

# 上肢机器人辅助训练对恢复期脑卒中患者肩关节本体感觉的影响

孙亚 金敏敏 李岩 傅建明 杨美霞 张玮涛 朱碧华

**【摘要】 目的** 探讨上肢机器人辅助训练对恢复期脑卒中患者肩关节本体感觉的影响。**方法** 采用随机数字表法将 40 例恢复期脑卒中患者分为实验组及对照组,每组 20 例。2 组患者均给予常规药物治疗及康复干预,康复干预包括运动训练、作业治疗及物理因子治疗等;实验组患者在此基础上辅以上肢机器人训练,每次训练持续 20 min,每周训练 6 次,共连续训练 8 周。于治疗前、治疗 4 周、8 周后分别采用 MJS 上肢本体感觉测试系统评估 2 组患者上肢平均轨迹误差值(ATE)及测试执行时间(Time),通过等速测试仪评定患者肩关节内旋、外旋 30°、60°时关节位置觉。**结果** 治疗前两组患者 ATE 及 Time 值组间差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗 4 周后两组患者 ATE 及 Time 值均较治疗前明显改善( $P<0.05$ );并且实验组上述指标亦显著优于对照组( $P<0.05$ )。治疗 8 周后两组患者 ATE 及 Time 值均较治疗 4 周时进一步改善( $P<0.05$ );并且实验组上述指标亦显著优于对照组( $P<0.05$ )。治疗前两组患者肩关节内旋、外旋 30°、60°主动运动角度与参考角度相关性值组间差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗 4 周后两组患者主动运动角度与参考角度相关性值均较治疗前明显改善( $P<0.05$ );并且实验组上述指标亦显著优于对照组( $P<0.05$ )。治疗 8 周后两组患者主动运动角度与参考角度相关性值均较治疗 4 周时进一步改善( $P<0.05$ );并且实验组上述指标亦显著优于对照组( $P<0.05$ )。**结论** 上肢机器人辅助训练可促进恢复期脑卒中患者肩关节本体感觉功能恢复,该疗法值得临床推广、应用。

**【关键词】** 脑卒中; 上肢; 机器人; 肩关节; 本体感觉

**基金项目:**浙江省卫生计生医药卫生一般研究计划(2014KYA212);浙江省嘉兴市科技局科技计划项目(2016BY28025)

**Robot-assisted upper limb therapy improves shoulder joint proprioception after stroke** Sun Ya, Jin Minmin, Li Yan, Fu Jianming, Yang Meixia, Zhang Weitao, Zhu Bihua. Center of Rehabilitation Medicine, Jiaxing Second Hospital, Jiaxing 314000, China

Corresponding author: Fu Jianming, Email: fjm\_7758@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the effect of robot-assisted therapy on the shoulder joint proprioception of convalescent stroke survivors. **Methods** Forty stroke survivors were enrolled and randomized into an experimental group ( $n=20$ ) and a control group ( $n=20$ ). Both groups received routine drug treatment and rehabilitation, including the traditional kinesiotherapy, occupational therapy and physical therapy, but the experimental group was additionally provided with 20 minutes of robot-assisted upper limb therapy 6 times a week for 8 weeks. Before the intervention and at 4 and 8 weeks the multi-joint system (MJS) upper limb proprioception test system was used to evaluate the average trace error and test execution time of the upper limb. Shoulder joint proprioception was measured at 30° and 60° in intorsion and extorsion using an isokinetic dynamometer. **Results** Before the training there were no significant differences between the two groups in terms of any of the assessments. After 4 and 8 weeks of training, significant improvement was observed in the measurements, and those of the experimental group were significantly better than those of the control group at the same time points. **Conclusion** Robot-assisted therapy can facilitate the recovery of shoulder joint proprioception after a stroke. It is worthy of application in clinical practice.

