

脊髓损伤后认知功能障碍及其影响因素研究进展

李雅静

中国康复研究中心, 北京 100068

通信作者: 李雅静, Email: 2274537590@qq.com

【摘要】 脊髓损伤后认知障碍发生率较高。脊髓损伤后认知障碍的临床表现主要是记忆力、注意力、信息处理速度、解决问题能力、执行能力等方面的能力降低。造成认知障碍的原因主要是合并颅脑损伤, 脊髓损伤后大脑结构的改变及脊髓损伤并发症, 如心理障碍、体位性低血压、睡眠呼吸暂停等。尽早识别脊髓损伤引起的认知障碍, 积极干预, 有利于患者的康复。

【关键词】 脊髓损伤; 认知障碍; 颅脑损伤; 焦虑抑郁; 体位性低血压; 睡眠呼吸暂停

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.05.021

脊髓损伤是由多种原因引起的脊髓结构和功能损害, 引起损伤平面以下神经功能(运动、感觉以及自主神经等功能)障碍, 造成不同程度的四肢瘫或截瘫, 是一种严重的致残性创伤性疾病^[1]。20 世纪 40 年代前, 脊髓损伤后数周存活率为 10%~20%。20 世纪末至 21 世纪初, 脊髓损伤患者 40 年生存率大约为 50%^[1]。随着脊髓损伤患者存活率的提高, 康复的需求日益增多。有研究报道, 在康复过程中, 部分患者不能积极参与和坚持治疗, 其原因可能与这些患者并发了脊髓损伤后的认知功能损害有关^[3]。认知功能为人脑的高级生理活动, 由多个认知域构成, 包括定向力、注意、记忆、计算、分析、综合、理解、判断、思考能力、执行能力等, 若其中一个认知域发生障碍, 则称为该认知域的障碍, 如记忆障碍、计算障碍、定向障碍等, 若多个认知域发生障碍, 则称为认知功能障碍^[3]。

背景

检索国内外文献发现, 有 10%~60% 的脊髓损伤患者存在认知功能障碍。Rens 等^[4]在 1989 年指出脊髓损伤者发生认知功能障碍的概率在 10%~40%; Craig 等报道大约 60% 的脊髓损伤患者有认知功能障碍, 且脊髓损伤发生认知功能障碍的风险是正常人的 13 倍^[5]; Davidoff 等^[6]研究发现, 10%~60% 的脊髓损伤患者表现出不同方面的认知功能受损; Dowler 等^[7]对脊髓损伤 17 年后的 91 名慢性脊髓损伤患者和 75 名健康者进行了 16 项神经心理测试(包括符号数字模态测试、颜色与文字的冲突实验、韦氏记忆量表、言语学习测试等), 并对最后的得分进行荟萃分析, 结果显示 60% 的患者存在认知功能障碍(包括注意力、信息处理速度、执行能力、记忆力)。

在动物实验中, 也发现了脊髓损伤后存在认知功能障碍, Wu 等^[8]研究发现, 海马体和大脑皮质会产生炎症, 从而导致认知功能障碍及抑郁样行为, 与脊髓损伤可显著降低细胞周期基因及蛋白的表达、小胶质细胞活化、脑神经退变有关, 研究者在小鼠脊髓损伤后 1 d、8 d 和 3 个月时, 采用标准水迷宫实验评估海马依赖的学习和记忆能力, 以此确定脊髓损伤小鼠是否有认知功能障碍, 结果表明脊髓损伤小鼠学习和记忆能力均受损。

也有研究报道, 脊髓损伤后不发生或极少发生认知功能障

碍。Dowler 等^[9]选取了 75 例创伤性脊髓损伤患者和 64 位健康者, 两组都接受了全面的神经心理测试, 评估了认知功能的 4 个领域, 包括信息处理速度、记忆、注意力/执行功能和视觉空间技能。结果显示, 与对照组比较, 脊髓损伤组只有信息处理速度受损。Wingfield 等^[10]将 3 名长期四肢瘫患者与年龄相匹配的正常人进行认知功能方面的比较(短期和工作记忆、抑制干扰能力和信息处理速度), 结果显示患者的认知功能未发生明显损害。

大多数研究结果均表明脊髓损伤后认知功能会产生损伤, 但有关损伤的发生率尚无统一论。分析认为, 可能是由于评估认知功能时使用的量表、样本量、脊髓损伤的水平、实验参与者的年龄、教育水平等不同所导致。此外, 脊髓损伤后的合并症以及并发症也会对认知功能产生一定的影响, 如颅脑损伤、焦虑、抑郁、睡眠呼吸障碍、疼痛、疲劳等^[11]。

