

·临床研究·

上肢康复机器人辅助训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响*

孙长城¹ 王春方¹ 丁晓晶¹ 郭丹¹ 韩雪敏¹ 杜金刚^{1,2}

摘要

目的:探讨上肢康复机器人辅助训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能恢复的效果。

方法:选取来本院治疗的脑卒中偏瘫患者70例,随机分为治疗组(38例)和对照组(32例),两组患者除进行常规的康复训练外,治疗组增加了上肢康复机器人辅助训练,对照组增加了上肢重复性运动训练,共治疗4周,5次/周,每次30min。分别于治疗前、治疗2周、4周后采用完成ReoGo上肢康复机器人任务难度得分、改良Barthel指数(MBI)评定法、Brunnstrom分期评定(上肢和手)、Fugl-Meyer运动功能量表上肢部分对两组患者进行综合康复评定。

结果:治疗后,两组患者的ReoGo得分、MBI评分、Brunnstrom分期、FM评分均较治疗前明显改善,具有显著性意义($P<0.01$);治疗2周后治疗组与对照组比较无显著性差异($P>0.05$);4周后治疗组ReoGo得分、MBI评分和Brunnstrom上肢评分优于对照组,比较差异有显著性意义($P<0.05$),治疗组和对照组的Brunnstrom手和FM评分无显著性差异($P>0.05$)。

结论:上肢康复机器人辅助训练能够有效促进偏瘫患者上肢运动功能康复。

关键词 上肢康复机器人;脑卒中;康复;上肢运动功能

中图分类号:R743.3;R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2018)-10-1162-06

Effects of assistant training of upper-limb rehabilitation robot on upper-limb motor function of hemiplegic stroke patients/SUN Changcheng, WANG Chunfang, DING Xiaojing, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2018, 33(10): 1162—1167

Abstract

Objective: To explore the effect of assistant training of upper-limb rehabilitation robot on recovery of upper-limb motor function of Hemiplegic stroke patients.

Method: Seventy Hemiplegic stroke patients were randomly divided into a study group ($n=38$) and a control group ($n=32$). Both groups were treated with routine rehabilitation treatment, the study group accepted extra upper-limb rehabilitation robot assisted training, the control group accepted extra upper-limb repetitive exercise training, 30min/time, 5 times/week, 4 weeks in total. The two groups of patients were assessed by ReoGo score, Modified Barthel Index (MBI), Brunnstrom stage (upper-limb and hand), and the Fugl-Meyer (upper-limb part) before second fourth week after treatment.

Result: After treatment, the scores of the two groups were significantly improved compared with before treatment. There was no significant difference between the study group and the control group after 2 weeks. After 4 weeks of treatment, the ReoGo score, MBI and Brunnstrom (upper-limb) in the study group were significantly better than those in the control group, Brunnstrom(hand) and FM scores were not significantly different.

Conclusion: The rehabilitation of upper-limb rehabilitation robot can effectively promote the rehabilitation of up-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2018.10.006

*基金项目:天津市卫计委攻关项目(14KG107);天津市中医药重点领域科研项目(2017009);天津市人民医院科研项目(2017YJ011)

1 天津市人民医院康复医学科,天津市,300121; 2 通讯作者

作者简介:孙长城,男,硕士,工程师; 收稿日期:2017-08-03

per-limb motor function of Hemiplegic stroke patients.

Author's address Tianjin Union Medical Centre, Tianjin, 300121

Key word upper-limb rehabilitation robot; stroke; rehabilitation; upper-limb motor function

脑卒中(stroke)通常被称为“中风”或脑血管意外,是指由急性脑血管疾病引起的持续性大脑神经功能缺损。我国现有脑卒中患者约7000万例,每年新增200万例以上,约80%—90%的患者有不同程度的功能障碍,其中上肢功能障碍的发生率高达80%,且恢复困难,预后差,严重影响了患者的日常生活能力和生存质量^[1-2]。如何对脑卒中患者进行系统的上肢康复治疗,使其日常活动能力得到最大程度的改善是广大康复工作者较为关注的课题。