**【Key words】** Stroke; Upper limbs; Robots; Shoulders; Proprioception

**Fund program:** Medicine and Health Projects of the Zhejiang Province Health Department (grant 2014KYA212); Science and Technology Projects of Jiaxing's Municipal Science and Technology Bureau (grant 2016BY28025)

脑卒中是全世界 60 岁以上人群第二大致死因素<sup>[1]</sup>,约 80% 脑卒中患者存在不同程度上肢功能障碍<sup>[2]</sup>。在病程超过 1 年的慢性期脑卒中患者中,只有约 28.3% 的患者其上肢保留较好灵巧性<sup>[3]</sup>。有报道指出,脑卒中患者生活质量提高与上肢和手的控制能力密切相关<sup>[4]</sup>,而本体感觉训练对上肢运动控制功能改善具有重要作用。传统肩关节本体感觉训练主要依赖治疗师的手法治疗以及一些简单的作业干预,近年来上肢机器人训练由于其高重复性、精确性、趣味性等越来越受到临床重视,许多研究也证实上肢机器人训练可提高脑卒中患者上肢功能<sup>[5-6]</sup>,但涉及对患者肩关节本体感觉功能的影响却报道较少。本研究旨在探讨上肢机器人辅助训练对恢复期脑卒中患者肩关节本体感觉功能的影响。

## 对象与方法

### 一、研究对象

选取 2014 年 7 月至 2015 年 7 月期间在嘉兴市第二医院康复医学中心住院治疗的脑卒中患者 40 例,患者纳入标准包括:①均符合第 4 次全国脑血管病学术会议制订的脑卒中诊断标准<sup>[7]</sup>,并经颅脑 CT 或 MRI 检查确诊为脑梗死或脑出血;首次发病,病程 1~6 个月;②年龄 30~70 岁,生命体征平稳,病情稳定;③无单侧空间忽略或偏盲,无严重视觉、听觉或认知言语障碍;④意识清醒,能听懂指令并执行,简易精神状态检查量表(mini-mental state examination, MMSE)评分  $\geq 24$  分;⑤患侧上肢 Brunnstrom 分期  $\geq$  IV 期, Ashworth 痉挛分级  $\leq$  1 级,肌力  $\geq$  3 级;⑥本研究经医院伦理委员会批准,所有患者及其家属均签署了知情同意书。患者排除标准包括:①复发性脑卒中、双侧大脑半球均有明显病变或脑水肿;②合并心肌梗死、心绞痛发作,有严重肝、肾、肺、造血系统、内分泌系统等疾病、骨关节疾病、恶性肿瘤等其他限制活动的并发症;③既往有精神病、痴呆、聋、哑病史者;④偏瘫侧皮肤有创伤、溃疡、严重感染等;⑤偏瘫侧存在肩关节半脱位、严重疼痛、麻木等感觉功能障碍情况。采用随机数字表法将上述患者分为实验组及对照组,每组 20 例。2 组患者年龄、性别、病程、卒中类型、偏瘫侧别(表 1)组间差异

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	病程 (月, $\bar{x} \pm s$ )
		男	女		
对照组	20	12	8	50.9 $\pm$ 14.0	3.7 $\pm$ 1.6
实验组	20	11	9	54.4 $\pm$ 12.6	3.0 $\pm$ 1.8
组别	例数	脑卒中类型(例)		脑卒中侧别(例)	
		脑出血	脑梗死	左侧	右侧
对照组	20	9	11	9	11
实验组	20	10	10	13	7

均无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性。

### 二、治疗方法

2 组患者均给予基础药物治疗及常规康复干预,所有患者常规康复干预均由同一运动治疗师、作业治疗师、物理因子治疗师负责,其运动疗法包括上肢本体感觉神经肌肉促进技术(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)等神经促通技术、运动学习与控制技术、四肢联动训练等,每次治疗 40 min,每周治疗 6 次;作业疗法包括增强上肢肌力、促进上肢控制的作业活动,如套圈训练、负重推举训练等,每次练习 30 min,每周治疗 6 次;物理因子治疗包括肩周肌肉电刺激、伸肘、伸腕肌肉电刺激等,每次治疗 20 min,每周治疗 6 次。

