

智能牵伸改善脑卒中偏瘫患者踝关节痉挛及步行功能的应用研究

邵梦鸣^{1,2}, 舒馨馨², 钱志勇², 徐彬², 刘文兵³, 徐聪琴⁴, 邱纪方²

【摘要】 目的:探讨机器人辅助智能牵伸技术在改善脑卒中患者踝关节痉挛及步行功能方面的疗效。**方法:**将脑卒中患者 40 例,随机分为智能牵伸组和对照组各 20 例。在常规康复训练基础上,智能牵伸组进行智能被动牵伸和主动训练,对照组接受徒手牵伸和抗阻训练,训练均为 30min/d,5d/周,共 6 周。治疗前后评估:踝关节主动和被动背伸及跖屈角度、改良 Ashworth 量表(MAS)、起立-行走计时试验(TUGT)、6min 步行距离测试(6MWT)、改良 Barthel 指数(MBI)。**结果:**治疗 6 周后,2 组主动和被动跖屈角度、被动背伸角度、6MWT 均较治疗前增加($P<0.05$),智能牵伸组主动背伸、跖屈角度、MAS、TUGT、6MWT 改善程度优于对照组($P<0.05$)。**结论:**机器人辅助智能牵伸技术能改善脑卒中患者踝关节痉挛及步行功能,优于常规牵伸治疗。

【关键词】 智能牵伸;踝关节;脑卒中;痉挛;步行功能

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2022.11.002

Application of intelligent stretching in improving ankle spasticity and walking function in stroke patients with hemiplegia Shao Mengming, Shu Xinxin, Qian Zhiyong, et al. Affiliated Rehabilitation Hospital of Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China

【Abstract】 Objective: To investigate the effect of robotic-aid intelligent stretching on ankle spasticity and walking function in stroke patients with hemiplegia. **Methods:** A total of 40 stroke patients with ankle spasticity who met the inclusion criteria were randomly divided into intelligent stretching group and control group (20 cases in each group). Both groups received routine neurological treatment and rehabilitation training. The patients in the intelligent stretching group received robotic-aid intelligent passive stretching and active training, and the control group received manual static passive stretching and resistance training by physical therapists. Each stretch training lasted 30 min, 5 times a week, for a total of 6 weeks. The following evaluations were performed before and after treatment: ankle active dorsoflexion angle, active plantar flexion angle, passive dorsoflexion angle and passive plantar flexion angle, modified Ashworth Scale (MAS), timed up & go test (TUGT), 6-minute walk test (6MWT), modified Barthel Index (MBI). **Results:** After 6 weeks, the active and passive plantar flexion angle, passive dorsiflexion angle and 6MWT increased in both groups ($P<0.05$). The changes of active dorsoflexion angle, plantar flexion angle, MAS, TUGT and 6MWT in intelligent stretching group were better than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Robotic-aid intelligent stretching, a new method of stretching, can improve the ankle spasticity and walking function. It has significant advantages over the traditional method of rehabilitation stretching.

【Key words】 intelligent stretching; ankle; stroke; spasticity; walking function

脑卒中患者的偏瘫侧下肢小腿屈肌痉挛模式大多会导致踝关节的屈伸不利、跟腱挛缩、踝关节僵硬,表现为行走时患足尖着地、足跟悬空、踝关节疼痛^[1]。目前常用的主要措施包括:药物治疗、各种物理康复治疗、踝关节矫形器、中药及针刺治疗等^[2],上述方法存

在诸如疼痛、持续时间短、费用昂贵及费时费力等不足^[3]。而踝关节机器人辅助智能牵伸技术作为一种新兴的康复治疗技术,具有智能化控制、用户友好性、实时交互性、循序渐进性的优点,最大程度上将患者的接受度与临床疗效相结合,现将相关临床研究结果汇报如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2017 年 1 月~2018 年 12 月期间在浙江康复医疗中心住院的脑卒中患者中选取符合纳入标准的踝关节痉挛及下肢运动障碍病例 40 例。纳入标准:①患者有脑卒中病史,病程 2 个月~5 年;因踝

基金项目:浙江省下肢功能障碍人群康复训练的研究项目(zkzxky201501);吴阶平医学基金会中国康复医疗机构联盟基金资助项目面上课题 B 类(20160208)

