

体外冲击波作用于肌腹或肌肉-肌腱接合处对脑卒中患者下肢痉挛及步行能力的影响

何伟¹ 韩伯军² 王庆广² 承森¹ 钱一鸣¹

¹东南大学医学院附属江阴医院康复科, 江阴 214400; ²东南大学医学院附属江阴医院神经内科, 江阴 214400

通信作者: 钱一鸣, Email: qym13057211000@163.com

【摘要】目的 探讨体外冲击波作用于腓肠肌肌腹或肌肉-肌腱接合处对脑卒中患者下肢痉挛及步行能力恢复的影响。**方法** 采用随机数字表法将 84 例脑卒中患者分为对照组、肌腹冲击组和肌-腱冲击组, 每组 28 例。3 组患者均给予常规康复训练, 肌腹冲击组和肌-腱冲击组患者在此基础上分别采用冲击波作用于腓肠肌肌腹部或肌肉-肌腱接合处。于治疗前、治疗 1 周、2 周、3 周后分别采用肌张力改良 Ashworth 分级 (MAS)、踝关节被动活动范围 (PROM) 测试、疼痛视觉模拟评分 (VAS)、10 m 最大步行速度 (10MWS) 测试对 3 组患者进行疗效评定, 同时对比上述时间点各组患者步频、步幅变化情况。**结果** 经 3 周治疗后对照组踝关节 PROM、疼痛评分, 肌腹冲击组及肌-腱冲击组 PROM、MAS、疼痛评分均较治疗前明显改善 ($P < 0.05$); 并且肌腹冲击组 PROM、MAS、疼痛评分及肌-腱冲击组 MAS 评分亦显著优于对照组 ($P < 0.05$); 同时肌腹冲击组疼痛评分亦显著优于肌-腱冲击组 ($P < 0.05$)。治疗 1 周、2 周后肌腹冲击组、肌-腱冲击组 10MWS 均明显优于对照组 ($P < 0.05$); 治疗 3 周后肌腹冲击组 10MWS 亦显著优于肌-腱冲击组 ($P < 0.05$)。治疗 2 周后肌腹冲击组步频指标较对照组明显改善 ($P < 0.05$), 治疗 3 周后肌腹冲击组步频指标明显优于对照组和肌-腱冲击组 ($P < 0.05$), 肌-腱冲击组步频指标亦明显优于对照组 ($P < 0.05$)。治疗 1 周、2 周、3 周后肌腹冲击组及肌-腱冲击组步幅指标均显著优于对照组 ($P < 0.05$)。**结论** 体外冲击波作用于腓肠肌肌腹或肌肉-肌腱接合处均可缓解卒中后腓肠肌痉挛及疼痛, 改善患者步行能力; 并且以冲击波作用于肌腹部时对卒中患者肢体痉挛及步频指标的改善作用更显著。

【关键词】 体外冲击波; 脑卒中; 痉挛; 肌肉部位

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.10.008

Applying extracorporeal shockwave therapy to the belly of the gastrocnemius muscle or the myotendinous junction can improve spasticity and walking ability after a stroke

He Wei¹, Han Bojun², Wang Qingguang², Cheng Miao¹, Qian Yiming¹

¹Department of Physical Medicine and Rehabilitation, ²Department of Neurology, The Affiliated Jiangyin People's Hospital of Southeast University Medical College, Jiangyin 214400, China

