

综述

# 反复促通技术在脑卒中神经康复治疗中的应用研究进展<sup>△</sup>

农飞玉 龙耀斌 黄福才

(广西医科大学第二附属医院康复医学科,广西南宁市 530007)

**【提要】** 反复促通技术(川平法)是促进脑卒中偏瘫肢体功能恢复的新技术,其主要运用反复的促通技术及手法刺激使患者不断重复目标运动,进而提高神经通路的兴奋性,最终实现随意运动。反复促通技术现已广泛应用于神经康复治疗并取得不错的疗效。本文就反复促通技术的原理和临床应用进行综述,以期反复促通技术的临床应用提供参考。

**【关键词】** 脑卒中;反复促通技术;川平法;神经康复;神经通路;综述

**【中图分类号】** R 493 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 0253-4304(2025)05-0761-04

**DOI:** 10.11675/j.issn.0253-4304.2025.05.19

脑卒中是导致患者肢体功能障碍的主要原因之一,自1990年以来,脑卒中的患病率、死亡率、伤残率逐年增长<sup>[1-3]</sup>。神经康复治疗是降低脑卒中致残率、死亡率的重要措施,有效的神经康复治疗技术能改善患者的肢体功能,提高患者日常生活能力,缓解患者心理压力,降低潜在的医疗护理费用,减轻患者、家庭及社会负担<sup>[2,4]</sup>。反复促通技术(repetitive facilitative exercise, RFE)也称为川平法,作为一种新型的神经促通手法<sup>[5]</sup>,能较好地解决传统神经促通技术不适合短时间内多次重复进行、康复治疗师人手不足等因素导致的康复效果不理想等难题,目前已广泛应用于神经康复治疗领域。本文就RFE的原理和临床应用进行综述,以期神经康复治疗领域的发展及RFE的临床应用提供参考。

## 1 RFE概述及原理

研究表明,脑卒中后神经功能缺陷不仅与局灶性组织损伤有关,还与白质束局部及远端改变、神经网络连接障碍等因素相关<sup>[6]</sup>。因此,神经可塑性诱导的皮质重组是脑卒中后运动功能恢复的重要过程,而神经可塑性与神经网络间特定结构及代偿性功能模式有关<sup>[6-8]</sup>。神经系统的可塑性理论认为,当人体的高级中枢或通路受损时,相关的神经侧芽及潜伏通路被激活,二者在肢体功能恢复中发挥重要作用<sup>[9]</sup>。

RFE是2010年由日本川平和美教授提出的关于脑卒中偏瘫后运动功能恢复的治疗理念,其主要通过反复的促通手法结合患者的运动意图来实现随意运动,使受损功能快速恢复<sup>[5]</sup>。RFE的原理实质上是神经系统的可塑性理论,具体内容包括<sup>[9-13]</sup>:(1)在正常人的—般活动中,一些神经通路和突触因未被使用而处于“休眠”状态,即潜伏通路。当优势通路受损后,潜伏通路被“唤醒”,在数秒至数小时内替代失去功能的神经通路成为传递途径,向大脑传递信息。在康复治疗中,RFE可以激活或强化潜伏通路发挥作用,进而使肢体部分功能得以恢复。(2)当神经细胞受损时,邻近的神经细胞轴突会生成神经侧芽取代受损的神经细胞,形成新的神经通路。神经侧芽的发生通常从神经细胞损伤后的2周开始,到1个月时数量最多,之后逐渐减少。这种新生的神经通路比潜伏通路更易被激活,其激活程度随使用程度而改变。若神经细胞受损后未能进行及时有效的神经促通治疗,新生的神经侧芽便会萎缩甚至消失。(3)当某些神经细胞(神经元)受损后,周围未受损的神经细胞可通过神经通路的再生重组、加强突触间的联系来代偿受损的功能,但并不是所有的神经功能重塑均出现神经元的重组。正确有效的运动训练不仅有利于神经系统功能上的恢复,还可促进神经系统力学上的整合,使受损的部分功能迅速恢复。

