

多模态软体手功能康复机器人对脑卒中患者手功能的影响

朱冬燕 王梁 吉桢媛 徐倩 翟佳佳 曹月姣 张航 韩珍真 陈伟观

南通市第一人民医院康复医学科,南通 226001

通信作者:陈伟观,Email:chenwg1982@163.com

【摘要】 目的 观察多模态软体手功能康复机器人对脑卒中患者手功能的影响。**方法** 将 55 例脑卒中患者按随机数字表法分为对照组(28 例)和治疗组(27 例)。2 组患者均接受常规康复训练,治疗组在此基础上增加多模态软体手功能康复机器人训练。2 组患者均每日治疗 1 次,每周治疗 5 d,连续治疗 3 周。分别于治疗前和治疗 3 周后(治疗后),对 2 组患者的 Fugl-Meyer 量表(FMA)腕手部分评分、手指总主动活动度(TAM)评分、改良 Barthel 指数(MBI)、运动诱发电位(MEP)潜伏期和波幅进行评定。**结果** 治疗后,2 组患者的 FMA 腕手评分、手指 TAM 评分、MBI 评分、MEP 潜伏期和波幅均较组内治疗前改善($P<0.05$)。与对照组比较,治疗组治疗后的 FMA 腕手评分[(17.59±4.96)分]、手指 TAM 评分[3.0(3.0, 3.0)分]、MEP 潜伏期[(23.33±1.17)ms]和波幅[(0.95±0.12)mV]改善较为优异($P<0.05$)。**结论** 多模态软体手功能康复机器人训练可有效改善脑卒中患者的手功能,值得临床应用。

【关键词】 康复机器人; 气动式手康复装置; 脑卒中; 手功能

基金项目: 基金项目:江苏省卫生健康委科研项目(M2021106);南通市卫生健康委科研项目(QNZ2023025)

Funding: Jiangsu's Provincial Health Commission(M2021106); Research Project of Nantong Municipal Health Commission(QNZ2023025)

DOI:10.3760/cma.j.cn421666-20240322-00206

手是复杂程度较高的生物运动系统之一,其能通过多个手指的协调运动来帮助人体实现精细活动^[1]。据报道,约 80% 的脑卒中患者存在上肢功能障碍^[2],而手功能占上肢功能的 90%^[3]。因此,有效促进脑卒中患者的手功能恢复,对提高其日常生活自理能力和生活质量至关重要。

多模态软体手功能康复机器人是基于镜像神经元理论的一项康复训练装置,其将镜像疗法、功能性电刺激、游戏训练等有机结合,符合中枢外周一体化的干预理念,较传统的手功能康复有一定的治疗优势^[4]。有研究报道,将多种康复技术联合应用可有效提高脑卒中患者的手功能^[5]。基于此,本研究采用多模态软体手功能康复机器人对脑卒中后手功能障碍患者开展干预,取得了满意的疗效,报道如下。

对象与方法

一、研究对象

纳入标准:①符合《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》中的脑卒中诊断标准^[6],单侧病灶,经 CT 或 MRI 确诊;②首次发病;③病程 2~12 周;④年龄 18~80 岁;⑤患手 Brunnstrom 分期 I~Ⅲ期;⑥生命体征平稳;⑦患者签署知情同意书。排除标准:①生命体征不稳定;②严重认知障碍或失语;③患手的改良

Ashworth 分级>2 级;④手部感觉功能障碍;⑤手部有骨关节疾患或明显疼痛;⑥体内有心脏起搏器;⑦患有恶性肿瘤;⑧听觉或视觉障碍。

选取 2023 年 4 月至 2024 年 2 月由南通市第一人民医院康复医学科收治且符合上述标准的脑卒中患者 56 例。按随机数字表法分为对照组和治疗组,每组 28 例。研究过程中,治疗组有 1 例患者因个人原因脱落。最终纳入 55 例患者,其中对照组 28 例,治疗组 27 例。2 组患者的一般资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,详见表 1。本研究经南通市第一人民医院伦理委员会审批(2023KT149)。

二、治疗方法

2 组患者均接受以偏瘫肢体综合训练和手功能训练为主的常规康复训练。偏瘫肢体综合训练主要包括平衡训练、肌力训练、转移训练、步行功能训练等,治疗时间 40 min,每日 1 次,每周 5 d,连续 3 周;手功能训练包括手指关节活动度训练、抓握捏取等任务导向性训练、穿衣等日常生活能力训练,治疗时间 30 min,每日 1 次,每周 5 d,连续 3 周。

