

虚拟现实技术联合交替垂直振动训练 改善脑卒中恢复期患者平衡功能和步行能力

刘金明, 王国军, 于利国, 马艳

摘要 目的:观察虚拟现实技术联合交替垂直振动训练对脑卒中恢复期患者平衡功能和步行能力的影响。**方法:**纳入脑卒中恢复期患者96例,随机分为治疗组和对照组各48例。2组均接受常规康复治疗,观察组还进行虚拟现实技术联合交替垂直振动训练,每天训练1次,每周5次,连续治疗6周。于治疗前和治疗6周后采用重心偏移指标(包括重心运动轨迹X轴与Y轴偏移距离)、平衡障碍程度指标(包括动摇角度、动摇总轨迹长、包络面积)和Berg平衡量表(BBS)评定平衡功能;采用测量下肢Fugl-Meyer运动功能评分(FMA-LE)、计时起立行走测试(TUGT)、步行功能分级(FAC)评定运动功能与步行功能。**结果:**治疗6周后,2组重心偏移指标、平衡障碍程度指标、BBS、FMA-LE、TUGT、FAC评分较治疗前均明显提高($P<0.05$),且治疗组高于对照组($P<0.05$)。**结论:**在常规康复方法基础上进行虚拟现实技术联合交替垂直振动训练能明显改善脑卒中恢复期患者的平衡功能和步行能力。

关键词 虚拟现实技术;交替垂直振动训练;脑卒中;平衡功能;步行功能

中图分类号 R741;R743.3;R493 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20210047

本文引用格式:刘金明, 王国军, 于利国, 马艳. 虚拟现实技术联合交替垂直振动训练改善脑卒中恢复期患者平衡功能和步行能力[J]. 神经损伤与功能重建, 2021, 16(7): 419-422.

作者单位

武汉市第一医院

康复医学科

武汉 430030

收稿日期

2021-01-16

通讯作者

马艳

1203135093@

qq.com

近年来脑卒中的康复疗效已取得较大进展,但仍有约50%脑卒中患者会伴有不同程度的功能障碍。步行能力及平衡功能障碍是造成跌倒风险的重要因素^[1]。近年来,振动训练利用机械振动原理来改善功能的训练方式得到了广泛的关注^[2]。交替垂直振动训练采用交互振动模式模拟生理步行时的运动模式,更有利于肌肉群激活,从而增强肌力、减少姿势摆动、增强平衡能力^[3,4]。随着计算机技术在医学领域应用越来越广泛,虚拟现实技术已被更多地应用到神经康复中,为治疗脑卒中平衡功能障碍提供了新方法^[5,6]。因此,本研究在常规康复运动疗法基础上辅以虚拟现实技术联合交替垂直振动训练综合治疗的方式,来治疗脑卒中步行障碍患者,以求更好改善脑卒中患者的平衡功能和步行能力。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2019年3月至2020年7月在我科住院治疗的脑卒中恢复期患者96例,纳入标准:符合第四届全国脑血管病会议制定的脑卒中诊断标准^[7];经头部CT或颅脑MRI检查证实为初次发病,年龄18~70岁;病程1~6月;患侧下肢Brunnstrom分期Ⅱ~Ⅳ期,同时患侧下肢肌张力测定改良的Ashworth分级 <2 级;能配合检查及治疗,无认知功能障碍和感觉异常;伴下肢瘫痪。排除标准:双侧肢体瘫痪;有严重认知障碍,不能完成检查及不配合;下肢骨折或有心脑血管疾病功能不全。入选患者均已知情并签署相关文件。采用随机数字表法将上述患者分为2组,每组48例:①对照组,男28例,女20例;年龄(54.90 ± 4.72)岁;病

程(2.06 ± 0.91)月;脑出血23例,脑梗死25例;左侧偏瘫22例,右侧偏瘫26例;②观察组,男25例,女23例,年龄(55.11 ± 4.36)岁;病程(2.05 ± 0.89)月;脑出血29例,脑梗死19例;左侧偏瘫21例,右侧偏瘫27例。2组一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 方法

