

脑卒中患者踝关节运动控制障碍的研究进展

周朝生¹,朱玉连^{1,2}

【关键词】 脑卒中;踝关节;运动控制障碍

【中图分类号】 R49;R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2014.01.021

脑卒中是世界上导致死亡的第二大疾病,脑卒中后80%的患者步行能力受到损害^[1],重新获得步行能力是脑卒中偏瘫患者最主要关注的问题之一。即使康复后,步态的损害仍然是脑卒中患者遗留的一个重大的问题^[2]。踝关节作为人体步行姿势及稳定性一个微调枢纽^[3],脑卒中患者的踝关节运动控制障碍的研究具有极其重要意义。本文通过对近些年关于脑卒中后踝关节运动控制方面的踝关节的临床特点、神经控制以及对脑卒中后踝关节的各种康复治疗技术进行综述,旨在临床和科研中对脑卒中后踝关节的运动控制方面的研究提供参考。

1 临床特点

脑卒中偏瘫患者20%存在足下垂^[4]。足下垂是由于踝关节完全或者局部背屈肌肉麻痹造成的^[5],在摆动相时足廓清困难,导致低效的步态代偿如划圈步态。足下垂增加步行过程中能量消耗的加大,步行持久度的下降和跌倒风险的增加^[6]。脑卒中后足下垂是由于中枢神经系统受损,反射性交感神经营养不良、神经血管萎缩引起的一种并发症^[7],主要是由于小腿三头肌持续痉挛得不到牵伸而导致跟腱挛缩;此外,由于患者长期制动,小腿前肌群(胫骨前肌)及外侧肌群(腓骨长短肌)激活不足,出现废用性肌萎缩,也导致足背屈困难^[8]。足内翻也是脑卒中后偏瘫步态常见的症状之一,表现为足内翻并下垂或跖屈、足背屈及外翻不能或减弱、足趾屈曲,随意运动能力很差。行走时足底前外侧缘着地,足跟着地困难,足屈曲。胫骨后肌痉挛是导致足内翻的主要原因。足内翻导致踝关节背屈困难,造成下肢摆动困难,严重影响患者的步行速度和稳定性,并易造成踝关节的扭伤。

2 神经控制特点

脑卒中患者踝关节控制障碍是由于脑卒中患者偏瘫后,大脑皮质支配的高级运动功能受到抑制,使低位中枢原始反射释放,表现出特定的肌痉挛模式即下肢伸肌运动时引起伸肌的共同痉挛模式。步行的基本模式产生在脊髓,控制步行还涉及到多个脑区,包括运动皮层、小脑和脑干^[9]。在脊髓中有中枢模式发生器(Central Pattern Generators,CPGs),负责协调信息的传递。CPGs是由神经细胞组成的一个网状结构,它可以发出具体的有节奏的运动,如:步行,而不需要有意意识的努力或者外界信息传入的反馈。CPGs独立控制每条腿的网状结构模式,运动皮层在复杂的日常生活中需要修改这些协调。这些研究发现不是基于人类自身研究,而是来源于动物的研究^[10-12]。CPGs根据步行的需要可做出相应的协调与变化^[13]。脑卒中偏瘫患者在站立相时踝关节表现出主动肌和对抗肌过多的共同收缩。这些适应性的改变使自身有一个安全和更加稳定的步态模式来代偿踝关节感觉信息的减少^[14]。与步态不协调相关的神经可以预示出脑卒中后会出现持续性的步态障碍的信号^[15]。为了解脑损伤的部位与脑卒中后步态控制的关系,Alexander等^[16]研究了37例步态不协调的脑卒中患者的大脑损伤区域。利用3D T1-MRI技术对损伤部位进行分析,结果显示步态的不协调与硬膜后外侧的损伤有关。硬膜接受不同脑区的信息预测,包括初级运动皮层、运动前区和辅助运动区,还有皮层下的区域如丘脑。Dobkin等^[17]在踝关节进行背屈时通过对硬膜进行功能性磁共振指出:中央前回第一躯体运动区的硬膜的作用在步态中是一个重要组成部分。

3 治疗技术

3.1 踝足矫形器 脑卒中踝关节运动障碍的治疗,踝足矫形器(ankle-foot orthosis,AFO)越来越多的被临床应用。AFO可以有效改善足下垂^[18-19]。Hiroaki等^[20]使用塑性踝足矫形器(plastic AFO,PAFO)进行

