

颅脑损伤后神经行为障碍的研究现状

张旭¹ 崔璇² 吴东宇¹

¹中国中医科学院望京医院康复二科,北京 100102; ²北京市东城区第一人民医院,北京 100075

通信作者:吴东宇,Email:wudongyu73@hotmail.com

【摘要】 神经行为障碍是一类脑损伤后可能出现的器质性行为障碍。本文就脑损伤后神经行为障碍的分类、流行病学、神经损伤机制、康复评估和治疗等进行综述。

【关键词】 颅脑损伤; 神经行为障碍; 现状

基金项目: 国家自然科学基金资助课题(81171011、81272173、81572220); 首都临床特色应用研究(Z121107001012144、Z171100001017111); 国家科技支撑计划(2013BAH14F03); 中国中医科学院“十三五”重点领域项目(ZZ10-015)

Funding: This study was supported by the National Natural Science Foundation of China(81171011、81272173、81572220); Science and Technology Projects of Beijing(Z121107001012144、Z171100001017111); The National Science and Technology Support Program(2013BAH14F03); Key Field Project of the 13th Five-year Plan of the CACMS(ZZ10-015)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.10.020

神经行为障碍是一种器质性行为障碍,患者独立生活、人际交往及工作能力明显受损,家庭及社会接受度较低,重返社会的阻碍较大^[1]。本文结合现有文献,就颅脑损伤后神经行为障碍的研究现状作一综述。

神经行为障碍的分类

根据 2013 年 Zasler 等^[1]的研究报道,神经行为障碍可以分为:①情绪障碍,如抑郁症、躁狂症、焦虑症、创伤后应激障碍(posttraumatic stress disorder, PTSD)和病理性强哭强笑等;②精神障碍,如谵妄、幻听、妄想、偏执等;③人格障碍,既包括易怒、冲动、攻击性等症状,也包括意志缺失、淡漠等负性行为;④知觉障碍,如失认症、偏侧忽略、神经性失语症(如失语症、失读症和失写症)以及失用症(包括结构性失用、运动性失用、观念性失用和观念运动性失用)等。

急性期的神经行为障碍多为急性脑综合征,如谵妄。根据法国物理与康复医学学会 2016 年发布的脑外伤后神经行为障碍的治疗指南^[2],将亚急性和慢性重度颅脑损伤的神经行为障碍,在总体上分为 4 类表现:①行为过度障碍(失抑制、激越、攻击性行为);②行为不足障碍(淡漠、抑郁);③累及神经递质引起失衡;④累及激素系统引起失衡。

理想情况下,医生应尽量用一种特定的综合征或疾病来解释患者的临床表现。但脑外伤后可能会出现多种神经行为障碍,且患者可能同时表现出不同分类的障碍,甚至双相障碍,与已知的神经行为障碍模式“不能完全吻合”,很难以一种障碍概括患者全部的表现,对明确诊断、评估及学术交流均造成一定困难。目前,临床医生只能以患者当前表现最为突出的行为障碍进行分类并主导干预。

流行病学表现

谵妄是急性脑损伤后最常见的神经行为障碍,约 26%的急

性脑卒中患者伴有谵妄,高龄、发热、大面积梗死均为谵妄发生的高危因素^[3]。一项前瞻性多中心研究表明,创伤后 3 个月内容易出现行为过度障碍,3 个月后行为不足障碍的发病率较高^[4]。另有流行病学研究表明,创伤后应激障碍的发生率约在 20~40%,多发生在脑损伤后 3~6 个月;超过 50%的创伤后应激障碍患者,会同时出现情绪失调、焦虑或物质滥用等障碍,并与严重残疾、疾病及过早死亡相关^[5]。