实验组患者在上述干预基础上辅以上肢机器人训练,采用意大利 TecnoBody 公司产 MJS(Multi-joint System)上肢机器人系统<sup>[8]</sup>,该机器人系统主要由电脑主机、可调式座椅、气压控制装置、可调式机械臂等部件组成,训练时治疗师辅助患者坐到座椅上,锁定其肘关节和腕关节,解锁肩关节,调整座椅位置,让患者能稳固抓住机械臂末端,根据患者实际病情调节气动控制装置气压值,给予患者助力/抗阻训练(图 1)。具体训练内容包括:①乒乓球训练,与座椅正对面的电脑屏幕显示 2 个长方形块,患者通过调整机械臂末端位置控制一个方块与另一个方块(电脑控制)进行乒乓球游戏,游戏模式有肩前屈/后伸及内收/外展两种;②闪灯训练,治疗师根据患者情况设定亮灯区域范围,电脑随机在该范围内以黄色高亮显示小块区域,患者控制机械臂将光标放至其中,正确显示绿色,错误显示红色;③抓网球训练,屏幕两端一边是地上的网球,另一边是网球筐,患者控制机械臂抓住网球并将其放进筐中,球筐高度由治疗师根据患者情况设定;④厨房模拟训练,屏幕上显示一个虚拟厨房,患者通过机械臂控制屏幕上的虚拟手,根据提示进行一些虚拟作业活动,包括开关橱柜、洗物品、炒菜等。闪灯、抓网球、厨房模拟游戏均需要患者进行肩关节三轴运动。上述训练项目均在治疗师指导下进行,提供低、中、高三个难度等级,每项



图 1 MJS 上肢机器人训练示意图

游戏训练持续 5 min, 每次训练持续 20 min, 每周训练 6 次。

### 三、疗效评定标准

于训练前、训练 4 周、8 周后由对分组及治疗不知情的 2 位治疗师分别对患者进行 MJS 系统评估和等速肩关节本体感觉测试, 具体操作如下。

1. MJS 系统评估: MJS 系统自带本体感觉评估模块, 它提供一个带有角度标记的评估界面, 界面上由 3 个同心椭圆组成评估圈, 圈内有一个十字形光标, 由机械臂控制。进行评估时治疗师辅助患者坐在座椅上, 锁定肘关节及腕关节, 解锁肩关节, 气压档位选择“空档”, 嘱患者抓住机械臂末端控制十字光标以最快速度在评估圈内沿着中间的圆画圈。该系统本体感觉评估参数有两个, 包括: ①平均轨迹误差 (average trace error, ATE),  $ATE = (\text{实测轨迹长} - \text{理想轨迹长}) \div \text{理想轨迹长} \times 100\%$ , ATE 值越小表示受试者肩关节控制能力越好; ②测试执行时间 (time), 指画圈测试的用时, 该数值越小表示受试者测试执行能力越好。在正式评估前, 每位患者先进行 3 次预评估以适应系统, 预评估时只画 1 个圆; 在正式评估时选取 B-2 标准, 要求患者必须在评估圈内进行 5 次画圆动作。测试结束后 MJS 系统会自动计算 ATE 和 Time 值<sup>[8-9]</sup>。

