·综述·

双侧上肢训练在脑卒中患者康复中应用的研究进展*

郑雅丹[1] 胡昔权[1,2]

偏瘫是脑卒中患者最常见的功能障碍，大约有30%—36%的患者在脑卒中后6个月遗留上肢功能障碍[1]，给患者生活带来很多不便。手的功能很精细，这也是训练很难达到理想效果的一个原因。最近研究表明，双侧上肢训练对于脑卒中患者的上肢功能，尤其中到重度偏瘫的患者，比常用的训练方法疗效更好，其原理还未完全明了。目前国内的相关报道较少[2]，本文就双侧上肢训练方法及其相关机制作一综述。

1 双侧上肢训练的概念

双侧动作是两侧肢体执行共同时间和空间的动作模式[3]。考虑到双侧活动在日常生活中的重要性，我们将其应用到脑卒中患者的上肢康复训练中，并且有研究表明双侧上肢训练不仅有利于双手任务中患肢的进步，对患侧上肢的单侧运动也有帮助。

1996年，Mudie等提出双侧对称训练（bilateral isokinematic training，BIT）[4]。他们为12例脑卒中偏瘫患者设计了三个标准化的伸手触及目标的活动（物体安置、模拟的喝酒、钉子旋转），分别以患侧单手操作、健手带动患手操作、双手同时操作相同的动作、双手同时活动但分别操作不同的动作，比较四种训练条件下患侧上肢动作表现的差异，经过6—8周的训练，发现双手同时操作相同的动作，即BIT方法在患侧单侧表现方面显示了明显快速的进步，并且在6个月随访后这种进步依然保留。

在此基础上，众多研究者进行了深入的研究，并引入节律听觉信号或者肌电触发的神经肌肉电刺激，或者机械装置的辅助等，应用于脑卒中患者恢复期训练，大部分研究取得了良好的疗效。

2 双侧上肢训练在脑卒中康复中的应用

目前存在多种双侧上肢训练方法，不同训练方法适用于不同功能障碍程度的患者，主要分为三类[5]：①手固定下反复够物训练，如双侧上肢训练结合节律听觉刺激；②单块肌肉的反复收缩，如与肌电触发的神经肌肉电刺激结合的双侧上肢训练；③整个上肢的功能性任务训练，如Mudie提出的BIT训练。前两种方法适宜中到重度偏瘫患者，最后一种对患者的基线水平要求较高，适宜轻度偏瘫的患者。

2.1 目前常用的双侧上肢训练方法

2.1.1 双侧对称运动训练（bilateral isokinematic training，BIT）：类似于Mudie等提出的双侧上肢训练方法，在此训练中，患者进行功能性动作的训练，比较双侧训练和单侧训练的疗效，发现双侧训练组患者的患侧上肢功能有显著的提高。此研究要求入组患者的患侧上肢具有大部分的运动能力，之后的研究[6—7]支持这个结论。

但也有阴性的报道[8—9]，认为双侧训练与单侧训练相比并无优势，可能是因为非常轻微的脑损伤导致了组间没有显著的差异性，也有研究认为如果双侧训练的动作过于复杂，结局可能不会有利。

2.1.2 双侧上肢训练结合节律听觉刺激（bilateral arm training with rhythmic auditory cueing，BATRAC）：Whitall等[10]于2000年提出BATRAC，即患者在光滑的水平面进行上肢推拉运动，并配合节律的听觉刺激。研究结果显示患侧上肢的FMA得分，运动速度及患侧上肢作为支持性作用和在双侧任务中的实际使用方面均得到提高，训练结束9周以后，效果仍然存在。之后的研究[11—12]进一步支持此结论，部分研究将训练压缩至2周，效果却并不理想。

2.1.3 双侧上肢训练结合肌电触发的神经肌肉电刺激：Cauraugh等[13—14]提出了双侧上肢训练结合肌电触发的神经肌肉电刺激的训练方法。慢性卒中患者分成以下两组完成腕/指伸展运动：①患侧肢体的单侧运动，并伴有电刺激；②双侧协调性运动（双侧腕/指伸展并辅以患侧肢体的电刺激）。训练后，双侧协调性运动组的患者在盒子和阻碍物测试（box and block test）、运动反应时间和肌肉的持续收缩方面显示出更大的进步。