收稿日期:2013-11-16

作者单位:1.上海体育学院,上海 200438;2.复旦大学附属华山医院康复医学科,上海 200040

作者简介:周朝生(1987-),男,硕士研究生,主要从事脑卒中后的康复治疗与评估方面的研究。

通讯作者:朱玉连,zyljully@163.com

5m 步行测试,结果显示使用 PAFO 的患者的步长、步频对称参数和功能性步行量表(Functional Ambulation Category Scale, FAC)均优于对照组。同时, Cakar 等^[21]研究后置弹性 AFO 对脑卒中患者的平衡和摔倒风险的影响,采用 Berg 平衡量表,姿势性应力试验(postrual stress test, PST)和 BIODEX 平衡系统的跌倒风险测试(fall risk test, FRT)对受试者进行评定,结果发现后置弹性踝足矫形器可以提高脑卒中患者在行动中的平衡,降低其摔倒的风险。唐月念等^[22]研究发现动态式踝足矫形器对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能恢复具有显著疗效。

3.2 抑制小腿三头肌痉挛技术 脑卒中患者经常出现肌肉痉挛是造成其运动障碍的重要原因,而肌肉的持续痉挛会导致患者肢体挛缩,严重限制患者的日常生活活动,尤其是下肢小腿三头肌的痉挛模式。针对小腿三头肌痉挛的治疗,除了一些常规的康复治疗手法,肉毒杆菌毒素 A 以及其他化学性神经松解剂的注射也用于小腿三头肌痉挛的治疗中,并取得一定的成果。肉毒杆菌毒素 A 能抑制周围神经末梢突触前乙酰胆碱释放,降低运动神经兴奋性的传导,从而缓解肌肉的痉挛^[23]。在近些年,肉毒杆菌毒素 A 常用于临床治疗脑卒中后下肢痉挛。Alison^[24]等研究发现注射 A 型肉毒毒素可以提高脑卒中偏瘫患者关节活动和踝关节的运动学参数。Simon 等^[25]研究发现注射 A 型肉毒毒素可以有效地降低对抗肌的拮抗,淡化跖屈肌肉的激活作用,增加踝关节背屈肌群的激活作用。陈华先等^[26]研究发现采用彩超引导下多位点注射 A 型肉毒毒素结合肌电生物反馈治疗脑梗死后下肢肌肉痉挛有明显疗效,有利于患者运动功能的康复,改善其生活质量。神经阻滞技术在很多临床和研究中采用化学性神经松解剂,如石炭酸、苯酚和酒精等来阻滞胫神经,通过破坏神经髓鞘的雪旺氏细胞,降低神经传导速度,缓解小腿三头肌的痉挛。Kocabas 等^[27]为验证脑卒中患者胫后神经注射乙醇和苯酚对踝关节跖屈肌群痉挛是否有效进行了研究,结果显示注射乙醇和苯酚均可以降低痉挛。许光旭等^[28]研究发现胫神经运动支乙醇阻滞腓肠肌治疗脑卒中后足下垂安全有效。

3.3 功能性电刺激 功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)是一种在摆动相中通过电刺激踝关节背屈肌群来改善足下垂的干预方式^[29-30]。常规性(constant-frequency trains, CFT)FES 是采用恒定频率的电刺激在摆动期刺激踝关节背屈肌群可以有效帮助患者矫正足下垂。新型的功能性电刺激为变频式(variable-frequency trains, VFT)FES,可以变换刺激的频率来提高肌肉的等长收缩和非等长收缩活

