

认知双重任务对脑卒中后平衡及步行功能的影响

郑旺^{1,2}, 周煜达¹, 邱纪方^{1,2}

【关键词】 认知双重任务; 脑卒中; 平衡; 步行功能

【中图分类号】 R49; R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2024.04.010

在脑卒中后患者中,约80%存在肢体功能障碍^[1],83%的患者恢复期存在平衡功能障碍^[2],是导致脑卒中患者跌倒风险增加的主要因素^[3],而除了运动功能障碍外,约50%的脑卒中患者都有不同程度的认知功能障碍^[4],特别是注意力缺陷,同样是影响跌倒的重要因素^[5]。尤其在进行一些需要皮层和高级认知过程高度参与运动反应的规划和执行的复杂活动中,如进行认知双重任务时,额外认知任务可能会造成注意力的分散,并且随着认知任务、平衡与步行任务难度的提升与本身的生理机能衰退,额外任务干扰会直接影响功能性动作控制和感觉系统信息整合的能力^[6]。然而认知双重任务在脑卒中患者出院的日常生活也很常见,如一边走路一边打电话或关注周围环境的动态变化等,这些都要求患者具有一定的认知能力,如 Lord 等^[7]所发现的,即使标准平衡测试与步态评测中结果良好者,仍有1/3的患者不能在无任何辅助下进行社区活动,这可能是由于脑卒中患者在认知双重任务适应方面存在困难,导致在回归社区后常常出现跌倒、步行功能减退等现象。要解决该类问题,需深入理解认知双重任务对脑卒中后平衡及步行功能的影响。目前,有关认知双重任务对平衡及步行功能影响的机理研究包括中枢资源容量共享理论和瓶颈理论^[8-9],以及从瓶颈理论衍化出的执行控制交互作用理论,这些均在一定程度上解释了与健康人相比,脑卒中患者任务完成效果的下降更明显的原因,可能与患者脑损伤导致总体注意力资源不足和注意力资源分配不平衡有关^[10]。即有限的注意力资源无法足够且合理地分配给两个任务,导致脑卒中患者姿势控制的异常,进而表现为平衡和步行功能的障碍。

1 认知双重任务对平衡、步行功能的影响

对站立位下的姿势摆动程度分析可以一定程度上反映受试者的平衡控制能力,有研究者做了关于认知双重任务对于脑卒中患者姿势摆动方面的影响研究,威维璜等^[11]比较了脑卒中患者单纯站立和站立并同时执行计算任务下的压力中心的摆动区域,发现压力中心的摆动区域较前者显著增加;同样, Negahban^[12]的研究选择 Stroop 测试比较认知双重任务对脑卒中患者压力中心位移的影响,认知双重任务使脑卒中患者压力中心的摆动增加,这可通过中枢资源容量共享理论来解释,即注意力资源总量是有限的,当双任务操作的注意力需求超过了受试者自身皮层中枢的处理能力,则出现认知任务干扰效应^[13],并且从 Negahban 的试验结果来看,困难的 Stroop 测试比简单的 Stroop 测试干扰效应更强;然而,Hyndman 等^[14]的研究表明了认知双重任务对站立位下姿势摆动的影响结果存在部分差异,受试者在保持舒适站立姿势条件下执行简单的回忆购物清单双重任务时内侧-外侧和前后方向的姿势摆动较单任务减少,其中在内外侧摆动减少了38%,这表明保持姿势稳定的同时执行简单回忆购物清单任务促进了平衡表现,该结果有解释为自由度冻结策略^[15],即额外的认知任务将受试者原本用于保持姿势平衡的注意力向认知任务转移,促进了主动肌与拮抗肌的协同收缩,提高了肌肉的紧张度,从而减少了控制的自由度,从外部特征看是促进平衡表现;也有解释是额外的认知任务可通过将受试者原本用于保持姿势平衡的注意力部分或全部转移至认知任务上,相对增加了平衡控制的自动化水平,从而促进平衡表现^[16],然而在计算任务和 Stroop 测试等任务中,未发现促进平衡表现的结果,显然,这与具体的认知类型和困难程度有关^[17]。