2组均接受常规康复治疗项目,包括:物理因子治疗:偏瘫侧肢体中频电及生物反馈等治疗,每次治疗30 min;以Bobath为主的偏瘫肢体综合训练、平衡训练(以立位和跪位为主)、肌力训练、协调训练、重心转移训练、步态训练等,上述干预训练为每天1次,每周训练5 d,连续训练6周。观察组还进行虚拟现实技术联合交替垂直振动训练。交替垂直振动训练:采用德国伽利略公司生产的振动训练床,在治疗师或家属的帮助下,患者转移至床上并躺于振动床面,双足分别于振动板中线两侧且保持对称,用固定带辅助固定胸部及双膝关节且保持双膝关节微屈($15^\circ\sim30^\circ$),手动按键控制逐渐升高振动床角度至直立,选择交替垂直振动模式,频率为12~20 Hz,幅度为2.0~4.0 mm,每日训练1次,每次时间为9 min,持续训练6周。治疗期间若患者出现眩晕等不适症状应立即停止训练并采取相应措施。虚拟现实技术:采用荷兰Silverfit公司的虚拟场景系统(Silverfit 2.5.5.8229),通过红外线反射原理利用3D摄像头来捕捉并记录患者的动态影像。从中选取三种游戏训练方式,每种游戏10 min,共计30 min。在训练中,根据患者功能情况,在进行平衡或步行相关的训练时,选择与其相匹配的游戏模式及难度,尽可能让患者独立完成。治疗师可给予言语指导和监护。具体

内容如下:①沙滩排球模式,患者站立或辅助下站立位,根据患者投影的运动员图像,进行同步运动,在沙滩排球场景中通过前后移动身体重心,完成相应活动。随着患者功能情况好转,逐渐提升难度。②花园采摘蔬菜模式,患者站立或辅助下站立位,投影图像为可移动铲子,当铲子触及蔬菜图像上时,蔬菜会出现闪烁反应。根据菜园中随机出现的蔬菜图像,进行弯腰收割蔬菜动作。随着患者功能情况好转,逐渐提升难度。③道路行走模式,屏幕投影图像为患者的双脚,通过移动身体或者步行来躲避所出现的障碍物,直至到达终点。若碰撞障碍物,则有图示及声音提醒。随着患者功能情况好转,逐渐提升难度。每天1次,每周训练5 d,连续训练6周。

1.3 评定标准

1.3.1 平衡功能评定 ①选用国产XPH-B型评定仪采用重心偏移指标和平衡障碍程度指标进行平衡功能评定,重心偏移指标:患者分别在坐位及站立位下进行测试,记录重心运动轨迹X轴与Y轴偏移距离(取绝对值),检测时间30 s;平衡障碍程度指标测试包括动摇角度,即在站立位下重心摆动与中心原点所形成的夹角,数值越小表明稳定性越好;动摇总轨迹长,即在站立位重心摆动过程中的总长度,数值越小表明稳定性越好;包络面积,即在站立位重心摆动过程中轨迹所覆盖区域面积,数值越小表明稳定性越好。②Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)^[8]:包括站起、坐下、独立站立、单腿站立等14项平衡,每项0~4分,为五个功能等级,0分表示不能完成或需要大量帮助下完成,4分表示独立完成项目动作,最高得分56分,分值越高表明平衡功能越好,<40分表明有跌倒风险。

1.3.2 简化Fugl-Meyer量表评定下肢运动功能评分(Fugl-Mayer Assessment of Lower Extremity, FMA-LE)^[9] 总分34分。

1.3.3 计时起立行走测试(timed up and go test, TUGT)^[10] 评

估受试者的步行能力,记录以正常速度离开椅背在一条长3 m的直线距离无障碍步行到折返回坐下的时间。重复记录3次,取平均值。每次测试中间可休息1~2 min。

1.3.4 步行功能分级(Functional Ambulation CAreborg, FAC)^[11]用于步行功能评定,分为0~5级,共6个级别,根据辅助程度的不同,从完全不能行走(0级)到完全独立行走(5级),级别越高,步行能力越好。

1.4 统计学处理

采用SPSS 25.0版统计学软件包分析数据,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,均采用正态分布和方差齐性检验,两因素重复测量方差分析(组间比较采用单因素方差分析;组内比较采用单因素重复测量方差分析);计数资料以率(%)表示, χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