Corresponding author: Qian Yiming, Email: qym13057211000@163.com

【Abstract】 Objective To explore any effect of using extracorporeal shockwave therapy (ESWT) on the gastrocnemius muscle or the myotendinous junction on spasticity and the walking ability of stroke survivors. **Methods** A total of 84 stroke survivors were randomly divided into a control group, a muscle belly group, and a myotendinous junction group, each of 28. In addition to conventional rehabilitation, the muscle belly and myotendinous junction groups received ESWT applied to the belly of the gastrocnemius muscle or the myotendinous junction. Before as well as one, two and three weeks after the treatment, all were evaluated using the Modified Ashworth Scale (MAS), passive range of motion (PROM), a visual analogue scale (VAS) for pain rating, and 10m maximum walking speed (10m MWS). Stride frequency and length were also measured and compared among the 3 groups. **Results** After three weeks of ESWT treatment the average MAS, PROM and VAS scores of the belly and the junction group were significantly improved compared to before the treatment. The average MAS, PROM and VAS scores of the belly group and the average MAS score of the junction group were then significantly superior to the control group's averages, and the average VAS score of the belly group was significantly better than that of the junction group. After one and two weeks of treatment, the average 10MWSs of the belly and junction groups were significantly better than the control group's average, and after 3 weeks the belly group's average speed was significantly better than the junction group's.

The stride frequency of the belly group had improved significantly compared with the control group after 2 weeks, and after 3 weeks both experimental groups had significantly better frequency than the control group. The average stride length of both the belly and junction groups was significantly better than the control group's average throughout the testing. **Conclusion** ESWT applied to the belly of the gastrocnemius muscle or the myotendinous junction can relieve muscle spasticity and pain and improve walking ability. Applying ESWT to the muscle belly is superior to on the myotendinous junction in terms of therapeutic efficacy.

【Key words】 Extracorporeal shockwave therapy; Stroke; Spasticity; gastrocnemius muscle, myotendinous junction

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.10.008

痉挛是上运动神经元损伤后常见神经体征之一,患者主要表现为速度依赖性肌张力增高(因牵张反射亢进导致)和肌阵挛。脑卒中是上运动神经元损伤的最常见原因,由痉挛导致的肢体功能障碍严重影响卒中患者的功能恢复。有研究报道,痉挛在脑卒中发生 4 周内即可出现,在卒中发生后 6 个月时仍有 42.6% 的发病率,在卒中后 12 个月时仍有约 43% 的患者肢体功能受痉挛影响^[1-2],其中因小腿三头肌痉挛导致患者步行能力下降是最常见的运动功能障碍^[3]。

目前临床治疗痉挛的手段包括口服药物、矫形器、手法牵伸和被动运动、经皮神经电刺激、体外冲击波、局部振动以及手术等^[4],其中体外冲击波(extracorporeal shock-wave therapy, ESWT)是近年来被广泛应用的一种非侵袭性治疗方法。Lee 等^[5]通过荟萃分析发现,冲击波治疗对脑损伤患者肢体痉挛具有显著疗效。由于冲击波是一种作用于局限区域的脉冲波,故对于作用靶区的选择尤为重要。目前关于冲击波治疗痉挛的机制主要有两种观点,一种观点认为冲击波可减少神经肌肉连接处乙酰胆碱受体含量,从而缓解痉挛,因此建议冲击波作用于肌腹部;另一种观点则认为冲击波可激活高尔基腱器(Golgi tendon organ)并抑制痉挛,而高尔基腱器主要分布于肌肉-肌腱接合处,故认为肌肉-肌腱接合处是冲击波首选作用区域^[6]。基于此,本研究分别采用体外冲击波刺激腓肠肌肌腹或肌肉-肌腱接合处,并对比脑卒中患者经治疗后其下肢痉挛及步行能力改善情况,现报道如下。

对象与方法

一、研究对象

选取 2018 年 11 月至 2022 年 9 月期间在我院康复医学科治疗的 84 例脑卒中患者作为研究对象,患者

入组标准包括:①均符合 WHO 制订的脑卒中诊断标准^[7];②经颅脑 CT 或 MRI 检查确诊为脑梗死或脑出血;③卒中病程超过 3 个月;④患者下肢主要肌肉出现痉挛,改良 Ashworth 分级 ≥ 1 级;⑤疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS) ≥ 1 分;⑥观察期间抗痉挛及止痛药物方案维持不变;⑦患者对本研究知晓并签署知情同意书。患者排除标准包括:①生命体征不稳定;②患有严重认知功能障碍、失语症等;③有未愈合伤口或严重感染;④正给予抗凝药物治疗或有其他冲击波治疗禁忌证;⑤有严重的肝肾功能不全、血栓性疾病、肿瘤等。同时本研究经东南大学医学院附属江阴医院伦理学委员会审批[(2018)伦审研第(006)号]。