另外,颅脑损伤越重,发生精神障碍的概率越高,持续时间也越长。流行病学研究显示,30%的颅脑外伤患者会出现精神障碍,以智能表现最多见,其次是人格或行为改变,再其次是神经症样症状、抑郁综合征、精神病性症状等;重度颅脑损伤罹患率明显高于轻中度患者^[6]。Fann 等^[7]在脑损伤后精神疾病患病风险的研究中指出,脑损伤第 1 年精神障碍患病率为 49%,中重度脑损伤患者前 6 个月患病率增加了 4 倍,轻度脑损伤患者患病率增加了 2.8 倍。Van 等^[8]在一项回顾性研究中发现,脑损伤后精神情感障碍的患者,有 42%表现为抑郁,9.1%表现为焦虑障碍,另有 5%表现为偏执。

神经损伤机制

脑损伤所致的神经行为障碍通常与额颞叶神经病理学改变有关。有研究者认为,左半球损害主要与正面情绪有关,而右半球损伤则主要与负面情绪有关^[1]。如左额叶背外侧(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)损伤患者存在一些意志和行为的障碍,包括言语输出减少综合征,自发运动的频率和种类减少,及更多的以淡漠、运动功能减退、缺乏主动性和自发性为特征的障碍^[9]。现有大量数据支持左额叶病变和抑郁症存在关联,但也有文献对此仍存在质疑^[10]。躁狂症通常与右额颞叶和基底神经节病变有关,也可能是潜在局灶性癫痫的行为表现^[11]。谵妄常出现在脑损伤、基底节病变或半球局灶性脑萎缩等疾病后^[12]。另外,右半球综合征包括忽略/偏执、结构性运动

障碍、定向障碍、音律失调、味觉障碍和焦虑障碍等。右半球假说认为所有高阶的情感都是由右半球介导的^[13],但这一说法仍无确切定论。

另有研究表明,病理性强笑与右半球病变有关,强哭与左半球病变有关。右半球切除术通常可能会导致愉快的情绪变化。癫痫可出现阵发性笑声,即所谓的笑性癫痫,并已被发现主要与左侧癫痫灶有关^[14]。假性球麻痹也可能出现“情绪失控”。假性球麻痹情感障碍,常被称为非自愿情绪表达障碍,是一种独特的神经系统疾病,经常导致突然和不可预测的哭、笑或其他情绪表现^[15]。

除了脑功能区定位对于神经行为障碍有相关影响外,还有研究提到脑环路损伤亦可能是潜在机制。边缘-皮质失调被认为是脑损伤后情绪障碍发生的潜在机制^[16]。这个理论潜在的神经机制涉及额颞叶皮质及皮质下结构(如胼胝体和基底节),如抑郁症。在大多数研究中,知觉障碍与右半球受到牵连相关,特别是额叶背外侧区、眶额区和顶颞区。Flashman 等^[17]提出知觉障碍的 3 个不同维度,包括:①知识;②注意力和情绪反应;③理解力和概括力。且知觉障碍随着脑损伤严重程度的加重而加重,相关损伤责任脑区及环路,包括感觉运动皮质后部,网状结构-丘脑内侧-额叶中部和背外侧回路,及背外侧和近中额叶-纹状体-丘脑额叶回路,分别具有不同的治疗意义。

神经行为障碍的康复评估

对于神经行为障碍患者,应进行生理-心理-社会 3 个方面的评估。尤其病史采集,较其他病症需更详细、具体,包括患者的精神健康和/或药物滥用史、家族精神病史、处方药和非处方药的使用情况、社会经历(包括受教育情况和职业史)及家庭变故等。还需要了解患者的受伤或疾病情况,神经系统疾病的性质及其既往病史,对治疗的反应,以及神经行为症状的变化情况等。神经诊断测试包括神经心理学测试、神经影像学、脑电图和诱发电位,可能有助于神经行为的评估,为临床病史和检查提供补充信息^[18]。

量表评估是临床神经行为障碍评估的主要手段,可以利用相关的成套行为量表对特定的症状或疾病进行评估。包括谵妄评定方法(confusion assessment method, CAM)、明尼苏达多项人格调查表(Minnesota multiphasic personality inventory, MMPI-2)、米隆临床多轴调查表(Millon clinical multi-axial inventory, MCMI)、神经-生活质量量表、创伤后应激障碍症状自评量表(post-traumatic stress disorder self-rating scale, PTSD-SS)等。