经6周治疗后,2组患者重心偏移指标、平衡障碍程度指标评分均较治疗前有明显提高(均 $P < 0.05$),且治疗后治疗组明显高于对照组($P < 0.05$),见表1;2组的BBS、FMA-LE、TUGT、FAC评分均较治疗前有明显提高(均 $P < 0.05$),且治疗组明显高于对照组($P < 0.05$),见表2。

3 讨论

脑卒中偏瘫患者由于中枢神经失控制,出现偏瘫侧肌肉力量下降及肌张力异常,导致姿势控制能力与肌群间的相互协调能力下降,使得下肢平衡功能降低及步行障碍,增加了跌倒的危险,直接影响患者的生活质量^[12]。因此,对于会遗留不同程度功能障碍的脑卒中患者来说,85%患者的首要康复目标是恢复步行功能^[13]。临床上目前已开展多种改善和提高患者的平衡与步行功能的治疗方法,但缺乏特效治疗手段^[14]。

近年来,振动训练被广泛应用于康复训练中^[2]。本研究采用交替垂直振动训练模式下模拟正常步行时肌肉活动激发模式,增加本体感觉,提高平衡功能。研究报道,振动高频率(30~40 Hz)、低幅度(1 mm)可能会造成肌肉的疲劳^[15]。同时,Del等^[16]选择交替振动模式(12~16 Hz,振幅4 mm),能有效改善重心移动幅度和平衡控制能力。孙良文等^[8]选择交替垂直振动模式(12~20 Hz,振幅2~4 mm),时间9 min,在膝关节微屈情况下^[2,8],能明显提高脑卒中患者的平衡功能和移动能力。所以本研究选用振动频率12~20 Hz、振动幅度2~4 mm,膝关节微屈情况下进

表1 治疗前后2组重心偏移指标、平衡障碍程度指标结果比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	重心偏移指标坐立位		平衡障碍程度指标		
		X轴	Y轴			
对照组						
治疗前	48	2.91±1.35	0.71±0.14	40 Hz)、低幅度(1 mm)可能会造成肌肉的疲劳 ^[15] 。同时,Del等 ^[16] 选择交替振动模式(12~16 Hz,振幅4 mm),能有效改善重心移动幅度和平衡控制能力。孙良文等 ^[8] 选择交替垂直振动模式(12~20 Hz,振幅2~4 mm),时间9 min,在膝关节微屈情况下 ^[2,8] ,能明显提高脑卒中患者的平衡功能和移动能力。所以本研究选用振动频率12~20 Hz、振动幅度2~4 mm,膝关节微屈情况下进		
治疗6周后	48	1.89±1.03 ^①	0.55±0.13 ^①			
治疗组						
治疗前	48	2.89±1.37	0.72±0.13			
治疗6周后	48	1.48±0.91 ^{①②}	0.36±0.11 ^{①②}			

组别	重心偏移指标站立位		平衡障碍程度指标		
	X轴	Y轴	摇动总轨迹/cm	摇动总角度/°	包络面积/cm ²
对照组					
治疗前	5.39±1.74	1.03±0.17	57.28±17.25	2.64±1.36	20.82±4.52
治疗6周后	4.27±1.69 ^①	0.72±0.14 ^①	44.30±17.03 ^①	1.97±1.04 ^①	15.07±4.12 ^①
治疗组					
治疗前	5.44±1.79	1.07±0.19	57.59±17.38	2.65±1.37	20.86±4.58
治疗6周后	3.91±1.70 ^{①②}	0.48±0.13 ^{①②}	37.14±11.99 ^{①②}	1.79±0.89 ^{①②}	12.79±3.97 ^{①②}

注:与治疗前比较,^① $P < 0.05$;与对照组比较,^② $P < 0.05$

表2 治疗前后2组BBS、FMA、TUGT、FAC评分结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	BBS/分	FMA-LE/分	TUGT/s	FAC/分
对照组					
治疗前	48	19.34±4.61	15.36±2.53	17.40±3.71	2.46±0.42
治疗6周后	48	30.76±6.84 ^①	21.46±1.68 ^①	16.32±3.72 ^①	2.76±0.35 ^①
治疗组					
治疗前	48	18.70±4.40	14.21±2.11	16.76±5.81	2.34±0.51
治疗6周后	48	35.71±6.52 ^{①②}	27.40±2.04 ^{①②}	13.17±4.64 ^{①②}	3.56±0.49 ^{①②}

