

· 临床研究 ·

针刺联合语言康复训练治疗脑卒中失语症的疗效及功能性磁共振成像研究

刘金欢 陈军 谭子虎 李妮 赵益林

【摘要】目的 利用血氧水平依赖性功能性磁共振成像(BOLD-fMRI)技术观察脑卒中失语症患者针刺联合语言康复训练治疗前和治疗后语言中枢激活脑区的变化,并比较单纯语言康复训练与联合治疗两种任务态下患者的言语功能恢复情况及激活脑区功能性磁共振成像(fMRI)差异。**方法** 选取 20 例脑卒中失语症患者,所有患者均为右利手,按随机数字表法将其分为单一治疗组和联合治疗组,每组 10 例。单一治疗组采用语言康复训练,联合治疗组在此基础上增加针刺治疗,分别于入院当日及治疗 1 个月后采用 BOLD-fMRI 技术对患者的中枢激活脑区进行评定,并于治疗 1 个月后应用汉语失语成套测验(ABC)评价患者的言语功能恢复情况。**结果** 治疗过程中,单一治疗组有 1 例患者再发脑卒中,未能复查 fMRI。治疗后,单一治疗组和联合治疗组的有效率分别为 55.56% 和 100.00%,联合治疗组言语功能恢复状况优于单一治疗组($P < 0.05$)。单一治疗组和联合治疗组患者的激活体素和激活强度变化与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),其中联合治疗组右侧激活脑区明显多于左侧,且其激活脑区较单一治疗组更为显著、广泛($P < 0.05$),主要包括双侧额叶、楔叶、后扣带回、舌回、枕叶、胼胝体压部、小脑半球,左侧中央前后回、中央旁小叶、颞叶、角回、楔前叶,右侧海马、海马旁回。**结论** 针刺联合语言康复训练可引起患者相应脑功能激活区产生变化,而这些特异性激活区可能与患者的言语功能恢复有关。

【关键词】 功能性磁共振成像; 脑卒中; 失语症; 针刺

The effects of acupuncture combined with speech therapy on aphasia caused by stroke: clinical and fMRI study LIU Jin-huan*, CHEN Jun, TAN Zi-hu, LI Ni, ZHAO Yi-lin. * Department of Radiology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

【Abstract】Objective To observe and compare the effects of acupuncture and acupuncture plus speech therapy on activation of the brain areas in aphasic patients by use of oxygenation level dependent-functional magnetic resonance imaging (BOLD-fMRI). **Methods** Twenty patients with aphasia caused by stroke were randomized into two groups by use of random number table (10 cases in each group): an experimental group subject to acupuncture treatment combined with speech therapy, and a control group subject to speech therapy only. All the cases were dextrorality. On admission and after 1 month of treatment, BOLD-fMRI was used to test signals of the activated brain areas of both group, and Aphasia Battery of the Chinese (ABC) was employed to evaluate the changes of speech ability of the patients. **Results** During the study, 1 case from control group was unable to do the post-intervention evaluation due to onset of the second stroke. The effective rates of the control and experimental group were 55.56% and 100.00%, respectively, and recovery of verbal ability in experimental group was significantly better than in control group ($P < 0.05$). The active volume and extent in brain were significantly increased in both groups ($P < 0.05$), and a comparison between the two groups showed that the changes in activation volume and extent of the brain were significantly greater extensive in experimental group than in the control group, especially in bilateral frontal lobe, cuneus, posterior cingulate gyrus, lingual gyrus, occipital lobe, splenium of corpus callosum, cerebellar hemisphere, and the left precentral gyrus, post-central gyrus, paracentral lobule, temporal lobes, angular gyrus, precuneus, and the right hippocampus, parahippocampus gyrus. **Conclusion** Acupuncture combined with speech therapy could cause changes in activation patterns of the brain areas, which may contribute to the improvement of verbal ability of the aphasic patients.

