双侧上肢训练在脑卒中患者康复中的应用*

郑雅丹¹ 胡昔权^{1,2} 李奎¹ 陈颖蓓¹ 解东风¹

摘要

目的:初步观察双侧上肢训练对上肢功能中度到重度损害的恢复期脑卒中患者的疗效。

方法:48例上肢功能中度到重度损害的恢复期脑卒中患者随机分为双侧训练组(n=24)、对照组(n=24),前者接受双侧(患侧、健侧)上肢同向、节律运动的重复练习,后者接受常规上肢训练,即以患侧上肢为主的单侧训练。两组患者上肢训练的时间均为1h/d,5d/周,持续4周,其余康复治疗如运动疗法和日常生活活动训练等两组均相同。两组患者分别于治疗前、治疗后予以FMA上肢部分(FMA-UE)、MAS上肢部分和MBI评定。

结果:两组患者治疗后FMA-UE、FMA上肢的近端部分(FMA-PUE)和远端部分(FMA-DUE)、MAS-UE及MBI的评分均较治疗前提高,治疗前、后各量表的评分差异具有显著性($P<0.05$);与对照组相比,双侧训练组患者FMA-UE、FMA-PUE的评分提高幅度更大($P<0.05$)。

结论:对于上肢功能中度到重度损害的恢复期脑卒中患者,采用双侧上肢训练可以更好地改善其患侧上肢,尤其是上肢近端的运动功能。

关键词 脑卒中;双侧上肢训练;运动功能

中图分类号:R493.R743.3 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2011)-06-0523-06

Preliminary application of bilateral upper extremities training in rehabilitation of stroke patients/ZHENG Yadan, HU Xiquan, LI Kui, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2011, 26(6): 523—528

Abstract

Objective: To observe the effect of bilateral upper extremities training on upper extremities function of stroke patient in convalescent phase with moderate to severe upper extremity impairment.

Method: Forty-eight subjects participated in the randomized, single-blind training study. Subjects in the bilateral training group (n=24) practiced bilateral upper extremities(affected and unaffected sides) symmetrical rhythmic repetitive activities, and the control group (n=24) performed conventional upper extremities training, mainly affected upper extremity unilateral training. The program of upper extremities training for both groups were 1h per day, 5d per week for 4 weeks. Physical therapy and training of activities of daily living were the same in both groups. Fugl-Meyer assessment of upper extremity (FMA-UE), motor assessment scale of upper extremity (MAS-UE) and modified Barthel index (MBI) were used as outcome measures. Assessments were administered at pretraining and posttraining by a rater blinded to group assignment.

Result: Compared with pretraining both groups had significant improvements post training on FMA-UE ($P<0.05$), Fugl-Meyer assessment of proximal upper extremity (FMA-PUE) ($P<0.05$), Fugl-Meyer assessment of distal upper extremity (FMA-DUE) ($P<0.05$), MAS-UE ($P<0.05$) and MBI ($P<0.05$). Compared with control group bilateral upper extremities training group had significantly greater improvement on FMA-UE ($P<0.05$) and FMA-PUE ($P<0.05$).

Conclusion: Bilateral upper extremities training may be more effective on upper extremities function of stroke pa-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2011.06.007

*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,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:2011-01-30

tients in convalescent phase with moderate to severe upper extremity impairment. Bilateral upper extremities training may be more advantageous for improving motor function of affected upper extremity, especially for proximal upper extremity.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510630

Key word stroke; bilateral upper extremities training; motor function

一直以来,患侧上肢功能的恢复都是脑卒中康复的棘手问题之一。大约30%—36%的脑卒中患者在发病6个月后仍遗留有上肢功能障碍^[1],严重影响患者的日常生活活动。近年来,强制性使用疗法被证明对恢复期、慢性期的脑卒中患者有效^[2-3],但它有严格入选标准,上肢功能中度到重度残损的患者并不能从中获益。国外最近的研究报道,双侧上肢训练(bilateral arm training, BAT)对于恢复期、慢性期脑卒中患者比常用训练方法更有疗效^[4-5],尤其对上肢功能中度到重度残损的患者。有鉴于此,我们在国内首次尝试将双侧上肢训练应用于上肢功能中度到重度残损的恢复期脑卒中患者的康复中,现将初步的结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象