然而,目前对于神经行为障碍的客观评估手段有限,亦没有公认的评价方案。有研究利用脑电非线性分析技术,评估脑外伤后精神运动抑制患者皮质兴奋及脑区功能联系的变化,为该类疾病的临床治疗提供了客观的评价方法^[19-22]。

神经行为障碍的治疗

一、药物治疗

2016 年,法国物理与康复医学学会发布了脑外伤后神经行为障碍的治疗指南^[23],提供了脑外伤后行为障碍药物的治疗要点:①首先,药物需对患者无害,优先考虑神经恢复,而不是症状治疗;尽可能观察或尝试非药物治疗(物理治疗或心理治

疗),尽量避免使用抗精神病药物和苯二氮䓬类药物。②订制处方,确定主要目标症状(易怒、攻击、抑郁、冷漠等),以及能被单一药物治疗的其他任何功能障碍、症状等次要目标症状(情绪调节、焦虑、震颤、偏头痛、预防癫痫、高血压、肥胖、糖尿病、既往脑卒中、精神病史、排尿困难等)。③无论目标症状如何,选择一种大多数情况下耐受性良好的药物、观察药物之间的相互作用、考虑潜在的心血管风险、从小剂量开始、缓慢增加剂量、持续评估临床表现、一次只用一种药物(单药治疗)、使用最低有效剂量。

Plantiera 等^[24]在其研究报道中,给出了有较好临床疗效的经验用药建议:β受体阻滞剂(普萘洛尔)能够改善攻击性(B 级);卡马西平和丙戊酸钠对躁动和攻击性有效,建议作为一线用药(专家共识);没有充分证据证明抗精神病药有效,洛沙平仅用于治疗急性攻击性危象,且在尽可能短的时间内使用,然后选择可替代的药物治疗或非药物治疗(专家共识);首选选择性 5-羟色胺再摄取抑制剂(舍曲林)治疗创伤后抑郁或躁郁症(B 级)。另外,只有在有精神疾病病史的情况下,才能长期使用抗精神病药物。首选副作用较小(特别是锥体外系副作用)的非典型抗精神病药(第 2 代,如奥氮平)^[25]。

二、行为治疗

神经行为障碍患者的行为康复涉及个体、家庭和社会 3 个层面,并应尽早使用行为支持等方法,进行更多的社会适应和行为恢复。另外,患者所处的环境也值得关注,有助于行为干预或调整环境,减少攻击性等行为。

1. 应用行为分析(applied behavior analysis, ABA): ABA 是将目标任务(即教学的知识、技能、行为、习惯等)按照一定的方式和顺序分解成一系列的较小的或者相对独立的步骤,然后采用适当的强化方法,按照任务分解确定的顺序逐步训练每个小步骤,直到患者掌握所有步骤,最终可以独立完成任务,并且在其他场合下能够应用其所学会的知识、技能。其基本原理包括:①行为改变原理,通过改变外部诱因(刺激),进而改变人的行为;②刺激-反应理论,在行为训练(学习)中,进行强化刺激的做法会产生条件反射;③操作性条件反射论,一个人的行为并非是非单纯刺激的反应,而多是根据他人的反应^[26]。

2. 认知行为疗法(cognitive behavioral therapy, CBT): 通过解释,使求治者改变认识,得到领悟而使症状得以减轻或消失,从而达到治病目的的一种心理治疗方法。家庭和社会的支持及患者的积极配合,与良好的康复效果密不可分,鼓励家属陪伴与亲友探视,有助于形成良好的家庭氛围,并给予患者更多的关心与照顾,缓解患者的压力,减轻患者的负担;同时启发、鼓励患者保持乐观情绪,引导患者发泄消极情绪,促进患者身心健康的恢复。网络辅助认知行为治疗(internet-assisted cognitive-behavioral therapy, ICBT)是一种利用网络技术提供认知行为治疗的方法,在一些研究中已经发现 ICBT 与面对面 CBT 具有相似的效果^[27]。