【Key words】 Functional magnetic resonance imaging; Stroke; Aphasia; Acupuncture

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.07.010

基金项目:湖北省教育厅科研项目(D20091604)

作者单位:430060 武汉,武汉大学人民医院放射科(刘金欢、陈军、赵益林);湖北省中医院老年病科(谭子虎);武汉市第二中西医结合医院中医科(李妮)

脑卒中为临床常见病、多发病^[1]。脑卒中失语症临床上较为多见,但治疗效果有限。采用针刺疗法对其进行早期干预可改善患者的言语功能,但目前有关针刺治疗脑卒中的功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)研究仍存在较多问题^[2]。基于血氧水平依赖(blood oxygenation level-dependent, BOLD)的增强效应或成像方法,是目前常用的 fMRI 研究方法之一。本研究利用血氧水平依赖性功能性磁共振成像(blood oxygenation level-dependent functional magnetic resonance imaging, BOLD-fMRI)技术对脑卒中失语症患者语言中枢激活脑区的变化进行观察,探讨针刺对其言语功能恢复的临床疗效。

资料与方法

一、一般资料

纳入标准:①符合全国第四届脑血管病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[3];②经头颅 CT 或 MRI 检查明确为首次发病;③经汉语失语成套测验(aphasia battery of Chinese, ABC)确诊为失语症^[4];④发病后 7 ~ 10 d;⑤年龄 30 ~ 75 岁;⑥小学以上文化程度;⑦意识清楚,病情稳定,定向力完好,无明显智力障碍;⑧患者及家属均签署治疗知情同意书。排除标准:①声带疾病及聋哑患者;②因脑干病变或支配言语肌肉系统的神经纤维束、神经核受损导致的构音障碍和吞咽障碍者;③发病前有视力、听力障碍者;④精神疾病患者。

选取 2011 年 3 月至 2012 年 3 月在我院就诊的脑卒中失语症患者 20 例,所有患者均为右利手,按随机数字表法将其分为单一治疗组和联合治疗组,每组 10 例。2 组患者年龄、性别、病程、损伤脑区、ABC 评分等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,详见表 1。

二、仪器及成像参数

应用 GE Signa HDxt 3.0T 磁共振扫描仪(美国产),8 通道头线圈。全脑功能成像采用梯度回波单次激发平面回波成像(gradient echo-echo planar imaging, GRE-EPI),TR 3000 ms,TE 30 ms,反转角 90°,扫描视野 24 cm × 24 cm,矩阵 64 × 64,轴位 32 层连续扫描,层厚 5 mm,层间距 0 mm,激励次数 1。结构像采用 3D 颅脑容积磁共振成像序列,反转角 15°,扫描视野 25.6 cm × 25.6 cm,矩阵 256 × 256,层厚 1 mm,层间距 0 mm,激励次数 1。实验过程中,患者保持平静状态,戴耳塞仰卧并进行颅脑固定。

三、治疗方法

1. 针刺疗法:单一治疗组采用语言康复训练,联合治疗组在此基础上增加针刺治疗。头针取穴选取语言一区与语言二区,以左侧头部为主,持 28 ~ 30 号毫针与头皮呈 30°角,由上向下快速刺入帽状腱膜下层,连接 805-A 型电针治疗仪(上海产),治疗频率 200 次/min,治疗时间持续 30 min。体针取穴以通里、前顶为主穴,采用先泻后补,以手法为主,留针 30 min,每日 1 次;舌针取穴以廉泉、金津、玉液为主穴,采用 5 号注射长针头点刺,以出血为度,每周 3 次。血压偏高者可泻太冲、曲池、风池;语声低微、全身乏力者可针刺足三里、气海、血海;喉中痰鸣者加针天突、中脘、丰隆。

2. 言语功能康复训练:根据失语情况的不同,结合患者的职业、兴趣、家庭环境等背景资料,给予文字、言语、图画等相关刺激,每次 30 min。①运动性失语:以发音训练为主,首先从学发音开始,如“啊”、“喔”等,再学单字、单词,如“吃”、“喝”、“妈妈”、“爸爸”等,或结合图画和卡片,让患者跟读图画和卡片上的字词,最后练习说短句、读报纸、记日记等。②感觉性失语:以听觉辨认、复述为主,除使用卡片训练法外,还可用视觉逻辑训练法,将语言与视觉结合在一起训练。如给患者备好饭菜和餐具,并告之“吃饭”,患者虽不理解“吃饭”一词,但从逻辑上明白需进行“吃饭”动作。③命名性失语:以呼名训练为主,如列出物品名称及用途,让患者复述。④完全性失语:以交际能力的代偿技术训练为主,如手势、指物、图画与非语言手段的运用练习。