病例来源于2010年1月—2011年3月广州地区5所三甲医院(中山三院、中山一院、中山二院、广东省中医院、广东省第二中医院)康复科的住院患者。符合入选标准的患者按电脑确定的随机数字表随机分成双侧训练组和对照组。所有入组患者均签署知情同意书。

入选标准:①年龄20—80岁;②符合全国第四届脑血管病学术会议修订的《各类脑血管病的诊断要点》(1996年)诊断标准的脑血管病患者,均经头颅CT或MRI扫描证实;③初发脑卒中,病程1—3个月内;④患侧上肢运动功能有所恢复(近端肌力 ≥ 2 级);⑤上肢肌张力 ≤ 1 级(改良的Ashworth痉挛量表);⑥Fugl-Meyer评定量表上肢部分得分 ≤ 50 分(总分66分)。

排除标准:①既往有脑卒中、脑肿瘤、脑外伤及其他神经精神系统病史;②合并有认知障碍(MMSE ≤ 24 分)、感觉性失语和患侧忽略;③各种疾病导致的上肢关节疼痛、活动受限。

共入组48例患者,其中双侧训练组24例,对照组24例。双侧训练组患者中,男19例,女5例;平均年龄(60.58 ± 11.79)岁;平均病程(2.04 ± 0.99)个月;左侧偏瘫12例,右侧偏瘫12例;脑梗死22例,脑出血2例。对照组患者中,男18例,女6例;平均年龄(58.21 ± 15.68)岁;平均病程(2.08 ± 1.00)个月;左侧偏瘫13例,右侧偏瘫11例;脑梗死19例,脑出血5例。经统计学分析,两组患者一般资料差异无显著性($P > 0.05$),具有可比性。

1.2 训练方法

两组患者的上肢功能训练均由有经验的作业治疗师执行,训练时间均为1h/d,5d/周,持续4周。两组患者的训练强度基本相同。

对照组:接受康复科常规的作业治疗,包括肩胛骨松动、患侧上肢的被动、主动辅助及主动训练、患侧上肢推磨砂板训练、患侧上肢取物训练及患侧手指抓握与打开的训练等,主要以患侧单侧训练为主,也包括少量健侧辅助患侧的训练。

双侧训练组:在常规作业治疗(10—20min)基础上,针对患者情况,每一次训练选择以下双侧训练动作中的2—3个进行练习(40—50min)。每一个双侧动作均是节律性的重复运动,由两侧上肢在同一时间、同一空间独立完成,运动方向是同向对称。必要时治疗师对于患侧上肢给予适当的辅助。

双侧训练动作包括:①双侧肩关节减重下水平外展、内收,在悬吊带的辅助下完成。包括3个小节,每小节包括100个重复的动作,持续约3min,每节休息3min,总体时间约20min。②双侧上肢推磨砂板。根据患者情况,将磨砂板调至一定角度,双手同时独立地完成肩、肘的屈、伸动作。包括3个小节,每小节包括20个重复的动作,持续约3min,每节休息3min,总体时间约20min。③双侧肩关节上举器训练。包括3个小节,每小节包括20个重复的肩上举动作,持续约3min,每节休息3min,总体时间约

20min。④双侧肩前屈体操棒训练。双手握住体操棒,伸直肘关节完成肩前屈动作。包括3个小节,每小节包括20个重复的肩上举动作,持续约3min,每节休息3min,总体时间约20min。⑤双侧前臂旋前、旋后动作。双前臂置于治疗台上,手握弹力棒,两侧同时进行旋前、旋后运动。包括3个小节,每节包括20个重复的动作,持续时间约3min,每节休息3min,总体时间约20min。⑥EMG触发的患侧腕关节背伸动作,同时进行健侧腕关节主动背伸动作。腕背伸5s与休息10s交替进行,共80次,持续20min。⑦其他。根据患者功能情况,采取合适的双侧上肢训练方法,如双侧模拟喝水动作等,均需符合双侧上肢同一空间、同一时间同向、节律的重复运动,每个运动训练时间约20min。此外,两组患者均常规接受运动方法、日常生活活动训练等其他康复治疗。

