

小脑靶向神经刺激促进吞咽恢复机制的研究进展

白林 梅继林 李庆琳 李晓宁

150040 哈尔滨, 黑龙江中医药大学研究生院(白林、梅继林、李庆琳); 150001 哈尔滨, 黑龙江中医药大学附属第二医院针灸科(李晓宁)

通信作者: 李晓宁, Email: lixiaoning456@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2022.09.012

【摘要】 大脑的经颅磁刺激和电刺激是目前具有一定应用前景的技术, 逐渐在基础研究和临床实践中得到应用。这种无创的、非侵入性的靶向神经刺激, 通过调节神经兴奋性和可塑性来改善或恢复大脑功能。由于小脑在运动协调、联想和情感等方面与大脑存在神经解剖和功能联系, 因此以小脑为靶点的神经刺激可以更好地了解生理及病理状态下, 小脑与大脑吞咽运动区之间的联系, 更好地研究小脑对吞咽皮质区域兴奋性的调节作用, 以及对吞咽功能的影响, 为神经源性吞咽障碍提供一种潜在的治疗方法。

【关键词】 小脑; 吞咽; 吞咽障碍; 神经刺激; 综述

基金项目: 黑龙江省自然科学基金联合引导项目(LH2019H051)

Mechanisms of swallowing recovery facilitated by cerebellar targeted neurostimulation Bai Lin, Mei Jilin, Li Qinglin, Li Xiaoning

Graduate School, Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150040, China (Bai L, Mei JL, Li QL); Department of Acupuncture and Moxibustion, the Second Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150001, China (Li XN)

Corresponding author: Li Xiaoning, Email: lixiaoning456@163.com

【Abstract】 Transcranial magnetic stimulation and electrical stimulation of the brain are very promising technologies, and are gradually being applied in basic research and clinical practice. This non-invasive, non-invasive targeted neural stimulation improves or restores brain function by modulating neural excitability and plasticity. Because the cerebellum has neuroanatomical and functional connections with the brain in motor coordination, association and emotion, nerve stimulation targeting the cerebellum can help with better understanding of the relationship between the cerebellum and the swallowing motor area of the brain under physiological and pathological conditions, and better study the regulation of cerebellum on the excitability of swallowing cortex and its effect on swallowing function, so as to provide a potential treatment for neurogenic swallowing disorder.

【Key words】 Cerebellum; Deglutition; Deglutition disorder; Nerve stimulation; Review

Fund program: Heilongjiang Natural Science Foundation Joint Guide Project (LH2019H051)

小脑在吞咽过程中非常活跃, 在吞咽运动系统中, 小脑与负责辅助运动、联想和情感功能的大脑区域紧密相连, 主要是调节和协调肌肉的精细运动^[1], 因此越来越多的研究将小脑-皮质通路作为神经刺激的靶点, 调整吞咽功能。小脑靶向神经刺激是一种有益于吞咽的电生理和行为改变技术, 能够诱导咽部运动皮质区域兴奋, 无论是对健康人还是吞咽困难患者都能有效改善吞咽功能^[2-11], 是一种治疗吞咽困难的新兴疗法。现总结已知的小脑在控制吞咽中的作用, 概述小脑靶向神经刺激的研究现

状, 并探索小脑靶向神经刺激在治疗吞咽困难的临床应用。

一、小脑在控制吞咽中的作用

1. 吞咽的发生机制: 吞咽是为了维持自然的生理和生化功能而摄取液体和食物的一种方式。吞咽由口咽期和食道期两个阶段组成, 或者是单一的口咽食道期, 而不是口腔期、咽期、食道期3个阶段^[12], 因为在吞咽过程中, 每个阶段正常功能的实现都依赖于前一阶段。吞咽的过程复杂, 涉及面部、咽部和食管的许多肌肉。这些肌肉由分布在脑干、大脑

皮层和小脑的吞咽中枢控制。吞咽中枢是离散的神元群,负责启动和调节吞咽过程^[13]。

吞咽动作牵涉许多区域,包括中央前回、中央后回、运动前区、补充运动区、前扣带回皮质、盖区、岛叶、楔前叶、楔叶、前额叶、颞叶皮质、小脑、脑干、额叶皮质、内囊、联合区、丘脑和基底神经节^[14],共同完成吞咽的自主和反射性运动控制、口内感觉加工、感觉运动整合、唾液分泌和内脏调节等功能^[15]。正常吞咽过程的中断称为吞咽困难,常并发营养不良、脱水和吸入性肺炎,造成较高的发病率和死亡率。但许多吞咽困难的患者或通过行为改变来适应,或经历了隐性误吸^[16],没有临床症状,因此未被诊断。