▲基金项目:广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研课题(Z20211130);广西壮族自治区医疗卫生重点(培育)学科建设项目(桂卫科教发[2022]4号)

第一作者简介:农飞玉,硕士,住院医师,研究方向为神经康复、重症康复。

通信作者简介:黄福才,本科,主管技师,研究方向为神经康复、重症康复及康复技术。

## 2 RFE操作方法

RFE起初主要用于脑卒中偏瘫上肢的功能恢复,随后不少学者将其应用于脑卒中偏瘫肢体功能恢复的治疗并取得一定成效<sup>[12,14-15]</sup>。目前RFE在脑卒中康复治疗中已形成了较为规范的操作过程,通常先利用共同运动诱发患肢运动,再利用牵张反射、姿势反射等促通手法提高目标运动神经通路兴奋性,随后立即反复实施目标运动,过程中配合简单的指令如“伸肘”或“屈肘”,从而促进、强化神经通路形成。目前常用的运动模式主要包括肩关节屈曲、肘关节屈伸、前臂旋后、拇指和食指屈伸、髋关节屈曲内收及伸展外展(髋关节外旋、膝关节屈曲)、髋关节屈曲内收及伸展外展(髋关节保持外旋同时进行膝关节屈曲、伸展)、膝关节屈曲、踝关节背伸、躯干回旋和侧屈<sup>[9-10]</sup>。

操作时应具备以下要点<sup>[9-10]</sup>:(1)RFE利用姿势反射、牵张反射和皮肤肌肉反射来调整目标神经通路的兴奋水平。例如在进行上肢伸展促通时,治疗师一只手诱发牵张反射,并嘱患者注视自己的手(姿势反射),治疗师另一只手对治疗部位给予多重手法(叩击、刮擦、压迫等)刺激目标肌肉皮肤(皮肤肌肉反射)。(2)治疗师的指令需简短且富有韵律,以便患者能较好地调整运动开始时间并跟上治疗节奏。(3)为了较好地集中兴奋目标神经通路及神经元间的突触连接,每个运动模式应在4~5 min内进行50~100次的集中反复练习,从一种运动模式转换到另一种运动模式时休息30~60 s。治疗师运用RFE对患者进行个体化治疗时,还可联合使用多种治疗手段,如神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES)、振动刺激、针刺及经颅磁刺激等,在一定程度上能更好地重建、兴奋目标神经通路,更快实现目标运动<sup>[9,13]</sup>。

## 3 RFE在脑卒中后神经康复治疗中的应用

**3.1 RFE促进脑卒中偏瘫上肢功能恢复** 关于RFE在脑卒中偏瘫上肢功能恢复的应用研究现已相对成熟。相较于传统神经促通技术,RFE的特点是通过在短时间内高频率地反复增加训练量,提高目标神经通路的兴奋性,从而刺激大脑皮质兴奋(从前额叶开始),激活目标神经元,最终实现目标运动<sup>[9-10]</sup>。此外,RFE可替代关节活动度训练,对所有关节进行充分运动。不少学者发现,RFE在改善脑卒中偏瘫患者的上肢运动功能方面较常规运动训练更为有效<sup>[16-18]</sup>。例如,Kawahira等<sup>[16]</sup>对23例脑卒中偏瘫患者交替进行RFE及常规康复治疗,其中第一组患者给予先RFE再常规康复治疗模式,第二组给予先常规康复治疗再RFE

的治疗模式,每一轮RFE或常规康复均为2周,均交替治疗4次。治疗2周后,第一组患者的上肢功能得到明显改善,而第二组患者的上肢功能则无明显改善。Harris<sup>[17]</sup>将52例脑卒中患者随机分为观察组和对照组,均给予两组患者手部精细运动训练,在此基础上,给予观察组偏瘫上肢RFE治疗,给予对照组常规训练(关节活动度训练、渐进性抗阻练习等),结果显示,观察组的肩功能、手功能恢复显著优于对照组。Etoh等<sup>[18]</sup>发现,RFE在改善脑卒中偏瘫上肢功能的同时,还能在一定程度上降低痉挛上肢的肌张力。