四、刺激方案

本实验采用单组块设计,即静息期与刺激期交替进行的连续刺激模式。BOLD-fMRI 扫描时间为 2 min 48 s,前 8 s 为预扫描,然后受试者按“轻声朗读→静止→轻声朗读→静止”的模式完成扫描任务,静息期及刺激期均为 20 s,共循环 4 个周期。

五、言语功能评定

参照北京语言学院语言教学研究所编著的《现代汉语频率词典》^[5],从排名靠前的 4000 个生活口语高频词中随机抽取 5 个高频双字名词,并将所抽选的高频名词组合成 3 组简单短句,嘱患者轻声朗读 5 个高频双字名词和 3 组简单短句,实验前要求患者认真熟悉词汇内容,避免紧张焦虑情绪,尽可能摒弃杂念。治疗前、后均采用北京医科大学高素荣等制订的 ABC 检查^[4]对患者自发谈话、理解、复述和命名 4 项言语功能

表 1 2 组患者一般资料比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别(例)		病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	损伤脑区(例)		ABC 评分(例)		
			男	女		单侧	双侧	轻	中	重
单一治疗组	10	59.4 ± 10.5	4	6	65.3 ± 8.2	7	3	4	4	2
联合治疗组	10	60.7 ± 7.9	5	5	64.1 ± 9.6	6	4	4	4	2

表 2 2 组患者治疗后言语功能的临床疗效比较

组别	例数	治愈[例(%)]	显效[例(%)]	有效[例(%)]	无效[例(%)]	恶化[例(%)]	有效率(%)
单一治疗组	9	2(22.22)	1(11.11)	2(22.22)	4(44.44)	0(0.00)	55.56
联合治疗组	10	3(30.00)	4(40.00)	3(30.00)	0(0.00)	0(0.00)	100.00 ^a

注:与单一治疗组比较,^a $P < 0.05$

进行评定。①治愈,治疗后得分达总分的 90% 以上;②显效,治疗前得分占总分的 50% 以上,治疗后进步 10%,或治疗前得分占总分的 50% 以下,治疗后进步 20%;③有效,总分有进步,但未达恢复和显效两项成绩要求,且至少有一项语言功能取得 1 级以上进步;④无效,治疗后总分无明显变化,各方面语言功能无显著改变;⑤恶化,治疗后总分无变化或下降,且某项言语功能退步。有效率 = [(治愈 + 显效 + 有效) / (总例数)] × 100%。

六、图像处理与分析

将 DICOM 格式的 BOLD-fMRI 原始数据传输到 PC (personal computer) 工作站,采用 Matlab 平台上的 SPM5 (statistical parametric mapping 5) 软件进行离线后处理,整项处理过程分为预处理和统计分析。预处理包括头动校正 (realign)、配准 (coregister)、标准化 (normalise)、平滑 (smooth) 处理,其中三维平移超过 1 mm、三维旋转度超过 0.5° 的数据视为头动过大,予以舍弃。预处理后,对 2 组的皮质激活体积和信号强度进行统计学分析。统计阈值概率设定为 $P < 0.05$,激活范围阈值设定为 10 个体素,即连续激活体素少于 10 个的脑区考虑为无意义激活区,予以排除。采用蒙特利尔神经科学研究所 (Montreal Neurological Institute, MNI) 坐标,记录有统计学意义体素所在的脑区及其 MNI 坐标。

七、统计学分析

采用 SPSS 5.0 版软件包对数据进行统计学分析。组内分析采用配对 t 检验,组间分析采用独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗后言语功能的评定情况

治疗中,单一治疗组有 1 例患者再发脑卒中,未能复查 fMRI。单一治疗组治愈、显效、有效、无效、恶化的例数分别为 2、1、2、4、0 例,有效率 55.56%,联合治疗组治愈、显效、有效、无效、恶化的例数分别为 3、4、3、0、0 例,有效率 100.00%。与单一治疗组比较,联合治疗组治疗后言语功能的临床疗效优于单一治疗组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