2.1.4 机械辅助双侧上肢训练：也有学者对慢性脑卒中患者使用机械臂进行单关节的双侧上肢训练[15—17]，如腕屈伸、前臂旋前旋后等。机械臂可以辅助患侧上肢进行被动、主动辅

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2011.03.027

*基金项目：广东省科技计划项目（2006B36004014）

1 中山大学附属第三医院康复医学科，广州市天河路600号，510630；2 通讯作者

作者简介：郑雅丹，女，在读硕士研究生； 收稿日期：2010-11-30

助和抗阻的训练。训练后患侧上肢痉挛减轻和运动控制能力提高。此训练对于患侧上肢的功能水平要求较低。

2.1.5 双侧镜像训练:这实际上是双侧训练结合运动想象的一种训练方法[18—19]。在镜像治疗中,通过特制的装置,使双手分别放置于镜子两侧同时进行相同运动,但患者只可以通过镜子看见健侧上肢的运动镜像,便以为是患侧上肢,事实上患侧上肢在镜子后面不能被患者看见。与对照组相比,双侧镜像训练组患者得到了更明显的进步。对于这个治疗的成功,一个可能的理论是看见健侧上肢,而不是患侧上肢,提供了一个成功运动的体验[20]。

2.1.6 双侧启动:最近的研究显示,双侧上肢训练作为准备活动使用,在双侧或者单侧功能性任务的运动练习之前使用,可以导致皮质的易兴奋性。Stinear的研究[21]中采用主动被动双侧训练(active-passive bimanual movement therapy, APBT),在手的灵巧性的任务之前进行10—15min的双侧训练,称双侧启动;对照组只进行手的任务练习。两组的FMA得分均有提高,并且在损伤侧半球的皮质兴奋性增加。在随访时,双侧启动组在行为学指标中呈持续进步,而对照组无。

3 双侧上肢训练的疗效及其影响因素

3.1 双侧上肢训练对于患者上肢运动功能恢复的疗效

目前关于双侧上肢训练的疗效研究主要关注两个方面:双手协调性任务中患手的表现和患手单侧任务中的表现。

双侧上肢训练的优势首先表现在双手协调性任务中患侧上肢表现的提高。日常生活中大部分活动是双侧的,特别当偏瘫侧为非利手,脑卒中患者迫切需要双侧训练以提高患侧肢体参与的双手协调性运动水平。当脑卒中患者双手同时进行运动时,两侧上肢间会存在强烈的匹配效应,从而产生一种对偏瘫上肢的可能益处。例如,在一些双侧够物运动或者肘屈伸运动的研究中[7],偏瘫侧上肢的许多运动学参数都显示了正面的效果,患侧上肢的运动速度越来越快,且运动模式越来越像健侧上肢。在一些研究中[10,12],发现在双侧训练后,患侧上肢作为支持性作用和在双侧任务中的实际使用方面均得到提高。

有研究提到[22],短期的双侧训练不能使这种益处泛化到患侧上肢单侧的运动,因为配合过程是一个自然的结果,偏瘫上肢想要立即达到健侧上肢状态而没有逆转是不太可能的。目前,大多数研究者们将精力集中于证明长期的双侧训练促进患肢单侧运动功能。2010年的一篇系统性综述认为,没有足够的证据证明相对于平常的照顾或者其他上肢干预方法,双侧上肢训练在日常生活活动能力、上肢的功能性活动或者运动残损结局方面表现得更好或更差[23]。但考虑到所纳入文献的方法学差异和病例数不足,还需进一步研究。部分研究者认为辅以感觉反馈,往往能得到更好的效果[24]。

双侧任务和单侧任务的患侧上肢表现不同,可能的解释是半球间去抑制由双侧运动激发。在患侧单侧任务中,健侧上肢处于休息状态,健侧半球未能提供因激活而产生的"模板"指导患侧上肢完成技能的执行。

3.2 双侧上肢训练疗效的影响因素

有研究[25]认为,左侧半球(运动优势半球)损伤的患者双侧训练有更明显的进步,可能机制为:①运动优势半球和非优势半球间存在半球间抑制的不对称;②右侧半球损伤的患者可能同时存在知觉或者视空间的缺损;③两侧半球对于治疗有不同的反应性进步。