目前有不少学者将RFE与其他康复治疗手段联合应用,如NMES<sup>[19-20]</sup>、针刺<sup>[21]</sup>、重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)<sup>[12,19,22]</sup>、肌电生物反馈<sup>[23-24]</sup>、上肢康复机器人<sup>[25]</sup>、肉毒毒素注射治疗<sup>[26]</sup>等。庞争争等<sup>[22]</sup>发现,经颅磁刺激联合RFE可促进脑卒中偏瘫上肢运动功能恢复,降低痉挛程度。李琦等<sup>[12]</sup>发现,RFE联合低频rTMS可改善脑卒中后上肢功能障碍,但对肌张力的改善并不显著。李琦等<sup>[12]</sup>、Etoh等<sup>[18]</sup>的研究结果提示,RFE联合健侧大脑半球低频rTMS能较好地促进脑卒中偏瘫上肢功能恢复,但其改善肢体痉挛的效果并不统一,仍需进一步探讨。此外,2020年rTMS治疗应用循证指南指出<sup>[27]</sup>,给予脑卒中患侧大脑半球高频rTMS亦有一定的治疗价值,若将其与RFE联合治疗能否取得相似效果或更优疗效,值得进一步探究。

虽然RFE与其他康复治疗手段联合应用均能较好地改善脑卒中偏瘫上肢功能,但在降低肌张力方面仍存在争议。Shimodozono等<sup>[20]</sup>以脑卒中恢复期的重度上肢偏瘫患者为研究对象,分析常规治疗、RFE、NMES联合RFE的疗效,结果显示,RFE的疗效优于常规治疗,而RFE联合NMES所获得的上肢功能恢复效果最为显著。董春雪等<sup>[21]</sup>研究针刺联合RFE治疗脑卒中患者的疗效,发现针刺联合RFE组患者上肢及手功能恢复效果明显优于针刺组及RFE组,针刺联合RFE能明显降低肌张力,提高患者日常生活能力。综上,RFE联合其他康复治疗手段可作为未来脑卒中偏瘫上肢功能康复的新治疗模式。

**3.2 RFE改善脑卒中偏瘫下肢功能** 临床中发现,多数脑卒中患者偏瘫侧近端肢体功能恢复早于远端,偏瘫下肢髋关节、膝关节的恢复效果优于踝关节、足趾关节,而踝关节背伸障碍严重影响患者的步行能力,是脑卒中偏瘫下肢康复的难题之一。研究表明,RFE能改善髋关节、膝关节及踝关节功能,促进脑卒中患者的下肢功能恢复<sup>[28-32]</sup>。纵亚等<sup>[11]</sup>对20名脑卒中后足下垂患者进行RFE训练,治疗1个疗程后,所有患者踝关节背伸障碍得到显著改善,Berg平衡评分、Holden步行能力分级均较治疗前明显提高。

姜增明等<sup>[30]</sup>、冯浩等<sup>[31]</sup>的研究亦发现,RFE能有效改善脑卒中患者的下肢功能及步态,提高步行能力。而Kawakami等<sup>[28]</sup>比较镜像疗法、电刺激、RFE和标准康复训练对脑卒中后偏瘫患者下肢运动麻痹的改善效果,结果显示,标准康复训练组患者的髋关节、膝关节功能无明显改善,其余干预组患者的髋关节、膝关节功能均明显改善,而所有患者的踝关节功能均有显著改善。Tomioka等<sup>[29]</sup>对27例脑卒中患者进行RFE联合踝足矫形器步态训练,治疗4周后,患者偏瘫下肢功能及步行能力较治疗前显著改善。此外,姜文等<sup>[32]</sup>的研究表明,RFE联合肌电反馈治疗可显著提高脑卒中偏瘫患者的下肢运动功能。而韩高科<sup>[33]</sup>的研究结果显示,RFE联合减重步行训练可明显改善脑卒中偏瘫患者平衡能力,提高日常生活能力。由此可见,在采用RFE促进脑卒中偏瘫下肢功能康复时,可适当结合NMES、矫形器、肌电生物反馈等辅助治疗,从而取得更理想的康复效果,这或许是未来脑卒中康复治疗的新趋势。