收稿日期:2022-01-29

作者单位:1. 浙江中医药大学附属康复医院,杭州 310053;2. 浙江康复医疗中心,杭州 310053;3. 浙江中医药大学附属第三医院,杭州 310053;4. 浙江特殊教育职业学院,杭州 310023

作者简介:邵梦鸣(1987-),男,主管技师,主要研究方向为心脑血管病的临床康复评定与治疗。

通讯作者:邱纪方,2401473907@qq.com

关节痉挛、跟腱挛缩影响踝关节上抬、行走等。②行走时患足跟部不能着地,中前足背伸受限,上楼梯困难,跛行。③踝关节主、被动背伸活动受限,背伸时小腿跖屈肌群痉挛,伴有或不伴有轻度足内翻畸形(角度尺测量 $\leq 10^{\circ}$,能穿鞋行走)。④具有一定的平衡和步行能力,Berg 平衡量表(Berg's balance scale,BBS) > 40 分,能室内平地步行,能完成 6min 步行测试(6-minute walk test,6MWT)。⑤认知功能良好,能配合训练测试,蒙特利尔认知评估量表(Montreal Cognitive Assessment,MoCA)评分 > 24 分。⑥无下肢感觉障碍,踝关节皮肤无破损,无骨关节病变。排除标准:有癫痫发作尚未控制,以及其他严重脏器功能不全者;改良 Achworth 量表(modified Ashworth Scale,MAS)=4 级,关节完全僵硬者;踝关节皮肤破损,或存在踝关节骨关节病,或感觉障碍者;注射过肉毒杆菌毒素的患者;其他原因不能配合治疗或检查者。将患者随机分为智能牵伸组和对照组,2 组一般资料比较差异无统计学意义,见表 1。

表 1 2 组一般资料比较

组别	n	性别 (例,男/女)	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	病程 (月, $\bar{x} \pm s$)
智能牵伸组	20	8/12	66.19 $\pm$ 11.50	29.40 $\pm$ 10.13
对照组	20	11/9	66.14 $\pm$ 11.02	29.80 $\pm$ 9.23
χ^2/T 值		0.070	0.014	0.408
P 值		0.820	0.989	0.689

1.2 方法

1.2.1 踝关节机器人智能牵伸装置的工作原理 美国西北大学芝加哥康复研究所的 Zhang 等^[4-5]开发了踝关节机器人智能牵伸装置(见图 1),用于帮助改善神经功能受损患者踝关节痉挛/挛缩(踝关节高肌张力/足下垂)状态,并提供一定评定数据。踝关节机器人(IntelliStretch 踝关节训练器)基于嵌入式伺服电机机器人控制系统构架,运行特定的力矩交互模式,控制器每 0.5s 扫描患侧踝关节的角度变化、速度变化和阻力的波动。牵伸的速度与力矩根据患者肌张力实时调节,当达到最佳牵伸区域时,系统会自动调节牵伸速度,避免痉挛,同时达到最充分的牵伸角度和力度。

1.2.2 坐姿与固定 患者坐在移动式座椅上,座椅可以左右移动,并与腿部支撑固定,实现对不同患侧牵伸的设置;同时患者可以直接乘坐轮椅进行训练。患者踝关节被夹紧并绑在约束鞋上,腿部绑在腿支撑件上,膝关节屈曲度 $\leq 5^{\circ}$,膝关节屈曲可通过调节座椅及腿部支撑件进行调整,大腿和躯干分别绑在座位和靠背上,髋关节屈曲 85° 以内。系统通过背部约束、膝关节伸展约束(腿托)和踝关节同心调节,确保患侧足踝牵伸时,正确的牵伸腿部力线和直膝位姿势(见图 1 连接