2. 等速肩关节本体感觉测试: 采用美国 CSMI 公司生产的 HUMAC 等速测试仪进行肩关节位置觉评估。测试前治疗师辅助患者仰卧位躺在放平座椅上, 调整体位及等速测试仪运动臂位置, 保证患者肩关节活动不受束缚, 其轴心与运动臂轴心一致, 前臂末端通过连接装置与运动臂连接, 用固定带将躯干固定以防止代偿运动, 患者戴上眼罩及耳罩 (以去除视觉反馈及听觉反馈)。测试起始阶段患者姿势为肩关节外展 90°、旋转 0°、肘关节屈曲 90°、前臂旋前至最大角度, 测试参考角度选择肩关节内旋和外旋 30°、60° 共 4 个角度, 在测试时上述 4 个参考角度随机选取, 以保证患者主观角度偏见的影响作用最小化。正式测试时等速运动臂将患者肩关节被动移动到预先设定的参考角度并停顿 10 s, 告知患者记住此时的肩关节位置, 再将肩关节被动移动到起始位置; 停顿 10 s 后让患者肩关节主动用力将运动臂移动到自己所记住的位置, 此时系统会自动显示患者肩关节主动运动角度值以及与参考值间的差值。待某一个角度测试结束后, 将患者肩关节被动移至起始位置。待患者每个角度测试 3 次后, 系统会自动计算肩关节主动运动角度与参考角度的相关性值, 该数值越小表示患者本体感觉功能越好<sup>[10-12]</sup>。

### 四、统计学分析

本研究所得计量资料以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 采用 SPSS

17.0 版统计学软件包进行数据分析, 所有相关数据均经过正态分布和方差齐性检验, 2 组患者年龄及病程比较采用两独立样本  $t$  检验, 2 组患者性别、卒中类型、侧别比较采用  $\chi^2$  检验, 组内治疗前、后比较采用配对  $t$  检验, 组间比较采用两独立样本  $t$  检验,  $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 结 果

治疗前 2 组患者 ATE 值、Time 值及肩关节内、外旋 30°、60° 主动运动角度与参考角度的相关性值组间差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。治疗 4 周、8 周后组内比较, 发现 2 组患者上述指标结果均优于治疗前水平, 并且治疗 8 周时的数据亦显著优于治疗 4 周时结果, 差异均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 组间比较发现, 治疗 4 周、8 周时实验组上述指标数据均显著优于对照组水平, 组间差异均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。具体数据见表 2~表 3。

表 2 治疗前、后 2 组患者 ATE 及 Time 值比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	ATE 值 (%)	Time 值 (s)
对照组			
治疗前	20	71.00±10.37	67.65±27.12
治疗 4 周后	20	53.20±9.16 <sup>a</sup>	51.95±17.73 <sup>a</sup>
治疗 8 周后	20	46.90±6.36 <sup>ab</sup>	41.65±12.37 <sup>ab</sup>
实验组			
治疗前	20	70.35±11.55	57.60±20.30
治疗 4 周后	20	46.90±7.50 <sup>ac</sup>	42.50±9.41 <sup>ac</sup>
治疗 8 周后	20	38.75±6.70 <sup>abc</sup>	33.75±9.66 <sup>abc</sup>

注: 与组内治疗前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ ; 与组内治疗 4 周后比较, <sup>b</sup> $P < 0.05$ ; 与对照组相同时间点比较, <sup>c</sup> $P < 0.05$

## 讨 论

脑卒中患者因肩关节本体感觉障碍, 其姿势维持、运动控制及精确性均受到影响<sup>[13]</sup>, 制约了其上肢运动功能恢复, 如何增强本体感觉从而改善患者运动精准性、提高上肢灵巧性, 这成为临床亟待解决难题之一。本体感觉主要包括以下三方面: ①关节静态位置的感知能力; ②关节运动的感知能力 (即感知关节运动或加速度); ③反射和肌张力调节回路传出活动能力。前两者反映机体本体感觉传入活动能力, 后者反映其传出活动能力<sup>[14]</sup>。增强本体感觉的主要策略即提高上述两种能力, 而这两种能力分别对应了本体感觉系统中外周感受器的感觉神经输入和中枢神经系统的运动神经输出。

高尔基小体是本体感觉系统中重要的外周感受器之一。据国外研究报道<sup>[15]</sup>, 低氧环境会引起高尔基小体正常死亡, 其本体感受器功能将受损。脑卒中后患者偏瘫侧肩周肌力不足引起肌肉萎缩, 这使得其中毛

