·综述·

脑卒中患者下肢强制性运动对其步行能力恢复的研究进展*

朱玉连[1,2] 胡永善[1,3] 刘 宇[2]

脑卒中后大部分患者会出现各种功能障碍,如肢体瘫痪、协调及平衡功能障碍,随意运动功能障碍等,严重影响患者及家庭的生存质量,也使整个社会背负沉重的医疗负担,减少患者功能障碍,提高其生存质量,使之回归家庭或重返社会是康复工作者十分关注的问题。步行障碍是脑卒中患者影响日常生活活动能力最常见和最明显的功能障碍之一,偏瘫患者中有70%以上可恢复步行能力,但其中大部分未获得良好的步态和步行速度,成为日后跌倒的最大诱因。基于步态恢复的康复治疗方法及控制和纠正偏瘫步态相关机制的研究正被广泛的关注和重视。

1 脑卒中偏瘫患者下肢步行能力恢复的特征

脑卒中瘫痪后,机体的运动功能恢复具有一定的规律,肢体运动系统失去了高位中枢神经的调控作用,原始的、被抑制的皮质下中枢运动反射得以释放,导致肢体肌群间协调功能紊乱,肌张力异常而出现运动功能障碍。其典型的步态常表现足下垂、内翻、髋关节外展外旋之偏瘫划圈步态。

1.1 偏瘫步态患者步行时–空参数改变

步行中一侧足跟着地至该侧足跟再次着地称为一个步态周期,其步态基本的时–空参数是步速、步宽、步长、步频等,据研究[1—2]脑卒中偏瘫步态其步宽加大,步长、步幅缩短,步频、步速降低。步长平均为40cm,小于正常人的50—70cm。

1.2 偏瘫步态患者人体重心及运动的不对称

步行时人体重心的摆动幅度和频率反映人体运动的平衡能力。脑卒中偏瘫患者步行时身体摆动加大,使重心偏离支撑面,双下肢重心对称性受到破坏。躯体运动表现为大范围的侧方运动(平均约9cm,超过正常范围2倍以上)和小范围的垂直运动(平均约2.2cm,小于正常范围的2/3)[3—4],从骨盆的运动来看,骨盆的精细动作消失,代之以粗大而僵硬的动作[5]。

1.3 偏瘫患者四肢协调功能的改变

大部分偏瘫患者的运动更多的依赖"健肢"来完成,包括行走及保持平衡。研究发现患者健侧下肢与正常人双下肢在时间参数、空间参数等方面均有显著性差异。偏瘫患者由于患肢支撑期较短,健肢的足上提动作不充分,膝关节未能达到最大屈曲而被迫着地,所以形成了"健肢"的摆动相较短[6—7]。

1.4 三维运动学分析发现

脑卒中偏瘫步态周期在患侧摆动相过程中,患侧下肢上抬的瞬间,患侧骨盆常出现上提、后撤,在屈曲模式下以下肢屈曲、外展方式抬起;在伸展模式下以足内翻、尖足方式着地;躯干或向支撑侧倾斜或向摆动侧倾斜;在摆动后期至足跟着地期,患侧膝关节不能自如屈曲、伸展。患侧支撑相多见足前外侧着地或全脚掌着地,身体向前移动困难;头、躯干向患侧侧屈,并向后方旋转;骨盆过度后倾、后旋;髋关节支撑能力差,膝关节反张或过度屈曲;踝关节内翻、跖屈(即健侧在前、患侧在后的斜向步行)。足跟离地时,膝关节放松困难。在全足底着地时,有些患者会因躯干、髋、膝关节伸展能力及支撑能力差而出现骨盆、躯干前方旋转的现象[9—11]。

2 脑卒中患者下肢运动功能恢复的强制性运动疗法

在脑卒中偏瘫患者的恢复过程中,患者下肢功能的恢复较快且优于上肢,约64%—80%患者步行能力得到不同程度的恢复[12],这可能是患者自身对步行的要求一种潜意识的目标任务导向而强迫进行步行运动的结果。研究也发现患者步行能力的恢复程度更多依赖于健侧肢体在步行过程中作出的调整,形成异常的步态。因此,如能在康复治疗中对患肢进行强制训练,强化患肢的功能,则可更大程度地恢复患者的步行能力。