治疗组在常规康复训练的基础上增加多模态软体手功能康复机器人训练,见图 1 和图 2。采用中国南京产 RS3 型软体手功能康复机器人,相关操作由经过培训的作业治疗师进行。

表 1 2 组患者的一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (d, $\bar{x}\pm s$)	卒中类型(例)		偏瘫侧别(例)		患手 Brunnstrom 分期(例)		
		男	女			脑梗死	脑出血	左	右	I 期	II 期	III 期
对照组	28	16	12	61.07±11.17	24.25±5.80	17	11	11	17	8	12	8
治疗组	27	14	13	60.56±10.01	25.22±6.07	15	12	13	14	10	10	7

患者取坐位,治疗师嘱其将患手放进软体充气手套中,固定腕关节和前臂,将两个电极片贴于患侧的腕背伸肌运动点,刺激频率 40 Hz,脉冲宽度 250 μ s,刺激强度以患者能够耐受为宜。选择镜像训练和气电联合训练模式,在此基础上,患手 Brunnstrom 分期 I ~ II 期的患者增加被动训练模式,患手 Brunnstrom 分期 III 期的患者增加被动牵伸模式。治疗组每例患者均进行 3 个模式的训练,每个训练模式的治疗时间均为 10 min,总治疗时间 30 min,每日 1 次,每周 5 d,连续 3 周。



图 1 软体手功能康复机器人镜像训练



图 2 软体手功能康复机器人气电联合训练

三、评定方法

治疗前及治疗 3 周后(治疗后),由同一名对本研究分组不知情的治疗师对 2 组患者开展评估。采用 Fugl-Meyer 量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)腕手部分评分、手指总主动活动度(total active motion, TAM)评分、改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)评估患者的手功能和日常生活活动能力,记录患者运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)的潜伏期和波幅。

- 1.FMA 腕手部分评分:包括腕的稳定性、腕的运动、手指的运动 3 大类,共 12 个项目,每项 0~2 分,总分 24 分。评分越高,表示腕手功能越好^[7]。
- 2.手指 TAM 评分:掌指关节、近端指间关节、远端指间关节的主动屈曲角度之和,减去上述关节主动伸直受限角度之和,差值即手指 TAM。手指 TAM 正常值为 270°,计 4 分;TAM 值>健侧的 75%,记 3 分;TAM 值>健侧的 50%,记 2 分;TAM 值<健侧的 50%,记 1 分^[8]。
- 3.MBI:包括进食、穿衣、洗漱、修饰、如厕等 10 个项目,满分

100 分。分值越高,表示患者的自理能力越好^[9]。

4.MEP 潜伏期和波幅:采用中国武汉产 CCY-I 型磁刺激仪,患者取坐位,佩戴定位帽,找到健侧初级运动皮质 M1 区,将记录电极和参考电极分别置于对侧拇短展肌肌腹和肌腱处,接地电极置于对侧腕部,选用“8”字形线圈,连续 10 次单脉冲刺激,至少引出 5 次 MEP 波幅 $\geq 50 \mu$ V 的最小刺激强度即静息运动阈值(resting motor threshold, RMT)。在患侧 M1 区采用 120%RMT 强度的刺激,记录患侧拇短展肌 MEP^[10]。选取 5 条稳定性高、重复性好的波形,计算潜伏期和波幅的平均值。

四、统计学方法

采用 SPSS 22.0 版统计学软件处理数据。计量资料采用($\bar{x}\pm s$)形式或中位数(上、下四分位数)[即 $M(P_{25}, P_{75})$]表示,满足正态分布时,组内比较采用配对 t 检验,组间比较使用独立样本 t 检验,不满足正态分布时,采用非参数检验;计数资料使用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前后的 FMA 腕手、手指 TAM、MBI 评分比较

治疗前,2 组患者的 FMA 腕手、手指 TAM、MBI 评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗后,2 组患者上述指标均较组内治疗前改善($P<0.05$)。与对照组比较,治疗组治疗后 FMA 腕手、手指 TAM 评分改善较为优异($P<0.05$)。见表 2。

表 2 2 组患者治疗前后的 FMA 腕手、手指 TAM、MBI 评分比较

组别	例数	FMA 腕手 (分, $\bar{x}\pm s$)	手指 TAM [分, $M(P_{25}, P_{75})$]	MBI (分, $\bar{x}\pm s$)
对照组				
治疗前	28	9.86 \pm 4.58	1.5(1.0, 2.0)	37.86 \pm 10.92
治疗后	28	14.64 \pm 5.04 ^a	2.0(2.0, 3.0) ^a	64.29 \pm 14.25 ^a
治疗组				
治疗前	27	8.93 \pm 5.78	1.0(1.0, 3.0)	38.70 \pm 11.49
治疗后	27	17.59 \pm 4.96 ^{ab}	3.0(3.0, 3.0) ^{ab}	69.63 \pm 16.92 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