随着康复医学的发展,许多新的康复治疗技术不断被引入到脑卒中偏瘫上肢康复中来^[3-4]。为了提高康复训练效率,研究者们将机器人技术应用于康复领域。利用机器人及其相关技术能提供客观、准确的治疗和评价参数,提高偏瘫康复训练的针对性及科学性,同时将治疗医师从繁重的体力劳动中解脱出来,为患者制定更好的康复方案,提高康复的疗效。包永珍等^[5]研究利用高压氧治疗与上肢康复机器人联合方法训练脑卒中偏瘫患者的上肢功能,结果表明该方法能够有效地改善患者的上肢运动能力及日常生活活动能力。张秀芳等^[6]在常规康复干预基础上辅以上肢康复机器人训练也取得了较好的治疗效果。随着科学技术的不断发展,出现了许多新型的上肢运动功能辅助系统,如Rahman MH等^[7]设计的上肢机械外骨骼系统,在帮助脑卒中患者完成相应动作的同时也能够促进患者上肢运动功能的恢复。

课题采用的美国进口ReoGo上肢康复机器人是基于神经可塑性及运动再学习理论开发的上肢辅助康复训练系统,可根据患者上肢运动功能的不同阶段进行精细化针对性训练。本研究采用ReoGo

系统 Forward thrust, Forw. Reach 2D, Forw. Reach 3D, Horizontal Reach, Horizontal Abd, Forw Cubes六种运动轨迹作为训练手段,这六种运动轨迹基本涵盖了肩关节和肘关节所有的运动模式,选择其中的Horizontal Abd轨迹作为评价方法,通过量表结果和Horizontal Abd轨迹下患者所能完成的难度模式来综合客观评价患者上肢功能恢复情况,探讨上肢康复机器人辅助恢复训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能恢复的效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2015年12月—2016年7月来我院进行康复治疗的脑卒中偏瘫患者,利用MATLAB软件生成1—100的随机序列数组,入组患者按就诊顺序读取随机序列对应的数字,对应奇数的患者入治疗组,否则入对照组,共入组70例患者,其中治疗组38例、对照组32例,两组患者在年龄、性别、病程、患侧、卒中类型等方面没有显著性差异,见表1。

纳入标准:①符合第4次全国脑血管病学术会议制订的脑卒中诊断标准,经CT或MRI检查确诊;②年龄:35—70岁,病程:1—24个月;③生命体征平稳,认知功能正常,能够配合治疗;④签署知情同意书。

排除标准:①伴有严重的心、肺、肝、肾等脏器功能障碍;②伴有多发性癫痫;③上肢肌张力>3级(利用改良的Ashworth痉挛量表评定);④伴有影响偏瘫侧上肢活动的其他疾病。

1.2 治疗方法

两组患者均进行常规康复治疗,治疗组在常规

表1 两组患者一般情况

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	卒中类型(例)		病程($\bar{x}\pm s$,月)	患侧	
		男	女		脑出血	脑梗死		左	右
治疗组	38	21	17	59.11±9.99	13	25	4.46±4.37	18	20
对照组	32	17	15	58.06±10.70	12	20	5.28±3.83	17	15
χ^2/F		0.032 ^①		0.240 ^②	0.112 ^①		0.044 ^②	0.346 ^①	
<i>P</i>		0.858		0.625	0.738		0.835	0.574	

注:① χ^2 值,②*F*值

的治疗方法基础上每天进行1次上肢康复机器人治疗,每次30min,每周5次,4周;对照组在常规治疗基础上每次增加30min的徒手重复性动作训练,包括主被动下肩关节的屈伸、外展、内收、内外旋和肘关节的屈伸、内外旋训练,以及相应的抗阻运动等。

1.2.1 上肢康复训练机器人:ReoGo上肢康复机器人其机器臂是采用三轴Forcell技术的伸缩臂,可灵活完成三维空间内任意方向的上肢运动。可实时显示操纵杆的位置,让患者看到自己上肢的位置,让神经控制系统积极有效的参与到训练中来,帮助患者恢复本体感觉。图1所示为训练场景图。