1.3 疗效评定

两组患者分别于治疗前、治疗4周后进行以下功能评定,全部评定由专人盲法进行。①简式Fugl-Meyer量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)上肢部分(FMA-UE)。FMA-UE总分66分。其中肩、肘、前臂的评定内容占36分,主要反映上肢近端的运动功能,作者将其定义为FMA-UE近端部分(FMA of proximal upper extremity, FMA-PUE);其中腕、手以及协调的评定内容占30分,主要反映上肢远端的运动功能,作者将其定义为FMA-UE远端部分(FMA of distal upper extremity, FMA-DUE)。②运动评定

量表(motor assessment scale, MAS)上肢部分(MAS-UE)。MAS量表由8项运动评定及1项肌张力评定组成。本研究选用其中的第6项(上肢功能)、第7项(手的运动)和第8项(手的精细活动),总分18分。该3项和上肢功能有关,作者将其定义为MAS上肢部分(MAS-UE)。③改良Barthel指数(modified Barthel index, MBI),总分100分。

1.4 统计学分析

采用Excel软件输入数据,应用统计软件SPSS17.0对数据进行统计分析。各项数据以均数±标准差表示,采用配对资料的t检验对两组分别进行组内治疗前、治疗后的统计学比较,采用两独立样本的t检验进行组间的统计学比较,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 两组间FMA-UE评分结果

治疗前双侧训练组和对照组患者FMA-UE评分差异无显著性($P > 0.05$)。经过4周的训练,两组患者的FMA-UE、FMA-PUE和FMA-DUE评分均取得了提高,治疗前后的评分差异具有显著性($P < 0.05$)。经过比较,两组治疗后的评分差异无显著性($P > 0.05$)。对两组患者评分改变的差值进行组间比较,结果显示对于FMA-UE和FMA-PUE,双侧训练组的评分差值均高于对照组,差异有显著性意义($P < 0.05$)。见表1。

表1 两组患者FMA-UE评分结果比较

例数	FMA-UE			FMA-PUE			FMA-DUE			
	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值	
双侧训练组	24	21.75 ± 10.53 ^①	33.50 ± 13.00 ^{①③}	11.75 ± 6.66 ^②	14.83 ± 7.06 ^①	22.42 ± 7.19 ^{①②}	7.58 ± 3.64 ^③	6.92 ± 4.64 ^①	11.08 ± 6.98 ^{①③}	4.17 ± 4.05 ^①
对照组	24	24.75 ± 13.38	32.58 ± 17.08 ^③	7.83 ± 5.19	16.96 ± 8.76	21.75 ± 8.50 ^③	4.79 ± 2.90	7.79 ± 5.16	10.83 ± 9.07 ^③	3.04 ± 4.13

与对照组比较:① $P > 0.05$, ② $P < 0.05$; ③与同组治疗前比较 $P < 0.05$

2.2 两组间MAS-UE评分结果

治疗前双侧训练组和对照组患者MAS-UE评分无显著性差异($P > 0.05$)。经过4周的训练,两组患者的MAS-UE评分均取得了提高,治疗前后的评分具有显著性差异($P < 0.05$)。经过比较,两组治疗后的评分差异无显著性($P > 0.05$)。对两组MAS-UE改变的差值进行组间比较,差异也无显著性意义($P > 0.05$)。见表2。

2.3 两组间MBI评分结果

日常生活活动方面,治疗前双侧训练组和对照组患者MBI评分无显著性差异($P > 0.05$)。经过4周的训练,两组患者的MBI评分均取得了提高,治疗前后的评分具有显著性差异($P < 0.05$)。经过比较,两组治疗后的评分无显著性差异($P > 0.05$)。对两组MBI改变的差值进行组间比较,差异也无显著性意义($P > 0.05$)。见表3。

表2 两组患者MAS-UE评分结果比较

组别	例数	治疗前	治疗后	差值
双侧训练组	24	2.00 ± 2.80 ^①	4.46 ± 4.57 ^{①②}	2.46 ± 2.81 ^①
对照组	24	3.25 ± 4.09	4.96 ± 5.04 ^②	1.71 ± 1.81