临床表现

脊髓损伤后认知障碍的临床表现为记忆力、注意力、信息处理速度、处理问题能力、执行能力等方面的能力降低。Davidoff 等^[6]指出脊髓损伤后主要是记忆力、注意力、处理问题能力等方面发生障碍; Dowler 等^[8]实验表明脊髓损伤患者的认知障碍表现为注意力、信息处理速度、执行能力、记忆力受损; Hess 等^[12]研究表明脊髓损伤患者在信息处理速度方面存在障碍; Macciocchi 等^[13]研究证实脊髓损伤患者的信息处理速度、记忆力和处理问题能力下降; Chiaravalloti 等^[14]发现脊髓损伤患者的信息处理速度、记忆力等认知能力显著降低。综上, 脊髓损伤患者的临床表现主要是出现多个认知域的障碍, 包括记忆力、注意力、信息处理速度、执行力等, 这些能力的降低直接影响患者参与康复的主动性及康复训练效果, 康复团队应密切观察患者的异常表现, 对脊髓损伤后并发认知障碍的患者做到早识别、早诊断、早治疗。

影响因素

一、大脑结构变化

脊髓损伤后, 由于上行传导束和下行传导束的损伤, 间接导致脑部相应功能区的皮质萎缩, 相邻的皮质功能区通过树突

重构和再生轴突发芽等一系列方式,逐步向萎缩的脑区延伸,从而使大脑发生广泛重塑^[15]。fMRI 可以直观地显示大脑皮质的改变。Curt 等^[16]结合 fMRI 发现,脊髓损伤截瘫患者对掌运动时初级运动皮质(M1)、非初级运动皮质、顶叶及小脑激活较正常对照组增加,提示脊髓损伤后脑功能重塑可能涉及整个中枢神经网络。Guo 等^[17]研究发现脊髓损伤后患者的大脑白质发生了变化,且截瘫和四肢瘫患者大脑白质的微观结构变化也不同,这可能是由于脱髓鞘病变导致。对上述研究结论进行总结后,推测脊髓损伤后大脑结构的改变可能是认知功能发生障碍的结构基础。

二、合并颅脑损伤

脊髓损伤的常见原因包括交通事故、高处坠落、砸伤,其也是导致颅脑损伤的常见原因,因此脊髓损伤的患者往往也合并颅脑损伤,导致与认知功能有关的部位受损。造成认知功能障碍的因素是多种多样的,其中最主要的是颅脑损伤^[18]。文献报道,脊髓损伤合并颅脑损伤的发生率为 16%~74%,每项研究的发生率各不相同,可能是由于实验设计、样本量、诊断标准以及诊断环境的不同而导致。Ghobrial 等^[19]对 20 年内美国住院患者样本数据库内的相关研究进行回顾性分析,发现脊髓损伤合并颅脑损伤的发病率呈逐年上升趋势。

2004 年, Macciocchi 等^[20]进行了一项回顾性比较研究,对脊髓损伤患者和脊髓损伤并发颅脑损伤患者的数据进行对比(主要是功能独立性评分量表结果的对比),结果发现脊髓损伤合并颅脑损伤患者的功能独立性量表评分明显低于脊髓损伤患者的分数,而且在康复过程中功能获益较小。2008 年, Macciocchi 等^[21]在美国国家残疾康复研究所选取了 198 名脊髓损伤患者,对患者进行体格检查、问卷调查(功能独立性评分量表)、影像学检查等,最终确定在这 198 名脊髓损伤患者中有 118 名(60%)患者同时患有颅脑损伤,可见颅脑损伤是脊髓损伤常见的合并症,且研究发现脊髓损伤后认知功能障碍与颅脑外伤的严重程度呈正比。2012 年, Macciocchi 等^[13]采用一系列神经心理学测试对 189 位脊髓损伤并发颅脑损伤患者进行研究,结果发现脊髓损伤并发颅脑损伤患者的运动功能较单一脊髓损伤患者差,康复时间更长,处理速度、理解能力、记忆力和解决问题能力下降,表明颅脑损伤对脊髓损伤后的认知后遗症有加重作用。2013 年的一项研究结果与以往研究结果有所不同, Macciocchi 等^[22]对脊髓损伤患者和脊髓损伤合并轻微脑损伤患者的认知功能进行了神经心理学测试,包括评估视觉、语言、记忆、知觉推理、处理速度,结果显示两组患者的表现都低,轻微的脑损伤对脊髓损伤患者的认知功能的影响可忽略不计。