2.小脑神经解剖与功能:神经解剖学上,小脑皮质由3层神经元组成:分子层、浦肯野层和颗粒层^[17],这些神经元本身与运动皮质相连,形成小脑-皮质通路^[18]。该通路存在于两个小脑半球,并通过上、中、下小脑脚直接与脑干相连。冲动到达小脑时,要么通过对侧延髓下橄榄复合体的“攀爬纤维”,要么通过苔藓纤维接收来自脑桥网状结构和桥核的信息再传到小脑^[19]。

在小脑-皮质通路中,一方面皮质中的锥体神经元与齿状核连接并交流,当受到刺激时,这些神经元在交叉终止于对侧运动皮质半球之前与丘脑交流。另一方面来自补充运动区、运动前区、中央前回、中央后回和顶叶皮质的轴突形成一个巨大的投射纤维投射到桥脑,通过桥核-小脑通路将信息传递到小脑,随后小脑在运动方向、时间和力量等方面对这些信息进行调节,并通过丘脑将其发送回运动皮质^[20]。

小脑参与下丘脑对摄食与吞咽行为的调控,比较大脑意图和实际动作,监控运动的执行调整运动计划,在确保肌肉活动准确、流畅和协调方面起着关键作用^[21]。大脑吞咽皮层运动区的损伤会导致吞咽障碍,而小脑的损伤会导致吞咽运动不协调和 inaccurate^[17]。

3.小脑靶向神经刺激改善吞咽的作用机制:小脑系统的发育起源是通过增加与前额皮质的连接,并与脑干联系,形成小脑-皮质通路,辅助大脑皮层进行信息处理^[18]。自愿吞咽时,小脑充当神经反应增强器,调节或强化吞咽皮层放电,表现出与初级运动皮质、额下回、基底神经节和丘脑的功能性连通^[2]。这些丰富的解剖和功能连接,让小脑可以补充皮层和脑干的吞咽控制,协调皮层和脑干的输出,并参与前馈和反馈控制^[9]。

小脑吞咽区域存在不对称性,在自愿吞咽时,双侧小脑激活,主要激活左侧小脑半球后部。小脑在吞咽中的作用可能取决于任务需求的变化^[20],在协调口腔运动中起积极作用^[9]。吞咽困难的患者比没有吞咽困难的患者更可能出现小脑神经损伤^[22]。影响小脑的疾病也会导致吞咽困难,且严重程度与疾病有关。单纯小脑梗死后吞咽困难的发生率为0^[23],在脊髓小脑共济失调中,以小脑病变为主的个体有吞咽困难的占17%^[24],小脑型多系统萎缩的患者是由于口咽部肌肉收缩力的不协调而导致吞咽困难,多发性硬化症也会影响小脑,并可能导致吞咽困难^[23]。

二、小脑靶向神经刺激的吞咽研究

小脑经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)可以引起咽部运动诱发电位,改善吞咽障碍。关于高频rTMS机制的经典解释是“半球间竞争模型”,TMS中低频 ≤ 1 Hz,高频 ≥ 5 Hz,两者之间为中频^[25]。其中低频rTMS通过诱导突触传递功能的长时程抑制,削弱经胼胝体交互抑制效应,降低健侧大脑半球对患侧大脑半球的抑制作用,对大脑皮层产生抑制;而中高频rTMS可提高大脑皮层的兴奋性,通过明显抑制咽肌皮质代表区中的GABA回路,诱导突触传递功能的长时程增强和谷氨酸增多^[26]。小脑靶向电刺激可以诱导吞咽运动,调节摄食行为。

1.侵入性神经刺激小脑对吞咽的调节:关于小脑靶向神经刺激对吞咽相关运动的影响,非灵长类受试者的研究提供了直接见解。侵入性微电极刺激猫小脑蚓部可诱导出与吞咽有关的运动:喉咙收缩和明显吞咽^[27]。电刺激大鼠蚓部,引起咀嚼和吞咽行为^[28]。刺激猫的小脑顶核后,出现进食行为引发咀嚼运动,且咀嚼时,小脑顶核的神经元与负责摄食行为的其他区域相协调^[29-31]。