①与对照组比较 $P>0.05$; ②与同组治疗前比较 $P<0.05$

表3 两组患者MBI评分结果比较

组别	例数	治疗前	治疗后	差值
双侧训练组	24	66.50 ± 27.14 ^①	81.58 ± 19.23 ^{①②}	15.08 ± 13.35 ^①
对照组	24	70.21 ± 19.53	84.75 ± 15.56 ^②	14.54 ± 11.73

①与对照组比较 $P>0.05$; ②与同组治疗前比较 $P<0.05$

3 讨论

目前国内外将双侧上肢训练应用于上肢功能中度到重度残损的恢复期脑卒中患者的研究较少。本研究采取随机、对照、单盲的设计,比较双侧上肢训练和常规上肢训练对此类患者的上肢功能、日常生活活动临床疗效的差异。

3.1 双侧上肢训练及本研究中脑卒中患者上肢功能轻、中、重度残损的定义

双侧训练是两侧肢体独立执行同一时间和空间的运动模式^[6]。1996年由Mudie等提出双侧等运动学训练策略(bilateral isokinematic training, BIT),即双侧上肢运动的一种形式。该研究发现BIT方法可以明显改善患侧上肢运动功能,并且在随访6个月时这种进步依然保留。其机制可能与双侧大脑间抑制的正常化有关^[7-8]。

在此基础上,众多研究者进行深入的研究^[9],将双上肢训练结合节律性听觉信号(bilateral arm training with rhythmic auditory cueing, BATRAC)^[10],或者机电触发的神经肌肉电刺激^[11],或者机械装置的辅助^[12],应用于恢复期或慢性期脑卒中患者的康复训练,大部分研究均取得良好的疗效。

本研究中采用的双侧动作,如减重下肩关节外展、内收,两侧上肢于悬吊下,在水平面上同时以同一节律进行双侧肩关节外展及内收动作,重复进行。又如上肢推磨砂板动作,双侧上肢同时进行推、拉动作,即肩屈伸、肘屈伸的重复练习。患侧肢体若不能达到全范围活动,治疗师则给予适当的辅助。其余双侧动作如肩关节上举器训练、肩前屈体操棒训练、前臂旋前旋后动作、机电触发的腕背伸动作,同样是以单关节的简单运动为主,强调两侧肢体独

立执行同一时间、空间的动作,并重复、节律地练习,完全符合双侧上肢训练的动作标准。

根据以往的文献^[13-14]和作者观察的结果,本研究将患者上肢功能根据FMA-UE得分(总分66)进行以下分级: < 19分为重度, 19—50分为中度, > 50分为轻度。对于上肢功能不同残损水平的脑卒中患者的预后,目前尚没有公认的判断标准。据报道,重度残损的患者其上肢只有9%的可能性可以发展成灵活的动作^[1],此类患者一般不会有患侧上肢的功能性使用;中度残损的患者可以使用他们的上肢,其中一些患者有潜力使用患手完成部分功能性运动,如固定物体起稳定作用;轻度残损的患者一般会有某种程度的腕及指的伸展,并且患手有潜力发展出比较好的运动功能,这类患者适宜进行强制性使用治疗。

在本研究入组患者中,中度残损患者25例(双侧训练组12例,对照组13例),重度残损患者23例(双侧训练组12例,对照组11例),通过比较双侧上肢训练和常规上肢训练对这些患者上肢运动功能及日常生活活动的影响,从而初步了解双侧上肢训练对于上肢功能中度到重度残损脑卒中患者的疗效。

3.2 双侧上肢训练对脑卒中患者上肢运动功能的影响

本研究中,经过4周的训练,双侧训练组和对照组均能使脑卒中患者的FMA-UE评分获得提高,但双侧训练组评分提高的差值大于对照组。这些结果表明,双侧上肢训练较常规上肢训练能更大程度地改善患侧上肢的运动功能。许多研究支持这一结论。Stinear等^[15]采用双侧节律性的腕屈伸动作进行训练,结果显示患侧腕屈肌和腕伸肌的力量增加。Chang等^[16]的研究结果显示传统康复方法结合机械臂辅助下的双侧上肢训练可以提高慢性脑卒中患者偏瘫上肢肌力和增强运动控制能力。