多篇研究[8,26]的结果显示双侧训练可能对于上肢近端功能有更有益的进步,原因可能是躯干和肢体近端肌肉是双侧神经支配,也可能是双侧对称性训练产生更大的躯干肌肉的肌电,从而促进了躯干的稳定,这对于肢体近端的控制很重要。

患者的起始功能水平也是影响训练效果的一个重要因素。一份关于亚急性脑卒中患者进行双侧训练的研究中,采用的是功能性动作的训练方式,发现双侧训练组和单侧训练组之间没有显著差异。根据患者的基线情况将患者分成三个亚组,统计学分析发现,根据患者基线情况的分组可预测患肢的恢复情况[27]。另有研究[15,22,26]提示残损水平中到重度的患者,双侧训练能取得更好的效果。

此外,损伤部位、发病后时间,不同的双侧训练内容都可能影响训练效果。

4 双侧上肢训练的可能机制

4.1 两侧大脑皮质间抑制的正常化

双侧运动治疗的一个假设前提是当两侧同名肌群同时活动时,激活了双侧半球相似的神经网络。当单侧上肢活动时,同侧的大脑半球受抑制。而这种半球间的抑制阻止了对称上肢的镜像运动。可是,当进行对称的双侧任务时,双侧大脑激活,而皮质间的抑制降低了。

单侧皮质脑卒中,经胼胝体的抑制导致健侧运动皮质的过兴奋。健侧半球的兴奋性增加是一种运动恢复的代偿机制还是一种与恢复无关的虚假现象,这是一个存在争议的问题。可是,兴奋性增加的一个结果是,损伤侧半球接受了从健侧半球传来的异常的强烈的抑制信号。支持这一观点的一项研究显示,当麻醉慢性卒中患者的健侧手时,降低了患侧半球受到的抑制,从而促进了偏瘫手的功能表现[28]。

经颅磁刺激的研究表明,双侧运动过程中双侧大脑皮质内抑制(intracortical inhibition,ICI)减低。而在单侧运动过程中,同侧大脑半球的抑制增加。McMombe Waller等[29]的研究证明这一点:在短期的双侧训练后,出现双侧半球ICI降低和皮质内易化(intracortical facilitation, ICF)增加;与之对照,

单侧训练(利手或者非利手)只在对侧大脑半球出现这种现象,而同侧大脑半球持续抑制、易化方面无任何改变。双侧训练对于双侧半球有正面影响,理论上,可能可以促进患侧肢体的单侧运动。

另一份关于正常人双侧视觉眼肌运动训练的研究也证明这个观点[30]。在双侧训练组块之后,单侧反应时间(reaction time, RT)的减少与早期运动相关电位(movement-related potentials, MRP)的幅度增加相关,而MRP是与运动计划密切相关的。可是,对于RT已经比较低的患者,无相似的发现,提示当单侧表现已经比较好时,双侧训练不会经常产生一个继发的单侧的益处。确实,在一个TMS研究中,相对于单侧手自主活动,健康人双侧手自主的活动时,没有显示出运动皮质的兴奋性改变[31]。可是,在同样的研究中,脑卒中患者双侧手的同时运动导致了患侧半球的一个额外的易化。上述的研究对此观点提供了部分的支持,即双侧训练的过程中可发生经胼胝体的易化或者去抑制。

4.2 同侧皮质脊髓通路的激活

已经证明存在没有进行锥体交叉的皮质脊髓通路,约占锥体束的10%—20%,这提示一个可能的脑卒中后恢复机制。在双侧上肢对侧的运动中,倾向于同一空间参数的同步,特别当速度增加时这个特点更加明显,即"对侧约束(symmetry constraint)"[32]。脑卒中后双侧上肢训练可能通过同侧通路的使用,开发对侧约束。

同侧通路的使用对于脑卒中患者上肢的恢复的作用还没有定论。有一些证据显示存在同侧通路募集的患者的运动恢复结果欠佳,所以导致激活同侧通路的训练方法可能被认为是不太理想的。但是现在对健侧激活有了新的看法,认为这是一种必要的代偿,反映出运动恢复不同的策略,对于一些患侧半球损伤严重和恢复不良的患者特别有用。在这种情况下,偏瘫侧上肢的恢复可能只是偏瘫上肢支持性角色的一种维持,这就更加强调了任务特异性为基础的双侧训练。