Bradbury 等^[23]从多伦多康复医院脊髓康复组选取 10 例脊髓损伤合并颅脑损伤的患者,与 10 例仅有脊髓损伤的患者进行比较,结果显示脊髓损伤合并颅脑损伤的患者存在长期的意识丧失、康复费用增加、临床资源的需求更大等问题,神经心理测试表现明显较差,在脊髓损伤合并颅脑损伤组中可以观察到更多的精神病理学证据。Tolonen 等^[24]运用美国康复医学会对颅脑损伤的诊断标准,对 31 例脊髓损伤的患者进行诊断评估,结果发现 31 例患者中有 23 例(74%)患者同时患有创伤性脑损伤。有研究认为,部分创伤性脊髓损伤患者也可能是伴随有认知后遗症的闭合性脑损伤患者。Davidoff 等^[25]对 30 名创伤性脊髓损伤患者进行了一项前瞻性研究,以确定闭合性脑损伤和

认知功能障碍的发生率,其对脊髓损伤后 8~12 周内的患者进行 Halstead 分类试验(Halstead category test, HCT),如果患者出现 51 次或以上的错误,则视为异常,结果显示 11 名(57%)患者 HCT 评分异常,提示存在认知功能障碍。伴随闭合性脑损伤和脊髓损伤患者的 HCT 平均分为 65.2,未发闭合性脑损伤的脊髓损伤患者的 HCT 平均分为 46.3。Hess 等^[12]研究发现,虽然脊髓损伤患者的表现普遍优于颅脑损伤患者,但在实施的 10 项神经心理测试中,有 5 项测试结果的组间比较差异无统计学意义。超过 40%的脊髓损伤患者在处理速度、运动速度和语言学习方面存在障碍。

在脊髓损伤急性期监护住院期间,由于脊髓损伤的临床表现更明显,轻度和中度颅脑损伤的诊断可能会被忽略。因此,脊髓损伤患者在接受康复治疗时,应评估是否伴有颅脑损伤^[26]。

三、心理障碍

脊髓损伤易并发焦虑、抑郁等心理障碍。脊髓损伤属于一种应激事件,急性应激事件引起的应激反应通常是有益的,可以保护个体免受伤害,对生存适应至关重要,但慢性应激则会引起生物化学、生理和心理的变化,导致神经精神疾病,尤其是焦虑或抑郁^[27]。脊髓损伤患者经常同时患有焦虑和抑郁^[28]。脊髓损伤患者心理障碍的发生率是普通人的两倍^[29]。目前关于心理障碍对脊髓损伤后认知功能影响的研究很少,还需进一步研究。

Shnek 等^[30]对 80 例脊髓损伤患者进行了流行病学研究中心抑郁量表和认知信念问卷调查,结果显示脊髓损伤患者的认知功能与抑郁程度呈负相关。Craig 等^[31]对 88 例出院 6 个月的脊髓损伤患者的纵向评估中,进行了结构化的诊断性精神病学访谈及认知能力评估,结果显示有认知功能障碍的患者在出院后易发生心理障碍,且认知功能是预测患者出院后进入社区是否会发生心理障碍的一个有力因子。Craig 等^[32]选取了 41 例脊髓损伤患者和 41 例相匹配的健康人,进行研究后发现心理障碍的患者往往存在认知功能障碍。

Clarke 等^[33]选取了 21 名轻度颅脑损伤患者,19 名脊髓损伤但无颅脑损伤的患者及 20 名健康人,所有参与者都完成了认知功能和抑郁、焦虑的评估,并接受了多种神经心理学测试,结果发现心理状况可在一定程度上用于预测认知功能是否受损。