2.1 强制性运动疗法

20世纪六、七十年代,美国Alabama大学神经科学研究人员发现,让猴子的一侧前肢去神经支配,猴子将不再能使用此肢体,但如果束缚其健侧的肢体,限制使用,猴子为进食等需要只有使用患侧肢体,从而在客观上达到强迫猴子使用患侧肢体的作用。如果限制时间延长,再加上条件反射技术和行为成型技术训练后,患侧肢体可恢复广泛运动的能力。由此逐渐形成了强制性使用运动疗法,这种治疗方法在脑卒中和脑外伤的康复中,取得了很好的治疗效果。特别是对脑

DOI:10.3969/j.issn.1001–1242.2013.09.026

*基金项目:上海卫生局科研课题(2009–250);上海体育学院省部级重点实验室主任基金项目(yz2012005)

1 复旦大学附属华山医院,200040;2 上海体育学院人体科学学院;3 通讯作者

作者简介:朱玉连,女,副主任治疗师;收稿日期:2012–09–05

卒中和脑外伤上肢运动功能障碍的治疗[13—16]。目前已扩展到对脑损伤后失语症患者[17]，儿童脑瘫或偏瘫患者[18—19]、截肢后患肢痛患者[20]及帕金森病患者等[21—22]的康复治疗中，均取得较好的效果。

强制性运动疗法（constraint-induced movement therapy, CIMT），其主要的治疗策略是通过强制装置限制健侧上肢的使用，强制患者在日常生活中使用患侧上肢，并短期集中强化重复训练患侧，同时注重把训练内容转移到日常生活中去[15]。归纳起来强制性使用运动疗法有3项治疗原则：①满负荷训练原则，即在短的时间间隔内，给予高强度的运动治疗要优于长时间低运动量和频度的治疗结果；②强制—诱导原则，即强迫患者使用他所想回避的运动方式和方法；③行为相关原则，即治疗内容的重点与日常生活行为密切联系[13—19]。强制性使用运动疗法有约3种治疗方式，既：①限制健侧肢体，患侧长时间（≥6h/d）训练和应用[15]；②限制健侧肢体，改良患侧稍长时间训练（≤6h/d）和应用[21]；③不限制健侧肢体，强化患侧肢体的训练和应用[19]。

2.2 强制性运动疗法在下肢康复中的应用

目前，对患者的步行能力康复治疗的研究集中在运用减重跑台步行训练（partial body weight-supported treadmill, BWST），以及治疗师辅助的步行强化训练，如骨盆控制训练、躯体的侧方运动控制训练、重心的平行迁移和垂直移动协调训练等[23—24]，还较少运用强制性运动疗法进行步行能力和平衡功能等下肢运动功能的研究[25—28]。

有学者[12]对16例慢性脑卒中患者的下肢进行大量的重复性训练，包括跑台训练、行走训练、上下楼梯及减重步行等，持续3周，每天保持6h左右训练，发现16例患者中有中等功能障碍的12例患者各项指标均有明显的进步，其中1例可完全独立行走，2例仅需最小的辅助下行走；在4例移动能力最差的患者中，1例仍需要全辅助才能移动，总体下肢有效率达到1.6。

Marklund等[29]对5例脑卒中后遗症患者强制进行大量的运动训练，持续2周每天6h的自行车、水中训练、步行等强化训练，在训练前及此后的3个月及6个月分别对其运动功能、平衡功能及步态分别用Fugl-Meyer运动功能评估量表（Fugl-Meyer assessment, FMA），“起立—行走”计时测定（the timed up and go test, TUGT），6min步行测试（the six-minute walk test）等进行测试，结果显示强化训练提高下肢的运动功能、移动能力、动态的平衡及双下肢承重能力对称和步行能力的改善，效果能持续至随访的3—6个月。

Numata等[30]对左侧中央前回运动功能区脑卒中患者，将其健侧下肢固定19.5h，其右侧肢体开始活动，运动功能也开始改善，推测单侧的中央前回与同侧肢体的运动强烈相关，与其作为较高一级的运动中枢其可塑性也大于初级中枢，认为不同的脑区其可塑性不同，功能恢复过程中其结果不同，恢复的程度也不同。

Coker等[31]研究显示改良的CIMT治疗上肢瘫痪与大脑皮质的重组有关，对12例学前偏瘫儿童连续5d，每天6h的改良强制性运动疗法（modified constraint-induced movement therapy, mCIMT）治疗，用the GAITRite walkway收集步态的各项特征数据，发现大多数数据前后比较具有显著性差异，长期随访发现mCIMT治疗对患儿的步态及平衡具有长期的有益的效果。