注:与治疗前比较,^① $P<0.05$;与对照组比较,^② $P<0.05$

行训练,通过双侧髌膝踝肌群交替收缩,引起骨盆发生侧移和旋转,使重心间断性地往患侧偏移,增强患侧的感觉输入;同时可有效避免肌肉的持续收缩而引起疲劳和振动波直接传递到头部的不适感。交替垂直振动训练模式是利用非同步交互机械振动,增加本体感觉输入,刺激双下肢肌群反复交替收缩,诱发肌肉牵伸反射,使Ⅰa及Ⅱ类传入神经纤维传导至位于脊髓前角的 α 与 γ 运动神经元兴奋从而增强肌肉收缩,反复交替刺激双下肢肌肉离心及向心性收缩,从而增强肌肉力量,改善运动表现^[17-19],并影响脊髓前角运动神经元活动节律和脊髓传导束的兴奋,从而增强机体对不稳定情况的预判能力及姿势控制能力,对患者平衡功能及步行能力具有显著的促进效应^[20-22]。这可能是交替垂直振动训练改善恢复期脑卒中患者平衡功能的主要原因。

虚拟现实技术是一种新兴技术,有利于在康复训练中的运动重复练习、效果反馈和动作维持,具有沉浸、交互和想象三个基本特征,使患者融入到训练的虚拟环境中,增强了训练的趣味性,重复性好。虚拟现实技术是以任务导向性训练,根据具体的任务目标、每日训练的情况、训练强度及持续时间,进行个性化设置,通过视觉、听觉和本体觉等反馈,在完成任务的过程中给予多种实时反馈,不仅可使患者保持参与训练的积极性,而且在重复训练中促进大脑对获得的信息进行整合和重组,促使并优化正确运动模式产生与调整,形成优化的神经网络和运动程序,改善运动学习和执行能力^[23]。Lee等^[24]对虚拟现实技术对脑卒中患者功能的影响进行了系统性评价,结果表明虚拟现实技术对脑卒中患者下肢肌肉力量、运动、平衡及步态的功能有明显改善。也有相关研究发现,脑卒中患者进行虚拟现实技术训练后,患者病灶对侧的运动皮质、额叶白质及小脑皮质区被显著激活^[25]。所以,虚拟现实技术可以促进患者运动再学习的能力,提高运动和姿势控制能力,进而改善步行功能。

本研究结果表明治疗组的联合治疗可明显提高患者的平衡功能和步行能力,这与以往的研究一致^[12,17,20,26]。可能原因是加以交替垂直振动训练可以促进患者募集更多运动神经与肌纤维,提高运动能力及机体姿势控制能力,再辅以联合虚拟现实技术的虚拟投影场景中训练,为通过调整躯干的位置可以获知自身在空间里的定位及运动方向进一步提供了基础,对身体重心的反馈让患者增加更多的整合躯体感觉和视觉信息^[27],两种技术联合相辅的正向反馈效应,将更加有益于姿势控制和步行能力的提升。本研究因受观察时间的限制,未能纳入足够样本量,且本研究对不同振动频率、振动幅度的改善程度及结果的持续

效应有一定局限性,也未能对治疗长期疗效进行随访,将在今后的研究中进一步完善。

参考文献

[1] 吴毅. 脑卒中患者的脑功能检测及脑刺激新技术[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41: 81-83.

[2] 李宏波, 周谋望. 全身振动训练对亚急性期脑卒中患者上肢运动功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35: 1055-1060.

[3] Spiliopoulou SI, Amiridis IG, Tsiganos G, et al. Side-alternating vibration training for balance and ankle muscle strength in untrained women[J]. J Athl Train, 2013, 48: 590-600.

[4] Cochrane DJ. The potential neural mechanisms of acute indirect vibration[J]. J Sports Sci Med, 2011, 10: 19-30.

[5] Burdea GC. Virtual rehabilitation-benefits and challenges[J]. Methods Inf Med, 2003, 42: 519-523.

[6] 梁明, 魏珍, 谢荣, 等. 虚拟现实技术改善脑卒中患者平衡与步行功能的系统评价[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42: 632-639.

[7] 全国第四届脑血管病学术会议. 各类脑血管疾病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29: 379-380.

[8] 孙良文, 刘森, 卢敏, 等. 交替垂直振动训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能及移动能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41: 520-522.

