Pharmacol, 2022, 179(16): 4078–4091.

[收稿日期] 2023-12-05

《中国实验动物学报》再次入编《中文核心期刊要目总览》

依据文献计量学的原理和方法,经研究人员对相关文献的检索、统计和分析,以及学科专家评审,《中国实验动物学报》再次入编《中文核心期刊要目总览》2023 年版(即第 10 版)动物学/人类学类的核心期刊!

《中文核心期刊要目总览》采用定量评价和定性评的学术水平和学术影响进行综合评价,受到学术界的广泛认同。

目前,本刊为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》等数据库收录。

感谢编委、专家们的帮助与支持,感谢广大作者和读者朋友的厚爱与信任。本刊编辑部将始终坚守办刊宗旨,不忘初心,严谨办刊,开拓进取,不断创新,向世界一流期刊看齐。