表 3 治疗前、后 2 组患者肩关节内、外旋 30°、60° 主动运动角度与参考角度相关性值比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	内旋 30° 位置	内旋 60° 位置	外旋 30° 位置	外旋 60° 位置
对照组					
治疗前	20	8.15±3.10	10.70±3.08	7.45±3.27	9.20±3.16
治疗 4 周时	20	6.30±2.41 <sup>a</sup>	7.65±2.81 <sup>a</sup>	5.75±1.41 <sup>a</sup>	6.80±2.35 <sup>a</sup>
治疗 8 周后	20	4.75±1.89 <sup>ab</sup>	6.10±2.05 <sup>ab</sup>	4.55±2.01 <sup>ab</sup>	4.95±2.37 <sup>ab</sup>
实验组					
治疗前	20	7.70±2.75	10.65±3.71	7.25±3.30	8.55±3.07
治疗 4 周后	20	5.05±1.23 <sup>ac</sup>	6.00±2.08 <sup>ac</sup>	4.80±1.40 <sup>ac</sup>	5.40±1.79 <sup>ac</sup>
治疗 8 周后	20	3.55±1.54 <sup>abc</sup>	4.55±2.80 <sup>abc</sup>	3.30±1.60 <sup>abc</sup>	3.6±1.40 <sup>abc</sup>

注:与组内治疗前比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与组内治疗 4 周时比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ ;与对照组相同时间点比较,<sup>c</sup> $P<0.05$

细血管网数量减少<sup>[16]</sup>,引起血氧不足,最终影响高尔基小体功能。本研究采用的上肢机器人训练系统可帮助患者从减重训练过渡到抗阻肌力训练,同时机器人系统提供肩关节三轴方向训练,能充分激活肩周大部分肌群功能,防止肌肉萎缩,进而改善肩周血供,降低对相关本体感受器的影响。有研究发现,针对定向注意的运动控制训练可增强肌肉内肌梭纤维的敏感性,而肌肉本体感觉调节又取决于其参与的运动行为环境<sup>[17]</sup>。本研究实验组患者进行上肢机器人训练时,通过机械臂参与虚拟游戏(如来回击打乒乓球、快速点击闪灯、定点放置网球、虚拟厨房稳定性操作等);在整个训练过程中,患者一直在进行定向注意的运动控制训练,不仅能增强肩周肌肉内肌梭纤维敏感性,同时上述游戏训练还能设定难度等级,给患者提供了由简单单向到复杂多向的运动训练环境,这既训练了患者静态维持功能,又训练了其运动控制能力,能充分增强患者肩周肌肉的本体感觉调控能力。本研究实验组患者经 8 周治疗后,发现其肩关节内、外旋 30°、60° 四个位置主动运动角度与参考角度的相关性值分别为(3.55±1.54)、(3.30±1.60)、(4.55±2.80)和(3.60±1.40),明显优于对照组相应数据( $P<0.05$ ),提示上肢机器人辅助训练可有效促进恢复期脑卒中患者肩关节本体感觉恢复。经 8 周治疗后,发现实验组患者 ATE 值为(38.75±6.70)%,与对照组 ATE 值[(46.90±6.36)%]间差异具有统计学意义( $P<0.05$ ),提示上肢机器人训练可使患者运动轨迹更流畅、连贯,与国外相关研究结果基本一致<sup>[18]</sup>。

虽然脑卒中后机体本体感觉传导通路相关脑区功能均受到不同程度损伤,但人脑具有很强的可塑性及重组功能<sup>[19]</sup>,上肢机器人系统给患者提供的游戏训练均是一些任务导向性训练,这种形式的运动学习训练对患者大脑运动及感觉功能均有显著改善作用<sup>[20-21]</sup>;同时与治疗师手法比较,上肢机器人系统提供了更高重复性的运动,能有效刺激神经传导功能,诱导大脑皮质改变<sup>[22]</sup>,最终促进功能重组。本研究实验组患者经