#### 4 RFE促进其他中枢性肢体麻痹恢复

中枢神经系统受损后会促使周围其他神经通路传送指令,起到代偿作用,康复治疗师通过正确且重复的促通刺激可以引导正确的神经传送渠道,使主要的神经传导通路得以建立<sup>[15]</sup>。RFE作为神经促通手法之一,利用无错误的学习模式,反复向目标神经通路进行兴奋传导,不仅有利于脑卒中后肢体功能障碍恢复,还能促进其他中枢神经系统疾病导致的肢体麻痹康复。皮质基底变性是一种进行性神经疾病,其特征是帕金森病和皮质功能障碍,可表现为共济失调、异肢现象和痴呆等症状,严重降低患者的生活质量。Kawahira等<sup>[34]</sup>根据新康复理念,采用RFE与常规作业疗法对皮质基底变性患者左右手交替进行手功能训练,治疗4周后患者双手功能较治疗前明显恢复,通过对比左右手功能恢复情况进一步发现,先进行RFE的左手功能优于右手功能。此外,RFE还可用于治疗神经退行性疾病所致的肢体动力性失用症,如阿尔茨海默病、帕金森综合征等,但目前相关研究仍较少,还需进一步探索研究。

#### 5 RFE在非中枢性肢体麻痹中的应用

目前RFE主要应用于脑卒中恢复期患者的康复治疗,而在非中枢性疾病导致的肢体麻痹康复中的应用相对较少,因此RFE在此方面的疗效尚无定论。Kutsuwa等<sup>[35]</sup>对1例进行颈部淋巴结清扫术后出现斜方肌和胸锁乳突肌麻痹的口咽癌患者给予NMES、

RFE等康复治疗,主要治疗内容包括:先进行头部屈曲的诱导运动,反复促进颏舌骨肌的收缩;随后通过反复进行牵伸运动诱发胸锁乳突肌收缩;在胸锁乳突肌出现收缩的同时,利用伸张反射反复进行头颈部的弯曲—左回旋运动;对于斜方肌的RFE,同样通过伸张反射和手法敲击,反复进行肩胛骨的上举、上方回旋、外展运动,从而促进目标肌肉的选择性收缩。治疗后患者斜方肌、胸锁乳突肌的麻痹症状和吞咽功能得到改善。由于该患者颈部和肩胛带的功能障碍和吞咽障碍系因颈部淋巴结清扫术后引起的末梢神经障碍所致,故此研究结果在一定程度上反映了RFE联合电刺激可以促进非中枢性肌肉麻痹的恢复。RFE和电刺激的联合应用有利于受损部位神经通路的兴奋传导,促进相应的肌肉收缩,有助于改善外周神经损伤后的肌肉麻痹,但未来还需进行更多的研究以探讨RFE在其他非中枢性肢体麻痹(臂丛神经损伤等周围神经损伤、获得性肌无力等)中的疗效。

#### 6 小结与展望

目前,RFE主要应用于脑卒中恢复期且具备一定肢体功能的患者,而关于RFE应用于其他中枢性疾病、非中枢性肢体麻痹的研究相对较少,未来可进一步开展相关临床研究。RFE的实施虽然不需要特殊设备,操作简便,但要求患者具备一定肢体功能且能主动参与训练。鉴于脑卒中、脊髓损伤及其他非中枢性肢体麻痹早期的患者并不一定具备肢体功能,因此在这类患者中应用RFE具有一定的局限性,其治疗手段值得进一步探讨。