3. 神经反馈疗法(neurofeedback therapy, NFT): 借助于脑电生物反馈治疗仪将大脑皮质各区的脑电活动节律反馈出来,并对特定的脑电活动进行训练,通过训练选择性强化某一频段的脑电波,以达到预期的治疗目的^[28]。该疗法被广泛用于治疗与其他神经系统疾病相关的认知障碍,包括轻度颅脑损伤^[29]、多动症^[30]、癫痫^[31]、自闭症谱系障碍^[32-33]和抑郁^[34]。

4. 经颅磁刺激 (transcranial magnetic stimulation, TMS): TMS 是一种非侵入性脑刺激技术, 高频 (>1 Hz) 主要是兴奋作用, 低频 (≤ 1 Hz) 则是抑制作用, 通过双向调节大脑兴奋与抑制功能之间的平衡来治疗疾病。通过不同的强度、频率、刺激部位, 对不同患者的大脑功能状况进行调节。TMS 可以治疗精神分裂症阴性症状^[35]、抑郁症^[36]、强迫症^[37]、躁郁症^[38]、创伤后应激障碍等精神疾病^[39]。其中对抑郁症的治疗已经通过美国食品和药品管理局 (food and drug administration, FDA) 的认证。前额叶背外侧区 (dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) 与边缘结构脑区高度相关, 对抑郁症和情绪调节发挥着重要作用, 是目前最常用的刺激靶点^[40]; 另外, 左侧颞顶区和双侧额叶背侧区 TMS 可用于治疗幻听^[41]及幻视^[42]。

5. 经颅直流电刺激 (transcranial direct current stimulation, tDCS): tDCS 是一种非侵入性的, 利用恒定、低强度直流电调节大脑皮质神经元活动的神经调控技术。阳极刺激通常使皮质兴奋性增高, 阴极刺激则使皮质兴奋性降低。通过电极尺寸和定位、电流强度、刺激持续时间、每日的刺激序列数量以及刺激序列间隔等参数的不同, 产生不同的生理影响。研究表明, 选取前额叶皮质作为刺激区域, 通过调节皮质兴奋性来治疗抑郁症, 能够有效缓解抑郁症状和改善受损的认知功能, 疗效明显, 且持久稳定^[43-44]。Zhang 等^[22]采用 tDCS 对 10 例脑外伤后精神运动抑制状态的患者进行治疗, 治疗后患者的淡漠量表评分明显提高, 其机制可能与患者局部皮质神经元兴奋性、初级感觉运动区及前额叶之间的联系提高相关。

小结和展望

目前, 神经行为障碍仍有很多亟待解决的问题。首先, 现有研究文献样本量少, 试验设计不严谨, 多数研究缺乏对照组^[45]。其次, 临床对于神经行为障碍仍缺乏客观的评估方法及有效的干预措施, 对于适应性行为维持模式及治疗终点的判断仍需进一步探讨^[46]。另外, 神经行为损伤本身和脑损伤后继发心理反应之间的相互作用可能被低估, 目前还未被临床所重视^[47]。此外, 还要考虑到遗传因素、社会心理因素、疾病特征及损伤、疾病相关压力源的复杂交互作用对患者神经行为障碍的影响^[48]。

综上, 未来的研究需要进一步扩大样本量, 设计严谨的临床随机对照试验为神经行为障碍提供循证依据; 将量表评估与神经电生理、脑功能成像等多模态影像技术相结合, 为了解神经行为障碍的神经损伤机制提供更多的客观依据; 较常规药物治疗而言, 针对损伤机制的非侵入性脑刺激技术具有无创、起效快、疗程短、无毒副作用等优势, 可能是未来神经行为障碍治疗的热点研究方向。

参 考 文 献

[1] Zasler ND, Martelli MF, Jacobs HE. Neurobehavioral disorders [J]. *Handb Clin Neurol*, 2013, 110(3): 377-388. DOI: 10.1016/B978-0-444-52901-5.00032-0.

