

·临床研究·

体外冲击波治疗对脑卒中患者上肢肌张力及运动神经元兴奋性影响的临床研究*

朱兴国^{1,2} 周 停² 史进军³ 陈文莉² 何逸康² 龚媛媛² 徐文静⁴ 袁润萍⁴ 王红星^{2,5}

摘要

目的:明确体外冲击波治疗(extracorporeal shockwave therapy, ESWT)对脑卒中患者上肢肌肉张力的作用,并通过超声弹性成像和神经电生理检测探讨其作用机制。

方法:选择46例符合入排标准的脑卒中患者,随机分为对照组和干预组,每组23例,对照组接受常规康复治疗,每周治疗6天,共2周;干预组在常规治疗的基础上增加ESWT,每周3次,隔日1次,连续2周。分别在治疗前和治疗后采用改良Ashworth量表(modified Ashworth scale, MAS)、超声弹性成像测量剪切波速度(shear wave velocity, SWV)评估肌张力及肌肉硬度,采用正中神经F波检测评估运动神经元兴奋性。

结果:①MAS变化:治疗后干预组腕屈肌、指屈肌和旋前肌群MAS评分较治疗前均降低($P < 0.01$),组间比较,治疗后干预组腕屈肌MAS评分显著低于对照组($P < 0.05$)。②SWV变化:治疗后干预组指浅屈肌、指深屈肌、桡侧腕屈肌、掌长肌和旋前圆肌的SWV较治疗前均显著降低($P < 0.05$),干预组指浅屈肌、桡侧腕屈肌、掌长肌和旋前圆肌的SWV显著低于对照组($P < 0.05$)。③F波参数变化:治疗后对照组和干预组正中神经F波波幅、F/M比值、M波波幅较治疗前无显著差异($P > 0.05$),组间无显著性差异($P > 0.05$)。

结论:体外冲击波能有效降低脑卒中后前臂肌肉张力,减轻肌肉的硬度,而对运动神经元兴奋性无显著影响。

关键词 体外冲击波;脑卒中;肌张力;神经电生理;超声弹性成像

中图分类号: R743.3, R493 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-1242(2023)-04-0500-04

脑卒中具有较高的致死率和致残率^[1],严重影响生命质量和生存质量,而脑卒中后肌张力增高严重影响患者的功能恢复^[2],目前临床治疗方法包括肉毒毒素注射、口服药物、牵伸训练等,但这些治疗措施受到临床疗效、副作用、医疗费用等各种因素影响,因此,探讨便捷有效的治疗方法是当前脑卒中康复的一项重要内容。近年来,体外冲击波在降低肌肉张力和缓解肌肉痉挛方面有少量研究^[3-4],由于评估方法单一,仅限于临床疗效和运动功能,导致缓解肌张力的机制尚不明确。因此,本研究采用超声弹性成像和神经电生理的评估方法探究体外冲击波的作用机制,超声弹性成像可通过剪切波速度的大小反映肌肉的硬度^[5],神经电生理可通过F波的相关参数反映运动神经元的兴奋性^[6]。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年3月—2021年12月在东南大学附属中大医

院康复医学科住院的脑卒中后上肢屈肌肌张力增高患者46例,并随机分为对照组和干预组,每组23例,两组患者人口学资料(性别、年龄、病程、脑卒中类型等)一般基本资料比较无显著差异($P > 0.05$),具有可比性,见表1。本研究在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR2100044074),经东南大学附属中大医院伦理委员会审批(批件号:2020ZDSYLL276-P01),患者及家属知情同意。

纳入标准:①符合2019年中国各类主要脑血管病诊断要点^[7],临床诊断为脑梗死或脑出血,并经头颅CT或MRI证实;

表1 两组受试者一般临床资料比较

项目	干预组 (n=23)	对照组 (n=23)	χ^2/t 值	P值
年龄(岁)	50.91±16.09	53.09±13.46	0.300	0.622
性别(男/女)	22/1	18/5	3.067	0.080
脑梗死/脑出血	11/12	15/8	1.415	0.234
患侧(左/右)	13/10	9/14	1.394	0.238
病程(月)	7.35±5.29	6.30±5.45	0.659	0.513

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.04.011

*基金项目:江苏省重点研发计划社会发展项目(BE2020718);江苏省研究生培养创新工程(KYCX20-1560)

1 南京体育学院研究生部,江苏省南京市,210014; 2 东南大学附属中大医院康复医学科; 3 东南大学附属中大医院超声医学科; 4 蚌埠医学院; 5 通讯作者