对于步行功能,脑卒中患者在步行的同时执行认知任务(即双重任务)比健康人更困难,与只执行步行

基金项目:浙江康复医疗中心 2023 年度院级科研课题(ZKYJ2307)

收稿日期:2023-01-29

作者单位:1. 浙江中医药大学附属康复医院(浙江康复医疗中心),杭州 310053;2. 浙江中医药大学第三临床医学院、康复医学院,杭州 310053

作者简介:郑旺(1996-),男,在读硕士,主要从事神经康复及骨科康复方面的研究。

通讯作者:邱纪方,2401473907@qq.com

单任务相比,有研究发现双重任务下受试者的臀部和膝盖弯曲减少,导致姿势摆动增加^[18]、步态速度变慢^[19]、步幅时间变长、步长变短,步态变异性比单独行走时更大^[20-21],其中对脑卒中患者影响最显著的是步行速度,也是与健康老年人相比下降最明显的,不仅如此,Manaf 等^[22]还发现双重任务干扰下,脑卒中患者的转弯协调性也明显下降。

除了临床评估指标外,在保持直立姿势和步行期间的大脑活动同样存在差异,Narayan 等^[23]从解剖学的角度认为前额叶皮质区(pre-frontal cortex,PFC)是脑卒中患者运动控制和双重任务的脑区;Wittenberg 等^[24]进一步对认知干预下站立平衡期间的皮层活动进行 Meta 分析,有 13 项通过使用功能性近红外光谱技术(functional near-infrared spectroscopy,fNIRS)进行高级脑功能成像分析动态平衡的研究均表明认知任务对前额叶皮层(prefrontal cortex,PFC)、辅助运动区(supplementary motor area,SMA)和前运动皮层(premotor cortex,PMC)产生了激活;Liu 等^[25]研究发现,脑卒中患者在步行的同时进行认知干预,与只执行行走相比,前额叶皮层的激活有所增加;Hermans 等^[26]发现在对脑卒中患者增加不同程度的认知负荷可以观察到前额叶皮质氧合血红蛋白增加,同时步行速度会降低;Lim 等^[27]研究更进一步发现在认知双重任务步行期间,前额叶、运动前皮层和后顶叶皮层的激活效应增加,并且通过增加认知任务的难度可观察到这些区域激活程度的进一步增加,但步行速度有相应的下降,但与简单的认知任务相比,更高难度的认知任务与皮层激活增加率的相关性较低,与步行速度下降率的相关性同样较低,这表明受试者在认知任务和步行功能之间的优先级上存在权衡。通过这些研究可以明确的是,认知双重任务可以增加脑区的前额叶、运动前、辅助运动和顶叶皮层区域的激活,尤其是前额叶皮质区。

2 影响认知双重任务下脑卒中患者平衡与步行功能的因素

双重任务与单任务存在的差异可能取决于以下几个因素,包括任务的优先级(优先处理哪项任务);任务类型;难度级别等外部因素;脑卒中患者自身的特点,例如,受试者本身的认知和运动能力、害怕摔倒的心理、测试过程中注意力集中程度等内部因素。首先是关于双重任务下脑卒中患者对于任务的优先级排序,即在任务过程中是否对注意力资源的分配进行明显权衡,脑卒中引起的认知缺陷可能会限制脑卒中患者像执行单个任务一样高效地执行两个同时进行任务的能

