

·临床研究·

反应扩充疗法联合低频重复经颅磁刺激对脑卒中非流畅性失语的临床疗效*

邱丽芳^{1,2} 蔡扬帆³ 江一静³ 林婉卿¹ 李秀宇¹

摘要

目的:探讨反应扩充疗法(response elaboration training, RET)联合低频重复经颅磁刺激(rTMS)对脑卒中后非流畅性失语症患者的语言疗效。

方法:纳入2018年9月至2019年11月本院收治的60例脑卒中非流畅性失语症患者,按随机数字表法分为常规组(仅采用传统语言训练),rTMS组(传统语言训练+低频rTMS治疗),RET+rTMS组(传统语言训练+RET+低频rTMS治疗),每组各20例。所有患者治疗前和治疗4周后均进行西方失语症成套测验(WAB)与汉语标准失语症检查法(CRRCAE)动作说明、画面说明2个亚项,以及实用性语言交流能力检查(CADL)评估,并进行组间比较。

结果:治疗后,RET+rTMS组患者WAB自发言语、听理解、命名、复述、AQ得分均明显高于常规组($P<0.05$),RET+rTMS组自发言语、命名及AQ得分高于rTMS组($P<0.05$);治疗后,RET+rTMS组患者CRRCAE动作说明和画面说明得分均明显高于常规组和rTMS组($P<0.05$),rTMS组患者动作说明得分高于治疗前($P<0.05$),常规组以上两项得分与治疗前差异无显著性意义($P>0.05$);治疗后,rTMS组与RET+rTMS组患者CADL得分均高于常规组($P<0.05$),RET+rTMS组CADL得分高于rTMS组($P<0.05$)。

结论:反应扩充疗法联合低频重复经颅磁刺激能显著改善非流畅性失语症患者的语言表达能力。

关键词 脑卒中;非流畅性失语;反应扩充疗法;低频重复经颅磁刺激

中图分类号:R493,R743.3 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2020)-10-1192-06

Effects of response elaboration training combined with rTMS in patients with non-fluent aphasia/QIU Li-fang, CAI Yangfan, JIANG Yijing, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2020, 35(10): 1192—1197

Abstract

Objective: To explore the therapeutic effects of response elaboration training combined with rTMS on patients with non-fluent aphasia after stroke.

Method: Sixty patients with non-fluent aphasia after stroke were randomly allocated into either conventional language therapy group, rTMS group (conventional language therapy+rTMS) or rTMS+RET group (conventional language therapy +RET+rTMS), with 20 cases in each group. The language ability was evaluated by the western aphasia battery(WAB),the Chinese rehabilitation research center standard aphasia examination(CRRCAE) and communicative abilities of daily living (CADL) at baseline and four weeks after treatment.

Result: After treatment, the sub-item of spontaneous speech, comprehension, repetition, naming and AQ of WAB were significantly higher in the RET+rTMS group than those in conventional group($P<0.05$). The sub-item of spontaneous speech, naming and AQ in the RET+rTMS group were significantly higher than those in the rTMS group($P<0.05$). After treatment, The sub-item of action naming and picture description of CRRCAE

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.10.007

*基金项目:福建省科技厅引导性项目(2019Y0041);中央引导地方科技发展专项(2018L3009)

1 福建中医药大学附属康复医院言语治疗部,福建省福州市,350003; 2 福建省康复技术重点实验室; 3 福建中医药大学附属康复医院神经康复科

第一作者简介:邱丽芳,女,主治医师; 收稿日期:2020-04-08

in the RET+rTMS group were significantly higher than those in the conventional group and rTMS group ($P<0.05$). After training, the action naming in CRRCAE was significantly higher than before training in the rTMS group ($P<0.05$). After treatment, the score of CADL in the rTMS group and RET+rTMS group showed significant improvement than that in the conventional group ($P<0.05$).