第一作者简介:朱兴国,男,硕士研究生,初级治疗师; 收稿日期:2021-07-17

②肌张力评定要求改良 Ashworth 分级 $\geq$ 1级;③年龄在16—70周岁,男女不限,首次发病,病程在3—20个月,病情稳定;④发病后各项生命体征平稳,意识认知良好(MMSE量表,文盲 >17 分,小学 >20 分,中学 >24 分);⑤未进行肉毒素或无水酒精注射,服用降肌张力药物稳定剂量超过3个月。

排除标准:①患者存在失语或严重的认知功能障碍者;②合并有其他严重肝肾功能障碍、血液系统疾病、外周神经损伤者;③伴有骨折、肌肉关节挛缩和局部皮肤破溃者;④脑卒中发病两次或两次以上;⑤患者不配合治疗和检查。

1.2 治疗方法

干预组和对照组均进行常规康复训练,其中常规康复训练主要包括偏瘫肢体训练、肌肉牵伸、作业治疗等,每天1次,每次30min,每周6次。干预组接受分散式体外冲击波治疗,能流密度选择 $0.2\text{mJ}/\text{mm}^2$,冲击波强度为 2.0bar ,次数2000次,频率为4Hz,每周3次,隔日1次,共2周。采用 Swiss Dolor-Clast Smart 体外冲击波治疗仪(瑞士 EMS 电子医疗系统有限公司),选择直径为15mm的冲击探头,置于前臂肌腹,涂匀耦合剂,治疗时保持患侧肘关节、腕关节、掌指关节和指间关节处于伸展位,手柄压至皮肤产生轻度凹陷,在前臂掌侧偏内侧从近端至远端缓慢移动,内外侧各1000次。

1.3 评定指标

MAS 评分:所有受试者在治疗前和2周治疗后,应用改良 Ashworth 分级(modified Ashworth scale, MAS)评估患侧上肢屈腕肌群、屈指肌群和旋前肌群的肌张力, MAS 分为0级、I级、I+级、II级、III级、IV级。分级越高,肌张力越高。为便于统计,将0级、I级、I+级、II级、III级、IV级的分级分别记为0、1、1.5、2、3、4分。

肌骨超声评估:采用 Resona 7S 型彩色多普勒超声诊断仪(迈瑞医疗),选择 L14-5WU 探头,嘱患者平卧位,肩关节轻度外展,肘关节充分伸展,前臂旋后平置于检查床上。超声探头涂抹耦合剂,垂直置于探查肌肉平面,先在短轴下查找痉挛肌肉,再转 90° 在长轴下检查该痉挛肌群。启动弹性成像模式,腕关节、掌指关节和指间关节均完全伸展,在特定的位置选择感兴趣区,显示相应剪切波速度(shear wave velocity, SWV),每块肌肉测量3次,取均值。测量指浅屈肌和指深屈肌的剪切波速度时,将超声探头长轴置于前臂掌侧中点;测量腕屈肌、掌长肌、尺侧腕屈肌的 SWV 时,将腕关节完全伸展,在前臂腕肘连线中上 $1/4$ 处进行测量;测量旋前圆肌和旋前方肌的 SWV 时,将肘关节伸展和前臂旋后,在肘横纹下2横指偏尺侧的位置测量旋前圆肌,在腕横纹上2横指分别测量旋前方肌的 SWV。超声检查由同一名从事肌骨超声5年以上的超声医生完成。

神经电生理评估:治疗前和2周治疗结束后,采用 NDI-094 型肌电图诱发电位仪(上海海神医疗)评估正中神经

CMAP 波幅和 F 波相关参数;扫描速度 $3\text{ms}/\text{D}$,电流宽度 2ms ,低频滤波 20Hz ,高频滤波 2KHz ,刺激电极选择鞍状电极,记录电极选择电极片皮肤记录,安静室内进行,室温 25°C 。刺激电极置于腕部掌长肌肌腱与桡侧腕屈肌肌腱之间的正中神经,阳极位于近端,给予正中神经超强刺激于拇短展肌记录,将参考电极置于拇短展肌肌腱位置,记录电极置于拇短展肌肌腹,取波峰-波谷记录复合肌肉动作电位(compound muscle action potential, CMAP)的波幅,再将刺激电极的阳极置于远端,连续刺激20次,记录 F 波相关参数。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件进行数据分析,患者的疾病类型、患病侧、性别是计数资料,进行 χ^2 检验;年龄和病程采用独立样本 t 检验,SWV 的组内比较采用配对 t 检验,组间采用独立样本 t 检验;MAS 评分是等级资料,采用秩和检验;F 波参数不符合正态分布,用中位数表示,进行非参数检验,组内比较采用 Wilcoxon 检验,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 MAS

治疗前,两组患者腕屈肌、指屈肌和前臂旋前肌群的 MAS 评分组间比较无显著差异($P > 0.05$)。治疗后,干预组患者腕屈肌、指屈肌和前臂旋前肌群 MAS 评分较治疗前明显下降($P < 0.01$),且腕屈肌 MAS 评分显著低于对照组($P < 0.05$),对照组腕屈肌、指屈肌和前臂旋前肌群 MAS 评分较治疗前虽有下降趋势,但无显著性差异($P > 0.05$),见表2。