力,这意味着两项任务之间存在着优先排序策略^[28],即将一个作为主要任务,另一个为次要任务,Tisserand 等^[29]对受试者采取无优先级的方式下测试,发现与单任务运动相比,在认知运动干扰下,认知表现较动态稳定性表现下降更明显,这可能是为了保证运动的安全,脑卒中患者会较优先考虑自身动态稳定性而不是认知功能,不过在实际执行过程中对于任务优先排序的策略与具体的认知任务、步行任务的组合以及自身因素的有关^[19],若外界引导其中一个任务优先处理时则会产生不同的影响,如 Ohzuno 等^[30]发现认知优先级的条件下测试用时和步行步数增加,步行功能下降。其次,选取的认知任务的类型和困难程度会影响脑卒中患者的平衡和步行能力的测试结果,首先,不同类型的认知任务对脑卒中患者平衡的影响结果是不同的,对于平衡功能,计算和冲突抑制测试可增加双下肢压力中心的摆动,而听觉记忆测试如简单的回忆数字清单和涉及反应时间的测试可以降低压力中心摆动^[31-32];对于步行功能,言语任务会对步行产生负面影响,而 Stroop 任务则不会影响步行任务,而是出现 Stroop 任务的准确率降低和反应时间延长^[33]。不仅如此,不同类型的认知任务对平衡与步行的影响程度也不同,如同样是增加平衡摆动,Jehu 等^[34]研究发现站立位下执行言语流畅性测试任务比连续减法任务的平衡摆动要大;Haggard 等^[35]比较了计算任务、视觉空间决策任务、口头单词生成任务和词语配对任务等不同的认知任务对步幅的影响,四种认知任务均对步幅产生负面影响,但影响结果存在差异,计算任务对步幅降低程度影响最大,其次是视觉空间决策任务和单词生成任务,最后是词语配对任务;Patel 等^[36]分析了四项认知任务,即视运动反应时间(visuomotor reaction time,VMRT)任务、单词列表生成(word list generation,WLG)任务、序列减法(serial subtraction,SS)任务和 Stroop 任务对于脑卒中患者步速的影响,以确定步速与特定认知过程间的相互作用,其结果同样显示了四项认知任务对步态参数的负面影响是不同的,其中,STR 任务的步速表现下降最明显,VMRT 任务对步速的影响最小;此外,不同困难程度的同种认知测试对平衡与步行功能的影响也不同,比如与完成简单的抑制测试相比,困难的抑制测试使受试者站立时压力中心的摆动较前者增加,与完成简单的听觉记忆测试相比,困难的听觉记忆测试使受试者压力中心摆动的平均速度、内-外侧和前后方向的摆动幅度增加,Ohzuno 等^[30]发现当串联减法由-3 升级到-7 后,计时起立行走测试用时和步行步数增加。综上所述,认知测试的种类有很多,并且对于受试者而言其复杂程

度各异,因此在评估平衡与步行能力方面,所设计的认知任务的类型以及其复杂程度均会对评估结果产生影响,因此,在评估认知任务对于脑卒中患者平衡与步行能力的影响时,需要结合具体的认知任务类型及复杂程度。再者,平衡或步行任务的难度同样影响双重任务下的表现,Hyndman等^[14]研究表明在执行简单的回忆购物清单双重任务时,与保持舒适站立姿势条件相比,保持双脚并立时摆动显著增加,并且在内外侧方向(增加4倍以上)比在前后方向(增加20%)更明显;Rice等^[37]研究发现,与执行单独的步行任务相比,步行的同时执行序列减7双重任务时90s步行下的步行速度下降,定时起立-行走测试的总时间增加。最后是任务进行时所处的环境,Plummer等^[28]观察到患有脑卒中的成年人在医院大厅里的以Stroop任务为认知任务的双任务观察对步行的影响,发现双任务时步速比单任务步速慢,但在步态实验室里没有出现这种情况。