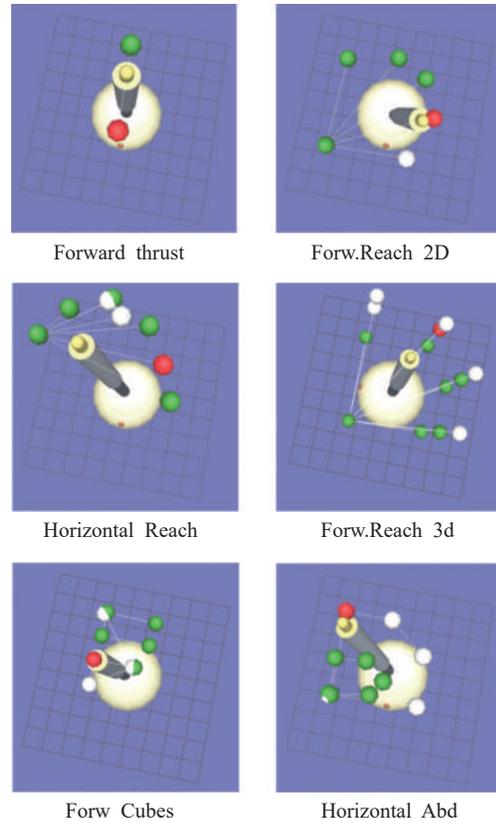
图1 ReoGo上肢康复机器人训练场景图



本研究采用ReoGo上肢康复机器人的六种运动轨迹,如图2,每种运动轨迹含有目标导向下的被动运动(Guided)、单点触发(Initiated)、多点触发(Step Initiated)、连续运动(Follow)和主动控制(Free)5种不同难度训练模式,每种训练模式下可根据患者情况设置不同的活动范围、阻力、运动速度等参数,在患者训练过程中,系统可针对患者不同的能力进行评估,如患者主动参与程度、动作平滑程度、主被动关节活动度、目标追踪准确性等,循序渐进为患者提供适当的挑战难度模式,让患者时刻主动参与到训练当中,提高患者主动参与兴趣,加速上肢功能和脑神经的恢复进程。

针对早期上肢肌力处于0—1级的脑卒中患者,主要应用被动模式及单点触发模式,一般常用的轨迹包括二维平面的肩关节前伸、后缩,水平面的外展内收以及三维空间的肩关节前屈、后伸、外展、内收等动作,在维持患者关节活动度的同时,对患者进行一个被动的感觉输入,用单点触发的模式诱发上肢肌力的产生,并且应用视觉反馈及任务导向性训练,

图2 ReoGo上肢康复机器人运动轨迹示意图



鼓励患者自己做出相应的动作。处于Brunnstrom III期的患者存在肌张力高、活动范围受限等问题,因此在训练中先选择三维状态下的肩关节前屈、后伸、外展、内收等动作,利用缓慢的速度降低患者上肢的张力,维持或提高患者上肢关节活动度,引出分离动作,之后尽量让患者多做与痉挛模式相反的动作,如增加患者肱三头肌肌力的水平外展等动作,一方面可以提高肘关节的关节活动度,另一方面也可以降低肱二头肌张力,提高肱三头肌肌力。进入恢复期的患者,可以根据患者目前上肢肌力的情况,设计适合患者训练的运动轨迹,应用多点触发、连续触发模式,增大上肢关节活动范围,提高阻力,对肌力较差的肌肉做一个针对性的训练,可将肩关节前屈和外展等动作结合起来,使上肢在水平面上做一个环转的动作,之后也可以选择主动运动模式,使患者自己控制移动臂的方向和力量,提高训练的难度。

1.2.2 常规治疗方法:根据每位患者上肢功能特点采取不同的常规治疗手段,主要围绕减轻疼痛,改善

关节活动度,增强肌力、协调性、耐力,改善精细活动及整体活动等方面进行。主要康复方法包括:关节被动活动,肩、肘、腕、掌指关节的被动活动;手抓握训练;MOTOmed 上肢训练器、滚筒、磨砂板、木钉板、系扣、挑豆子、拧螺丝等训练。每天1次,每次45min,每周5次,4周。