国内学者姜贵云等[28,32]采用前瞻性、随机、对照、单盲的研究方法，对脑卒中偏瘫患者采用改良的CIMT（在训练中不过度限制健侧下肢的活动，对患肢进行6h左右每天的强化训练）；并对其Berg平衡量表（BBS），“起立—行走”计时测定（TUGT）及最大步行速度（maximum walking speed, MWS）等评价患者的平衡功能及步行能力。经过为期8w的训练，试验组MWS和BBS评分结果均明显高于治疗前（$P<0.05$），并显著高于对照组（$P<0.05$），TUGT结果明显短于对照组（$P<0.05$），差异有显著性意义。

2.3 下肢强制性运动疗法训练强度及其介入时间

CIMT的关键是训练强度。Peurala等[33]对CIMT的历年来有文献报道的具体训练强度进行了综述，文中指出大于2周的CIMT训练，其强度约在60—72h或20—56h，其主要的作用有所不同，60—72h大于2周训练主要可以改善患肢的灵活性；而20—56h大于2周的训练，与30h大于3周和15—30h大于10周的训练，才能真正增加患侧肢体远端的运动功能；其中研究发现训练强度为30h大于3周的CIMT训练能增加患者的自理能力。对下肢的CIMT训练的强度未有如此详细的分析报道。所能查到的文献均指出对下肢的CIMT采用的是在训练中不过度限制健侧下肢的活动，对患肢进行6h左右个体化循序渐进的强化训练，强化训练内容包括坐起站立、平衡训练、跑台训练、行走训练、上下楼梯及减重步行等。

2.4 下肢强制性运动疗法介入时间

CIMT是通过强制使用患侧肢体达到预防和纠正“习得性废用”（learned non-use），促进患肢功能恢复的一种康复治疗方法。其介入的时间，大量的研究认为在脑卒中后亚急性期、恢复期和后遗症期，介入具有促进神经功能恢复的作用[34—36]；但对于脑卒中急性期的CIMT使用有研究显示可能会使病情加重，更有动物试验证实，早期过度训练患肢可导致神经损害加重和肢体功能恶化[37—38]。对于下肢CIMT的介入，基本是在患者生命体征稳定后2周的亚急性期后开始。

3 强制性运动疗法治疗的机制研究

强制性使用运动疗法是以中枢神经系统可塑性理论为基础发展起来的一种治疗上神经元损伤的康复治疗技术。

近年来研究人员使用经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)、功能性磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)及皮质内微刺激技术(ICMS)揭示强制性使用运动疗法的疗效与大脑皮质的功能重组有关。

Kopp等[39]对实施强制性使用运动疗法的患者的稳态脑电图运动电位进行了分析,3个月治疗后发现,在患侧上肢缺乏镜像运动时,出现大脑半球的同侧激活,显示出大脑的可塑性变化与实施强制性使用运动疗法后患者的患侧上肢使用增加有关。Kim等[40]使用fMRI对训练时脑功能的变化进行研究发现,CIMT可以激活对侧大脑半球的运动皮质,同侧的运动皮质和辅助运动区的激活也增加。

Kononen等[41]发现,运动时损伤同侧的运动皮质和辅助运动区激活,受损半球中央前回、运动前皮质区的脑血流增加,同时对侧大脑半球的额上回、双侧小脑血流也有增加,表明运动时相应大脑功能代表区的激活状态会发生相应的改变,提示发生脑功能重组的可能。

Liepert教授研究组[42]使用TMS技术研究了6例进行强制性使用治疗的患者。发现在2周的治疗后,患侧肢体使用的皮质代表区域明显地扩大了。在随访中,发现其运动功能进步和大脑功能的改变持续了6个月,大量的募集支配患侧上肢的神经元来参与活动。

毕胜等[43]应用fMRI在CIMT治疗前,患手运动时可以发现对侧中央前后回、对侧额叶前部、同侧大脑皮质中央前回激活;健手运动时,以对侧中央前后回兴奋为主。经过强制性使用治疗后,患手运动时同侧和对侧大脑皮质广泛的激活,健手运动时,大脑对侧中央前后回的兴奋区域明显变小;在治疗结束2周后,患侧上肢运动时,患手运动时其同侧和对侧大脑皮质广泛的激活的现象明显降低,激活区集中在对侧的中央前后回,在健手运动时,又重新恢复对侧中央前后回兴奋区域。大脑皮质功能重组表现出使用性依赖的特点。

步行活动的神经中枢存在于丘脑下核、中脑被壳部、室顶核附近,强制性使用运动疗法促进步行能力的恢复,其大脑皮质的激活状态及中枢的重组代偿机制究竟如何,还有待进一步研究。