[9] Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2002, 16: 232-240.

[10] 张文通, 孟殿怀, 许光旭, 等. 计时起立行走与最大步行速度评估脑卒中步行功能的对比分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2016, 38: 246-249.

[11] Holden MK, Gil KM, Magliozi MR, et al. Clinical gait assessment in the neurologically impaired. Reliability and meaningfulness[J]. Phys Ther, 1984, 64: 35-40.

[12] 孙然, 张通, 赵军, 等. 虚拟现实技术对脑卒中偏瘫患者平衡功能的疗效[J]. 中国康复理论与实践, 2014, 20: 458-463.

[13] Candelise L, Gatinoni M, Bersano A, et al. Stroke-unit care for acute stroke patient: an observational follow-up study[J]. Lancet, 2007, 369: 299-305.

[14] 王鑫, 孟兆祥, 钱贞, 等. 丰富平衡训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能的影响[J]. 中国康复, 2016, 31: 438-441.

[15] 张丽, 翁长水. 全身振动训练及其对脑卒中患者运动功能康复价值[J]. 中国实用内科杂志, 2013, 33: 587-590.

[16] Del PJ, Alfonso-Rosa RM, Ugia JL, et al. A primary care-based randomized controlled trial of 12-week whole-body vibration for balance improvement in type 2 diabetes mellitus[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2013, 94: 2112-2127.

[17] 刘寿豪, 郝道剑, 梁英姿, 等. 髂腰肌拉伸振动训练对脑卒中患者步行能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40: 491-494.

[18] Polodk RD, Woledg RC, Martin FC, et al. Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold[J]. J Appl Physiol, 2012, 112: 388-395.

[19] Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention[J]. Exer Sport Sci Rev, 2003, 31: 3-7.

[20] Guo C, Mi X, Liu S, et al. Whole body vibration training improves

walking performance of stroke patients with knee hyperextension; a randomized controlled pilot study[J]. *CNS Neurol Disord Drug Targets*, 2015, 14: 1110-1115.

[21] Choi W, Han D, Kim J, et al. Whole-body vibration combined with treadmill training improves walking performance in post-stroke patients: a randomized controlled trial[J]. *Med Sci Monit*, 2017, 23: 4918-4925.

[22] Tankisheva E, Bogaerts A, Boonen S, et al. Effects of intensive whole body vibration training on muscle strength and balance in adults with chronic stroke; a randomized controlled pilot study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95: 439-446.

[23] 郭丽云, 田泽丽, 王潞萍, 等. 任务导向性训练结合肌力训练对脑卒中后遗症期偏瘫患者运动功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2013, 28: 643-644.

[24] Lee HS, Park Y, Park SW. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019: 7595639.

[25] Orihuela-Espina F, Fernandez del Castillo I, Palafox L, et al. Neural reorganization accompanying upper limb motor rehabilitation from stroke with virtual reality-based gesture therapy[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2013, 20: 197-209.

[26] 梁明, 魏珍, 谢荣, 等. 虚拟现实技术改善卒中患者平衡与步行功能的系统评价[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42: 632-639.

[27] Paaso-Mari B, dels Reyes-Guzmin A, Gil-Agud A, et al. Application of virtual reality in the motor aspects of neurorehabilitation[J]. *Rev Neurol*, 2010, 51: 481-488.

(本文编辑:王晶)

(上接第415页)

次的疗效优于1 500次或2 000次^[15]。因此本研究中rESWT治疗方案也采用此剂量,治疗过程中患者未出现明显疼痛或其他不适,并且获得较好的疗效,这与其他研究结果相符^[16]。

中医学认为脑卒中后肢体痉挛的病机为阴阳失衡导致的阳筋缓而阴筋急^[17],阳陵穴为八会穴之筋会,治疗筋病要穴,具有舒筋壮筋之功效,主治胫筋拘挛,《灵枢·邪气藏府病形篇》曰:“筋急,阳陵泉主之”,故选为主穴。悬钟穴为八会穴之髓会,位于腓骨短肌与趾长伸肌分歧部,《铜人腧穴针灸图经》记录其治“筋挛足不收履,坐不能起”。丘墟穴位于趾长伸肌腱的外侧凹陷处,《备急千金要方》记录其“主脚急肿痛,战掉不能久立,跗筋脚挛”。以上诸穴合用,以达到舒筋活络,缓解拘挛的作用。针刺为中医学的传统治疗方法,广泛应用于脑卒中后肢体痉挛的治疗,且诸多研究均表明其简便有效^[18,19],本研究应用传统针刺方法结合rESWT,通过CSS、FMA、FAC和TUGT等评价方法对治疗前后患者的下肢痉挛程度、运动能力和步行能力进行评定比较,结果显示,联合组的下肢痉挛缓解,运动能力和步行能力改善,疗效明显($P<0.01$),优于其他三组。