二、2 组患者治疗前后的 MEP 潜伏期和波幅比较

治疗前,2 组患者的 MEP 潜伏期和波幅比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗后,2 组患者的 MEP 潜伏期和波幅均较组内治疗前改善($P<0.05$)。与对照组比较,治疗组治疗后的 MEP 潜伏期和波幅改善较为优异($P<0.05$)。见表 3。

表 3 2 组患者治疗前后的 MEP 潜伏期和波幅比较

组别	例数	潜伏期(ms, $\bar{x}\pm s$)	波幅(mV, $\bar{x}\pm s$)
对照组			
治疗前	28	24.81 \pm 1.12	0.55 \pm 0.10
治疗后	28	24.22 \pm 1.20 ^a	0.74 \pm 0.13 ^a
治疗组			
治疗前	27	24.90 \pm 1.26	0.53 \pm 0.11
治疗后	27	23.33 \pm 1.17 ^{ab}	0.95 \pm 0.12 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

讨 论

本研究结果显示,2 组患者治疗 3 周后的 FMA 腕手评分、手指 TAM 评分、MBI 评分、MEP 潜伏期和波幅明显改善,且治疗组治疗后除 MBI 评分外,其余指标的改善程度均优于对照组,表明采用多模态软体手功能康复机器人能有效改善脑卒中患者的手功能。这一结论与孙凤宝等^[11]的研究结果一致。

手功能相对应的大脑皮质区域面积大、复杂程度高,所以因脑卒中造成的手功能障碍往往难以恢复。有研究表明,即使经过康复训练,也仅有 12% 的脑卒中患者的手功能可完全恢复^[12]。镜像疗法基于镜像神经元理论,利用平面镜成像原理,通过视觉反馈、运动想象等,可激活患者脑部的镜像神经系统,增强大脑可塑性^[13-15]。传统的镜像疗法主要依托于平面镜产生的视觉反馈,缺少多感官刺激,而本研究采用的多模态软体手功能机器人,可通过大屏显示、语音提示、游戏互动等,为患者提供视觉、听觉等多种感官反馈,更好地激活镜像神经系统,促进手功能恢复;其中,该系统配备的实时语音提示,可以有效提高患者的运动认知和运动想象能力,减少患者因注意力不集中所产生的错误反馈,从而有效激活大脑相应区域^[16]。

腕背伸在手的功能性活动中占据重要地位,腕背伸功能的丧失,会严重影响患者的日常生活活动能力和生活质量^[17]。有研究报道,功能性电刺激主要被应用于治疗上运动神经元损伤所致的运动功能障碍,其能刺激传入神经,将收缩信号传入大脑中枢,从而兴奋大脑皮质,促进脑功能重塑^[18]。目前,已有大量的文献证实,功能性电刺激可有效促进脑卒中患者的腕手功能恢复^[19-20]。本研究采用的多模态软体手功能机器人,在气电联合模式下,能将气动技术与功能性电刺激相结合,通过系统装置提供的泵效应和电刺激反馈,帮助患手进行重复性被动屈伸练习,并辅助抬腕,进而起到缓解手部肌张力、改善手部血液循环、提高手部关节活动度和灵活性的作用。

MEP 是一项无创的神经电生理检查技术^[21]。在中枢神经系统疾病中,肢体运动功能和皮质脊髓束功能紧密相关,前角运动细胞损伤数量越多,白质纤维脱髓鞘越严重,MEP 的潜伏期越长,波幅越低^[22]。本研究发现,治疗组治疗后的 MEP 潜伏期显著短于对照组,波幅显著高于对照组,提示多模态软体手功能康复机器人促进脑卒中患者手功能恢复的潜在机制,可能与脑功能重塑和神经传导通路恢复相关。