Luft的一个关于BATRAC的fMRI研究[11]支持以上结论。此研究采取随机对照研究的方式,比较了BATRAC训练(n=9)和剂量匹配的治疗性训练(n=11)在慢性皮质或者皮质下脑卒中患者中的效果,结果发现,9名BATRAC组的成员中有6名在训练后发生了健侧大脑的激活增加,且这些激活是与运动表现的提高相关。

4.3 神经反馈

在运动控制领域,肢体间协调输入信息非常重要,因为返回至躯体感觉区域的感觉信息(如本体感觉反馈)对于建立随意运动控制与初级运动皮质的联系起辅助作用,并且卒中后运动功能恢复的一个关键因素是半球间感觉运动整合,所以,促进感觉反馈的治疗也许特别有效。与这假设一致,将外部信号,如将节奏的听觉刺激或者肌电触发的神经肌肉电刺激作为添加剂辅助患者运动的治疗常取得了较好的治疗效果[11,13]。双侧镜像训练对于脑卒中患者运动功能恢复的疗效同样表明,视觉可代替患侧微弱的本体感觉输入,从而促进患肢的功能恢复。

5 小结

双侧上肢训练作为脑卒中偏瘫患者上肢康复训练中的一种新技术,目前的研究已经取得了一些成果,初步认为其可能对双手协调性运动和单侧运动中患手的表现有较好的疗效,其机制可能与大脑皮质间抑制的正常化、开发同侧运动通路及神经反馈有关。

但是目前的研究结果并不完全一致,有待于进一步进行多中心、大样本的随机对照研究。未来的研究方向应集中在以下几个方面:①适应证:必须确定哪些患者能从双侧上肢训练中获益。有研究表明,此训练可能更有利于中到重度残损的患者[15,22,26];②疗效:近期及远期的训练效果有待进一步证实,并应该与其他的训练方法进行比较;③具体训练方案:虽然有许多关于双侧训练的文献表明有利于患侧肢体的功能恢复,但是还没有确定的统一的训练方法、参数和疗程,以及是否需要加入感觉反馈的治疗;④可能机制:可充分利用fMRI、TMS等神经成像技术,对同质(包括脑损伤的程度和部位以及运动残损的严重程度等)的患者进行研究[33],提供训练机制的证据,并通过建立行为学和神经生理学评估的模型来筛选治疗方法,从而指导脑卒中偏瘫患者的临床康复。

参考文献

[1] Kwakkel G, Kollen BJ, van der Grond J, et al. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke [J]. Stroke, 2003, 34(9):2181—2186.

[2] 许纲.偏瘫后上肢的反复刺激与双侧训练[J].中国康复医学杂志, 2006, 21(10):957—960.

[3] Mudie MH, Matyas TA. Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke [J]? Disabil Rehabil, 2000, 22(1—2):23—37

[4] Mudie MH, Matyas TA. Upper extremity retraining following stroke: effects of bilateral practice [J]. Neurorehabil Neural Repair, 1996, 10(3):167—184.

[5] McCombe Waller S, Whitall J. Bilateral arm training: why and who benefits [J]? Neuro Rehabilitation, 2008, 23(1):29—41.

[6] Summers JJ, Kagerer FA, Garry MI, et al. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study [J]. J Neurol Sci, 2007, 252(1):76—82.

[7] Lin KC, Chen YA, Chen CL, et al. The Effects of Bilateral Arm Training on Motor Control and Functional Performance in Chronic Stroke: A Randomized Controlled Study [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2010, 24(1):42—51.

[8] Lewis GN, Byblow WD. Neurophysiological and behavioural adaptations to a bilateral training intervention in individuals following stroke [J]. Clin Rehabil, 2004, 18(1):48—59.

[9] Desrosiers J, Bourbonnais D, Corriveau H, et al. Effectiveness of unilateral and symmetrical bilateral task training for arm during the subacute phase after stroke: a randomized controlled trial [J]. Clin Rehabil, 2005, 19(6):581—593.

[10] Whitall J, McCombe Waller S, Silver KH, et al. Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke [J]. Stroke, 2000, 31(10): 2390—2395.