四、心脑血管功能

体位性低血压是脊髓损伤后常见的并发症,大多数学者认为可能的发生机制是脊髓损伤导致血管运动中枢与交感神经节前神经元之间的传导通路发生中断,导致正常的中枢神经短期血压调节功能机制发生障碍^[34]。2010 年, Jegede 等^[35]研究表明,在脊髓损伤人群中低血压与认知功能障碍之间存在联系,脊髓损伤伴低血压的患者记忆力、注意力、处理速度等认知功能明显受损。脊髓损伤后体位性低血压可能破坏神经血管偶联,即神经系统中神经元、血管和其他细胞(如星形胶质细胞等)之间的相互作用,由于这种相互作用是神经活动、血流动力学因素和细胞间信号传导关系的基础,可使神经元活动的增加与灌注同步,从而促进大脑功能网络内的交流,因此,该偶联过程的破坏将引起脑血管储备下降,进而导致大脑灌注不足而引起认知障碍^[36]。Perlmutter 等^[37]研究也表明了慢性低血压患者

的认知功能障碍是由于脑血管血流灌注减少所致。Dusecek 等^[38]认为长期的低血压伴随着认知能力的下降,主要涉及注意力和记忆力,并指出可能的生理机制为大脑皮质活动减少,进行性脑灌注减少,脑灌注对认知需求的调节减少,脑组织代谢供应的减少,进而导致了认知缺陷。Wecht 等^[34]研究表明,与血压正常的脊髓损伤患者相比,低血压的脊髓损伤患者在记忆力、注意力及处理速度等认知水平方面有缺陷。除了低血压,高血压也会引起认知功能障碍,Phillips 等^[39]研究表明,脊髓损伤后脑血流量调节障碍会增加发生认知功能障碍的风险。

五、睡眠呼吸暂停

睡眠呼吸暂停是四肢瘫患者常见的并发症,患病率是正常人的 2~3 倍,可导致动脉血氧饱和度降低,进而引起脊髓损伤患者的认知功能受损。Sajkov 等^[40]对脊髓损伤所致的四肢瘫患者进行了神经心理测试,未发现睡眠呼吸暂停与认知损害之间有直接的关系,但发现了严重的氧饱和度下降($\text{SaO}_2 < 80\%$)与认知功能受损有关。不同严重程度的睡眠呼吸暂停对脊髓损伤后认知功能的影响也不同。Schembri 等^[41]对脊髓损伤所致的四肢瘫患者的睡眠呼吸暂停进行分类并进行了一系列测试,结果显示与轻度和中度睡眠呼吸暂停相比,患有重度睡眠呼吸暂停的患者在注意力、信息处理能力、回忆能力等认知功能上的表现较差。

局限及展望

脊髓损伤患者康复的最终目的是实现最大程度的功能恢复,包括身体功能和心理层面的恢复,从而重返家庭、社区及社会。在康复过程中有很多因素制约了康复进程的推进,例如脊髓损伤后的认知功能障碍就常常被忽略。大量研究表明脊髓损伤患者并发认知障碍的概率高达 60%,而目前临床上较少对脊髓损伤患者进行认知功能筛查,易导致认知障碍被忽略,严重影响康复治疗。未来可加强对脊髓损伤患者认知功能的检查,一旦发现,积极进行认知方面的治疗,积极调整康复方案,设计出适合认知功能障碍的脊髓损伤患者的康复训练计划,同时为患者出院后的社区生活做好准备,培养患者新的技能以及自我护理能力等;同时还需对患者家属进行积极宣教。现有脊髓损伤后认知功能障碍的研究,不能完全排除颅脑损伤的影响,未来可对参与者采用更严格的纳入标准,并对排除颅脑损伤的脊髓损伤个体进行分析。

参 考 文 献

- [1] Pozeg P, Palluel E, Ronchi R, et al. Virtual reality improves embodiment and neuropathic pain caused by spinal cord injury[J]. *Neurology*, 2017, 89 (18): 1894-1903. DOI: 10.1212/WNL.0000000000004585.
- [2] Middleton JW, Dayton A, Walsh J, et al. Life expectancy after spinal cord injury: a 50-year study[J]. *Spinal Cord*, 2012, 50 (11): 803-811. DOI: 10.1038/sc.2012.55.
- [3] Cohen ML, Tulsy DS, Holdnack JA, et al. Cognition among community-dwelling individuals with spinal cord injury[J]. *Rehabil Psychol*, 2017, 62 (4): 425-434. DOI: 10.1037/rep0000140.
- [4] Roth E, Davidoff G, Thomas P, et al. A controlled study of neuropsychological deficits in acute spinal cord injury patients[J]. *Spinal*