1.3 评价方法

采用ReoGo上肢康复机器人和量表两种方法对两组患者进行综合评定,分别于治疗前、治疗开始后2周、4周由同一名治疗师来完成。

1.3.1 ReoGo上肢康复机器人评定:为了更加客观的评估患者上肢功能水平,本文利用ReoGo的Horizontal Abd轨迹对两组患者进行评定,该轨迹能够全面评估肩关节和肘关节各个方向的运动,能够全面体现患者上肢运动功能,对应的五种训练模式(motion mode)下还可设置相应的活动范围[scaling (%),以第一次评定时被动模式下所达到的最大范围作为基准活动范围(100%)],阻力(force,包括low、medium、high三种阻力)、运动速度(speed)等,能够全面的反应患者的上肢功能水平。

评估过程中主要分析患者所能完成的最难Motion mode及对应的Scaling(%)和Force三个参数,为了量化评定结果设定完成五种难度运动模式得分分别为10、20、30、40、50分,Scaling每增加10%加2分、减少10%减2分(不同运动模式下患者所能达到的最大活动范围有所不同),三种Force分别设定为2、4、6分,将所能完成最难的运动模式分数及对应的Scaling和Force所得的分数相加作为每位患者的评定得分。

1.3.2 量表评定:①改良Barthel指数评定:改良Barthel指数(modified barthel index, MBI)评定量表是日常生活能力(activity of daily living, ADL)评定的常用量表之一,是康复效果评价、跌倒风险预测的重要指标,包括日常生活中的吃饭、如厕等十项内容,得分越高自理能力越强。

②Brunnstrom分期评定(上肢和手):Brunnstrom分期评定法是由瑞典物理治疗师Signe Brunnstrom提出的,他经过总结分析将脑损伤后恢复分为6个阶段,即完全性瘫痪(I期);运动模式异常(II期);异常运动模式达到顶点(III期);分离运动

的出现(IV、V期);几乎恢复正常(VI期)。本研究主要对患者的上肢和手进行Brunnstrom分期评定。

③Fugl-Meyer运动功能量表:Fugl-Meyer评定法是一种累加积分量表,具有高敏感性和可靠性,内容包括肢体运动、平衡、感觉、关节活动度和疼痛五项,课题采用Fugl-Meyer运动功能量表的上肢部分对患者进行评定。

1.4 统计学分析

本研究采用SPSS 19软件进行统计学分析。对于两组患者的一般资料中分类变量采用 χ^2 检验、连续型变量采用单因素方差分析方法进行比较。对于ReoGo、MBI和Fugl-Meyer评估治疗前后组间评分比较采用服从正态分布的独立样本 t 检验,组内治疗前后评分比较采用配对样本 t 检验。Brunnstrom分期评定(上肢和手)治疗前后组间对比采用Mann-Whitney U 秩和检验,组内对比采用Wilcoxon秩和检验。

2 结果

见表2—3,两组患者治疗前评估差异无显著性意义($P>0.05$),治疗2周、4周后两组患者的各项评分均有所提高,组内治疗前后比较差异具有显著性意义($P<0.01$),且治疗组的提高幅度高于对照组。治疗2周后治疗组和对照组的各项评分比较无显著性意义($P>0.05$)。治疗4周后治疗组的ReoGo得分、MBI和Brunnstrom上肢功能评分与对照组相比差异具有显著性意义($P<0.05$),治疗组优于对照组。治疗4周后Brunnstrom手功能评分和Fugl-Meyer评分两组患者差异无显著性意义。经过4周的康复治疗两组患者的上肢功能有了明显改善,且治疗组的ReoGo得分、MBI和Brunnstrom上肢功能评分优于对照组。

3 讨论

上肢运动功能在日常生活活动中至关重要,且恢复难度大,所需时间长,给社会和家庭带来沉重负担^[8-9]。目前临床上多采用常规的运动疗法、物理理疗、作业疗法及传统的中医针灸等治疗措施,其中作业疗法在上肢功能康复中的作用越来越被认可^[10],但其存在治疗周期长、缺乏趣味性等不足之处。机

表2 两组患者治疗前后ReoGo、MBI 和Fugl-Meyer 评估结果

($\bar{x}\pm s$,分)