Conclusion: RET combined with rTMS can improve the verbal abilities in patients with non-fluent aphasia after stroke.

Author's address Department of Speech Language Therapy, Rehabilitation Hospital Affiliated to Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, Fujian, 350003

Key word stroke; non-fluent aphasia; response elaboration training; repetitive transcranial magnetic stimulation

失语症是指大脑损伤后引起的语言功能障碍,主要表现为理解与表达困难。其中非流畅性失语是失语症常见的亚型,以找词困难,说话量减少,句子长度变短等为核心症状^[1],严重影响患者日常交流,降低其生活质量^[2]。目前,临床上失语症的语言治疗方法众多,包括 Schuell 刺激疗法、旋律语调疗法、视动作疗法等。这些治疗方法可一定程度改善患者的语言功能,但常存在过度结构化,治疗师为主导等缺陷,导致语言疗效局限等问题。反应扩充疗法(response elaboration training, RET)是一种口语表达治疗技术,以宽松训练为治疗原则,采用行为塑造和前向链接技术等策略,不断刺激患者主动表达更多信息与更长句子,从而提高患者语意表达能力。重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)作为一种新的非侵入性治疗手段开始广泛应用于失语症的康复^[3]。因此,本文旨在通过探究 RET 结合 rTMS 对非流畅性失语症患者语言功能的治疗效果,为失语症患者语言康复的有效组合方案提供临床依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 9 月—2019 年 11 月在福建中医药大学附属康复医院言语治疗部治疗的 60 例脑卒中非流畅性失语症患者。诊断标准:符合脑卒中诊断

标准(2010 年版《中国脑血管防治指南》中“脑卒中”的诊断标准,并经 CT 或 MRI 等神经影像学检查证实);发病前均为右利手,病灶位于左侧大脑半球。

纳入标准:①首次脑卒中者,病程 3 周—12 月;②年龄 18—80 岁,男女均可;③母语为汉语,教育程度为小学文化及以上者;④经西方失语症成套测验(western aphasia battery, WAB)诊断为非流畅性失语(失语商 < 93.8 分,且自发言语流畅度 2—4 分);⑤病情稳定,意识清醒,生命征平稳者;⑥既往无语言、听力、视力障碍;⑦所有受试者对本研究均知情,并自愿加入及签署知情同意书。排除标准:①完全性失语症者;②合并严重言语失用;③合并其他神经系统疾病,如帕金森病、多发性硬化等;④合并有严重的心、肝、肾、内分泌系统和造血系统等疾病者;⑤有 rTMS 使用禁忌症者;⑥有酒精、药物滥用史。

脱落与剔除标准:①试验期间出现病情变化不能继续治疗者;②不按治疗要求进行治疗者;③出现不良事件无法继续治疗者;④主动要求退出研究者;⑤资料不完整导致结局指标信息缺失者。

所有患者均采用随机数字表法分成常规组(仅传统语言训练),rTMS 组(传统语言训练+低频 rTMS 治疗),RET+rTMS 组(传统语言训练+RET+低频 rTMS 治疗),每组各 20 例。三组患者性别、年龄、病程、教育年限、脑卒中类型比较差异无显著性意义 ($P>0.05$),具有可比性。见表 1。

表 1 三组患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$, 年)	病程 ($\bar{x}\pm s$, 月)	教育年限 ($\bar{x}\pm s$, 年)	脑卒中类型(例)	
		男	女				脑梗死	脑出血
常规组	20	18	2	52.25 $\pm$ 15.00	1.56 $\pm$ 1.63	9.29 $\pm$ 3.29	15	5
rTMS 组	20	19	1	55.00 $\pm$ 10.72	2.12 $\pm$ 1.72	8.45 $\pm$ 3.41	17	3
RET+rTMS 组	20	15	5	51.10 $\pm$ 14.83	1.68 $\pm$ 1.93	10.48 $\pm$ 3.78	13	7
F/χ^2 值		3.750		0.430	3.879	3.262	2.133	
P 值		0.153		0.652	0.144	0.196	0.344	