8 周治疗后,其各项评价指标均优于治疗 4 周后,提示长期上肢机器人训练更有利于患者肩关节本体感觉功能改善。机器人系统所提供的游戏训练都强调患者主动参与积极运动控制,在多次失败和成功反馈后,患者本体感觉神经网络得到优化,这种优化后的本体感觉系统又能进一步促进大脑中枢神经恢复<sup>[23]</sup>,最终形成良性循环。需要指出的是,本研究入选患者仅有 40 例,样本量偏少,并且这 40 例患者均处于恢复期阶段,上肢机器人训练对亚急性期、甚至急性期患者本体感觉功能是否有改善作用还有待进一步探讨;另外人脑左、右半球功能差异以及左、右利手差异是否会影响上肢机器人辅助训练对脑卒中患者肩关节本体感觉的改善作用,也需要更深入分析。

## 参 考 文 献

- [1] Johnston SC, Mendis S, Mathers CD. Global variation in stroke burden and mortality: estimates from monitoring, surveillance, and modelling [J]. Lancet Neurol, 2009, 8(4): 345-354. DOI: 10.1016/S1474-4422(09)70023-7.
- [2] Beebe JA, Lang CE. Active range of motion predicts upper extremity function 3 months after stroke [J]. Stroke, 2009, 40(5): 1772-1779. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.536763.
- [3] Kong K, Chua KSG, Lee J. Recovery of upper limb dexterity in patients more than 1 year after stroke: frequency, clinical correlates and predictors [J]. NeuroRehabilitation, 2011, 28(2): 105-111. DOI: 10.3233/NRE-2011-0639.
- [4] 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(4): 151-157.
- [5] Frisoli A, Procopio C, Chisari C, et al. Positive effects of robotic exoskeleton training of upper limb reaching movements after stroke [J]. J Neuroeng Rehabil, 2012, 9(1): 36. DOI: 10.1186/1743-0003-9-36.
- [6] Masiero S, Armani M, Rosati G. Upper-limb robot-assisted therapy in rehabilitation of acute stroke patients: focused review and results of new randomized controlled trial [J]. J Rehabil Res Dev, 2011, 48(4): 355-366. DOI: 10.1682/JRRD.2010.04.0063.
- [7] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管病诊断要点 [J]. 中华神经科杂志, 1996, 26(6): 379-380. DOI: 10.1109/60.23142.