随着灵长类动物研究的深入,小脑在吞咽感觉-运动通路中的作用逐渐被了解。Lipp等^[32]、Vasconcellos等^[33]提出了基底节和小脑之间的沟通途径即形成双突触连接,且基底节在吞咽相关的精细运动中有重要的作用^[34],这意味着小脑也可能作用于吞咽。随着对小脑与大脑皮层连接通路的深入研究,发现小脑在吞咽等复杂运动过程中扮演着十分重要的角色。Bostan等^[35]发现大脑皮层和小脑之间缺乏单突触联系,刺激小脑导致大脑皮层广泛激活,但传统的顺行和逆行追踪技术不能有效地解释这种关系,因此在很大程度上限制了对小脑功能的研究。目前对小脑在正常吞咽中作用的大部分理

解,还是主要来源于神经影像学 and 病变后异常模式的推论。

2. 非侵入性神经刺激小脑对吞咽的调节:关于小脑在吞咽中的作用,侵入性动物研究为之后的非侵入性研究提供了实验依据和基础。Jayasekeran等^[2]将单脉冲TMS应用于健康人小脑半球或蚓部,检测到与刺激大脑半球相似的咽部运动诱发电位,但程度较皮质刺激小;当小脑刺激作为皮质刺激前的预处理时,观察到明显的易化作用,证明了小脑刺激的皮质促进效应。这增强了对小脑和皮质刺激的TMS治疗作用的理解,说明小脑可强化或调节控制吞咽的皮质放电。在此基础上进一步探究不同频率的小脑半球rTMS对大脑咽部运动皮质的影响。Vasant等^[11]发现10 Hz刺激可显著增加运动皮层咽部区域的兴奋性,再一次验证小脑刺激导致皮质兴奋。

了解小脑如何在吞咽困难的治疗中发挥作用,以及小脑靶向神经刺激对神经生理和吞咽行为的影响,需要进一步探究小脑靶向神经刺激促进吞咽恢复机制与之前已知的齿状小脑-皮质神经元通路的小脑-皮质连接发生在对侧不同,Sasegbon等^[4]在探究神经刺激对皮质“虚拟损伤”逆转的效果时,发现了小脑同侧效应^[5]。无论是将小脑rTMS应用于“虚拟病变”的大脑半球的同侧还是对侧,都可以观察到“虚拟病变”的逆转,减少对咽部运动诱发电位的抑制和破坏性吞咽行为效应。

已知的小脑-皮质通路表明,小脑-皮质连接发生在对侧。目前有关小脑神经刺激后的功能成像研究较少,所以这种同侧效应的确切性质尚不清楚。可能的解释是在小脑顶核的同侧小脑-皮质神经元通路中,信息传入疑核周围区域的中央模式发生器^[6],再传入双侧皮质运动吞咽区^[7]。或者是由于大脑半球间的运动通讯来自对侧咽运动区^[8]。

在一项探讨单侧和双侧小脑半球rTMS对运动皮层和吞咽行为影响的研究中,这种同侧兴奋效应得到了证实,研究发现双半球rTMS明显比单半球更兴奋,有更大的逆转作用^[9]。Sasegbon等^[10]发现小脑rTMS对运动皮层和行为产生影响,是通过蚓部而不是半球,小脑蚓部rTMS可导致大脑咽运动皮质区的抑制和吞咽行为的中断。以上研究表明小脑的神经刺激效应存在位置特异性,小脑蚓部内可能存在与小脑-皮质投射不同的神经元群。为了解这一新的、快速变化的领域,需要进行更多新的功能成像研究。

临床上发表了一项使用小脑靶向rTMS改善脑干梗死后吞咽困难的研究。Vasant等^[11]发现小脑rTMS能够增加咽部运动诱发电位波幅和改善吞咽安全性。虽然只是单病例研究,结果无法进行统计分析,因果关系也无法确定,但仍提供了相关数据,表明即使小脑受累可能不是吞咽困难的主要原因,但小脑在吞咽困难的治疗中仍发挥了作用,刺激小脑可能会用于未来的患者,以改善咽部协调,无需考虑神经源性来源,为进一步研究小脑rTMS在吞咽困难治疗中的应用建立了信心。

三、总结与展望

研究发现,电刺激猫和大鼠在内的动物小脑,可诱发吞咽和咀嚼行为。这一观察进一步证实了小脑是吞咽运动系统的一部分。在人类研究中,rTMS作用于小脑能引起大脑运动皮层运动诱发电位振幅的可测量变化。但在动物研究中,TMS或rTMS还没有被证明能够以与电刺激相同的方式引起吞咽。一个潜在的原因是,rTMS刺激协议规定,为降低诱发癫痫的风险,向目标脑组织传递能量的大小是受到限制的。如果这些安全限度被突破,高强度rTMS可能诱发直接的吞咽行为。