1.2 治疗方法

常规组:给予患者传统语言训练,主要采用 Schuell 刺激疗法,治疗师根据患者失语症类型和严重程度等情况,针对视听觉理解、构音、口语命名、书写等方面障碍实施相应治疗。治疗每次 30min,每天 1 次,每周 5 天,共 4 周。

rTMS 组:接受传统语言训练基础上增加低频 rTMS 治疗。rTMS 治疗:采用 Magstim 公司 Rapid II 型“8”字线圈磁刺激器,根据患者病情选择合适体位,将“8”字型线圈中心放置右侧大脑半球 Broca 镜

像区(额下回后部),线圈与患者颅骨表面相切,手柄垂直指向患者枕部。刺激强度为 80%的运动阈值,频率为 1.0Hz,每个序列脉冲 20 次,每日 60 个序列,1200 次脉冲/每日,每天 1 次,每周 5 天,共 4 周。

RET+rTMS 组:患者在 rTMS 组基础上增加 RET 训练。RET 训练^[4]:治疗师每次准备若干张黑白动作卡片,每张图片的训练均依据 RET 的六大步骤进行。每次 30min,每天 1 次,每周 5 天,共 4 周。见表 2。

1.3 评定指标

表 2 反应扩充疗法(RET)训练步骤

步骤	治疗师	患者
1	呈现刺激卡片,治疗师指令语:“看到这张图,你想到什么?”或“告诉我发生了什么事?”等待患者自发言语反应。	自发性表达,如“哭”
2	治疗师示范、扩充和增强患者自发口语内容,如:“一个人在哭,很好”。	不需要反应
3	通过使用 wh- 问句方式作为提示,加强患者最初反应内容,如“他为什么哭?”	扩充描述,如:“撞到头”
4	结合患者以上的自发口语反应,治疗师通过示范、增强成完整句子,如:“很好! 有个人在哭,因为他撞到头了”。	不需要反应
5	要求患者复述第四步骤的完整句子,如:“试着跟我说一整句话,有个人在哭,因为他撞到头了”。	复述整句话,如“有人在哭,撞到头”
6	治疗师再强化示范一遍完整句子,如:“有人在哭,因为他撞到头”	不需要反应

治疗前与治疗 4 周后,三组患者均进行语言功能、实际语言交流能力方面评估,具体方法如下。

1.3.1 西方失语症成套测验(western aphasia battery, WAB):WAB^[5-6]是目前临床上评估失语症常用的测量工具,评估包括言语功能和非言语功能两大方面。其中言语功能评估由自发言语(流畅度和信息量)、听理解、复述、命名 4 项组成,并通过公式(自发言语+听理解/20+复述/10+命名/10)×2 计算所得分数为失语商(aphasia quotient, AQ),得分越高表示言语功能越好。

1.3.2 汉语标准失语症检查工具(Chinese rehabilitation research center standard aphasia examination, CRRCAE):采用 CRRCAE^[7]中动作说明和画面说明条目进行评估。以上两个条目均由 10 张图卡组成,采用 6 分制评价,1—4 分为误答或不完全反应,5 或 6 分均有正答。这两个条目可详细反映患者动作说明、句子表达水平情况,是对 WAB 中口语表达方面评价的补充。

1.3.3 实用性语言交流能力检查(communicative abilities in daily living, CADL)^[8]:CADL 是评估患

者日常生活交流能力的量表。该评估量表对包括自我介绍、填写门诊病历、购车票、看菜单、打电话、问路等 22 个项目进行日常活动交流能力测试,总分 136 分,得分越高表明日常生活交流能力水平越好。

1.4 统计学分析

本研究数据采用 SPSS 21.0 统计学软件进行分析。计量资料所有数据以均数±标准差表示,两组间比较采用 *t* 检验、非参数秩和检验、方差分析,计数资料采用卡方检验。*P* < 0.05 表明差异有显著性意义。