- Cord*, 1989, 27 (6): 480-489. DOI: 10.1038/sc.1989.75.
- [5] Craig A, Guest R, Tran Y, et al. Cognitive impairment and mood states following spinal cord injury[J]. *J Neurotrauma*, 2017, 6 (34): 1156-1163.
- [6] Davidoff GN, Roth EJ, Richards JS. Cognitive deficits in spinal cord injury: epidemiology and outcome[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992, 73 (3): 275-284.
- [7] Dowler RN, Harrington DL, Haaland KY, et al. Profiles of cognitive functioning in chronic spinal cord injury and the role of moderating variables[J]. *J Int Neuropsychol Soc*, 1997, 3 (5): 464-472.
- [8] Wu J, Zhao Z, Sabirzhanov B, et al. Spinal cord injury causes brain inflammation associated with cognitive and affective changes: role of cell cycle pathways [J]. *J Neurosci*, 2014, 34 (33): 10989-11006. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5110-13.2014.
- [9] Dowler RN, O'Brien SA, Haaland KY, et al. Neuropsychological functioning following a spinal cord injury [J]. *Appl Neuropsychol*, 1995, 2 (3-4): 124-129. DOI: 10.1080/09084282.1995.9645349.
- [10] Wingfield A, Tun CG, Gomez PT, et al. Preservation of cognitive function after long-term tetraplegia [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2003, 82 (7): 547-555. DOI: 10.1097/01.PHM.0000073829.37568.8F.
- [11] Sachdeva R, Gao F, Chan CH, et al. Cognitive function after spinal cord injury [J]. *Neurology*, 2018, 91 (13): 611-621. DOI: 10.1212/WNL.0000000000006244.
- [12] Hess DW, Marwitz JH, Kreutzer JS. Neuropsychological impairments after spinal cord injury: a comparative study with mild traumatic brain injury [J]. *Rehabil Psychol*, 2003, 48 (3): 151-156.
- [13] Macciocchi S, Seel RT, Warshowsky A, et al. Co-occurring traumatic brain injury and acute spinal cord injury rehabilitation outcomes [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93 (10): 1788-1794. DOI: 10.1016/j.apmr.2012.01.022.
- [14] Chiaravalloti ND, Weber E, Wylie G, et al. Patterns of cognitive deficits in persons with spinal cord injury as compared with both age-matched and older individuals without spinal cord injury [J]. *J Spinal Cord Med*, 2018, 43 (1): 88-97. DOI: 10.1080/10790268.2018.1543103.
- [15] Nishimura Y, Isa T. Cortical and subcortical compensatory mechanisms after spinal cord injury in monkeys [J]. *Exp Neurol*, 2012, 235 (1): 152-161. DOI: 10.1016/j.expneurol.2011.08.013.
- [16] Curt A, Alkadhhi H, Crelier GR, et al. Changes of non-affected upper limb cortical representation in paraplegic patients as assessed by fMRI [J]. *Brain*, 2002, 125 (11): 2567-2578. DOI: 10.1093/brain/awf250.
- [17] Guo Y, Gao F, Liu Y, et al. White matter microstructure alterations in patients with spinal cord injury assessed by diffusion tensor imaging [J]. *Front Hum Neurosci*, 2019, 13 (11): 136. DOI: 10.3389/fnhum.2019.00011.
- [18] North N. The psychological effects of spinal cord injury: a review [J]. *Spinal Cord*, 1999, 37 (5): 671-679.
- [19] Ghobrial GM, Amenta PS, Maltenfort M, et al. Longitudinal incidence and concurrence rates for traumatic brain injury and spine injury—a twenty-year analysis [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2014, 123 (1): 174-180. DOI: 10.1016/j.clineuro.2014.05.013.
- [20] Macciocchi SN, Bowman B, Coker J, et al. Effect of co-morbid traumatic brain injury on functional outcome of persons with spinal cord injuries [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2004, 83 (1): 22-26. DOI: 10.