采用随机数字表法将上述 84 例患者分为对照组、肌腹冲击组和肌-腱冲击组,每组 28 例,观察期间所有患者均完成全部治疗,无失访个例。最终 3 组患者一般资料情况(详见表 1)经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

二、治疗方法

3 组患者均给予常规康复训练,以 Brunnstrom、Bobath 疗法为主,同时配合其它训练,包括良肢位摆放、关节活动范围训练、双下肢交替屈伸运动、坐位及站立位平衡训练、偏瘫侧肢体负重训练、步行训练等。训练频次为每周 6 次,每次 60 min,持续训练 3 周。肌腹冲击组和肌-腱冲击组患者在常规康复训练基础上辅以体外冲击波治疗,选用瑞士产 MASTERPULS® MP100 型发散式冲击波治疗系统。治疗时患者取俯卧位,裸露患侧下肢皮肤,选用直径 15 mm 冲击波探头,以中等力量按压患者小腿后侧腓肠肌,肌腹冲击组患者将探头置于肌腹(肌肉隆起处)部位并缓慢往复移动,肌-腱冲击组患者则将探头置于肌肉-肌腱接合处。设置冲击波刺激频率为 5 Hz,治疗强度为 1.0 Bar

表 1 入选时 3 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	脑卒中类型(例)		卒中病程 (月, $\bar{x}\pm s$)
		男	女		脑梗死	脑出血	
对照组	28	17	11	59.2 \pm 10.5	15	13	4.9 \pm 0.8
肌腹冲击组	28	15	13	61.7 \pm 11.8	18	10	4.5 \pm 0.9
肌-腱冲击组	28	14	14	62.2 \pm 10.9	16	12	4.8 \pm 1.1

(需确定在患者疼痛忍受范围内),连续冲击 3000 次,每次治疗持续 10 min,每周治疗 3 次,连续治疗 3 周。

三、疗效评定标准

于治疗前及治疗 1 周、2 周、3 周后对各组患者进行疗效评估,具体评定内容包括以下方面。

1. 肌力评定:采用改良 Ashworth 分级量表(modified Ashworth scale, MAS)进行评定,评定时患者取仰卧位,膝关节微屈,踝关节保持稳定,通过被动屈伸患者踝关节感知其肌张力情况,结果包括 0 级、1 级、1+级、2 级、3 级、4 级(分别计 0~5 分),得分越高表示患者肌张力越高^[8]。

2. 踝关节被动活动范围评定:患者取坐位,膝关节屈曲 90°,足部悬空,踝关节处于中立位,将关节角度尺轴心置于外踝中点下方约 2.5 cm 处,固定臂平行于腓骨长轴,移动臂平行于第五跖骨长轴,将患者踝关节从最大跖屈位被动活动到最大背屈位,记录其关节被动活动范围(passive range of motion, PROM)。

3. 疼痛评定:采用 VAS 法进行评定,取一条长约 10 cm 的标尺,两端分别标记 0 分端和 10 分端,0 分表示无痛,10 分表示难以忍受的最剧烈疼痛,嘱患者在直尺上标记能代表自己疼痛程度的相应位置并计分。

4. 10 m 最大步行速度、步频及步幅测试:在直线距离为 14 m 的跑道上用彩色胶布分别标记测试的起点、2 m 点、12 m 点和终点,嘱患者尽可能以最快速度从起点走向终点,用秒表记录患者从 2 m 点行至 12 m 点所需时间,共测试 3 次取最快时间,并计算患者 10 m 最大步行速度(10-meter maximum walking speed, 10MWS),患者步频及步幅数据由上海产步态分析及足底压力测试系统实时采集获取。

四、统计学分析

本研究采用 SPSS 19.0 版统计学软件包进行数据分析,符合正态分布且方差齐性的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料以例数或构成比表示,计量资料比较采