#### 参 考 文 献

- [1] Mensah GA, Roth GA, Fuster V. The global burden of cardiovascular diseases and risk factors: 2020 and beyond[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 74(20): 2529-2532.
- [2] Zhang T, Zhao J, Li X, et al. Chinese Stroke Association guidelines for clinical management of cerebrovascular disorders: executive summary and 2019 update of clinical management of stroke rehabilitation[J]. Stroke Vasc Neurol, 2020, 5(3): 250-259.
- [3] Isaacs-Itua A, Wong S. Stroke rehabilitation and recovery[J]. Br J Hosp Med (Lond), 2021, 82(9): 1-7.
- [4] 张 通,赵 军,白玉龙,等.中国脑血管病临床管理指南(节选版)——卒中康复管理[J].中国卒中杂志, 2019, 14(8): 823-831.
- [5] Shimodozono M. Repetitive facilitative exercise: recent evidence and development for combination therapy[J]. Rinsho Shinkeigaku, 2013, 23(11): 1267-1269.

- [6] Braun RG, Wittenberg GF. Motor recovery: how rehabilitation techniques and technologies can enhance recovery and neuroplasticity[J]. *Semin Neurol*, 2021, 41(2):167-176.
- [7] Guggisberg AG, Koch PJ, Hummel FC, et al. Brain networks and their relevance for stroke rehabilitation[J]. *Clin Neurophysiol*, 2019, 130(7):1098-1124.
- [8] Du J, Yang F, Hu J, et al. Effects of high- and low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on motor recovery in early stroke patients: evidence from a randomized controlled trial with clinical, neurophysiological and functional imaging assessments[J]. *Neuroimage Clin*, 2019, 21:101620.
- [9] 川平和美, 下堂园惠, 野间知一. 反复促通疗法(川平法)的理论与实践: 脑卒中中偏瘫后的新手法治疗[M]. 3版. 北京: 电子工业出版社, 2021: 2-102.
- [10] 杨喜兵, 杨帆, 陈忠强, 等. 反复促通技术联合针刺对中风患者上肢功能恢复的疗效观察[J]. *中国全科医学*, 2020, 23(31):3983-3987.
- [11] 纵亚, 崔立军, 鲍勇, 等. 反复促通技术对脑卒中足下垂患者疗效的积分肌电图研究[J]. *内科理论与实践*, 2012, 7(2):119-120.
- [12] 李琦, 程瑞动, 闻万顺, 等. 反复促通疗法结合低频重复经颅磁刺激对脑卒中后上肢功能障碍的疗效评估[J]. *中国现代医生*, 2018, 56(26):1-5, 10.
- [13] 川平和美, 下堂园惠, 野间知一. 偏瘫患者的复健治疗: 川平式反复性诱发疗法的理论与介入手法[M]. 新北: 合记图书出版社, 2021: 21-26.
- [14] 徐敏, 宋菲. 用川平法对脑卒中后偏瘫患者进行康复治疗的效果观察[J]. *当代医药论丛*, 2019, 17(11):112-113.
- [15] 刘淇铭. 川平法联合常规康复治疗脑卒中1例报告[J]. *医药前沿*, 2020, 10(7):63-64.
- [16] Kawahira K, Shimodozono M, Etoh S, et al. Effects of intensive repetition of a new facilitation technique on motor functional recovery of the hemiplegic upper limb and hand[J]. *Brain Inj*, 2010, 24(10):1202-1213.
- [17] Harris JE. Repetitive facilitative exercise improves upper limb function in patients with subacute stroke[J]. *J Physiother*, 2013, 59(3):208.
- [18] Etoh S, Noma T, Miyata R, et al. Effects of repetitive facilitative exercise on spasticity in the upper paretic limb after subacute stroke[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2018, 27(10):2863-2868.