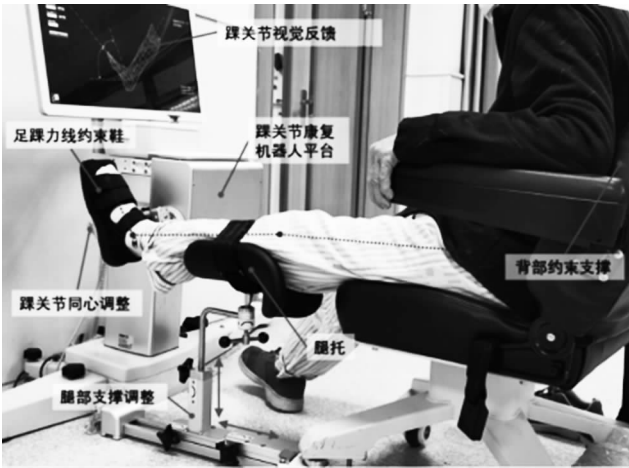


图 1 踝关节机器人智能牵伸装置

股骨大转子、股骨外上髁和外踝的虚线)。

1.2.3 治疗方法 2 组患者均接受神经内科常规治疗和康复训练。常规康复训练包括:肌力训练、平衡训练、步态训练各 15min,但 2 组踝关节牵伸训练方式不同,智能牵伸组采用踝关节机器人智能牵伸装置进行被动牵伸以及主动训练,对照组仅接受康复治疗师的徒手静态被动牵伸和徒手抗阻训练。智能牵伸组每次牵伸训练均为 30min,前 10min 被动牵伸(设备机械被动牵伸至患者实测的最大跖、背屈角度),然后给予 10min 主动训练[运用设备自带虚拟情景互动(virtual reality,VR)游戏模块进行踝关节的主动跖、背屈运动,尽可能完成游戏预设目标],最后再给予 10min 被动牵伸,每周 5 次训练,对照组被动牵伸采用治疗师传统手法牵伸训练,主动训练采用治疗师口令让患者进行主动跖、背屈运动,时间参照智能牵伸组,2 组均治疗 6 周。

1.3 评定标准 干预前后 1 周内进行功能评估,评估指标及方法如下:①运动学指标:包括踝关节主动背伸角度、主动跖屈角度、被动背伸角度、被动跖屈角度的测量,应用智能牵伸设备对踝关节上述角度进行测量,并记录其度数。②MAS 评分:采用改良 Ashworth 量表对小腿三头肌痉挛及跟腱挛缩状况进行评估,统计分析时 0 级、1 级、1+级、2 级、3 级、4 级分别用 0、1、2、3、4、5 分表示^[6]。③起立-行走计时试验(timed up & go test,TUGT):当测试者发出“开始”的指令后,患者从靠背椅上站起,在臀部抬起同时测试者按压秒表开始计时,按照平时走路的步态,向前走 3.0m,越过标记物处后转身,然后走回到椅子前,再转身坐下,计时结束。评定患者的平衡和步行的综合能力。④ 6MWT:让患者在长度为 30m 的直线距离往返行走 6min,记录总步行长度^[7]。⑤改良 Barthel 指数(modified Barthel index,MBI),总分是 100 分^[8]。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件包进行统计分析。计数资料采用卡方检验;计量资料满足正态分布者采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,同组治疗前后采用配对 t 检验,治疗后组间比较采用两独立样本 t 检验,以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

经 6 周干预后,2 组患者踝关节主动跖屈角度、被动背伸角度、被动跖屈角度、6MWT 指标均明显提高 ($P < 0.05$),而 2 组 MBI 治疗前后比较差异无统计学意义。对照组主动背伸角度、MAS、TUGT 干预前后比较差异无统计学意义,而智能牵伸组较干预前主动背伸角度提高,MAS、TUGT 降低 ($P < 0.05$)。干预后智能牵伸组与对照组比较,主动背伸角度、主动跖屈角度、6MWT 明显提高,MAS、TUGT 明显降低 ($P < 0.05$);而被动背伸角度、被动跖屈角度、MBI 比较差异无统计学意义。见表 2,3。

3 讨论

国内外众多学者研究了牵伸治疗对患者踝关节痉挛及下肢运动功能的影响,但智能牵伸在改善脑卒中患者踝关节痉挛及下肢步行功能障碍方面的研究在国内报道还很少^[9-11]。有研究证实脑卒中的痉挛状态

与肌梭运动速率有关,速率过快易增加肌梭敏感性,从而导致牵张反射亢进^[12],Ren 等^[13]的研究也提示踝关节机器人智能牵伸能根据肌肉与软组织产生的阻力来调整牵伸速率,有力且安全地牵伸踝关节到其极限位置,在这个位置上痉挛最显著,这为智能牵伸治疗痉挛提供了依据。踝关节机器人智能牵伸装置可在关节活动的全范围内安全地牵伸踝关节,根据阻力矩智能调控牵伸的速率,以便将大多数治疗时间作用在阻力较大的终末端的关节活动度问题上^[14],同时也避免了传统手法牵伸等对于牵伸关节终末感的判断以及牵伸持续时间、力量把控等取决于治疗师主观经验的弊端,又能缓解痉挛,使治疗更为有效。