- 1097/01.PHM.0000104661.86307.91.
- [21] Macciocchi S, Seel RT, Thompson N, et al. Spinal cord injury and co-occurring traumatic brain injury: assessment and incidence[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(7): 1350-1357. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.11.055.
- [22] Macciocchi SN, Seel RT, Thompson N. The impact of mild traumatic brain injury on cognitive functioning following co-occurring spinal cord injury[J]. Arch Clin Neuropsychol, 2013, 28(7): 684-691. DOI: 10.1093/arclin/act049.
- [23] Bradbury CL, Wodchis WP, Mikulis DJ, et al. Traumatic brain injury in patients with traumatic spinal cord injury: clinical and economic consequences[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(12): 77-84. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.07.008.
- [24] Tolonen A, Turkka J, Salonen O, et al. Traumatic brain injury is under-diagnosed in patients with spinal cord injury[J]. J Rehabil Med, 2007, 39(8): 622-626. DOI: 10.2340/16501977-0101.
- [25] Davidoff G, Morris J, Roth E, et al. Cognitive dysfunction and mild closed head injury in traumatic spinal cord injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1985, 66(8): 489-491.
- [26] Kushner DS, Alvarez G. Dual Diagnosis[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2014, 25(3): 681-696. DOI: 10.1016/j.pmr.2014.04.005.
- [27] Rivat C, Becker C, Blugeot A, et al. Chronic stress induces transient spinal neuroinflammation, triggering sensory hypersensitivity and long-lasting anxiety-induced hyperalgesia[J]. Pain, 2010, 150(2): 358-368. DOI: 10.1016/j.pain.2010.05.031.
- [28] Sakakibara BM, Miller WC, Orenczuk SG, et al. A systematic review of depression and anxiety measures used with individuals with spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2009, 47(12): 841-851. DOI: 10.1038/sc.2009.93.
- [29] Migliorini C, Sinclair A, Brown D, et al. Prevalence of mood disturbance in Australian adults with chronic spinal cord injury[J]. Intern Med J, 2015, 45(10): 1014-1019. DOI: DOI: 10.1111/imj.12825.
- [30] Shnek ZM, Foley FW, Larocca NG, et al. Helplessness, self-efficacy, cognitive distortions, and depression in multiple sclerosis and spinal cord injury[J]. Ann Behav Med, 1997, 3(19): 287-294. DOI: 10.1007/BF02892293.
- [31] Craig A, Perry KN, Guest R, et al. Prospective study of the occurrence of psychological disorders and comorbidities after spinal cord injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(8): 1426-1434. DOI: 10.1016/j.apmr.2015.02.027.
- [32] Craig A, Tran Y, Wijesuriya N, et al. Fatigue and tiredness in people with spinal cord injury[J]. J Psychosom Res, 2012, 73(3): 205-210. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2012.07.005.
- [33] Clarke LA, Genat RC, Anderson JF. Long-term cognitive complaint and post-concussive symptoms following mild traumatic brain injury: the role of cognitive and affective factors[J]. Brain Inj, 2012, 26(3): 298-307. DOI: 10.3109/02699052.2012.654588.
- [34] Wecht JM, Bauman WA. Decentralized cardiovascular autonomic control and cognitive deficits in persons with spinal cord injury[J]. J Spinal Cord Med, 2013, 36(2): 74-81. DOI: 10.1179/2045772312Y.0000000056.
- [35] Jegede AB, Rivera RD, Bauman WA, et al. Cognitive performance in hypotensive persons with spinal cord injury[J]. Clin Auton Res, 2010, 20(1): 3-9. DOI: 10.1007/s10286-009-0036-z.
- [36] Novak V, Hajjar I. The relationship between blood pressure and cognitive function[J]. Nat Revs Cardiol, 2010, 7(12): 686-698. DOI: 10.1038/nrcardio.2010.161.
- [37] Perlmutter LC, Langer EJ. A review of orthostatic blood pressure regulation and its association with mood and cognition[J]. Clin Auton Res, 2008, 1(2): 37-43.
- [38] Duschek S, Schandry R. Reduced brain perfusion and cognitive performance due to constitutional hypotension[J]. Clin Auton Res, 2007, 17(2): 69-76.
- [39] Phillips AA, Ainslie PN, Krassioukov AV, et al. Regulation of cerebral blood flow after spinal cord injury[J]. J Neurotrauma, 2013, 30(18): 1551-1563. DOI: 10.1089/neu.2013.2972.
- [40] Sajkov D, Marshall R, Walker P, et al. Sleep apnoea related hypoxia is associated with cognitive disturbances in patients with tetraplegia[J]. Spinal cord, 1998, 36(4): 231-239. DOI: 10.1038/sj.sc.3100563.
- [41] Schembri R, Spong J, Graco M, et al. Neuropsychological function in patients with acute tetraplegia and sleep disordered breathing[J]. Sleep, 2017, 40(2): 492. DOI: 10.1093/sleep/zsw037.

(修回日期:2020-03-21)

(本文编辑:凌 琛)