本研究中,治疗组治疗后多项指标的改善程度均优于对照组,其机制可能包括:①镜像治疗模式可通过视觉反馈、运动想象和运动再学习,激活脑部镜像神经元,促进大脑功能重组^[23];②气压治疗与电刺激相结合的气电联合模式,可以通过大量重复的节律性动作,帮助患者克服患肢的“习得性废用”,达到缓解手部肌张力、提高手指精细活动能力的作用^[24];③游戏训练模式将训练动作融入到游戏中,可提高患者训练的积极性,提高治疗效果^[25];④镜像治疗模式属于中枢干预,将其与外周干预相结合的多模态训练,符合“中枢-外周-中枢”的闭环康复理念,能更大程度地提高治疗效果^[26]。此外,本研究中,2 组患者治疗后 MBI 评分无显著差异,其原因可能是:①纳入的样本量较小;②MBI 是一项综合性评估量表,评估项目中除需要用手完成的活动中,还包括步行、上下楼梯、转移等侧重下肢的评估内容,导致手功能评分在整体评分中的变化并不明显。

综上所述,多模态软体手功能康复机器人可显著改善脑卒中患者的手功能,值得临床应用。本研究存在的不足是:纳入病例数量少、研究周期短、缺乏远期随访、未考虑患者的病变部位对治疗的影响等,且治疗组较对照组的总治疗时间长,这些因素均可能对研究结果造成一定的影响,本课题组将在后续研究中进一步完善。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Schieber MH, Santello M. Hand function: peripheral and central constraints on performance [J]. J Appl Physiol (1985), 2004, 96 (6): 2293-2300. DOI: 10.1152/japplphysiol.01063.2003.
- [2] Dawson J, Liu CY, Francisco GE, et al. Vagus nerve stimulation paired with rehabilitation for upper limb motor function after ischaemic stroke (VNS-REHAB): a randomised, blinded, pivotal, device trial [J]. Lancet, 2021, 397 (10284): 1545-1553. DOI: 10.1016/S0140-6736 (21)00475-X.
- [3] Pollock A, Farmer SE, Brady MC, et al. Interventions for improving upper limb function after stroke [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2014, 2024 (11): CD010820. DOI: 10.1002/14651858.CD010820.pub2.
- [4] 贾杰.“中枢-外周-中枢”闭环康复—脑卒中后手功能康复新理念 [J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31 (11): 1180-1182. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2016.11.001.
- [5] 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. DOI: 10.1016/j.clinph.2019.11.002.
- [6] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国各类主要脑血管病诊断要点 2019 [J]. 中华神经科杂志, 2019, 52 (9): 710-715. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2019.09.003.
- [7] Sullivan KJ, Tilson JK, Cen SY, et al. Fugl-Meyer assessment of sensorimotor function after stroke: standardized training procedure for clinical practice and clinical trials [J]. Stroke, 2011, 42 (2): 427-432. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.592766.
- [8] 潘达德, 顾玉东, 侍德, 等. 中华医学会手外科学会上肢部分功能评定试用标准 [J]. 中华手外科杂志, 2000, 16 (3): 130-135. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-054X.2000.03.003.
- [9] Ohura T, Hase K, Nakajima Y, et al. Validity and reliability of a performance evaluation tool based on the modified Barthel index for stroke patients [J]. BMC Med Res Methodol, 2017, 17 (1): 131. DOI: 10.1186/s12874-017-0409-2.
- [10] 陈晓娟, 纳金花, 马晓红, 等. 脑机接口联合运动想象训练对缺血性脑卒中患者上肢功能恢复的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45 (3): 222-225. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.03.006.
- [11] 孙凤宝, 章晓峰, 刘勇, 等. 多模态镜像疗法对脑卒中患者上肢及手功能的效果 [J]. 中国康复理论与实践, 2023, 29 (1): 77-81. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2023.01.011.
- [12] Baranello G, Sebastiano DR, Pagliano E, et al. Hand function assessment in the first years of life in unilateral cerebral palsy: correlation with neuroimaging and cortico-spinal reorganization [J]. Eur J Paediatr