本临床研究结果显示,6 周的干预后两种牵伸疗法均对踝关节的被动关节活动角度及部分下肢运动功能改善有效。而且相较于传统人工静态牵伸和手法训练,无论是从身体结构与功能水平还是从活动水平来看,机器人辅助智能牵伸技术均具有显著优势,尤其是在痉挛缓解方面。智能牵伸组与对照组治疗后组间比较,被动跖屈、背伸角度变化无明显差异性,一方面说明两种方法对踝关节痉挛引起的被动关节活动受限的治疗效果大致相同,均可通过牵伸使患者被动活动角度增大,另一方面也暴露了被动关节活动角度作为评价指标的不足,仅要求被动达到最大角度,但忽视了达

表 2 2 组踝关节活动度比较

$^{\circ}, \bar{x} \pm s$

组别	n	主动背伸角度				主动跖屈角度			
		干预前	干预后	t	P	干预前	干预后	t	P
智能牵伸组	20	3.90±4.05	6.26±5.34	17.571	0.000	37.98±10.84	44.16±12.02	23.761	0.000
对照组	20	4.67±4.27	5.37±4.79	2.477	0.132	36.29±12.70	42.31±13.11	20.676	0.000
t		1.189	-0.555			-0.447	-0.467		
P		0.242	0.012			0.658	0.044		

组别	n	被动背伸角度				被动跖屈角度			
		干预前	干预后	t	P	干预前	干预后	t	P
智能牵伸组	20	9.90±5.14	18.50±5.34	32.071	0.000	45.90±7.76	51.25±5.23	16.029	0.001
对照组	20	11.82±6.99	17.70±6.06	30.385	0.000	46.32±7.61	51.40±5.66	12.831	0.002
t		0.981	-0.443			0.169	0.116		
P		0.333	0.660			0.867	0.908		

表 3 2 组下肢肌张力和步行功能评估指标比较

$\bar{x} \pm s$

组别	n	MAS(分)				TUGT(s)			
		干预前	干预后	t	P	干预前	干预后	t	P
智能牵伸组	20	2.20±0.32	1.80±0.41	-2.828	0.002	24.88±14.05	18.30±10.18	19.540	0.000
对照组	20	2.15±0.37	2.20±0.32	-1.342	0.180	23.81±14.59	22.48±12.69	2.954	0.102
t		-0.447	-1.633			-0.232	1.149		
P		0.655	0.014			0.818	0.028		

组别	n	6MWT(m)				MBI(分)			
		干预前	干预后	t	P	干预前	干预后	t	P
智能牵伸组	20	208.10±109.04	271.45±124.67	30.385	0.000	74.25±9.22	77.50±8.81	4.165	0.055
对照组	20	221.95±99.84	262.10±111.84	31.672	0.000	72.63±12.73	72.75±13.03	0.922	0.349
t		0.413	-0.250			-0.453	-1.351		
P		0.682	0.048			0.651	0.185		

到最大被动角度所需要的力矩,另外相对于主被动关节活动度,通过动态步态分析中的角度变化更具有临床意义^[15],需要在今后的研究中特别注意。

通过研究数据可得,智能牵伸组经过6周训练后,TUGT时间明显缩短,6WMT距离明显增加,自身前后对比及与对照组比较具有统计学差异,说明智能牵伸系统对于脑卒中患者步行能力下降有改善作用。本踝关节机器人智能牵伸系统具有虚拟现实主动训练模块,其在时效性、趣味性上相较于传统康复训练具有明显优势^[16]。大量研究已经证实了踝关节跖屈、背伸能力与脑卒中患者的步行能力及日常生活能力密切相关^[17]。踝关节痉挛改变了下肢肌肉的物理特性,长期的制动可使其小腿前、外侧肌群因激活不充分,从而导致偏瘫患者足背屈肌出现废用性萎缩,加重足下垂和足内翻^[18],从而影响患者的步行和稳定。毛玉琰等^[19]通过对脑卒中患者步行能力与下肢三维运动学及动力学相关性分析得出:平地步行时踝关节与正常对照及自身步行能力的比较中,患侧踝背屈角度和力矩都与其步行能力高度相关,而跖屈方面只是运动角度相关,这为通过改善关节活动度尤其是踝关节跖、背屈角度改善步行功能提供了证据。本试验结果发现智能牵伸通过对脑卒中患者踝关节痉挛的改善,主、被动关节活动度的提高,从而使患者的步行功能和起立行走能力得到改善,这与翟晓雪等^[20]的试验研究结果一致。