正常吞咽由中枢神经系统内的多个区域高度协调参与,如皮质、脑干和脑神经,而小脑在人类吞咽控制中的生理作用尚不明确,对小脑在调节吞咽运动功能中的作用了解较少。小脑在运动、姿势和运动平衡的协调方面有调节作用,还对皮质有调节效应,为神经刺激性治疗提供了新的途径,需要进一步详细研究。未来的研究还应该关注小脑是否在神经需求增加的情况下发挥代偿作用,为解决疑惑则需要更多更大样本的功能成像和神经刺激研究。随着神经影像和神经行为技术的不断发展,对小脑在吞咽行为中的特殊作用的理解也不断深入,也为更深入地探索和定义吞咽障碍提供新的依据。

利益冲突 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

作者贡献声明 文章构思、文献整理、撰写论文为白林,文章选题、质量控制及审校为梅继林、李晓宁,文章修改为李庆琳

参 考 文 献

- [1] Grami F, de Marco G, Bodranghien F, et al. Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation Reconfigures Brain Networks Involved in Motor Execution and Mental Imagery[J]. *Cerebellum*, 2021. DOI: 10.1007/s12311-021-01322-y.
- [2] Jayasekeran V, Rothwell J, Hamdy S. Non-invasive magnetic stimulation of the human cerebellum facilitates corticobulbar projections in the swallowing motor system[J].