二、2 组患者治疗前、后激活脑区的 fMRI 差异

治疗前,联合治疗组和单一治疗组激活脑区均少于 10 个体素,小于激活范围阈值,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见图 1。单一治疗组治疗后激活较治疗前

显著的脑区包括:双侧额叶内侧回、双侧额中回、双侧额下回、双侧中央前回、左侧角回及左侧颞上回后部,详见图 2。联合治疗组治疗后激活较治疗前显著的脑区包括:双侧额内侧回、双侧额上回、双侧额中回、双侧额下回、双侧楔前叶、后扣带回皮质、左侧角回、左侧颞上回后部,双侧楔叶、双侧舌回、双侧枕下回和双侧基底核区、胼胝体压部、右侧小脑方形小叶后部,详见图 3。与单一治疗组治疗后比较,联合治疗组激活较显著的脑区包括:左侧额上回、左侧额中回、双侧额下回、左侧中央前回、左侧中央后回、左侧中央旁小叶、左侧颞上回后部、后扣带回皮质、双侧楔前叶、双侧楔叶、左侧角回、双侧舌回、右侧海马、右侧海马旁回、双侧枕上回、双侧枕下回及右侧小脑方形小叶后部、左侧小脑上半月小叶、胼胝体压部,详见图 4、表 3。经统计学分析,单一治疗组和联合治疗组患者的激活体素和激活强度变化与治疗前比较,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),其中联合治疗组右侧激活脑区明显多于左侧,2 组组间比较,联合治疗组激活脑区较单一治疗组更为显著和广泛,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

表 3 治疗后联合治疗组较单一治疗组激活显著的脑区参数

解剖部位	Brodmann 脑区	激活 voxel 数	MNI 坐标 (mm)			t 值
			X 轴	Y 轴	Z 轴	
左侧额上回	10	96	-16	60	16	3.8687
左侧额中回	8	109	-27	42	24	3.6719
左侧额下回	44	58	-44	35	-8	3.7611
右侧额下回	44	15	49	33	16	3.2755
后扣带回皮质		118	10	-38	16	4.7126
左侧颞上回后部	22	24	-60	-40	-8	3.1284
左侧中央前回	4	47	-30	-23	64	3.1091
左侧中央后回	5	45	-31	-34	64	3.6745
左侧中央旁小叶	3	57	-14	-11	48	3.8774
左侧楔叶	19	43	-6	-72	40	3.9085
右侧楔叶	19	42	17	-75	32	3.6208
左侧楔前叶	18	69	-13	-74	0	2.9203
左侧角回	39	32	-33	-87	24	3.9776
左侧舌回后部	18	78	-9	-54	24	3.7035
右侧舌回	19	86	8	-79	16	4.6390
左侧枕上回	17	97	-6	-69	16	3.8850
左侧枕下回	18	89	-12	-51	16	3.5413
右侧枕上回	17	118	24	-65	8	3.5118
右侧枕下回	18	124	8	-49	16	3.7186
右侧海马	27	55	21	-38	0	4.1198
右侧海马旁回	35	50	16	-43	0	4.1822
胼胝体压部		101	12	-36	16	4.1490
左侧小脑上半月小叶		17	-27	-88	-24	3.8879
右小脑方形小叶后部		91	28	-57	-32	4.1058