评定方法	治疗前	治疗2周后	2周后 vs 治疗前		治疗4周后	4周后 vs 治疗前	
			<i>t</i>	<i>P</i>		<i>t</i>	<i>P</i>
ReoGo							
治疗组(38例)	24.63±9.70 ^③	31.89±8.42 ^{①③}	6.654	0.000	42.11±7.45 ^{①②}	13.658	0.000
对照组(32例)	25.75±11.53 ^③	29.94±11.09 ^{①③}	4.750	0.000	33.09±11.37 ^{①②}	7.231	0.000
<i>t</i>	-0.441	0.839			4.103		
<i>P</i>	0.661	0.405			0.000		
MBI							
治疗组(38例)	40.66±24.91 ^③	52.42±23.67 ^{①③}	8.785	0.000	70.13±21.64 ^{①②}	10.714	0.000
对照组(32例)	39.69±30.03 ^③	44.06±29.69 ^{①③}	6.588	0.000	53.13±28.95 ^{①②}	11.641	0.000
<i>t</i>	0.884	1.747			2.721		
<i>P</i>	0.380	0.086			0.009		
Fugl-Meyer 评分							
治疗组(38例)	13.55±13.64 ^③	26.79±16.68 ^{①③}	9.203	0.000	39.42±17.29 ^{①③}	12.020	0.000
对照组(32例)	16.22±12.35 ^③	25.44±13.6 ^{①③}	9.403	0.000	34.09±13.45 ^{①③}	15.235	0.000
<i>t</i>	-0.850	0.370			1.449		
<i>P</i>	0.398	0.712			0.152		

注:治疗前后组内比较:① $P<0.01$;治疗前后组间比较:② $P<0.05$,③ $P>0.05$

表3 两组患者治疗前后Brunnstrom 上肢/手评估结果

Brunnstrom 评定	Brunnstrom 分期												<i>Z</i>	<i>P</i>
	治疗组(n=38)						对照组(n=32)							
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI		
上肢														
治疗前	7	7	19	3	2	0	7	10	7	6	2	0	-0.405	0.686
治疗2周后	0	5	19	8	6	0	4	6	10	7	5	0	-0.951	0.342
<i>Z</i>			-4.420						-3.900					
<i>P</i>			0.000						0.000					
治疗4周后	0	0	8	16	8	6	0	7	9	7	9	0	-2.537	0.011
<i>Z</i>			-5.243						-4.485					
<i>P</i>			0.000						0.000					
手														
治疗前	17	7	9	3	2	0	7	11	7	6	1	0	-1.474	0.140
治疗2周后	6	15	4	7	6	0	4	8	11	5	3	0	-0.576	0.564
<i>Z</i>			-4.245						-3.742					
<i>P</i>			0.000						0.000					
治疗4周后	1	7	14	3	9	4	2	6	10	6	4	4	-0.328	0.743
<i>Z</i>			-4.864						-4.562					
<i>P</i>			0.000						0.000					

器人技术应用于康复领域,可以有效弥补常规康复手段存在的缺陷,既可以提高康复训练效率,减轻家庭和社会的经济负担,又不会增加临床医疗人员的负担和卫生保健的成本。

本研究设计了基于运动轨迹的ReoGo评价方法,利用实际轨迹与目标轨迹的偏差程度来进行评估的方法早有报道^[1],本研究进行了针对性改进,通过ReoGo评价得分和多个量表的综合评估分析,结果显示两组患者经过4周的康复治疗,各项评分均有显著性提高,表明合理的康复训练有助于脑卒中

患者的上肢功能恢复。同时,治疗组的ReoGo、MBI、Brunnstrom上肢评分显示治疗组改善的程度优于对照组,存在显著性差异,说明上肢康复训练机器人是一种有效的康复治疗手段,利用该方法可以取得更好的康复效果,是对常规康复方法的有力补充。其中,经过四周治疗后两组患者的Brunnstrom手和Fugl-Meyer的评分虽然都有明显提高,但组间对比不存在显著性差异,这主要因为本研究中主要利用ReoGo上肢康复机器人训练了偏瘫患者肩关节和肘关节的功能,并未涉及手功能的训练。