- Neurogastroenterol Motil, 2011, 23(9): 831-e341. DOI: 10.1111/j.1365-2982.2011.01747.x.
- [3] Michou E, Mistry S, Jefferson S, et al. Targeting unlesioned pharyngeal motor cortex improves swallowing in healthy individuals and after dysphagiestroke[J]. Gastroenterology, 2012, 142(1): 29-38. DOI: 10.1053/j.gastro.2011.09.040.
- [4] Sasegbon A, Watanabe M, Simons A, et al. Cerebellar repetitive transcranial magnetic stimulation restores pharyngeal brain activity and swallowing behaviour after disruption by a cortical virtual lesion[J]. J Physiol, 2019, 597(9): 2533-2546. DOI: 10.1113/JP277545.
- [5] 汪敏,姚滔涛,李嘉茵,等.重复经颅磁刺激治疗卒中后吞咽障碍的研究进展[J].中国康复理论与实践, 2020, 26(5): 555-558. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2020.05.012.
- Wang M, Yao TT, Li JY, et al. Advance in Repeattive Transcranial Magnetic Stimulation for Dysphagia after Stroke(review) [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2020, 26(5): 555-558.
- [6] Zhang XY, Wang JJ, Zhu JN. Cerebellar fastigial nucleus: from anatomic construction to physiological functions[J]. Cerebellum Ataxias, 2016, 3: 9. DOI: 10.1186/s40673-016-0047-1.
- [7] 王君昕,崔羽楠,邴雨,等.中枢神经系统华勒氏变性的扩散磁共振成像研究进展[J].磁共振成像, 2021, 12(12): 115-117. DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2021.12.028.
- Wang JX, Cui YN, Bing Y, et al. Research progress of Wallerian degeneration in the central nervous system diffusion magnetic resonance imaging[J]. Chin J Magn Reson Imaging, 2021, 12(12): 115-117.
- [8] Mourão LF, Friel KM, Sheppard JJ, et al. The Role of the Corpus Callosum in Pediatric Dysphagia: Preliminary Findings from a Diffusion Tensor Imaging Study in Children with Unilateral Spastic Cerebral Palsy[J]. Dysphagia, 2017, 32(5): 703-713. DOI: 10.1007/s00455-017-9816-0.
- [9] Sasegbon A, Smith CJ, Bath P, et al. The effects of unilateral and bilateral cerebellar rTMS on human pharyngeal motor cortical activity and swallowing behavior[J] Exp Brain Res, 2020, 238(7/8): 1719-1733. DOI: 10.1007/s00221-020-05787-x.
- [10] Sasegbon A, Niziolek N, Zhang M, et al. The Effects of Midline Cerebellar rTMS on Human Pharyngeal Cortical Activity in the Intact Swallowing Motor System[J]. Cerebellum, 2021, 20(1): 101-115. DOI: 10.1007/s12311-020-01191-x.
- [11] Vasant DH, Sasegbon A, MichouE, et al. Rapid improvement in brain and swallowing behavior induced by cerebellar repetitive transcranial magnetic stimulation in poststroke dysphagia: A single patient case-controlled study[J]. Neurogastroenterol Motil, 2019, 31(7): e13609. DOI: 10.1111/nmo.13609.
- [12] Wei KC, Cheng SH, Hsiao MY, et al. Swallowing kinematic analysis might be helpful in predicting aspiration and pyriform sinus stasis[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 1354. DOI: 10.1038/s41598-022-05441-2.
- [13] 林志诚,游咏梅,王君,等.脑卒中后吞咽障碍患者下丘脑功能连接和全脑各向异性的磁共振成像研究[J].中国康复理论与实践, 2021, 27(5): 504-509. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2021.05.002.
- Lin ZC, You YM, Wang J, et al. Functional Connectivity from Hypothalamus and Whole Brain Anisotropyin Patients with Dysphagia after Stroke: A Study with Magnetic Resonance Imaging[J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2021, 27(5): 504-509.
- [14] Malandraki GA, Arkenberg RH. Advances in Swallowing Neurophysiology across Pediatric Development: Current Evidence and Insights[J]. Curr Phys Med Rehabil Rep, 2021, 9(4): 267-276. DOI: 10.1007/s40141-021-00334-3.
- [15] Alfonsi E, Todisco M, Fresia M, et al. Electrokinesigraphic Study of Oropharyngeal Swallowing in Neurogenic Dysphagia[J]. Dysphagia, 2021. DOI: 10.1007/s00455-021-10336-x.
- [16] 訾媛媛,徐建珍,黄绍春,等.脑卒中照护者吞咽障碍安全进食知识与喂食行为调查研究[J].循证护理, 2021, 7(18): 2489-2493. DOI: 10.12102/j.issn.2095-8668.2021.18.013.
- Zi YY, Xu JZ, Huang SC, et al. Investigation study on safe eating knowledge and feeding behavior of dysphagia of stroke caregivers[J]. Chinese Evidence-Based Nursing, 2021, 7(18): 2489-2493.
- [17] 杨美丽,洪姍燕,黄红红,等.大鼠产前手机辐射对子代小脑白质的影响[J].中国应用生理学杂志, 2020, 36(1): 77-82. DOI: 10.12047/j.cjap.5880.2020.017.
- Yang ML, Hong SY, Huang HH, et al. The effects of prenatal radiation of mobile phones on white matter incerebellum of rat offspring[J]. Chinese Journal of Applied Physiology, 2020, 36(1): 77-82.
- [18] Amore G, Spoto G, Ieni A, et al. A Focus on the Cerebellum: From Embryogenesis to an Age-Related Clinical Perspective[J]. Front Syst Neurosci, 2021, 15: 646052. DOI: 10.3389/fnsys.2021.646052.
- [19] 丁大连,徐先荣,李鹏,等.涉及平衡感知调控中枢神经核团的解剖与功能[J].中国耳鼻咽喉颌底外科杂志, 2021, 27(3): 250-255. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.202130001.
- Ding DL, Xu XR, Li P, et al. Anatomy and function of the central nerve nucleus involving the balance perceptionand regulation[J]. Chinese Journal of Otorhinolaryngology-Skull Base Surger, 2021, 27(3): 250-255.
- [20] Malandraki GA, Sutton BP, Perlman AL, et al. Neural activation of swallowing and swallowing-related tasks in healthy young adults: an attempt to separate the components of deglutition[J]. Hum Brain Mapp, 2009, 30(10): 3209-3226. DOI: 10.1002/hbm.20743.
- [21] Çavdar S, Esen Aydın A, Algin O, et al. Fiber dissection and 3-tesla diffusion tensor tractography of the superior cerebellar peduncle in the human brain: emphasize on the cerebello-hypthalamicfibers[J]. Brain Struct Funct, 2020, 225(1): 121-128. DOI: 10.1007/s00429-019-01985-8.
- [22] De Biagi F, Heikkola LM, Nordio S, et al. Update on Recent Developments in Communication and Swallowing in Multiple Sclerosis[J]. Int J MS Care, 2020, 22(6): 270-275. DOI: 10.7224/1537-2073.2020-023.
- [23] Flowers HL, Skoretz SA, Streiner DL, et al. MRI-based neuroanatomical predictors of dysphagia after acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Cerebrovasc Dis, 2011, 32(1): 1-10.
- [24] Rönnefarth M, Hanisch N, Brandt AU, et al. Dysphagia Affecting Quality of Life in Cerebellar Ataxia-a Large Survey[J]. Cerebellum, 2020, 19(3): 437-445. DOI: 10.1007/s12311-020-01122-w.