- [ 8 ] 胡鑫,王振平,王金超,等.脑卒中上肢康复训练机器人的研究进展与展望[J].中国康复理论与实践,2014,20(10):901-904.DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2014.10.001.
- [ 9 ] 潘国新,陶春静.人体肩关节运动功能康复评估研究[J].北京生物医学工程,2016,35(1):58-63.DOI:10.3969/j.issn.1002-3208.2016.01.11.
- [ 10 ] Janwananakul P, Magarey ME, Jones MA, et al. Variation in shoulder position sense at mid and extreme range of motion[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82(6):840-844. DOI: 10.1053/apmr.2001.21865.
- [ 11 ] Niessen MH, Veeger DH, Janssen TW. Effect of body orientation on proprioception during active and passive motions[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2009, 88(12):979-985. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181c1eac1.
- [ 12 ] Lee H, Liao J, Cheng C, et al. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue[J]. Clin Biomech, 2003, 18(9):843-847. DOI:10.1016/S0268-0033(03)00151-7.
- [ 13 ] Wilson ET, Wong J, Gribble PL. Mapping proprioception across a 2D horizontal workspace[J]. PLoS one, 2010, 5(7):e11851. DOI: 10.1371/journal.pone.0011851.
- [ 14 ] 董珍珍,丁岩,邢艳丽.脑卒中后偏瘫患者膝关节控制障碍与本体感觉的研究现状[J].中国康复医学杂志,2013,28(11):1079-1082.DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.11.023.
- [ 15 ] Li T, You H, Mo X, et al. GOLPH3 mediated golgi stress response in modulating N2A cell death upon oxygen-glucose deprivation and reoxygenation injury[J]. Mol Neurobiol, 2016, 53(2):1377-1385. DOI: 10.1007/s12035-014-9083-0.
- [ 16 ] Fujino H, Kohzuki H, Takeda I, et al. Regression of capillary network in atrophied soleus muscle induced by hindlimb unweighting[J]. J Appl Physiol, 2005, 98(4):1407-1413. DOI: 10.1152/jappphysiol.00961.2004.
- [ 17 ] Hospod V, Aimonetti J, Roll J, et al. Changes in human muscle spindle sensitivity during a proprioceptive attention task[J]. J Neurosci, 2007, 27(19):5172-5178. DOI:10.1523/JNEUROSCI.0572-07.2007.
- [ 18 ] Zimmerli L, Krewer C, Gassert R, et al. Validation of a mechanism to balance exercise difficulty in robot-assisted upper-extremity rehabilitation after stroke[J]. J Neuroeng Rehabil, 2012, 9(1):6. DOI: 10.1186/1743-0003-9-6.
- [ 19 ] Kwakkel G, Kollen B, Lindeman E. Understanding the pattern of functional recovery after stroke: facts and theories[J]. Restor Neurol Neurosci, 2004, 22(3-5):281-299.
- [ 20 ] Wong JD, Wilson ET, Gribble PL. Spatially selective enhancement of proprioceptive acuity following motor learning[J]. J Neurophysiol, 2011, 105(5):2512-2521. DOI:10.1152/jn.00949.2010.
- [ 21 ] Ostry DJ, Darainy M, Mattar AAG, et al. Somatosensory plasticity and motor learning[J]. J Neurosci, 2010, 30(15):5384-5393. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.4571-09.2010.
- [ 22 ] Pellegrino G, Tomasevic L, Tombini M, et al. Inter-hemispheric coupling changes associate with motor improvements after robotic stroke rehabilitation[J]. Restor Neurol Neurosci, 2012, 30(6):497-510. DOI:10.3233/RNN-2012-120227.
- [ 23 ] Goble DJ. Proprioceptive acuity assessment via joint position matching: from basic science to general practice[J]. Phys Ther, 2010, 90(8):1176-1184. DOI:10.2522/ptj.20090399.

(修回日期:2017-09-03)

(本文编辑:易浩)

· 外刊撷英 ·

## Electromagnetic transduction for low back pain

**BACKGROUND AND OBJECTIVE** Studies of pulsed electromagnetic fields, approved by the FDA in 1979 for the treatment of bone fractures and non-unions, have suggested that this treatment can up-regulate anti-inflammatory factors, and down-regulate pro-inflammatory factors. This study was designed to assess the efficacy of electromagnetic transduction therapy (EMTT) for the treatment of low back pain (LBP).

**METHODS** Subjects included adults presenting with nonspecific LBP, randomized to conventional noninvasive treatment ( $n=44$ ), or a combination of noninvasive treatment plus EMTT ( $n=44$ ) for six weeks. The noninvasive treatment included physiotherapy with core stabilization, isometric strengthening and heat plus non-opiate analgesics. The EMTT group received two sessions per week for a total of eight sessions. The primary outcome measure was change of disability as measured by the Oswestry Disability Index (ODI) score and the change in subjective pain as measured by a Visual Analog Scale score (VAS).

**RESULTS** The VAS pain score improved at 12 weeks in the control and treatment groups by 48.8% and 64.7% respectively ( $P<0.001$ ). This difference was also significant in favor of the treatment group at six weeks ( $P<0.001$ ). In addition, the ODI scores improved more in the EMTT group as compared to the control group at both six ( $P<0.001$ ) and 12 weeks ( $P<0.001$ ).

**CONCLUSION** This study of patients with low back pain found that electromagnetic transduction therapy may be useful as an adjunct to conventional therapy for reducing pain and disability.

【摘自:Krath A, Klüter T, Stukenberg M, et al. Electromagnetic transduction therapy in non-specific low back pain: a prospective randomized controlled trial. J Orthop, 2017, 9; 14(3):410-415.】