2 结果

2.1 脱落与不良反应情况

本研究前期共纳入 60 例患者。脱落 6 例,其中 1 例因家属无法陪护,故中途转回地方医院治疗而退出研究,另外 5 例因病情变化转院而退出研究。故 RET+rTMS 组实际纳入 18 例,常规组实际纳入 19 例,rTMS 组纳入 17 例。RET+rTMS 组 2 例患者行 rTMS 后诉有头晕症状,约持续数分钟后症状基本消失,无不适。

2.2 患者WAB治疗前后评分变化

3组患者治疗前WAB中自发言语、听理解、复述、命名及AQ得分比较差异无显著性意义($P>0.05$)。干预4周后,3组患者治疗前后上述各项得分比较差异均有显著性意义($P<0.05$);RET+rTMS组患者治疗后上述各项得分与常规组比较差异有显著性意义($P<0.05$);RET+rTMS组患者治疗后的自发言语、命名、AQ得分与rTMS组比较差异有显著性意义($P<0.05$)。见表3。

2.3 患者CRRCAE中动作说明、画面说明评分比较

3组患者治疗前动作说明、画面说明得分比较差异无显著性意义($P>0.05$)。干预4周后,RET+rTMS组患者治疗前后动作说明与画面说明得分比较差异均有显著性意义($P<0.05$);rTMS组患者治疗前后动作说明得分比较差异有显著性意义($P<0.05$),但画面说明得分比较无显著性差异($P>0.05$);常规组两项得分治疗前后差异均无显著性意义($P>0.05$);RET+rTMS组患者治疗后的上述两项得分与常规组和rTMS组比较差异均有显著性意义($P<0.05$)。见表4。

表3 两组患者治疗前后的WAB评分变化

($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	AQ	自发言语	听理解	复述	命名
常规组						
治疗前	19	36.12±10.29	6.26±2.68	97.84±19.07	42.32±19.48	26.74±14.48
治疗后	19	46.66±11.71 ^①	8.47±3.13 ^①	114.47±18.59 ^①	53.11±22.26 ^①	37.89±14.76 ^①
rTMS组						
治疗前	17	35.94±5.59	5.29±2.02	104.18±17.06	45.88±18.30	28.76±12.76
治疗后	17	55.65±5.57 ^{①②}	10.35±1.77 ^{①②}	126.65±18.59 ^{①②}	63.27±15.80 ^①	48.18±13.78 ^{①②}
RET+rTMS组						
治疗前	18	36.00±9.73	6.17±2.36	103.39±20.91	41.67±23.04	25.00±15.44
治疗后	18	62.82±9.57 ^{①②③}	11.72±2.11 ^{①②③}	138.61±21.81 ^{①②}	68.00±16.93 ^{①②}	59.78±13.56 ^{①②③}

注:①与治疗前比较 $P<0.05$;②与常规组比较 $P<0.05$;③与rTMS组比较 $P<0.05$

表4 三组患者治疗前后CRRCAE中动作说明、画面说明及CADL评分变化

($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	动作说明	画面说明	CADL
常规组	19			
治疗前		0.95±1.75	0.26±0.81	41.32±18.81
治疗后		1.84±1.98	0.47±1.17	49.84±19.39 ^①
rTMS组	17			
治疗前		0.82±1.51	0.18±0.73	36.29±11.90
治疗后		2.00±2.09 ^①	0.52±1.33	55.59±10.11 ^{①②}
RET+rTMS组	18			
治疗前		1.06±1.70	0.17±0.51	39.83±15.59
治疗后		5.00±1.71 ^{①②③}	2.61±2.09 ^{①②③}	66.94±15.25 ^{①②③}