- [19] Etoh S, Kawamura K, Tomonaga K, et al. Effects of concomitant neuromuscular electrical stimulation during repetitive transcranial magnetic stimulation before repetitive facilitation exercise on the hemiparetic hand[J]. *Neuro Rehabilitation*, 2019, 45(3):323-329.
- [20] Shimodozono M, Noma T, Matsumoto S, et al. Repetitive facilitative exercise under continuous electrical stimulation for severe arm impairment after sub-acute stroke: a randomized controlled pilot study[J]. *Brain Inj*, 2014, 28(2):203-210.
- [21] 董春雪, 孟庆楠, 李卉, 等. 针刺联合川平法治疗脑卒中后上肢功能障碍的疗效及电生理特征研究[J]. *中华中医药学刊*, 2024, 42(7):197-201.
- [22] 庞争争, 计弯弯, 张环, 等. 重复经颅磁刺激联合反复促通疗法对脑卒中患者上肢运动功能康复的疗效观察[J]. *中国康复*, 2022, 37(8):464-467.
- [23] 柴德君, 胡斌, 房城, 等. 川平法联合肌电生物反馈对偏瘫后手功能恢复的疗效分析[J]. *中国现代医学杂志*, 2022, 32(17):88-92.
- [24] 裴圣辰, 温学志, 连赫宇. 肌电生物反馈结合反复促通技术对改善偏瘫患者上肢功能的效果观察[J]. *益寿宝典*, 2020(11):182-183.
- [25] 钮晟佳, 杨卫新, 张大伟, 等. 上肢机器人联合川平疗法对脑卒中患者上肢运动功能及日常生活活动能力的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(8):1003-1005.
- [26] Hokazono A, Etoh S, Jonoshita Y, et al. Combination therapy with repetitive facilitative exercise program and botulinum toxin type A to improve motor function for the upper-limb spastic paresis in chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. *J Hand Ther*, 2022, 35(4):507-515.
- [27] Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): an update (2014-2018)[J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(2):474-528.
- [28] Kawakami K, Miyasaka H, Nonoyama S, et al. Randomized controlled comparative study on effect of training to improve lower limb motor paralysis in convalescent patients with post-stroke hemiplegia[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(9):2947-2950.
- [29] Tomioka K, Matsumoto S, Ikeda K, et al. Short-term effects of physiotherapy combining repetitive facilitation exercises and orthotic treatment in chronic post-stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2017, 29(2):212-215.
- [30] 姜增明, 叶祥明. 反复促通疗法对脑卒中患者后遗症期下肢运动功能及步态的影响[J]. *护理与康复*, 2021, 20(2):82-84.
- [31] 冯浩, 王亮, 徐聘, 等. 川平法联合下肢智能反馈系统对脑梗死的康复应用[J]. *养生保健指南*, 2019(15):353.
- [32] 姜文, 郭川, 徐胜, 等. 反复促通疗法联合肌电反馈式助力电刺激对卒中偏瘫患者下肢运动功能障碍的效果研究[J]. *中国脑血管病杂志*, 2022, 19(8):548-553, 571.
- [33] 韩高科. 减重步态训练结合川平法对卒中后偏瘫患者日常生活活动能力、肌张力分级及痉挛程度的影响[J]. *辽宁医学杂志*, 2024, 38(2):27-31.
- [34] Kawahira K, Noma T, Iiyama J, et al. Improvements in limb kinetic apraxia by repetition of a newly designed facilitation exercise in a patient with corticobasal degeneration[J]. *Int J Rehabil Res*, 2009, 32(2):178-183.
- [35] Kutsuwa M, Harada H. A patient with oropharyngeal cancer who developed trapezius and sternocleidomastoid paralysis after neck dissection showed improvement by applying repetitive facilitative exercise with electrical stimulation—a case report[J]. *Gan To Kagaku Ryoho*, 2020, 47(10):1481-1484.

(收稿日期:2025-02-10 修回日期:2025-04-14)