- Neurol, 2016, 20(1):114-124. DOI:10.1016/j.ejpn.2015.09.005.
- [13] Mukamel R, Ekstrom AD, Kaplan J, et al. Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions[J]. Curr Biol, 2010, 20(8):750-756. DOI:10.1016/j.cub.2010.02.045.
- [14] 陈波, 孟兆祥, 苏敏, 等. 镜像疗法在脑卒中偏瘫患者早期康复中的应用进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(1):90-94. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.01.025.
- [15] Zeng W, Guo Y, Wu G, et al. Mirror therapy for motor function of the upper extremity in patients with stroke: a meta-analysis[J]. J Rehabil Med, 2018, 50(1):8-15. DOI:10.2340/16501977-2287.
- [16] Bright FA, Kayes NM, Worrall L, et al. A conceptual review of engagement in healthcare and rehabilitation[J]. Disabil Rehabil, 2015, 37(8):643-654. DOI:10.3109/09638288.2014.933899.
- [17] 王猛, 钱玉林, 李虹, 等. “调阴和阳”针法结合镜像疗法治疗脑卒中后腕手功能障碍的疗效[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(11):982-985. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.11.006.
- [18] Howlett OA, Lannin NA, Ada L, et al. Functional electrical stimulation improves activity after stroke: a systematic review with meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(5):934-943. DOI:10.1016/j.apmr.2015.01.013.
- [19] Erafeij J, Clark W, France B, et al. Effectiveness of upper limb functional electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: a systematic review and meta-analysis[J]. Syst Rev, 2017, 6(1):40. DOI:10.1186/s13643-017-0435-5.
- [20] 田野, 熊高华, 张逸, 等. 气动式手康复训练结合肌电生物反馈对脑卒中患者上肢腕背伸功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(1):52-54. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.01.015.
- [21] Rossini PM, Burke D, Chen R, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an IFCN Committee[J]. Clin Neurophysiol, 2015, 126(6):1071-1107. DOI:10.1016/j.clinph.2015.02.001.
- [22] Cakar E, Akyuz G, Durmus O, et al. The relationships of motor-evoked potentials to hand dexterity, motor function, and spasticity in chronic stroke patients: a transcranial magnetic stimulation study[J]. Acta Neurol Belg, 2016, 116(4):481-487. DOI:10.1007/s13760-016-0633-2.
- [23] Yuan TF, Chen W, Shan C, et al. Activity-dependent neurorehabilitation beyond physical trainings: "mental exercise" through mirror neuron activation[J]. CNS Neurol Disord Drug Targets, 2015, 14(10):1267-1271. DOI:10.2174/187152731566615111130956.
- [24] 荣积峰, 丁力, 张雯, 等. 康复机器人结合镜像疗法对脑卒中偏瘫患者上肢功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(6):709-713. DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2019.06.016.
- [25] 李秀丽, 李珊, 冯梦晨, 等. 采用上肢运动游戏治疗卒中后轻度认知障碍并结合功能性近红外光谱技术进行疗效评估的研究[J]. 中国康复, 2023, 38(7):412-416. DOI:10.3870/zgkf.2023.07.006.
- [26] 刘智岚, 贺桂萍, 袁景, 等. 手功能机器人镜像疗法对脑卒中后复杂性区域性疼痛综合征患者手功能的疗效[J]. 中国康复, 2024, 39(8):461-464. DOI:10.3870/zgkf.2024.08.003.

(修回日期:2024-05-17)

(本文编辑:凌 琛)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊对参考文献的有关要求

执行 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》。采用顺序编码制著录,依照其在文中出现的先后顺序用阿拉伯数字标出,并将序号置于方括号中,排列于文后。内部刊物、未发表资料(不包括已被接受的待发表资料)、个人通信等请勿作为文献引用。日文汉字请按日文规定书写,勿与我国汉字及简化字混淆。同一文献作者不超过 3 人全部著录;超过 3 人只著录前 3 人,后依文种加表示“等”。作者姓名一律姓氏在前、名字在后,外国人的名字采用首字母缩写形式,缩写名后不加缩写点;不同作者姓名之间用“,”隔开,不用“和”、“and”等连词。题名后请标注文献类型标志。文献类型标志代码参照 GB 3469-1983《文献类型与文献载体代码》,如参考文献类型为杂志,请于参考文献末尾标注 DOI 号。中文期刊用全名。示例如下。

- [1] 陈登原.国史旧闻[M].北京:中华书局,2000:29.
- [2] 胡永善.运动功能评定//王茂斌.康复医学[M].2 版.北京:人民卫生出版社,2002:67-78.
- [3] 刘欣,申阳,洪葵,等.心脏性猝死风险的遗传检测管理[J].中华心血管病杂志,2015,43(9):760-764. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2015.09.003.
- [4] Mahowald ML, Krug HE, Singh JA, et al. Intra-articular Botulinum Toxin Type A: a new approach to treat arthritis joint pain[J]. Toxicon, 2009, 54(5):658-667. DOI:10.1016/j.toxicon.2009.03.028.
- [5] 余建斌.我们的科技一直在追赶:访中国工程院院长周济[N/OL].人民日报,2013-01-12(2). [2013-03-20].http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2013-01/12/nw.D110000renmrb_20130112_5-02.htm.