注:①与治疗前比较 $P<0.05$;②与常规组比较 $P<0.05$;③与rTMS组比较 $P<0.05$

2.4 患者CADL评分比较

治疗前,三组患者CADL得分比较差异无显著性意义($P>0.05$)。干预4周后,3组患者组内治疗前后CADL总分比较差异均有显著性意义($P<0.05$);rTMS组患者治疗后的CADL得分与常规组比较差异有显著性意义($P<0.05$);RET+rTMS组患者治疗后的CADL得分与常规组比较差异有显著性意义($P<0.05$);RET+rTMS组患者治疗后CADL得分与rTMS组比较差异有显著性意义($P<0.05$)。见表4。

3 讨论

脑卒中后失语症的恢复机制目前尚无统一观点,大多数学者认为左右大脑半球的神经活动变化引起大脑功能的重建与失语症的语言恢复密切相关^[9]。目前,双侧大脑半球在语言恢复过程中的作用大小仍存在争议。脑卒中发病时间、病变部位以及失语症类型都有可能影响失语症的康复机制。有功能影像研究发现,非流畅性失语患者在执行语言任务时,右侧半球语言镜像区激活增加,认为这是大脑不适应性的表现,反而对左侧语言中枢抑制作用增强,阻碍了失语症的语言恢复^[10]。同时,有研究表明,左侧半球的激活水平提高对非流畅性失语症患者的语言功能恢复非常重要^[11]。

本研究显示,rTMS组治疗后WAB中自发言语、听理解、命名、AQ以及CADL评分与常规组比较差异均有显著性意义,说明在传统语言训练基础上加上rTMS治疗可以促进失语症患者语言康复,与沈滢等^[12]的研究结果一致。可能与低频rTMS通过作用于健侧半球,抑制健侧半球的兴奋性,降低健侧半球经胼胝体通路对患侧半球的抑制作用,间接提高

患侧大脑半球皮质的神经兴奋性有关^[13-14],而且rTMS不仅引起大脑皮层短暂的抑制或兴奋,对大脑皮层可塑性也具有长时程的强化影响,使得rTMS与语言行为治疗相结合可能是治疗失语症一种有效的方法。

RET以扩散式语义介入为理论基础,应用动作图卡为训练材料,结合行为取向的训练技巧,能促进失语症患者口语内容单位数量增加。与传统语言训练相比^[15],低结构化的RET更能诱发患者主动言语反应,改善词汇提取能力与句子表达。本研究显示,在WAB、CRRCAE亚项、CADL评分方面,RET+rTMS组与常规组比较差异均有显著性意义($P<0.05$),RET+rTMS组自发言语、命名、AQ、动作说明、画面说明及CADL评分较rTMS组有改善,说明rTMS联合语言训练对语言功能疗效优于单一的语言训练,而RET联合rTMS对失语症患者口语表达能力改善要优于传统语言治疗联合rTMS。其可能机制为RET是利用最少情景信息的动作图片,治疗师运用塑造、连锁、示范等技巧,结合患者对动作图片的自发描述,诱发患者主动叙述更多动作图片信息。这种训练有利于激活语义词汇网络系统,促进患者提取更多的词汇,表达更多的细节,从而让语句变得更长以及内容更加丰富^[16]。Bunker等^[17]通过Meta分析显示RET可有效提升失语症患者语言表达的正确信息量。有fMRI研究发现,在执行命名与动词联想任务时,左侧Broca区及相邻区在检索恰当词汇过程起到重要作用^[18]。Fidriksson^[19]研究指出,失语症患者执行命名任务正确率与左侧前额叶皮质激活体积大小密切相关。本研究中,RET要求患者主动叙述与图片相关联的内容,这一过程需要执行大量相关词汇检索与提取任务,并整合扩充到句子中。同时联合低频rTMS作用于右侧大脑Broca区,使得左侧Broca及周围区抑制释放,随着左侧语言中枢激活强度增加,不仅增强语言中枢对语言治疗的敏感性,而且提升词汇选择与检索的效率,更容易将词义整合到一段有语境的话语表达中,从而使得患者表达更多的内容信息与句子数量。