除了任务相关因素外,有研究者认为个体因素如脑卒中发病的位置、持续时间、神经重组、认知障碍程度、感觉障碍程度、肌力和运动障碍等方面也可以解释脑卒中患者平衡和认知测试中观察到的情况^[38-39]。如在脑卒中持续时间方面,Hyndman等^[14]发现脑卒中患者出院后第12个月的同种类型和程度的认知平衡双重任务下的姿势摆动较第6个月显著减少,尤其是在内外侧方向上。在自身的运动功能方面,Manaf等^[40]发现脑卒中患者在双重任务定时起立-行走测试中的步态表现与平衡功能及运动损伤水平密切相关,下肢运动障碍越大,在步态方面会更易受到的认知运动干扰,特别是偏瘫依靠健侧腿站立的受试者更容易受到双重任务干扰;Plummer等^[41]发现脑卒中患者双重任务下的步态表现与Fugl-Meyer下肢得分有关;Harley等^[42]发现脑卒中患者双重任务下的姿势稳定性与自身的Barthel指数等日常生活活动能力(activity of daily living, ADL)评分相关。在步行方面,Muci等^[43]对脑卒中患者和健康人在单任务步行、运动双重任务步行和认知双重任务步行的Rivermead运动评估、静态平衡指数、简易智力状态检查和疲劳严重程度量表进行评价,结果表明双重任务对运动表现的影响与受试者自身的运动功能、平衡和疲劳有关。对于疲劳,Varas等^[44]的研究表明,持续认知活动引起的精神疲劳会损害老年人和脑卒中患者在感觉统合测试(sensory organization test, SOT)期间的平衡功能。

3 认知双任务训练对脑卒中后平衡及步行功能的影响

有研究表明,运动训练在有认知需求的环境中可以通过对大脑特定区域产生刺激,进而提高运动和认

知功能,联合干预方式比单一干预更有效。刘勇等^[45]评估了认知双任务训练对脑卒中后平衡和下肢运动功能的疗效,发现双任务训练对提高脑卒中患者平衡功能有促进作用,认知双任务组的Berg平衡量表、下肢Fugl-Meyer评定量表评分结果优于单任务训练组;Shu等^[46]发现与单任务的运动组相比,认知运动双任务训练组的步长、步行节奏、10m步行测试时间明显改善。

4 小结

综上所述,在评估认知双任务下脑卒中患者平衡及步行功能时必须结合具体的认知任务和运动任务的组合以及自身的情况,此外,认知双重任务不仅可以作为一种预测跌倒风险的评估手段,并可以进一步转化为任务训练,相对于开展传统单一任务康复训练,双重任务更能贴近患者的日常生活,更能提高患者的平衡与步行功能,促进患者融入社会,希冀通过此次的论述,能给脑卒中患者的康复评估和治疗提供新的思路。

【参考文献】

- [1] Li W, Yue T, Liu Y. New understanding of the pathogenesis and treatment of stroke-related sarcopenia [J]. Biomed Pharmacother, 2020,131(11): 110721.
- [2] 曹倩茹,周予婧,刘梦君,等.智能设备在脑卒中后平衡功能障碍康复中的应用[J].中国康复,2021,36(12):752-755.
- [3] Chiamonte R, Bonfiglio M, Leonforte P, et al. Proprioceptive and Dual-Task Training: The Key of Stroke Rehabilitation, A Systematic Review[J]. J Funct Morphol Kinesiol, 2022,7(3): 53-71.
- [4] 许明军,穆敬平,邱良玉,等.脑卒中后认知障碍的国内外研究进展[J].按摩与康复医学,2021,12(24):73-78.
- [5] Xu T, Clemson L, O'Loughlin K, et al. Risk Factors for Falls in Community Stroke Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil. 2018,99(3):563-573.
- [6] 何智捷,张韶辉,于小明,等.卒中后认知障碍对数学计算-步行双任务中步态自动化程度和跌倒风险的影响[J].中国康复,2022,37(2):105-108.
- [7] Lord SE, Mc Pherson K, Mc Naughton HK, et al. Community ambulation after stroke: how important and obtainable is it and what measures appear predictive? [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2004,85(2): 234-239.
- [8] Kim H, Fraser S. Neural correlates of dual-task walking in people with central neurological disorders: a systematic review[J]. J Neurol, 2022,269(5):2378-2402.
- [9] Bayot M, Dujardin K, Tard C, et al. The interaction between cognition and motor control: A theoretical framework for dual-task interference effects on posture, gait initiation, gait and turning [J]. Neurophysiol Clin, 2018,48(6): 361-375.
- [10] Yang Lei, Lam F, Huang M. Dual-task mobility among individuals with chronic stroke: changes in cognitive-motor interference patterns and relationship to difficulty level of mobility and cognitive tasks[J]. European journal of physical and rehabilitation medicine, 2017,54(4):526-535.