4 问题与展望

强制性使用运动疗法对下肢运动功能、步行能力、平衡功能的有效性还知之很少,目前所有基于CIMT对下肢功能的研究还没有较大样本随机对照,对于卒中后易于出现的偏瘫步态CIMT治疗对其的影响,制定卒中患者的CIMT治疗的合适的运动方式和运动量,对患者的步行能力进行CIMT治疗其大脑皮质激活状态可能的机制,借助于先进的实验设备,如步态分析系统和功能性核磁共振等提供精确的定性和定量化研究方法,客观地评价患者的病理步态特征,明确CIMT对偏瘫患者异常步态的影响和矫正作用及其相应的机制,无疑将更充实此康复治疗技术的内涵,尤其对患者步行能力的恢复,提升其生存质量产生积极的意义。

参考文献

[1] 励建安.脑卒中的步态异常和治疗对策[J].中华全科医师杂志,2005,4(12):715—717.

[2] Nilsson L, Garlsson J, Danielsson A, et al. Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: a comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground[J]. Clin Rehabil, 2001, 15(5):515—527.

[3] Mahaudens P, Thonnard JL, Detrembleur C. Influence of structural pelvic disorders during standing and walking in adolescents with idiopathic scoliosis[J]. Spine J, 2005, 5(4):427—433.

[4] 徐光青,兰月,毛玉瑢,等.脑卒中患者躯体运动偏瘫模式的三维运动学评价[J].中国康复医学杂志,2009,24(10):893—895.

[5] 侯来永,谢欲晓,孙启良,等.骨盆控制能力训练对偏瘫患者步态和步行能力的影响[J].中国康复医学杂志,2004,19(12):906—908.

[6] Stephenson JL, Lamontagne A, De Serres SJ. The coordination of upper and lower limb movements during gait in healthy and stroke individuals[J]. Gait Posture, 2009, 29(1):11—16.

[7] Bensoussan L, Viton JM, Barotsis N, et al. Evaluation of patients with gait abnormalities in physical and rehabilitation medicine settings[J]. J Rehabil Med, 2008, 40(7):497—507.

[8] Eng JJ, Chu KS. Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83(8):1138—1144.

[9] Kawamura CM, de Morais Filho MC, Barreto MM,et al. Comparison between visual and three-dimensional gait analysis in patients with spastic diplegic cerebral palsy[J]. Gait Posture, 2007, 25(1):18—24.

[10] Parvataneni K, Olney SJ, Brouwer B. Changes in muscle group work associated with changes in gait speed of persons with stroke[J]. Clin Biomech(Bristol, Avon), 2007, 22(7):813—820.

[11] Chou SW, Wong AM, Leong CP, et al. Postural control during sit-to stand and gait in stroke patients[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2003, 82(1):42—47.

[12] Baer G, Smith M. The recovery of walking ability and subclassification of stroke[J]. Physiother Res Int, 2001, 6(3):135—144.

[13] Prager EM, Birkenmeier RL, Lang CE. Exploring expectations for upper-extremity motor treatment in people after stroke: a secondary analysis[J]. Am J Occup Ther, 2011, 65(4):437—444.

[14] 魏小利,李永强,杨金锁,等.强制性运动疗法对脑卒中患者上肢功能影响的临床研究[J].临床医学,2012,32(2):35—37.

[15] 郭天龙,秦大伟.强制性运动疗法对脑卒中后上肢运动障碍的影响[J].中国康复理论与实践,2010,16(4):370—371.

[16] Ramachandran S, Thakur P. Upper extremity constraint-induced movement therapy in infantile hemiplegia[J]. J Pediatr Neurosci, 2011, 6(1):29—31.

[17] Szaflarski JP, Ball A, Grether S, et al. Constraint-induced aphasia therapy stimulates language recovery in patients with chronic aphasia after ischemic stroke[J]. Med Sci Monit, 2008, 14(5):CR243—250.

[18] Sakzewski L, Ziviani J, Boyd RN. Best responders after intensive upper-limb training for children with unilateral cerebral palsy[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2011, 92(4):578—584.

[19] 邱晒红,徐开寿,何璐,等.强制性使用运动疗法结合作业治疗对偏瘫型脑瘫患儿手功能的影响[J].中国康复医学杂志,2011,26(2):167—169.

[20] Weiss T, Miltner WH, Adler T, et al. Decrease in phantom limb pain associated with prosthesis-induced increased use of an amputation stump in humans[J]. Neurosci Lett, 1999, 272(2):131—134.