本研究RET+rTMS组患者治疗后CADL评分明显高于rTMS组与常规组,RET+rTMS联合组患者日常功能交流能力显著改善。这可能是由于

RET发展源于随机教学法,强调语用介入技巧训练,治疗过程鼓励患者主动反应,对目标词或者句子选择宽松,鼓励弹性化语言使用,使得训练过程更接近自然情景的沟通状态,从而提升了患者的日常生活交流能力。Bennett^[20]指出RET可以增强患者扩散式语义的思考和功能性自发性语言能力,更能促进语言泛化至日常交流活动中。

综上所述,rTMS结合RET技术的治疗方案显著改善患者语言功能和实用日常交流能力,促进患者进行更有效的言语沟通,尤其在语言表达方面改善,RET和rTMS结合疗效更佳,在一定程度上补充了常规语言治疗的局限性,为失语症的语言治疗提供可借鉴组合方案。该联合方案操作简单,值得临床推广应用。本研究不足之处在于样本量少,纳入失语症类型较单一,可能对试验结果产生偏倚。此外,由于言语治疗疗效与治疗时间有关,本研究RET+rTMS组患者多进行了30min的RET训练,可以进一步探讨对等的时间训练下RET+rTMS组是否一样可以更好的改善患者的语言功能,使研究结果更加完善可靠。

参考文献

- [1] Halai AD, Woollams AM, Lambon Ralph MA. Using principal component analysis to capture individual differences within a unified neuropsychological model of chronic post-stroke aphasia: Revealing the unique neural correlates of speech fluency, phonology and semantics[J]. Cortex, 2016, 86:275—289.
- [2] Armour M, Brady S, Sayyad A, et al. Self-reported quality of life outcomes in aphasia using life participation approach values: 1-year outcomes[J]. Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation, 2019, 1(3—4): 100025.
- [3] Barwood CH, Murdoch BE, Whelan B, et al. The effects of low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) and sham condition rTMS on behavioural language in chronic non-fluent aphasia: Short term outcomes[J]. NeuroRehabilitation, 2011, 28(2):113—128.
- [4] Husak RS, Marshall RC. A new approach for quantifying the effects of response elaboration training [C]. Lake Tahoe, CA: Clinical Aphasiology Paper, 2012.
- [5] 王荫华. 西方失语症成套测验(WAB)介绍(一)[J]. 中国康复理论与实践, 1997, 3(2):87—89.
- [6] 王荫华. 西方失语症成套测验(WAB)介绍(二)[J]. 中国康复理论与实践, 1997, 3(3):135—140.
- [7] 张庆苏, 纪树荣, 李胜利, 等. 中国康复研究中心汉语标准失语