- [11] 戚维璜,郑洁皎,安丙辰. 认知双重任务干扰平衡功能的研究[J]. 中国康复, 2014,29(2):83-85.
- [12] Negahban H, Ebrahinzadeh M, Mehravar M. The effects of cognitive versus motor demands on postural performance and weight bearing asymmetry in patients with stroke[J]. *Neurosci Lett*, 2017,659(17):75-79.
- [13] 黄彩平,谢欲晓,王思远,等. 步行-执行功能双任务训练对慢性脑卒中患者康复的研究进展[J]. 中国康复医学杂志,2018,33(8):988-992.
- [14] Hyndman D, Pickering RM, Ashburn A. Reduced sway during dual task balance performance among people with stroke at 6 and 12 months after discharge from hospital. [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2009, 23(8):847-854.
- [15] Guimarães AN, Ugrinowitsch H, Dascal JB, et al. Freezing Degrees of Freedom During Motor Learning: A Systematic Review[J]. *Motor Control*, 2020, 24(3):457-471.
- [16] Ghorbanpour Z, Taghizadeh G, Hosseini SA, et al. Overload of anxiety on postural control impairments in chronic stroke survivors: The role of external focus and cognitive task on the automaticity of postural control[J]. *Plos,One*, 2021,16(7):e0252131.
- [17] Salihu AT, Hill KD, Jaberzadeh S. Effect of cognitive task complexity on dual task postural stability: a systematic review and meta-analysis[J]. *Exp Brain Res*, 2022,240(3):703-731.
- [18] Patel P, Bhatt T. Task Matters: Influence of Different Cognitive Tasks on Cognitive-Motor Interference During Dual-Task Walking in Chronic Stroke Survivors[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2014, 21(4):347-357.
- [19] Tsang CS, Wang S, Miller T, et al. Degree and pattern of dual-task interference during walking vary with component tasks in people after stroke: a systematic review[J]. *J Physiother*, 2022,68(1):26-36.
- [20] Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies[J]. *Neurophysiol Clin*, 2015,45(4): 335-355.
- [21] Feld JA, Plummer P. Patterns of cognitive-motor dual-task interference post stroke: an observational inpatient study at hospital discharge[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2021,57(3):327-336.
- [22] Manaf H, Justine M, Goh HT. Axial Segmental Coordination During Turning: Effects of Stroke and Attentional Loadings [J]. *Motor Control*, 2017, 21(1): 42-57.
- [23] Narayan SK, Grace Cherian S, Babu Phaniti P, et al. Preclinical animal studies in ischemic stroke: Challenges and some solutions[J]. *Animal Model Exp Med*, 2021,4(2):104-115.
- [24] Wittenberg E, Thompson J, Nam CS, et al. Neuroimaging of Human Balance Control: A Systematic Review[J]. *Front Hum Neurosci*, 2017,11(1):170-195.
- [25] Liu YC, Yang YR, Tsai YA, et al. Brain Activation and Gait Alteration During Cognitive and Motor Dual Task Walking in Stroke-A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2018,26(12):2416-2423.
- [26] Hermand E, Tapié B, Dupuy O, et al. Prefrontal Cortex Activation During Dual Task With Increasing Cognitive Load in Subacute Stroke Patients: A Pilot Study[J]. *Front Aging Neurosci*, 2019,11(1):160-166.
- [27] Lim SB, Peters S, Yang CL, et al. Frontal, Sensorimotor, and Posterior Parietal Regions Are Involved in Dual-Task Walking After Stroke[J]. *Front Neurol*. 2022,13(1):904145.
- [28] Plummer P, Altmann L, Feld J, et al. Attentional prioritization in dual-task walking: Effects of stroke, environment, and instructed focus[J]. *Gait Posture*, 2020,79(3):3-9.