目前认为双侧训练疗效可能的机制与以下有关:首先,与双侧大脑半球间抑制的正常化有关^[17]。单侧皮质脑卒中患者,由于患侧半球经胼胝体的抑制降低,健侧运动皮质过兴奋,与此同时,患侧半球接受了从健侧半球传来的强烈抑制信号,而导致兴奋性进一步降低,由此形成恶性循环。双侧上肢训练可能通过增强了半球间皮质的去抑制从而兴奋了

患侧半球。其次,还可能与健侧半球同侧通路的激活有关^[13]。通过“共享”健侧半球传来的正常的运动指令提高患侧功能,继而达到患侧脑功能重组。

尽管如此,另外一些研究并没能显示双侧上肢训练的效果。Richards等^[18]以上肢功能轻度受损的慢性脑卒中患者为研究对象,采用BATRAC的训练方法,结果显示患侧上肢功能并没有得到提高;Morris等^[19]以包括轻、中、重各种残损水平的亚急性脑卒中患者为研究对象,采用双侧上肢同时、对称、独立地进行多关节的功能性动作,比较双侧训练和单侧训练对上肢功能的影响,发现两种训练方法对于提高患侧上肢运动功能没有显著性差异。分析其中的原因,既可能与双侧上肢训练本身有关,也可能是由于病程^[19]、采用的训练任务^[13,20]及强度^[19]、研究对象残损水平^[18,21]及认知水平^[18]的不同导致的。因此,关于双侧上肢训练的疗效,未来仍需进一步深入研究。

本研究中,经过4周的训练,双侧训练组的FMA-PUE的评分提高值优于对照组,而FMA-DUE无此种优势。FMA-PUE代表上肢近端的运动功能,FMA-DUE代表上肢远端的运动功能,结果提示相对于常规上肢训练,双侧上肢训练更利于患侧上肢近端的功能恢复。

国外研究^[14]采用MAS量表的第6(上肢功能)、7(手的运动)、8(手的精细活动)3个项目以反映上肢运动功能。第6项代表上肢近端的功能,第7、8项代表上肢远端的功能。该研究也取得了类似的结果,认为双侧上肢训练对于偏瘫上肢近端的运动恢复更有利。作者进一步分析其原因^[14],认为可能与躯干和肢体近端肌肉是双侧神经支配有关,也可能是因为双侧上肢训练产生更强的躯干肌肌电,从而促进躯干稳定,增强肢体近端的运动控制。本研究也采用MAS-UE(即MAS的第6、7、8项)作为一项评定指标,结果显示两组患者治疗后的MAS-UE评分提高,但组间差异无显著性。分别评定MAS-UE的三个项目,但组间差异同样没有显著性意义。导致这种结果的原因可能为:①本研究的样本量较小;②本研究入组患者上肢功能为中度到重度残损,其运动功能基线水平较低,而MAS-UE强调上肢的较精细的活动,导致地板效应。

本研究入组患者FMA-UE评分为均低于50分,处于中度到重度残损水平,他们使用双侧上肢训练取得了比较好的效果。而之前的研究中^[18,21],偏瘫程度较轻的患者采用双侧上肢训练方法的效果却不理想,综合这些研究和本研究的结果,提示上肢残损较严重的患者可能更适合使用双侧上肢训练。

3.3 双侧上肢训练对脑卒中患者的日常生活活动的影响

本研究中,经过4周的训练,双侧训练组和对照组均能使脑卒中患者的MBI评分获得提高,两组评分提高的差值之间无显著性差异。此结果表明,双侧上肢训练和常规上肢训练均能改善患者的日常生活活动,两者在改善程度方面没有差异。