- 症检查量表的信度与效度分析[J]. 中国康复理论与实践, 2005, 11(9):703—705.
- [8] 赵亚军, 陈长香, 胖红雯, 等. 强制诱导性语言对失语症患者语言功能的疗效[J]. 中国康复理论与实践, 2014, 20(7):656—658.
- [9] Hartwigsen G, Saur D. Neuroimaging of stroke recovery from aphasia-Insights into plasticity of the human language network[J]. *Neuro Image*, 2019, 190:14—31.
- [10] Nenert R, Allendorfer JB, Martin AM, et al. Longitudinal fMRI study of language recovery after a left hemispheric ischemic stroke[J]. *Restorative neurology and neuroscience*, 2018, 36(3):359—385.
- [11] Keser Z, Sebastian R, Hasan KM, et al. Right Hemispheric homologous language pathways negatively predicts post-stroke naming recovery[J]. *Stroke*, 2019, 51:1002—1005.
- [12] 沈滢, 殷稚飞, 周秋敏, 等. 低频重复经颅磁刺激治疗脑卒中后非流畅性失语的疗效观察[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2016, 38(3):170—174.
- [13] Lin WS, Tsai PY. Inhibitory RTMS in post-stroke non-fluent aphasia facilitates functional brain changes and language recovery: An FMRI study[J]. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2018, 61:e47—e48.
- [14] Kapoor A. Repetitive transcranial magnetic stimulation therapy for post-stroke non-fluent aphasia: a critical review[J]. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 2017, 24(7):547—553.
- [15] Kearns KP, Yedor K. An alternating treatments comparison of loose training and a convergent treatment strategy[J]. *Clinical Aphasiology*, 1991, 20:223—238.
- [16] Kiyani HS, Naz S. Development of naming, reading and imitation skills management programme for patients with Broca's aphasia[J]. *Khyber Medical University Journal*, 2018, 10(3):127—130.
- [17] Bunker LD, Nessler C, Wambaugh JL. Effect size benchmarks for response elaboration training: a meta-analysis[J]. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 2019, 28(1S):247—258.
- [18] Schuhmann T, Schiller NO, Goebel R, et al. Speaking of which: dissecting the neurocognitive network of language production in picture naming[J]. *Cerebral Cortex*, 2012, 22(3):701—709.
- [19] Fridriksson J, Bonilha L, Baker JM, et al. Activity in preserved left hemisphere regions predicts anomia severity in aphasia[J]. *Cerebral Cortex*, 2010, 20(5):1013—1019.
- [20] Bennett J, Wambaugh JL, Nessler C. Stimulus generalization effects of response elaboration training[C]. *Sanibel Island, FL: Clinical Aphasiology Paper*, 2005.

(上接第1191页)

- 300—303.
- [3] Jones T, Ugalde V, Franks P, et al. Venous thromboembolism after spinal cord injury: incidence, time course, and associated risk factors in 16, 240 adults and children[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(12):2240—2247.
- [4] Chung WS, Lin CL, Chang SN, et al. Increased risk of deep vein thrombosis and pulmonary thromboembolism in patients with spinal cord injury: a nationwide cohort prospective study[J]. *Thromb Res*, 2014, 133(4):579—584.
- [5] Velmahos GC, Petrone P, Chan LS, et al. Electrostimulation for the prevention of deep venous thrombosis in patients with major trauma: A prospective randomized study[J]. *Surge*, 2005, 137(5):493—498.
- [6] Broderick BJ, Breathnach O, Condon F, et al. Haemodynamic performance of neuromuscular electrical stimulation (NMES) during recovery from total hip arthroplasty[J]. *J Orthop Surg Res*, 2013, 8: 3.
- [7] Hajibandeh S, Hajibandeh S, Antonious GA, et al. Neuromuscular electrical stimulation for the prevention of venous thromboembolism[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 11. DOI: 10.1002/14651858.CD011764.pub2.
- [8] 燕铁斌. 物理治疗学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013. 392—393.
- [9] 徐静娟, 何英, 王红粉. 调制中频电疗对开胸手术围手术期患者下肢静脉血液回流的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32(11):853—856.
- [10] 柏树令, 应大君. 系统解剖学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 227.
- [11] 陈杰, 李甘地. 病理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012. 60—63.
- [12] Miranda AR, Hassouna HI. Mechanisms of thrombosis in spinal cord injury[J]. *Hematol Oncol Clin North Am*, 2000, 14(2):401—416.
- [13] Nyquist P, Bautista C, Jichici D, et al. Prophylaxis of venous thrombosis in neurocritical care patients: an evidence-based guideline: a statement for healthcare professionals from the neurocritical care society[J]. *Neurocritical Care*, 2016, 24(1):47—60.
- [14] Griffin M, Nicolaides AN, Bond D, et al. The efficacy of a new stimulation technology to increase venous flow and prevent venous stasis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010, 40(6):766—771.