用 t 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验;选用 Graphpad Prism 7.0 版统计绘图软件对患者步行能力各项指标进行分析, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、治疗前、后 3 组患者 MAS、PROM 及疼痛评分比较

治疗前对照组、肌腹冲击组及肌-腱冲击组患者 MAS、PROM 及疼痛评分组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);经 3 周治疗后,发现对照组 PROM、疼痛评分,肌腹冲击组和肌-腱冲击组 MAS、PROM 及疼痛评分均较治疗前明显改善($P < 0.05$);通过进一步组间比较发现,治疗后肌腹冲击组 MAS、PROM 及疼痛评分,肌-腱冲击组 MAS 评分亦显著优于同期对照组水平($P < 0.05$);并且治疗后肌腹冲击组疼痛评分亦显著优于肌-腱冲击组水平($P < 0.05$),具体数据见表 2。

二、治疗前、后 3 组患者 10MWS、步频及步幅比较

治疗前 3 组患者 10MWS、步频及步幅组间差异均无统计学意义($P > 0.05$),随着治疗时间增加,各组患者上述指标均获得不同程度改善。在治疗 1 周及 2 周后,发现肌腹冲击组、肌-腱冲击组 10MWS 均较对照组明显改善($P < 0.05$);治疗 3 周后肌腹冲击组 10MWS 亦显著优于肌-腱冲击组及对照组($P < 0.05$),肌-腱冲击组 10MWS 仍显著优于对照组($P < 0.05$)。治疗 1 周后各组患者步频指标组间差异仍无统计学意义($P > 0.05$),治疗 2 周后发现肌腹冲击组步频指标较对照组显著改善($P < 0.05$);治疗 3 周后肌腹冲击组步频指标较对照组、肌-腱冲击组明显改善($P < 0.05$),此时肌-腱冲击组步频指标亦显著优于对照组($P < 0.05$)。治疗 1 周、2 周及 3 周后肌腹冲击组及肌-腱冲击组步幅指标均显著优于对照组($P < 0.05$),上述时间点肌腹冲击组步幅指标与肌-腱冲击组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。具体数据见图 1、表 3。

表 2 治疗前、后 3 组患者 MAS、PROM 及疼痛评分比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	MAS(分)		PROM(°)		疼痛评分(分)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	28	2.92±0.71	2.87±0.63	42.16±7.48	45.98±6.26 ^a	3.59±2.81	2.26±1.49 ^a
肌腹冲击组	28	2.85±0.66	1.73±0.52 ^{ab}	41.59±7.03	50.21±8.45 ^{ab}	3.26±2.13	1.17±1.05 ^{abc}
肌-腱冲击组	28	3.02±0.83	1.91±0.58 ^{ab}	40.78±5.61	47.95±6.87 ^a	3.82±2.74	2.19±1.52 ^a

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

表 3 治疗前、后 3 组患者 10MWS、步频及步幅比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	10MWS(m/min)		步频(步/分)		步幅(cm)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	28	3.57±2.19	21.85±8.14 ^a	13.24±5.11	27.51±9.56 ^a	11.47±4.85	25.13±9.21 ^a
肌腹冲击组	28	3.24±2.81	33.51±10.49 ^{abc}	14.27±6.05	39.72±11.62 ^{abc}	12.23±5.32	36.58±11.17 ^{ab}
肌-腱冲击组	28	3.71±2.26	27.53±9.12 ^{ab}	13.94±6.82	33.67±9.79 ^{ab}	12.96±6.11	31.41±9.96 ^{ab}