[2] Levin H. France establishes guidelines for treating neurobehavioral disorders following traumatic brain injury [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2016, 59(1): 74-77. DOI: 10.1016/j.rehab.2015.06.005.

[3] Shi Q, Presutti R, Selchen D, et al. Delirium in acute stroke: a sys-

tematic review and meta-analysis [J]. *Stroke*, 2012, 43(3): 645-649. DOI: 10.1161/STROKEAHA.111.643726.

- [4] Nygren DC, Lannsjö M, Stenberg M, et al. Behavioural problems in the first year after severe traumatic brain injury: a prospective multi-centre study [J]. *Clin Rehabil*, 2017, 4(31): 555-566. DOI: 10.1177/0269215516652184.
- [5] Shalev A, Liberzon I, Marmar C. Post-traumatic stress disorder [J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(25): 2459-2469. DOI: 10.1056/NEJMr1612499.
- [6] Wade DM, Howell DC, Weinman JA, et al. Investigating risk factors for psychological morbidity three months after intensive care: a prospective cohort study [J]. *Crit Care*, 2012, 16(5): 192. DOI: 10.1186/cc11677.
- [7] Fann JR, Burington B, Leonetti A, et al. Psychiatric illness following traumatic brain injury in an adult health maintenance organization population [J]. *Arch Gen Psychiatry*, 2004, 61(1): 53-61. DOI: 10.1001/archpsyc.61.1.53.
- [8] Van R, Cohen T, Wong J. Can traumatic brain injury cause psychiatric disorders [J]. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 2000, 12(3): 316-327. DOI: 10.1176/jnp.12.3.316.
- [9] Hiser J, Koenigs M. The multifaceted role of the ventromedial prefrontal cortex in emotion, decision making, social cognition, and psychopathology [J]. *Biol Psychiatry*, 2018, 83(8): 638-647. DOI: 10.1016/j.biopsych.2017.10.030.
- [10] Akiyama T, Koeda M, Okubo Y, et al. Hypofunction of left dorsolateral prefrontal cortex in depression during verbal fluency task: a multi-channel near-infrared spectroscopy study [J]. *J Affect Disord*, 2018, 231(15): 83-90. DOI: 10.1016/j.jad.2018.01.010.
- [11] Starkstein SE, Boston JD, Robinson RG. Mechanisms of mania after brain injury: 12 case reports and review of the literature [J]. *J Nerv Ment Dis*, 1988, 176(2): 87-100. DOI: 10.1097/00005053-198802000-00004.
- [12] Detweiler MB, Sherigar RM, Bader G, et al. Association of white matter lesions, cerebral atrophy, intracranial extravascular calcifications, and ventricular-communicating hydrocephalus with delirium among veterans [J]. *South Med J*, 2017, 110(6): 432-439. DOI: 10.14423/SMJ.0000000000000663.
- [13] Lochy A, Heering A, Rossion B. The non-linear development of the right hemispheric specialization for human face perception [J]. *Neuropsychologia*, 2019, 126(18): 10-19. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.06.029.
- [14] Walusinski O. Pathological yawning, laughing and crying [J]. *Front Neurol Neurosci*, 2018, 41(1): 40-49. DOI: 10.1159/000475691.
- [15] Cummings JL. Involuntary emotional expression disorder: definition, diagnosis, and measurement scales [J]. *CNS Spectr*, 2007, 12(4): 11-16. DOI: 10.1017/s1092852900025967.
- [16] McDonald S, Rushby JA, Dalton KI, et al. The role of abnormalities in the corpus callosum in social cognition deficits after traumatic brain injury [J]. *Soc Neurosci*, 2018, 13(4): 471-479. DOI: 10.1080/17470919.2017.1356370.
- [17] Flashman LA, Amador X, McAllister TW. Lack of awareness of deficits in traumatic brain injury [J]. *Semin Clin Neuropsychiatry*, 1998, 3(3): 201-210.
- [18] Kaufer DI. Neurobehavioral assessment [J]. *Continuum (Minneapolis)*, 2015, 21(3): 597-612. DOI: 10.1212/01.CON.0000466655.51790.2f.
- [19] Wu DY, Cai G, Yuan Y, et al. Application of nonlinear dynamics analysis in assessing unconsciousness: a preliminary study [J]. *Clin*