脑卒中后肢体功能恢复的机制是区域性脑功能重建,其理论基础是脑的神经可塑性理论。脑的功能重建需要通过不断的学习与训练得到强化和巩固,这需要大量重复性的康复训练^[12-14]。ReoGo 上肢康复机器人通过带有运动轨迹的视觉反馈重复性强化训练,能够不断激发大脑的神经可塑性诱导,加速脑区间的功能重建。上肢康复机器人相比常规康复治疗手段,提供的治疗持续时间更长,重复性更好,能够有效增加或维持患者上肢关节活动度,提高上肢肌力、耐力及协调能力。上肢康复机器人还可以通过虚拟游戏的结合,通过一系列特定的运动轨迹帮助患者在增大关节活动度的同时对患者进行一个感觉输入,提供一个娱乐的治疗方式,促进患者积极主动的参与到康复练习中,提升康复效率^[15]。另外,计算机可以详实的记录治疗数据,能提供及时、客观、准确的治疗和功能评估,有助于相关研究的深入开展。同时,患者可以在治疗师的指导下进行自主康复训练,节约了人力医疗资源,减轻了患者的经济负担。

随着人工智能技术、机器人技术和康复医学的发展,康复机器人已经成为一种新的运动神经康复治疗手段,是传统常规康复治疗方法的有效补充,对脑卒中患者肢体功能的恢复具有重要的意义。研究表明,上肢康复机器人结合常规康复方法对脑卒中患者上肢功能康复具有较好的治疗效果,能够有效的提高治疗效率、减短治疗周期、节约医疗成本,值得临床应用推广。

参考文献

- [1] 万一群,黄真. 脑卒中患者上肢康复机器人辅助治疗效果的循证分析[J]. 中华物理医学与康复杂志,2014, 36: 963—966.
- [2] Edwards DF, Hahn M, Baum C, et al. The impact of mild stroke on meaningful activity and life satisfaction[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis,2006, 15: 151—157.
- [3] Esquenazi A, Packel A. Robotic-assisted gait training and restoration[J]. Am J Phys Med Rehabil,2012, 91: 217—227.
- [4] 范虹,吴月峰,董晓,等. 上肢康复机器人对急性期脑卒中患者上肢运动功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2016, 38: 104—107.
- [5] 包永珍,曾明,吴华,等. 高压氧联合上肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫上肢运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2015, 37: 35—37.
- [6] 张秀芳,高晓盟,赵娜,等. 上肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫患者上肢功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2016, 38(3):180—182.
- [7] Rahman MH, Kittel-Ouimet T, Saad M, et al. Development and control of a robotic exoskeleton for shoulder, elbow and forearm movement assistance[J]. Applied Bionics & Biomechanics, 2012, 9(3):275—292.
- [8] 吴保平,郭霞,刘晨,等. 作业疗法对脑卒中后患者上肢运动功能康复效果的 Meta 分析[J]. 中国老年学杂志,2014, 34: 6349—6351.
- [9] 侯红,范亚蓓,吴玉霞,等. 康复机器人辅助训练对偏瘫患者上肢功能及日常生活活动能力的影响[J]. 中国康复医学杂志,2015, 30: 1013—1016.
- [10] 金妹,朱美红,沈雅萍,等. 指导性强化作业疗法对脑卒中患者上肢功能及 ADL 能力的影响[J]. 中国康复医学杂志,2009, 24: 173—174.
- [11] 谢群. 机器人辅助上肢康复训练的量化评价方法研究[D]. 清华大学,2010.
- [12] Kan P, Huq R, Hoey J, et al. The development of an adaptive upper-limb stroke rehabilitation robotic system[J]. J Neuroeng Rehabil,2011, 8: 1—18.
- [13] Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review[J]. Neurorehabil Neural Repair,2008, 22: 111—121.
- [14] 王俊,廖麟荣,杨振辉,等. 运动想象结合下肢康复机器人训练对脑卒中患者步行障碍的影响[J]. 中国康复医学杂志,2015, 30 (6): 542—546.
- [15] 孙莹,花佳佳,施加加,等. 上肢康复机器人联合常规康复训练对脑卒中患者上肢运动功能和日常生活活动能力恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2014, 36: 928—930.