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

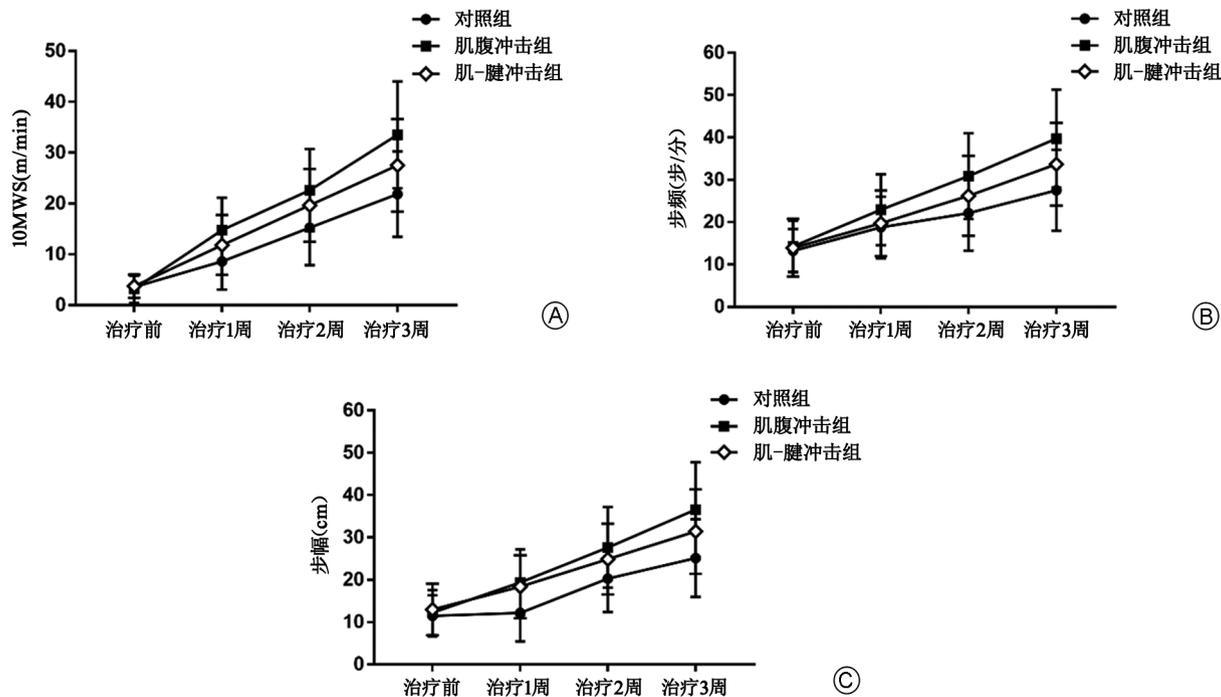


图1 治疗前、后3组患者10MWS、步频及步幅比较

讨 论

目前国内、外关于ESWT治疗脑卒中后肢体痉挛的研究报道较多^[5-6]。相关荟萃分析显示,ESWT对脑卒中后上、下肢痉挛具有确切改善作用^[6]。Taheri等^[9]进行了一项为期12周的随机对照研究,发现经ESWT治疗1周后,入选脑卒中患者肢体痉挛、疼痛、关节PROM以及下肢功能评分(lower extremity functional score, LEFS)均获得显著改善,治疗3周后患者3 m步行时间亦明显缩短。上述结果均表明冲击波对肢体痉挛具有改善作用,但关于冲击波作用于肌肉不同部位时的疗效对比研究目前鲜见报道。当冲击波作用于目标肌肉的肌腹或肌肉-肌腱接合处时,由于上述部位生理结构不同,因此产生的疗效也可能存在差异。

本研究显示,经3周治疗后肌腹冲击组患者MAS、PROM、疼痛评分均较对照组明显改善,而肌-腱冲击组患者仅有MAS评分较对照组明显改善,并且肌腹冲击组患者疼痛评分亦显著优于肌-腱冲击组,表明冲击波作用于肌肉不同部位时对脑卒中患者痉挛肢体疼痛的改善作用存在差异。此外当冲击波作用于肌腹、肌-腱时对脑卒中患者步行功能的影响也不同,如治疗3周后肌腹冲击组患者10MWS及步频指标均显著优于肌-腱冲击组,但步幅指标组间无明显差异。国外有文献报道,采用冲击波刺激亚急性期脑卒中患者腓肠肌的肌肉-肌腱接合处(冲击波强度为0.089 mJ/mm²,频率4 Hz,共给予1500个脉冲刺