动^[31-35]。Trisha 等^[36]研究表明新型的 VFT 比 CFT 可以更有效地改善患者在步行中的足下垂问题。脑机接口(Brain-computer interface, BCI)是一个较新的技术,它促进具有恢复、替代或者增强脑损伤患者损害的运动行为潜力^[37-40]。An 等^[41]首先成功的将基于 BCI 的非侵入性的肌电图与非侵入性的 FES 结合在一起使大脑可以直接控制踝关节的背屈。BCI-FES 系统对 5 名受试者的踝关节重复背屈并记录对侧踝关节背屈的表现。结果 5 名受试者完成 10 个从静息状态到踝背屈的动作诱发 BCI-FES 促成对侧踝关节背屈。BCI-FES 调节对侧踝关节背屈的时间点和患者在延迟 1.4~3.1s 后有意识控制患侧足背屈的时间点高度相关(相关系数在 0.59~0.77 之间)。所有的受试者除了 1 个人得到错误的警告外都能完成 BCI-FES 所完成的动作。这个研究暗示了非侵入性的 BCI 对下肢远端的电刺激是可行的,随着技术的改进,BCI-FES 系统在由于神经损伤导致的下肢远端的神经康复上可以提供一个新奇且有效的治疗方法。刘文权等^[42]探讨运动想象(moter imagery, MI)结合 FES 治疗对急性脑卒中偏瘫患者下肢踝关节运动功能的影响。MI 结合 FES 治疗对急性脑卒中偏瘫患者踝关节运动功能有显著的改善作用。神经网络重建仪能有效地把 FES 与肌电生物反馈结合起来,把电刺激引起的单纯性肌肉被动收缩改变成通过偏瘫患者肢体肌肉的主动收缩,再与电刺激共同作用,从而达到了一次强而有效的肌肉收缩,这样反复通过这种反馈诱发病灶部位残存的仍受随意控制的活动,激活了本体感受器及皮肤感觉的输入,恢复和建立本体感觉反馈通路,达到神经肌肉功能的重建,从而改善了偏瘫患者足下垂。吕政等^[43]研究发现神经网络重建仪把低频电刺激和生物反馈技术相结合,通过改善肌力与肌张力来实现治疗足下垂的目的,并对损伤的中枢发挥重塑作用。

4 小结与建议

本文对于脑卒中患者踝关节运动控制障碍的临床特点、神经控制以及对卒中后踝关节的各种康复治疗技术进行以上的综述。一个好的踝关节的运动控制对于正常的步态模式极其重要^[44]。近几年对于脑卒中后踝关节的研究和治疗均有了一定的进展,但还存在较多的值得探讨的理论和方法,为了最大限度的恢复脑卒中患者踝关节的稳定性和运动控制能力,促进患者更好的步态和步行能力,仍需要进行更深的机制及治疗技术的研究。

对于踝关节的运动控制障碍的治疗可以选择多重

治疗原则,如:在使用踝足矫形器的同时进行功能性电刺激,即矫正了脑卒中患者的足下垂,同时功能性电刺激也促使了患者主动的踝背屈。在踝关节运动控制方面的研究和临床中,对于不同恢复阶段的患者的治疗需要更精细和精准的评估、治疗和研究。