- Neurophysiol, 2011, 122 (3) : 490-498. DOI: 10.1016/j.clinph.2010.05.036.
- [20] Wu DY, Cai G, Zorowitz RD, et al. Measuring interconnection of the residual cortical functional islands in persistent vegetative state and minimal conscious state with EEG nonlinear analysis[J]. Clin Neurophysiol, 2011, 122 (10) : 1956-1966. DOI: 10.1016/j.clinph.2011.03.018.
- [21] 张旭, 侯俊, 段国平, 等. 经颅直流电刺激对脑外伤患者精神运动抑制状态的治疗作用[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33 (12) : 1405-1409. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.12.005.
- [22] Zhang X, Liu BH, Li N, et al. Transcranial direct current stimulation over prefrontal areas improves psychomotor inhibition state in patients with traumatic brain injury: a pilot study[J]. Front Neurosci, 2020, 5 (14) : 386. DOI: 10.3389/fnins.2020.00386.
- [23] Wiart L, Luauté J, Stefan A, et al. Non pharmacological treatments for psychological and behavioural disorders following traumatic brain injury (TBI). A systematic literature review and expert opinion leading to recommendations[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2016, 59 (1) : 31-41. DOI: 10.1016/j.rehab.2015.12.001.
- [24] Plantier D, Luauté J. Drugs for behavior disorders after traumatic brain injury: systematic review and expert consensus leading to French recommendations for good practice[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2016, 59 (1) : 42-57. DOI: 10.1016/j.rehab.2015.10.003.
- [25] Deborah L, Warden, Barry G, et al. Guidelines for the pharmacologic treatment of neurobehavioral sequelae of traumatic brain injury [J]. Neuro Trauma, 2006, 23 (10) : 1468-1501. DOI: 10.1089/neu.2006.23.1468.
- [26] Hopkins BL. Comments on the future of applied behavior analysis[J]. J Appl Behav Anal, 1987, 20 (4) : 339-346. DOI: 10.1901/jaba.1987.20-339.
- [27] Andersson G, Carlbring P. Internet-assisted cognitive behavioral therapy[J]. Psychiatr Clin North Am, 2017, 40 (4) : 689-700. DOI: 10.1016/j.psc.2017.08.004.
- [28] Nelson LA. The role of biofeedback in stroke rehabilitation: past and future directions[J]. Top Stroke Rehabil, 2007, 14 (4) : 59-66. DOI: 10.1310/tsr1404-59.
- [29] Bennett CN, Gupta RK, Prabhakar P, et al. Clinical and biochemical outcomes following EEG neurofeedback training in traumatic brain injury in the context of spontaneous recovery[J]. Clin EEG Neurosci, 2018, 49 (6) : 433-440. DOI: 10.1177/1550059417744899.
- [30] Sudnawa KK, Chirdkiatgumchai V, Ruangdaraganon N, et al. Effectiveness of neurofeedback versus medication for attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. Pediatr Int, 2018, 60 (9) : 828-834. DOI: 10.1111/ped.13641.
- [31] Haut SR, Gursky JM, Privitera M. Behavioral interventions in epilepsy [J]. Curr Opin Neurol, 2019, 32 (2) : 227-236. DOI: 10.1097/WCO.0000000000000661.
- [32] Thompson L, Thompson M, Reid A. Neurofeedback outcomes in clients with Asperger's Syndrome[J]. Appl Psychophysiol Biofeedback, 2010, 35 (1) : 63-81. DOI: 10.1007/s10484-009-9120-3.
- [33] Datko M, Pineda JA, Müller RA. Positive effects of neurofeedback on autism symptoms correlate with brain activation during imitation and observation[J]. Eur J Neurosci, 2018, 47 (6) : 579-591. DOI: 10.1111/ejn.13551.