激),结果显示患者踝关节跖屈痉挛在治疗1周后明显改善,但在治疗4周后较治疗前已无明显差异^[10]。国内张伟等^[3]采用发散式体外冲击波治疗脑卒中后小腿三头肌痉挛患者,冲击波强度为1.5 Bar,频率5 Hz,每次治疗给予3000次脉冲刺激,作用部位为小腿三头肌肌腹,结果显示体外冲击波治疗可改善脑卒中后偏瘫患者小腿三头肌痉挛及步行能力。此外Yoon等^[11]分别对12例脑卒中患者肱二头肌肌腹部及11例脑卒中患者肱二头肌肌肉-肌腱接合处给予冲击波治疗,结果显示肌-腱冲击组患者肢体痉挛改善情况较好,但该研究纳入患者数量相对较少,其结果还有待进一步验证。另外需要指出的是,采用冲击波治疗脑卒中后肢体痉挛的参数设定目前尚无统一标准,多数研究根据既往临床经验设定治疗参数,因此可能会对研究结果产生影响,后续还需针对治疗参数优化方面进行更深入探讨。

关于ESWT缓解痉挛的机制目前研究显示主要包括两方面,即ESWT对肌肉的机械应力效应(mechanical effects)和组织生理学效应(physiological response)。机械应力效应主要指肌肉流变性质改变,组织生理学效应包括诱导一氧化氮(nitric oxide, NO)合成、降低运动神经元兴奋性、导致神经肌肉连接处功能失调等^[12]。有文献报道,ESWT可降低运动神经元的高兴奋性,同时由于高尔基腱器主要分布于肌肉-肌腱接合处,故有学者建议将冲击波作用于肌肉-肌腱接合处以获取更好疗效^[11]。而将冲击波作用于肌腹部时的疗

效可能是通过诱导 NO 合成、改变肌肉流变性质以及阻断神经肌肉连接处的神经-肌肉传导而实现的^[13]。目前有大量研究发现冲击波干预能诱导 NO 合成,而 NO 是一种非经典的神经递质,参与神经肌肉接头以及中枢神经系统的重要生理功能,包括血管舒张、促血管生成、增加组织血流量以及炎症反应调节等方面^[14-15]。Ciampa 等^[16] 研究报道,冲击波干预可促使小鼠 C6 胶质瘤细胞的 NO 合成酶活性增高,NO 表达水平增加。Kenmoku 等^[17] 对大鼠右侧腓肠肌施以 0.18 mJ/mm² 能量密度的冲击波干预,结果显示大鼠该侧肢体乙酰胆碱受体明显变性,复合肌肉动作电位 (compound muscle action potential, CMAP) 波幅显著降低,提示冲击波干预可能引起神经肌肉接头处神经传导功能障碍。目前关于何种机制在冲击波的疗效中起主导作用,还需后续基础实验进行更深入探讨。

综上所述,采用体外冲击波作用于肌腹部及肌肉-肌腱接合处均可缓解脑卒中后患者腓肠肌痉挛及疼痛,改善步行能力,并且以冲击波作用于肌腹部时对肢体痉挛及步频指标的改善作用更显著。当前关于冲击波作用于肌肉不同部位时的治疗机制仍未明确,还需后续研究进行更深入探讨,为脑卒中后肢体痉挛的个体化治疗提供参考依据。

参 考 文 献

- [1] Bensmail D, Wissel J, Laffont I, et al. Efficacy of incobotulinumtoxinA for the treatment of adult lower-limb post-stroke spasticity, including pes equinovarus [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2021, 64 (2) : 101376. DOI: 10.1016/j.rehab.2020.03.005.
- [2] Sunnerhagen KS, Opheim A, Alt MM. Onset, time course and prediction of spasticity after stroke or traumatic brain injury [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2019, 62 (6) : 431-434. DOI: 10.1016/j.rehab.2018.04.004.
- [3] 张伟, 李瑞青, 谷玉静, 等. 局部振动与体外冲击波治疗对脑卒中后偏瘫患者小腿三头肌痉挛和步行能力的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2022, 44 (4) : 318-323. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.04.006.
- [4] Santamato A, Micello MF, Ranieri M, et al. Employment of higher doses of botulinum toxin type A to reduce spasticity after stroke [J]. *J Neurol Sci*, 2015, 350 (1-2) : 1-6. DOI: 10.1016/j.jns.2015.01.033.
- [5] Lee JY, Kim SN, Lee IS, et al. Effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in patients after brain injury: a meta-analysis [J]. *J Phys Ther Sci*, 2014, 26 (10) : 1641-1647. DOI: 10.1589/jpts.26.1641.