[11] Luft AR, McCombe Waller S, Whitall J, et al. Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke: a randomized controlled trial [J]. JAMA, 2004, 292 (15): 1853—1861.

[12] McCombe Waller S, Whitall J. Fine motor control in adults with and without chronic hemiparesis: baseline comparison to nondisabled adults and effects of bilateral arm training [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85(7):1076—1083.

[13] Cauraugh JH, Kim SB. Two coupled motor recovery protocols are better than one: electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and bilateral movements [J]. Stroke, 2002, 33 (6):1589—1594.

[14] Cauraugh JH, Kim SB and Duley A. Coupled bilateral movements and active neuromuscular stimulation: intralimb transfer evidence during bimanual aiming [J]. Neurosci Lett, 2005, 382(1—2):39—44.

[15] Lum PS, Burgar CG, Van der Loos M, et al. MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study [J]. J Rehabil Res Dev, 2006, 43 (5):631—642.

[16] Hesse S, Werner C, Pohl M, et al. Computerized arm training improves the motor control of the severely affected arm after stroke: a single blinded randomized trial in two centers [J]. Stroke, 2005, 36(9):1960—1966.

[17] Stinear JW, Byblow WD. Rhythmic bilateral movement training modulates corticomotor excitability and enhances upper limb motricity poststroke: a pilot study [J]. J Clin Neurophysiol, 2004, 21(2):124—131.

[18] Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, et al. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror [J]. Lancet, 1999, 353 (9169):2035—2036.

[19] Yavuzer G, Selles R, Sezer N, et al. Mirror therapy improves and function in subacute stroke: a randomized controlled trial [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(3):393—398.

[20] Stevens JA, Stoykov ME. Simulation of bilateral movement training through mirror reflection: a case report demonstrating an occupational therapy technique for hemiparesis [J]. Top Stroke Rehabil, 2004, 11(1):59—66.

[21] Stinear CM, Barber PA, Coxon JP, et al. Priming the motor system enhances the effects of upper limb therapy in chronic stroke [J]. Brain. 2008, 131(5):1381—1390.

[22] Richards LG, Senesac CR, Davis SB, et al. Bilateral arm training with rhythmic auditory cueing in chronic stroke: not always efficacious [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2008, 22 (2):180—184.

[23] Coupar F, Pollock A, van Wijck F, et al. Simultaneous bilateral training for improving arm function after stroke [J]. Cochrane Database Syst Rev. 2010, 14(4):CD006432

[24] Stewart KC, Cauraugh JH, Summers JJ. Bilateral movement training and stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis [J]. J Neurol Sci, 2006, 244(1-2):89—95.

[25] McCombe Waller S, Whitall J. Hand dominance and side of stroke affect rehabilitation in chronic stroke [J]. Clin Rehabil, 2005, 19(5):544—551.

[26] Stoykov ME, Lewis GN, Corcos DM. Comparison of bilateral and unilateral training for upper extremity hemiparesis in stroke [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2009, 23(9):945—953.

[27] Morris JH, van Wijck F, Joice S, et al. A comparison of bilateral and unilateral upper-limb task training in early poststroke rehabilitation: a randomized controlled trial [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(7):1237—1245.

[28] Floel A, Nagorsen U, Werhahn KJ, et al. Influence of somatosensory input on motor function in patients with chronic stroke [J]. Ann Neurol, 2004, 56(2):206—212.

[29] McCombe Waller S, Forrester L, Villagra F, et al. Intracortical inhibition and facilitation with unilateral dominant, unilateral nondominant and bilateral movement tasks in left- and right-handed adults [J]. J Neurol Sci, 2008, 269(1—2):96—104.

[30] Smith AL, Staines WR. Cortical adaptations and motor performance improvements associated with short-term bimanual training [J]. 2006, Brain Res, 1071(1):165—174.

[31] Renner CI, Woldag H, Atanasova R, et al. Change of facilitation during voluntary bilateral hand activation after stroke [J]. J Neurol Sci, 2005, 239(1):25—30.

[32] Kelso JA, Holt KG, Rubin P, et al. Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes: theory and data [J]. J Mot Behav, 1981, 13(4): 226—261.

[33] Stoykov ME, Corcos D. A review of bilateral training for upper extremity hemiparesis [J]. Occup Ther Int, 2009, 16(3—4):190—203.