【参考文献】

- [1] Gresham GE, Alexander D, Bishop DS, et al. American Heart Association Prevention Conference. IV. Prevention and rehabilitation of stroke[J]. Rehabilitation, Stroke, 1997, 28(7): 1522-1526.
- [2] Mayo NE, Wood-Dauphine ES, Ahmed S, et al. Disability following stroke[J]. Disabil Rehabil, 1999, 21(5-6): 258-268.
- [3] 陈岚榕. 脑卒中后踝关节功能障碍的临床治疗进展[J]. 福建中医药, 2008, 39(3): 62-64.
- [4] Burridge JH, Taylor PN, Hagan SA, et al. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients[J]. Clin Rehabil, 1997, 11(3): 201-210.
- [5] Kottink AI, Oostendorp LJ, Buurke JH, et al. The orthotic effect of functional electrical stimulation on the improvement of walking in stroke patients with a dropped foot: a systematic review[J]. Artif Organs, 2004, 28(6): 577-586.
- [6] Olney SJ, Richards C. Hemiparetic gait following stroke, part I: characteristics[J]. Gait & Posture, 1996, 4(2): 136-148.
- [7] 牛静, 于学洁. 急性脑血管意外患者足下垂的预防护理[J]. 现代康复, 2001, 5(21): 136-138.
- [8] 刘刚, 吕长生, 袁立霞. 脑卒中足下垂及足内翻的足底生物力学特征研究[J]. 中华中医药学刊, 2010, 28(7): 1444-1446.
- [9] Dietz V. Interaction between central programs and afferent input in the control of posture and locomotion[J]. Journal of Biomechanics, 1996, 29(7): 841-844.
- [10] Beloozerova IN, Sirota MG. Cortically controlled gait adjustments in the cat[J]. Academy of Sciences, 1998, 16(860): 550-553.
- [11] Drew T, Kalaska J, Krouchev N. Muscle synergies during locomotion in the cat: a model for motor cortex control[J]. Journal of Physiology, 2008, 586(5): 1239-1245.
- [12] Lyons M. Central pattern generation of locomotion: a review of the evidence[J]. Physical Therapy, 2002, 82(1): 69-83.
- [13] Jens BO. How we walk: central control of muscle activity during human walking[J]. Neuroscientist, 2003, 9(3): 195-204.
- [14] Correa FI, Soares F, Andrade DV, et al. Muscle activity during gait following stroke[J]. Arquivos de neuro-psiquiatria, 2005, 63(3): 847-851.
- [15] Yang JF, Gorassini M. Spinal and brain control of human walking: implications for retraining of walking[J]. Neuroscientist, 2006, 12(5): 379-389.
- [16] Alexander LD, Black SE, Patterson KK, et al. Association between gait asymmetry and brain lesion location in stroke patients[J]. Stroke, 2009, 40(2): 537-544.
- [17] Dobkin BH, Firestone A, West M, et al. Ankle dorsiflexion as an fMRI paradigm to assay motor control for walking during rehabilitation[J]. Neuroimage, 2004, 23(1): 370-381.
- [18] Sheffler LR, Hennessey MT, Naples GG, et al. Peroneal nerve stimulation versus an ankle foot orthosis for correction of foot drop in stroke: impact on functional ambulation[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2006, 20(3): 355-360.
- [19] Teasell RW, Foley NC, Bhogal SK, et al. An evidence-based review of stroke rehabilitation[J]. Top Stroke Rehabil, 2003, 10(1): 29-58.
- [20] Hiroaki A, Akira M, Kazuyoshi, et al. Improving gait stability hemiplegic patients with a plastic Ankle-Foot Orthosis[J]. Tohoku J Exp Med, 2009, 218(3): 193-199.
- [21] Cakar E, Durmus O, Tekin L, et al. The ankle-foot orthosis improves balance and reduces fall risk of chronic spastic hemiparetic patients[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2010, 46(3): 363-368.
- [22] 唐月念, 徐莉, 张桂友. 动态式踝足矫形器对脑卒中后偏瘫患者下肢运动功能的影响[J]. 吉林医学, 2013, 35(15): 2093-2095.
- [23] Robet RY. Spasticity: a review[J]. Neurology, 1994, 44(19): 12-19.
- [24] Alison C, Novak, Sandra J. et al. Gait Changes Following Botulinum Toxin A Treatment in Stroke[J]. Top Stroke Rehabil, 2009, 16(5): 367-376.
- [25] Simon F, Tang. Modification of altered ankle motor control after stroke using focal application of Botulinum toxin type A[J]. Clinical Neurology and Neurosurgery, 2012, 144(5): 498-501.
- [26] 陈华先, 丁旭东, 张贵斌, 等. 彩超引导下肉毒毒素注射和肌电生物反馈治疗下肢肌肉痉挛的疗效观察[J]. 神经损伤与功能重建, 2009, 7(5): 355-357.
- [27] Kocabas H, Salli A, Demir AH, et al. Comparison of phenol and alcohol neurolysis of tibial nerve motor branches to the gastrocnemius muscle for treatment of spastic foot after stroke: a randomized controlled pilot study[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2010, 46(1): 5-10.
- [28] 许光旭, 朱奕, 顾绍钦, 等. 乙醇阻滞胫神经运动支治疗脑卒中足下垂[J]. 实用老年医学, 2008, 22(6): 447-480.