- [25] 王毅,程诚,沈红艳,等.经颅磁刺激对阿尔茨海默病患者认知功能及伴痴呆的行为精神症状疗效的meta分析[J].上海交通大学学报(医学版),2021,41(7):931-941. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2021.07.014.
Wang Y, Cheng C, Shen HY, et al. Meta-analysis of efficacy of transcranial magnetic stimulation for the treatment of cognitive function and behavioral and psychological symptoms of dementia in patients with Alzheimer's disease[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University(Medical Science), 2021, 41(7): 931-941.
- [26] 刘佳琳,王帅,张立新.经颅磁刺激促进脑卒中功能恢复的作用机制[J].中国医学物理学杂志,2021,38(10):1279-1284. DOI: 10.3969/j.issn.1005-202X.2021.10.017.
Liu JL, Wang S, Zhang LX. Mechanism of transcranial magnetic stimulation in promoting functional recovery in Stroke[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2021, 38(10): 1279-1284.
- [27] Mussen AT. The cerebellum. A new classification of the lobes based on their reactions to stimulation[J]. Arch Neurol Psychiatr, 1930, 23: 411-461. DOI: 10.1001/archneurpsyc.1930.02220090002001.
- [28] Miterko LN, Baker KB, Beckinghausen J, et al. Consensus Paper: Experimental Neurostimulation of the Cerebellum[J]. Cerebellum, 2019, 18(6): 1064-1097. DOI: 10.1007/s12311-019-01041-5.
- [29] Moon HI, Jeong YJ, Suh JH. Voxel-based lesion symptom mapping analysis for dysphagia in stroke patients with isolated cerebellar lesions[J]. J Neural Transm (Vienna), 2022, 129(1): 65-74. DOI: 10.1007/s00702-021-02438-5.
- [30] Reis DJ, Doba N, Nathan MA. Predatory attack, grooming, and consummatory behaviors evoked by electrical stimulation of cat cerebellar nuclei[J]. Science, 1973, 182(4114): 845-847. DOI: 10.1126/science.182.4114.845.
- [31] 刘小菊,张润峰.小脑顶核电刺激的研究进展[J].西南军医,2021,23(2):137-142. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7193.2021.02.010.
Liu XJ, Zhang RF. Review of Fastigial Nucleus Stimulation[J]. Journal of Military Surgeon in Southwest China, 2021, 23(2): 137-142.
- [32] Lipp I, Mole JP, Subramanian L, et al. Investigating the Anatomy and Microstructure of the Dentato-rubro-thalamic and Subthalamo-ponto-cerebellar Tracts in Parkinson's Disease[J]. Front Neurol, 2022, 13: 793693. DOI: 10.3389/fneur.2022.793693.
- [33] Vasconcelos LF, Tiel C, Sudo FK, et al. Percheron thalamopeduncular syndrome with cervical dystonia: A case report[J]. Dement Neuropsychol, 2016, 10(4): 365-369. DOI: 10.1590/s1980-5764-2016dn1004019.
- [34] Cisek P. Evolution of behavioural control from chordates to primates[J]. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2022, 377(1844): 20200522. DOI: 10.1098/rstb.2020.0522.
- [35] Bostan AC, Dum RP, Strick PL. Functional Anatomy of Basal Ganglia Circuits with the Cerebral Cortex and the Cerebellum[J]. Prog Neurol Surg, 2018, 33: 50-61. DOI: 10.1159/000480748.

(收稿日期: 2022-04-14)

(本文编辑: 赵金鑫)

· 消息 ·

《神经疾病与精神卫生》杂志在线采编系统启用公告

为了更好地服务于广大读者、作者及审稿专家,方便查询论文信息、投稿、询稿及审稿,提高杂志工作效率,《神经疾病与精神卫生》编辑部已开通期刊采编系统。系统入口位于我刊官方网站(www.ndmh.com)首页。作者投稿,请首先在本刊网站在线注册账号,以该账号登录稿件采编系统投稿,并可随时了解稿件编审进度。如您在操作中碰到任何问题,请与编辑部联系(010-83191160)。

本刊编辑部