[21] Lee KS, Lee WH, Hwang S. Modified constraint-induced movement therapy improves fine and gross motor performance of the upper limb in Parkinson disease[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2011, 90(5):380—386.

[22] Tuite P, Anderson N, Konczak J. Constraint-induced movement therapy in Parkinson's disease[J]. Mov Disord, 2005, 20(7):910—911.

[23] Moseley AM, Stark A, Cameron ID, et al. Treadmill training and body weight support for walking after stroke[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2005, (4):CD002840.

[24] Plummer P, Behrman AL, Duncan PW, et al. Effects of stroke severity and training duration on locomotor recovery after stroke: a pilot study[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2007, 21(2):137—147.

[25] 王文清,王艳忠,周启立,等.强制性运动疗法对脑卒中偏瘫患者下肢康复价值的研究[J].中国实用内科杂志,2011,31(6):451—452.

[26] Zipp GP, Winning S. Effects of constraint-induced movement therapy on gait, balance, and functional locomotor mobility[J]. Pediatr Phys Ther, 2012, 24(1):64—68.

[27] 梁天佳,龙耀斌,曹锡忠.改良强制性运动疗法治疗脑卒中后下肢运动功能障碍[J].中国康复,2011,26(5):339—341.

[28] 吴玉霞,王翔,蔡可书,等.强制性运动改善偏瘫患者步行能力的疗效观察[J].中国康复医学杂志,2011,26(8):766—767.

[29] Marklund I, Klässbo M. Effects of lower limb intensive mass practice in poststroke patients: single-subject experimental design with long-term follow-up[J]. Clin Rehabil, 2006, 20(7):568—576.

[30] Numata K, Murayama T, Takasugi J, et al. Effect of modified constraint-induced movement therapy on lower extremity hemiplegia due to a higher-motor area lesion[J]. Brain Inj, 2008, 22(11):898—904.

[31] Coker P, Karakostas T, Dodds C, et al. Gait characteristics of children with hemiplegic cerebral palsy before and after modified constraint-induced movement therapy[J]. Disabil Rehabil, 2010, 32(5):402—408.

[32] 姜贵云,杨晓莲,王文清,等.强制性运动疗法对脑卒中患者步行能力及平衡功能的影响[J].中国康复医学杂志,2009,24(8):723－725.

[33] Peurala SH, Kantanen MP, Sjögren T, et al. Effectiveness of constraint-induced movement therapy on activity and participation after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Clin Rehabil, 2012, 26(3):209—223.

[34] Wolf SL, Thompson PA, Winstein CJ, et al. The EXCITE stroke trial: comparing early and delayed constraint-induced movement therapy[J]. Stroke, 2010, 41(10):2309—2315.

[35] 何龙文,沈光宇,沈敏,等.强制运动疗法对脑卒中亚急性期上肢运动功能的影响[J].中国康复理论与实践,2011,17(2):165—167.

[36] 瓮长水,王军,潘小燕,等.强制性使用运动疗法在亚急性期和慢性期脑卒中患者中的效力[J].中国康复医学杂志,2005,20(11):806—809.

[37] Humm JL, Kozlowski DA, James DC, et al. Use-dependent exacerbation of brain damage occurs during an early post-lesion vulnerable period[J]. Brain Res, 1998, 783(2):286—292.

[38] Kozlowski DA, James DC, Schallert T. Use-dependent exaggeration of neuronal injury after unilateral sensorimotor cortex lesions[J]. J Neurosci, 1996, 16(15):4776—4786.

[39] Kopp B, Kunkel A, Mühlnickel W, et al. Plasticity in the motor system related to therapy-induced improvement of movement after stroke[J]. Neuroreport, 1999, 10(4):807—810.

[40] Kim YH, Park JW, Ko MH, et al. Plastic changes of motor network after constraint-induced movement therapy[J]. Yonsei Med J, 2004, 45(2):241—246.

[41] Könönen M, Kuikka JT, Husso-Saastamoinen M, et al. Increased perfusion in motor areas after constraint-induced movement therapy in chronic stroke: a single-photon emission computerized tomography study[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2005, 25(12):1668—1674.

[42] Liepert J, Hamzei F, Weiller C. Lesion-induced and training-induced brain reorganization[J]. Restor Neurol Neurosci, 2004, 22(3—5):269—277.

[43] 毕胜,马林,瓮长水,等.动态功能磁共振成像在强制性使用运动疗法治疗脑卒中上肢偏瘫中的应用研究[J].中国康复医学杂志,2003,18(12):719—723.