- [29] Robbins SM, Houghton PE, Woodbury MG, et al. The therapeutic effect of functional and transcutaneous electric stimulation on improving gait speed in stroke patients: a meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2006, 87(6): 853-859.
- [30] Lyons GM, Sinkjaer T, Burridge JH, et al. A review of portable FES-based neural orthoses for the correction of drop foot [J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2002, 10(4): 260-279.
- [31] Binder-Macleod SA, Kesar TM. Catchlike Property of skeletal muscle: recent findings and clinical implications[J]. Muscle & Nerve, 2005, 31(6): 681-693.
- [32] Binder-Macleod SA, Barker CB. Use of a catchlike property of human skeletal muscle to reduce fatigue[J]. Muscle & Nerve, 1991, 14(9): 850-857.
- [33] Binder-Macleod SA, Barrish WJ. Force response of rat soleus muscle to variable-frequency train stimulation[J]. J Neurophysiol, 1992, 68(4): 1068-1078.
- [34] Lee SC, Binder-Macleod SA. Effects of activation frequency on dynamic performance of human fresh and fatigued muscles[J]. J Appl Physiol, 2000, 88(6): 2166-2175.
- [35] Maladen RD, Perumal R, Wexler AS, et al. Effects of activation pattern on nonisometric human skeletal muscle performance[J]. J Appl Physiol, 2007, 102(5): 1985-1991.
- [36] Trisha M, Kesar RP, Angela J, et al. Novel patterns of functional electrical stimulation have an immediate effect on dorsiflexor muscle function during gait for people post-stroke[J]. Physical Therapy, 2010, 90(1): 55-64.
- [37] Birbaumer N. Breaking the silence: Brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control[J]. Psychophysiology, 2006, 43(6): 517-532.
- [38] Townsend G, Graimann B, Pfurtscheller G. Continuous EEG classification during motor imagery-simulation of an asynchronous BCI[J]. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 2004, 12(2): 258-265.
- [39] Pfurtscheller G, Müller G, Pfurtscheller J, et al. Thought control of functional electrical stimulation to restore hand grasp in a patient with tetraplegia[J]. Neurosci Lett, 2003, 351(1): 33-36.
- [40] Wolpaw JR, McFarland DJ. Control of a two-dimensional movement signal by a noninvasive brain-computer interface in humans[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004, 101(51): 17849-17854.
- [41] An HD, Po TW, Christine EK, et al. Brain-Computer Interface Controlled Functional Electrical Stimulation System for Ankle Movement[J]. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2011, 8(1): 49-55.
- [42] 刘文权, 徐武华, 吴婉霞, 等. 运动想象结合功能性电刺激对急性脑卒中偏瘫患者踝关节功能的影响[J]. 广东医学, 2012, 34(22): 3418-3420.
- [43] 吕政, 李春磊, 张宁. 运用神经网络重建仪改善脑梗死后足下垂的临床研究[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2011, 45(4): 373-379.
- [44] Lin PY, Yang YR, Cheng SJ, et al. The relation between ankle impairments and gait velocity and symmetry in people with stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2006, 87(4): 562-568.

作者·读者·编者

《中国康复》杂志对一稿多投问题处理的声明

为维护《中国康复》杂志的声誉和广大读者的利益,现将本刊对一稿多投和一稿多用问题的处理声明如下:

1. 本声明中所涉及的文稿均指原始研究的报告或尽管 2 篇文稿在文字的表达和讨论的叙述上可能存在某些不同之处,但这些文稿的主要数据和图表是相同的。所指文稿不包括重要会议的纪要、疾病的诊断标准和防治指南、有关组织达成的共识性文件、新闻报道类文稿及在一种刊物发表过摘要或初步报道而将全文投向另一种刊物的文稿。上述各类文稿如作者要重复投稿,应向有关期刊编辑部做出说明。
2. 如 1 篇文稿已以全文方式在本刊发表,除非文种不同,否则不可再将该文投寄给他刊。
3. 请作者所在单位在来稿介绍信中注明文稿有无一稿多投问题。
4. 凡来稿在接到编辑部回执后满 3 个月未接到退稿,则表明稿件仍在处理中,作者欲投他刊,应事先与本刊编辑部联系并申述理由。
5. 编辑部认为文稿有一稿多投嫌疑时,应认真收集有关资料并仔细核实后再通知作者,同时立即进行退稿处理,在做出处理决定前请作者就此问题做出解释。期刊编辑部与作者双方意见发生分歧时,应由上级主管部门或有关权威机构进行最后仲裁。
6. 一稿多用一经证实,期刊编辑部将择期在杂志中刊出其作者姓名和单位及撤销该论文的通告;对该作者作为第一作者所撰写的一切文稿,2 年内将拒绝其发表;并就此事件向作者所在单位和该领域内的其他科技期刊进行通报。

《中国康复》编辑部