- [6] Dymarek R, Ptaszkowski K, Slupska L, et al. Effects of extracorporeal shock wave on upper and lower limb spasticity in post-stroke patients: A narrative review [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2016, 23 (4) : 293-303. DOI: 10.1080/10749357.2016.1141492.
- [7] Tolonen H, Mahonen M, Asplund K, et al. Do trends in population levels of blood pressure and other cardiovascular risk factors explain trends in stroke event rates? comparisons of 15 populations in 9 countries within the WHO MONICA Stroke Project. *World Health Organization Monitoring of Trends and Determinants in Cardiovascular Disease* [J]. *Stroke*, 2002, 33 (10) : 2367-2375. DOI: 10.1161/01.str.0000033131.27936.7f
- [8] Kaya T, Karatepe AG, Gunaydin R, et al. Inter-rater reliability of the modified Ashworth scale in assessing poststroke elbow flexor spasticity [J]. *Int J Rehabil Res*, 2011, 34 (1) : 59-64. DOI: 10.1097/MRR.0b013e32833d6cdf.
- [9] Taheri P, Vahdatpour B, Mellat M, et al. Effect of extracorporeal shock wave therapy on lower limb spasticity in stroke patients [J]. *Arch Iran Med*, 2017, 20 (6) : 338-343.
- [10] Moon SW, Kim JH, Jung MJ, et al. The effect of extracorporeal shock wave therapy on lower limb spasticity in subacute stroke patients [J]. *Ann Rehabil Med*, 2013, 37 (4) : 461-470. DOI: 10.5535/arm.2013.37.4.461.
- [11] Yoon SH, Shin MK, Choi EJ, et al. Effective site for the application of extracorporeal shock-wave therapy on spasticity in chronic stroke: muscle belly or myotendinous junction [J]. *Ann Rehabil Med*, 2017, 41 (4) : 547-555. DOI: 10.5535/arm.2017.41.4.547.
- [12] Yang E, Lew HL, Ozcazar L, et al. Recent advances in the treatment of spasticity: extracorporeal shock wave therapy [J]. *J Clin Med*, 2021, 10 (20) : 4723-4737. DOI: 10.3390/jcm10204723.
- [13] Li S, Francisco GE. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity [J]. *Front Hum Neurosci*, 2015, 9: 192. DOI: 10.3389/fnhum.2015.00192.
- [14] Mariotto S, de Prati AC, Cavalieri E, et al. Extracorporeal shock wave therapy in inflammatory diseases: molecular mechanism that triggers anti-inflammatory action [J]. *Curr Med Chem*, 2009, 16 (19) : 2366-2372. DOI: 10.2174/092986709788682119.
- [15] Sharma JN, Al-Omran A, Parvathy SS. Role of nitric oxide in inflammatory diseases [J]. *Inflammopharmacology*, 2007, 15 (6) : 252-259. DOI: 10.1007/s10787-007-0013-x.
- [16] Ciampa AR, de Prati AC, Amelio E, et al. Nitric oxide mediates anti-inflammatory action of extracorporeal shock waves [J]. *FEBS Lett*, 2005, 579 (30) : 6839-6845. DOI: 10.1016/j.febslet.2005.11.023.
- [17] Kenmoku T, Ochiai N, Ohtori S, et al. Degeneration and recovery of the neuromuscular junction after application of extracorporeal shock wave therapy [J]. *J Orthop Res*, 2012, 30 (10) : 1660-1665. DOI: 10.1002/jor.22111.

(修回日期: 2023-07-27)

(本文编辑: 易 浩)