注:X、Y、Z 轴参数为激活区体素在三维坐标中的最大值; t 值表示 $P < 0.05$ 的体素统计值

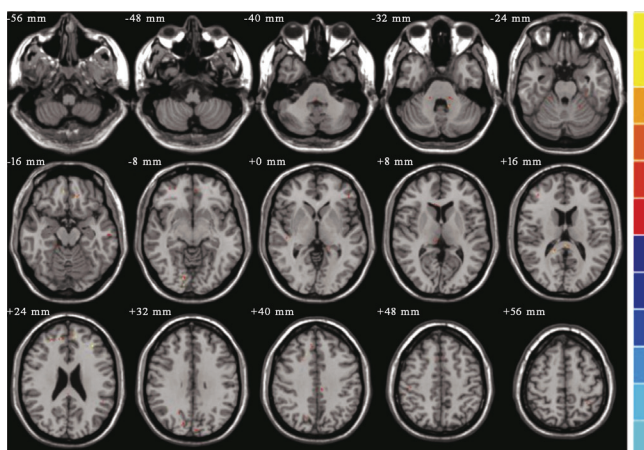


图 1 2 组治疗前轻声朗读任务下激活脑区 fMRI 图像

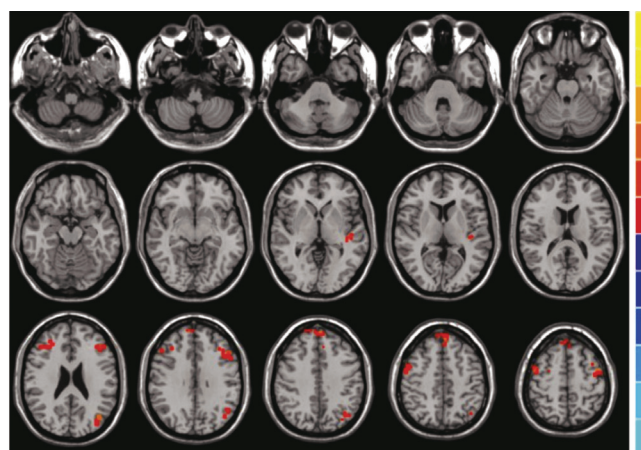


图 2 单一治疗组治疗后轻声朗读任务下激活脑区 fMRI 图像

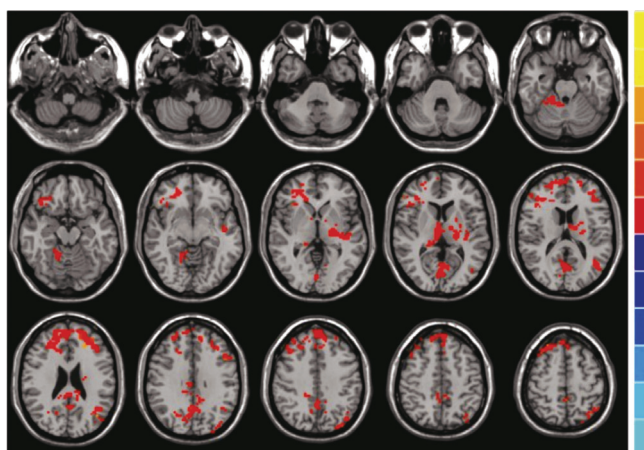


图 3 联合治疗组治疗后轻声朗读任务下激活脑区 fMRI 图像

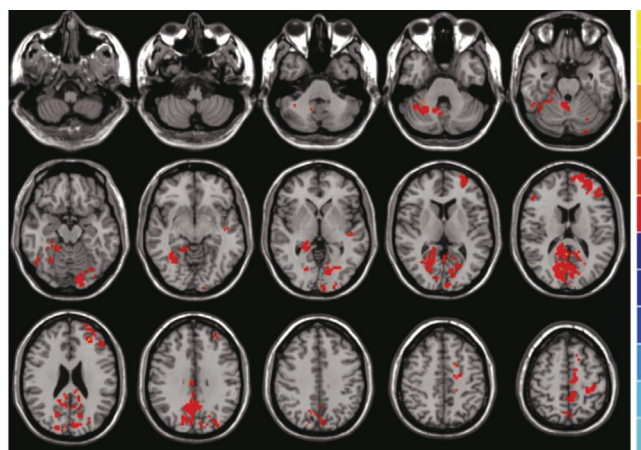


图 4 联合治疗组治疗后轻声朗读任务下高于单一治疗组的激活脑区 fMRI 图像

讨 论

一、脑卒中失语症患者康复训练中针刺穴位及语言训练方式的选择

失语是一种因大脑半球器质性损害所导致的语言接收、理解、组织及表达功能障碍的综合征,应用针刺治疗脑卒中失语症的疗效已得到初步证实^[6]。语言功能是一个复杂的认知过程,除常规循序渐进的失语康复训练外,还应参照患者的病损脑区部位,积极调动其相邻结构的功能,设定针对性方案,提高语言运用能力,挖掘脑功能康复潜力。通过训练刺激大脑语言中枢,使平时受抑制神经通路内的脑组织血液循环加快,调整大脑皮质的潜在能力,代偿坏死脑细胞的功能,加快语言功能恢复。