本次临床研究仅对脑卒中患者进行了研究,下一步计划是扩大样本量,并对骨关节病患者、脑瘫患者进行研究,在观察指标上进一步优化,如加上三维步态分析的时空参数和运动学参数等,对于被动关节活动角度,在测量时控制定量牵伸力矩,测量固定力矩下所能达到的最大被动关节活动度等。

【参考文献】

- [1] 邓思宇,胡楠,卢茜,等.牵伸训练改善脑卒中踝关节痉挛的随机对照研究[J].中国康复医学杂志,2015,30(12):1228-1233.
- [2] 陈岚榕.脑卒中后踝关节功能障碍的临床治疗进展[J].福建中医药,2008,39(3):62-64.
- [3] 李鹏程,顾力华,陈奇刚,等.脑卒中后踝关节功能障碍的中西医结合治疗现状[J].中西医结合心脑血管病杂志,2019,17(14):2128-2131.
- [4] 邱纪方,徐聪琴,邵梦鸣,等.智能牵伸及其在踝部痉挛和挛缩中的应用[J].中国康复理论与实践,2015,21(12):1420-1424.
- [5] Zhang LQ, Chung SG, Bai Z, et al. Intelligent stretching of ankle joints with contracture/spasticity [J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2002, 10(2): 149-157.
- [6] Biering-sonnensen F, Nielsen JB, Klinge K. Spasticity-assessment; a review. Spinal Cord[J]. 2006,44(12):708-722.
- [7] Maru Gunnes, Bent Indredavik. Associations Between Adherence to the Physical Activity and Exercise Program Applied in the LAST Study and Functional Recovery After Stroke[J]. Arch of Physical Med and Rehabi, 2019, 100(12): 2251-2259.
- [8] Lee SJ, Jin DM, Sang HK, et al. Combined Ankle/Knee Stretching and Pivoting Stepping Training for Children With Cerebral Palsy [J]. Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 2019, 27(9): 1743-1752.
- [9] 郭凯峰,杨文,韩佩洁,等.体外冲击波联合牵伸训练对脑卒中患者踝痉挛的影响[J].医学理论与实践,2021,34(8):1310-1312.
- [10] Persson CU, Holmegaard L, Redfors P, et al. Increased muscle tone and contracture late after ischemic stroke[J]. Brain and Behavior, 2020, 10(2): e01509.
- [11] Welmer A-K, Von Arbin M, Widén Holmqvist L, et al. Spasticity and Its Association with Functioning and Health-Related Quality of Life 18 Months after Stroke[J]. Cerebrovascular Diseases, 2006, 21(4): 247-253.
- [12] 陈楠,华艳,白玉龙.卒中后痉挛状态发生机制的研究进展[J].中国康复理论与实践,2021,5(12):588-594.
- [13] Ren Y, Hwang M. Efficacy of robotic rehabilitation of ankle impairments in children with cerebral palsy [C]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2010, 2010: 4481-4484.
- [14] Manair PJ, Dombroski EW, Hewson DJ, et al. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion[J]. Med Sci Sports Exerc, 2001, 33(3): 354-358.
- [15] 刘春龙,黄佳鹏,秦鹏,等.踝关节被动牵拉角度与跟腱和足底筋膜硬度的生物力学关系研究[J].中国康复,2018,33(2):149-151.
- [16] 王碧茹,周甜甜,廖维靖.虚拟现实技术在脑卒中患者康复治疗中的应用进展[J].中国康复,2021,36(12):765-768.
- [17] 孙一鸣,张思卓,姜嘉怿,等.踝关节动态关节松动术对脑卒中患者步态和平衡功能影响的Meta分析[J].中国康复,2021,36(9):553-559.
- [18] 吴建贤,江炎,洪永锋,等.踝关节持续被动运动治疗脑瘫足外翻的临床疗效[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(1):44-49.
- [19] 毛玉琰,李乐,陈正宏,等.脑卒中患者步行能力与下肢三维运动学及动力学相关性分析[J].中国康复医学杂志,2012,27(5):442-447.
- [20] 翟晓雪,潘钰,吴琼,等.踝关节智能牵伸训练对偏瘫患者踝关节生物力学特性及其运动功能和日常生活能力的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2021,43(1):25-29.