综上所述,rESWT结合针刺可以缓解脑卒中后下肢痉挛,并改善下肢运动功能和步行能力,有积极的临床意义。但鉴于目前对于rESWT治疗脑卒中后肢体痉挛的最佳参数和部位仍无统一标准,在以后的研究中需进一步探索以形成规范化治疗方案。

参考文献

[1] 王陇德,王金环,彭斌. 中国脑卒中防治报告(2015)[J]. 概要, 2015, 14: 217.

[2] Lee CH, Lee SU, Lee SH, et al. Ultrasonographic evaluation for the effect of extracorporeal shock wave therapy on gastrocnemius muscle spasticity in patients with chronic stroke[J]. *PMR*, 2019, 11: 363-371.

[3] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点[J].

中华神经科杂志, 1996, 29: 379-380.

[4] 燕铁斌, 窦祖林. 实用瘫痪康复[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 397-398.

[5] Platz T, Eickhof C, Nuyens G, et al. Clinical scales for the assessment of spasticity, associated phenomena, and function: a systematic review of the literature[J]. *Disabil Rehabil*, 2005, 27: 7-18.

[6] 南登崑. 康复医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 160.

[7] 燕铁斌. 重视国人平衡功能的研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2003, 18: 452.

[8] Hafsteinsdóttir TB, Rensink M, Schuurmans M. Clinimetric properties of the Timed Up and Go Test for patients with stroke: a systematic review[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2014, 21: 197-210.

[9] 孙彤, 贾子善, 戈含笑, 等. 脑卒中后肢体痉挛的物理治疗研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25: 497-505.

[10] 潘顺丹, 阮传亮. 脑卒中后姿势控制障碍的康复研究进展[J]. *神经损伤与功能重建*, 2020, 15: 522-527.

[11] Dymarek R, Ptazkowski K, Ptazkowska L, et al. Shock waves as a treatment modality for spasticity reduction and recovery improvement in post-stroke adults-Current evidence and qualitative systematic review[J]. *Clin Interv Aging*, 2020, 15: 9-28.

[12] 郭佳宝, 朱毅, 陈炳霖, 等. 放散式体外冲击波治疗脑卒中后肢体痉挛的系统评价[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32: 207-212.

[13] 鲍赛荣, 廖迪, 张其明, 等. 放散式体外冲击波对脑卒中患者下肢痉挛及三维步态参数的效果研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34: 1423-1429.

[14] Li G, Yuan W, Liu G, et al. Effects of radial extracorporeal shockwave therapy on spasticity of upper-limb agonist/antagonist muscles in patients affected by stroke: a randomized, single-blind clinical trial[J]. *Age Ageing*, 2020, 49: 246-252.

[15] 李亚梅, 冯荣建, 黄林, 等. 不同输出压力体外冲击波对脑卒中后小腿三头肌痉挛的影响[J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25: 518-523.

[16] 宋小慧, 纵亚, 崔立军, 等. 放散式体外冲击波疗法对脑梗死患者下肢痉挛和步行的影响[J]. *解剖学研究*, 2020, 42: 253-257.

[17] 陈娟, 徐彦博, 陈辉, 等. 电针结合康复训练治疗脑卒中后踝关节跖屈肌痉挛的临床疗效观察[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2019, 17: 443-445.

[18] 冯文锋, 冼超俊, 袁佳, 等. 电针联合放散式体外冲击波治疗脑卒中后腓肠肌痉挛临床研究[J]. *河南中医*, 2020, 40: 1281-1284.

[19] 王亚东, 叶颀. 针灸联合康复训练对脑卒中偏瘫患者下肢功能恢复的影响[J]. *神经损伤与功能重建*, 2019, 14: 102-103.

(本文编辑:王晶)