- [29] Tisserand R, Armand S, Allali G, et al. Cognitive-motor dual-task interference modulates mediolateral dynamic stability during gait in post-stroke individuals[J]. *Hum Mov Sci*, 2018,58(2):175-184.
- [30] Ohzuno T, Usuda S. Cognitive-motor interference in post-stroke individuals and healthy adults under different cognitive load and task prioritization conditions[J]. *Phys Ther Sci*, 2019,31(3):255-260.
- [31] Mehdizadeh H, Taghizadeh G, Ghomashchi H, et al. The effects of a short-term memory task on postural control of stroke patients[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2015,22(5):335 - 341.
- [32] Bournon C, Lehenaff L, Batifoulier C, et al. Dual-tasking postural control in patients with right brain damage[J]. *Gait Posture*, 2014,39(1):188 - 193.
- [33] Petrigna L, Gentile A, Mani D, et al. Dual-Task Conditions on Static Postural Control in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *J Aging Phys Act*, 2021,29(1):162-177.
- [34] Jehu DA, Chan LL, Pang M. Standing Balance Strategies and Dual-Task Interference Are Differentially Modulated Across Various Sensory Contexts and Cognitive Tests in Individuals With Chronic Stroke[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2020,44(4):233-240.
- [35] Haggard P, Cockburn J, Cock J, et al. Interference between gait and cognitive tasks in a rehabilitating neurological population[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2000,69(4):479 - 486.
- [36] Patel P, Lamar M, Bhatt T. Effect of type of cognitive task and walking speed on cognitive-motor interference during dual-task walking[J]. *Neuroscience*, 2014,260(4):140-148.
- [37] Rice J, Corp DT, Swarowsky A, et al. Greater Cognitive-Motor Interference in Individuals Post-Stroke During More Complex Motor Tasks [J]. *J Neurol Phys Ther*. 2022,46(1):26-33.
- [38] Chen C, Leys D, Esquenazi A. The interaction between neuropsychological and motor deficits in patients after stroke[J]. *Neurology*. 2013,80(3 Suppl 2): 27-34.
- [39] Wang G, Jin P, Ma X, et al. Cognitive and gait in Wilson's disease: a cognitive and motor dual-task study[J]. *Front Neurol*. 2023,14(1):1243122.
- [40] Manaf H, Justine M, Omar M. Functional Balance and Motor Impairment Correlations with Gait Parameters during Timed Up and Go Test across Three Attentional Loading Conditions in Stroke Survivors [J]. *Stroke Res Treat*, 2014,2014(2):439304.
- [41] Plummer-D, Amato P, Altmann L. Relationships between motor function and gait-related dual-task interference after stroke: A pilot study[J]. *Gait Posture*, 2012,35(1):170-172.
- [42] Harley C. Disruption of sitting balance after stroke: influence of spoken output [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2006,77(5):674-676.
- [43] Muci B, Keser I, Meric A, et al. What are the factors affecting dual-task gait performance in people after stroke? [J]. *Physiother Theory Pract*, 2022,38(5): 621-628.
- [44] Varas-Diaz G, Kannan L, Bhatt T. Effect of Mental Fatigue on Postural Sway in Healthy Older Adults and Stroke Populations[J]. *Brain Sciences*, 2020,10(6):388-405.
- [45] 刘勇,沈一吉,金振华,等. 双任务训练对脑卒中后平衡和下肢运动功能的影响[J]. 护理与康复, 2022,21(7):23-25+28.
- [46] Shu Y, Bi MM, Zhou TT, et al. Effect of Dual-Task Training on Gait and Balance in Stroke Patients: An Updated Meta-analysis. [J] *Am J Phys Med Rehabil*. 2022,101(12):1148-1155.