- [34] Kaur C, Singh P, Sahni S, et al. Advanced spatially specific neurofeedback for symptoms of depression and its electroencephalographic correlates[J]. Altern Ther Health Med, 2019, 25 (3) : 54-63.
- [35] Brady RO, Gonsalvez I, Lee I, et al. Cerebellar-prefrontal network connectivity and negative symptoms in schizophrenia[J]. Am J Psychiatry, 2019, 176 (7) : 512-520. DOI: 10.1176/appi.ajp.2018.18040429.
- [36] Donse L, Padberg F, Sack AT, et al. Simultaneous rTMS and psychotherapy in major depressive disorder: clinical outcomes and predictors from a large naturalistic study[J]. Brain Stimul, 2018, 11 (2) : 337-345. DOI: 10.1016/j.brs.2017.11.004.
- [37] Rehn S, Eslick GD, Brakoulias V. A meta-analysis of the effectiveness of different cortical targets used in repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for the treatment of obsessive-compulsive disorder (OCD) [J]. Psychiatr Q, 2018, 89 (3) : 645-665. DOI: 10.1007/s11126-018-9566-7.
- [38] Yang LL, Zhao D, Kong LL, et al. High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) improves neurocognitive function in bipolar disorder[J]. J Affect Disord, 2019, 246 (1) : 851-856. DOI: 10.1016/j.jad.2018.12.102.
- [39] Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): an update (2014-2018) [J]. Clin Neurophysiol, 2020, 131 (2) : 474-528. DOI: 10.1016/j.clinph.2019.11.002.
- [40] Brunoni AR, Sampaio JB, Moffa AH, et al. Noninvasive brain stimulation in psychiatric disorders: a primer[J]. Braz J Psychiatry, 2019, 41 (1) : 70-81. DOI: 10.1590/1516-4446-2017-0018.
- [41] Dollfus S, Jaafari N, Guillin O, et al. High-frequency neuronavigated rTMS in auditory verbal hallucinations: a pilot double-blind controlled study in patients with schizophrenia [J]. Schizophr Bull, 2018, 44 (3) : 505-514. DOI: 10.1093/schbul/sbx127.
- [42] Invernizzi A, Halbertsma HN, Van AM, et al. rTMS treatment of visual hallucinations using a connectivity-based targeting method-a case study[J]. Brain Stimul, 2019, 12 (6) : 1622-1624. DOI: 10.1016/j.brs.2019.09.003.
- [43] Lefaucheur JP, Antal A, Ayache SS, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS) [J]. Clin Neurophysiol, 2017, 128 (1) : 56-92. DOI: 10.1016/j.clinph.2016.10.087.
- [44] Yokoi Y, Narita Z, Sumiyoshi T. Transcranial direct current stimulation in depression and psychosis: a systematic review [J]. Clin EEG Neurosci, 2018, 49 (2) : 93-102. DOI: 10.1177/1550059417732247.
- [45] Riggio S, Wong M. Neurobehavioral sequelae of traumatic brain injury [J]. Mt Sinai J Med, 2009, 76 (2) : 163-172. DOI: 10.1002/msj.20097.
- [46] Merritt BP, Kretzmer T, McKenzie-Hartman TL, et al. Neurobehavioral management of the polytrauma veteran [J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2019, 30 (1) : 133-154. DOI: 10.1016/j.pmr.2018.09.003.
- [47] Mooney LN, Dominick KC, Erickson CA. Psychopharmacology of neurobehavioral disorders [J]. Handb Clin Neurol, 2019, 165 (1) : 383-390. DOI: 10.1016/B978-0-444-64012-3.00023-X.
- [48] Patel DR, Merrick J. Neurodevelopmental and neurobehavioral disorders [J]. Transl Pediatr, 2020, 9 (1) : S1-S2. DOI: 10.21037/tp.2020.02.03.