Morris等^[19]同样以MBI作为日常生活活动的评定工具,结果显示双侧上肢训练和单侧上肢训练在改善患者日常生活活动方面没有差异。Lin等^[22]的研究采用功能独立性评定作为日常生活活动的评定工具,研究双侧上肢干预和对照干预对于患者的影响,也得到类似结果。2010年一篇关于双侧上肢训练的Meta分析^[23]也支持这一结论。虽然MBI是一个脑卒中康复研究中广泛使用的工具,但如果有代偿方法,就算患侧上肢功能较差,也可以取得较高得分,因此,它不能恰当地反映出患侧上肢功能的进步对日常生活活动造成的影响。另外,日常生活中许多活动是双手协调性任务,需要每一只手承担不同角色,而本研究中,只是练习双侧上肢对称的运动,所以双手协调性运动没有明显改善。这也提示我们,未来在有关双侧上肢训练疗效的研究中,可以考虑不把日常生活活动能力作为主要的评价指标。

3.4 本研究的不足之处

本研究样本量较小,可能影响MAS-UE等量表检测出两组的差别。另外,无随访资料,不能体现双侧上肢训练对于患侧上肢运动能力和患者日常生活活动的长远影响。

4 结论

在脑卒中恢复期,针对上肢功能中度到重度残损的患者,采用双侧上肢训练似乎能更大程度地改善患侧上肢运动功能,尤其是上肢近端运动功能。未来需要多中心、大样本的随机对照试验来进一步

证实双侧上肢训练的疗效,并采用脑功能成像方法进一步深入探讨双侧上肢训练对于脑功能重组影响的机制。

致谢:本研究得到广东省第二中医院、中山大学附属第一医院、中山大学附属第二医院、广东省中医院康复科的大力支持,他们在病例提供及双侧上肢训练方案的实施方面给予了大量帮助,在此表示衷心的感谢!

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] 李奎, 胡昔权, 郑金利,等.强制性使用运动疗法对恢复期脑卒中患者上肢功能的影响[J].*中华物理医学与康复杂志*, 2008, 30(7): 466—469.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 郑雅丹, 胡昔权. 双侧上肢训练在脑卒中患者康复中应用的研究进展[J].*中国康复医学杂志*, 2011, 26(3): 296—299.
- [6] 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.
- [7] Wu CY, Hsieh YW, Lin KC, et al. Brain reorganization after bilateral arm training and distributed constraint-induced therapy in stroke patients: a preliminary functional magnetic resonance imaging study [J]. *Chang Gung Med J*, 2010, 33(6): 628—638.
- [8] 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(Pt 5): 1381—1390.
- [9] Wu CY, Chuang LL, Lin KC, et al. Randomized trial of distributed constraint-induced therapy versus bilateral arm training for the rehabilitation of upper-limb motor control and function after stroke [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2011, 25(2): 130—139.
- [10] Senesac CR, Davis S, Richards L. Generalization of a modified form of repetitive rhythmic bilateral training in stroke [J]. *Hum Mov Sci*, 2010, 29(1): 137—148.
- [11] Cauraugh JH, Coombes SA, Lodha N, et al. Upper extremity improvements in chronic stroke: coupled bilateral load training [J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2009, 27(1): 17—25.
- [12] Chang JJ, Tung WL, Wu WL, et al. Effects of robot-aided bilateral force-induced isokinetic arm training combined with conventional rehabilitation on arm motor function in patients with chronic stroke [J].*Arch Phys Med Rehabil*, 2007, 88(10): 1332—1338.
- [13] Luft AR, McCombe-Waller S, Whittall 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Chang JJ, Tung WL, Wu WL,et al. Effects of robot-aided bilateral force-induced isokinetic arm training combined with conventional rehabilitation on arm motor function in patients with chronic stroke [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, 88(10): 1332—1338.
- [17] McDowd JM, Filion DL, Pohl PS, et al. Attentional abilities and functional outcomes following stroke [J]. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 2003, 58(1): 45—53.
- [18] 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.
- [19] Morris JH, van Wijck F, Joice S, et al. A comparison of bilateral and unilateral upper-limb task training in early post-stroke rehabilitation: a randomized controlled trial [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008, 89(7): 1237—1245.
- [20] Cauraugh JH, Kim SB, Duley A. Coupled bilateral movements and active neuromuscular stimulation: intralimb transfer evidence during bimanual aiming [J]. *Neurosci Lett*, 2005, 382(1—2): 39—44.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [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.