二、fMRI 研究中轻声朗读任务的选择

fMRI 临床应用的基本条件是标准化设计的刺激模式和患者的良好配合^[7]。本研究采用常见双字词及简单短句并用,使不同学历患者均易读懂,并利于患者调动更多脑区理解分析词义、句法等。阅读任务分为

不出声言语及出声言语,大声朗读时,舌和颌面部运动幅度过大,容易产生头动伪影,影响扫描图像的质量。本研究采用轻声、出声朗读任务,以被试者朗读时刚好能听到自己的嗓音为宜,部分或完全不能读出者,要求其在尽可能读出的同时,在心中默读任务词句。此法有利于对比观察治疗前、后激活脑区的变化,客观全面地评估疗效。实验前训练患者采用限制下颌运动的方式说话,减少头动,减轻吞咽动作等。

三、脑卒中失语症患者语言功能康复的 BOLD-fMRI 研究

BOLD-fMRI 不仅能反映大脑的解剖变化,还能反映大脑的功能变化^[8]。本实验运用 fMRI 研究脑卒中失语症患者针刺与语言康复训练的疗效,探讨不同治疗方式对失语患者的疗效差异。Jones 等^[9]研究证实,右侧大脑半球亦参与语言活动,本研究中非优势语言中枢即右侧脑区激活,提示左侧大脑半球语言中枢出现病损时,可刺激右侧大脑半球代偿左侧语言区缺失的功能。前额叶皮质几乎在所有的高级心理活动中都有不同程度的激活,且左侧角回是代表连接词语音、拼

写和语义表征的区域^[10-11]。本研究中,单一治疗组患者治疗后额叶、角回等多个语言区域激活,说明此部分脑区功能恢复良好,其中左侧额下回(运动性语言中枢)和左侧角回(视觉性语言中枢)激活体素较多,但此结果是否与实验任务的设计有关,尚需进一步研究。

进行刺激任务时,不同语言具有共同的脑激活区,说明语言区域的激活与字词选择、词句意义等多种因素有关,且楔前叶在激活网络中具有重要作用^[12-13]。Arakawa 等^[14]发现,可逆性胼胝体压部病变患者可出现构音障碍。Egner 等^[15]发现,扣带后回在前额叶皮质监控反应冲突后会协助相关运动脑区解决冲突。本研究中,胼胝体、扣带回皮质、枕叶、楔叶及楔前叶激活,说明包括非语言区在内的多个脑区共同参与了语言的康复过程,故脑卒中失语症患者较治疗前临床症状明显好转或完全恢复。You 等^[16]研究表明,有阅读损伤儿童的左舌回/距状回活性降低,本研究中患者的双侧舌回激活,表明该区域与语言阅读有关。Liu 等^[17]发现,基底核区与语言加工有关,本研究脑卒中失语症患者在治疗后疗效优异,提示针刺及康复训练可改善基底核区的语言功能状态。

治疗后,联合治疗组的激活脑区范围及强度均优于单一治疗组,且联合治疗组临床症状好转程度优于单一治疗组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。影像学比较与临床疗效结果趋势一致,提示针刺联合语言训练较单纯语言训练疗效更佳。顶叶是参与工作记忆的重要脑区,主要参与语言相关脑区的高级信息处理任务,而枕叶病变则可能会导致视觉性失语^[18-19]。本研究中,双侧枕叶均有不同程度激活,说明针刺联合语言训练能有效改善患者对视觉词形抽象信息的提取。研究表明^[20-22],额叶-后顶叶-海马通路在记忆信息的加工处理中起到重要作用,海马、海马旁回等与情景记忆有关,小脑齿状核一般在进行语义任务的提取阶段内激活。本研究中上述区域均有显著激活,在一定程度上进一步证实了右侧小脑半球可协助大脑参与语言活动。

综上所述,本研究采用针刺联合语言康复训练治疗脑卒中失语症患者,观察其临床疗效及脑功能区 fMRI 变化,取得了满意效果,从临床疗效和影像学改变上证实了针刺联合语言康复训练的优势,值得临床上进一步推广、应用。

参 考 文 献

- [1] 周福玲,元小冬,赵丽君,等. 脑梗死康复治疗前、后手运动功能 BOLD-fMRI 定量分析. 中华物理医学与康复杂志, 2008, 30: 537-541.
- [2] 方松华,章士正. 功能性 MRI 探讨针灸神经机制的国内外研究现状. 中华放射学杂志, 2007, 41: 994-995.
- [3] 全国第四届脑血管病学术会议. 脑卒中患者临床神经功能缺损程度评分标准. 中华神经科杂志, 1996, 12: 381-383.
- [4] 高素荣主编. 失语症. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1993, 32-35: 265-280.
- [5] 北京语言学院, 语言教学研究所. 现代汉语频率词典. 北京: 北京语言学院出版社, 1986: 1122-1200.
- [6] Yan B, Li K, Xu J, et al. Acupoint-specific fMRI patterns in human brain. Neurosci Lett, 2005, 383: 236-240.
- [7] Brown GG. Functional magnetic resonance imaging in clinical practice: look before you leap. Neuropsychol Rev, 2007, 17: 103-106.
- [8] 黄德乔,梁碧玲,钟镜联,等. 脑卒中后偏瘫手运动功能恢复的功能性磁共振成像研究. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29: 448-452.
- [9] Jones SE, Mahmoud SY, Phillips MD, et al. A practical clinical method to quantify language lateralization in fMRI using whole-brain analysis. Neuroimage, 2011, 54: 2937-2949.
- [10] Tanji J, Hoshi E. Role of the lateral prefrontal cortex in executive behavioral control. Physiol Rev, 2008, 88: 37-57.
- [11] Hofmann MJ, Herrmann MJ, Dan I, et al. Differential activation of frontal and parietal regions during visual word recognition: an optical topography study. Neuroimage, 2008, 40: 1340-1349.
- [12] Suh S, Yoon HW, Lee S, et al. Effects of syntactic complexity in L1 and L2: an fMRI study of Korean-English bilinguals. Brain Res, 2007, 1136: 178-189.
- [13] Wirth M, Jann K, Dierks T, et al. Semantic memory involvement in the default mode network: A functional neuroimaging study using independent component analysis. Neuroimage, 2011, 54: 3057-3066.
- [14] Arakawa C, Fujita Y, Imai Y, et al. Detection of group A rotavirus RNA and antigens in serum and cerebrospinal fluid from two children with clinically mild encephalopathy with a reversible splenic lesion. Jpn J Infect Dis, 2011, 64: 204-207.
- [15] Egner T, Etkin A, Gale S, et al. Dissociable neural systems resolve conflict from emotional versus non-emotional distracters. Cereb Cortex, 2008, 18: 1475-1484.
- [16] You H, Gaab N, Wei N, et al. Neural deficits in second language reading: fMRI evidence from Chinese children with English reading impairment. Neuroimage, 2011, 57: 760-770.
- [17] Liu H, Hu Z, Guo T, et al. Speaking words in two languages with one brain: neural overlap and dissociation. Brain Res, 2010, 1316: 75-82.
- [18] Bledowski C, Kaiser J, Rahm B. Basic operations in working memory: Contributions from functional imaging studies. Behav Brain Res, 2010, 214: 172-179.
- [19] Epelbaum S, Pinel P, Gaillard R, et al. Pure alexia as a disconnection syndrome: New diffusion imaging evidence for an old concept. Cortex, 2008, 44: 962-974.
- [20] Oztetik I, McElree B, Staresina BP, et al. Working memory retrieval: contributions of the left prefrontal cortex, the left posterior parietal cortex, and the hippocampus. J Cogn Neurosci, 2009, 21: 581-593.
- [21] Staresina BP, Duncan KD, Davachi L. Perirhinal and parahippocampal cortices differentially contribute to later recollection of object- and scene-related event details. J Neurosci, 2011, 31: 8739-8747.
- [22] Marvel CL, Desmond JE. The contributions of cerebro-cerebellar circuitry to executive verbal working memory. Cortex, 2010, 46: 880-895.

(修回日期: 2013-06-28)

(本文编辑: 凌 琛)