2.2 正中神经 F 波参数

治疗前、后两组 F 波波幅、F/M 比值(F 波波幅与 CMAP 波幅的比值)、M 波波幅参数均无显著差异($P > 0.05$),两组间比较 F 波波幅、F/M 和 M 波波幅亦无显著性差异($P > 0.05$),见表3。

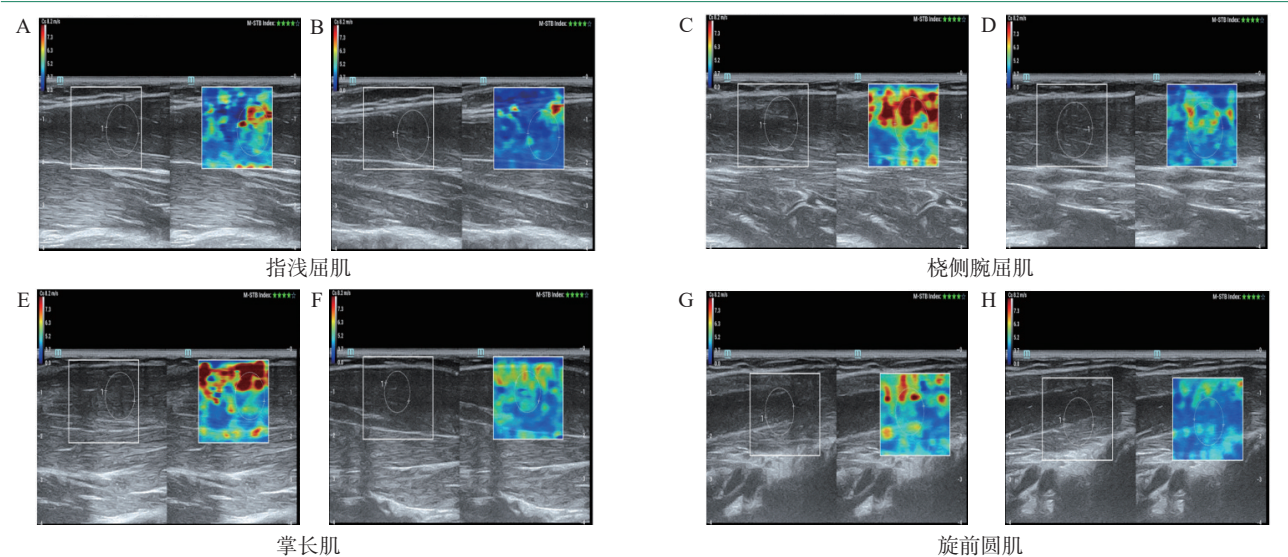
2.3 超声弹性成像 SWV

两组治疗前指浅屈肌、指深屈肌、桡侧腕屈肌、掌长肌、尺侧腕屈肌、旋前圆肌和旋前方肌在牵伸位的 SWV 均无显著差异($P > 0.05$)。治疗后干预组指浅屈肌、指深屈肌、桡侧腕屈肌、掌长肌和旋前圆肌的 SWV 显著低于治疗前($P < 0.05$),见图1;指浅屈肌、桡侧腕屈肌、掌长肌和旋前圆肌的 SWV 显著低于对照组($P < 0.05$),尺侧腕屈肌和旋前方肌的 SWV 有下降趋势,但较治疗前无显著性差异($P > 0.05$)。对照组所有肌肉 SWV 在治疗后与治疗前无显著性差异($P > 0.05$),见表4。

3 讨论

脑卒中后肌张力增高的发生率约 $17\%—46\%$ ^[8],常见于

图1 体外冲击波治疗(ESWT)干预前后肌肉剪切波速度(SWV)的对比图



A、B为指浅屈肌SWV的变化,C、D为桡侧腕屈肌SWV的变化,E、F为掌长肌SWV的变化,G、H为旋前圆肌SWV的变化
红色表示SWV值最高,黄色其次,蓝色最低

表2 两组治疗前后MAS的差异比较 ($\bar{x}\pm s$,分)

肌群	对照组		干预组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
腕屈肌群	1.48±0.41	1.35±0.51	1.54±0.40	0.94±0.55 ^{①②}
指屈肌群	1.48±0.51	1.17±0.65	1.67±0.39	1.28±0.54 ^①
旋前肌群	1.43±0.53	1.15±0.49	1.52±0.35	1.13±0.56 ^①

注:①治疗后与对应组治疗前比较, $P<0.01$;②干预组与对照组治疗后比较, $P<0.05$

表3 两组治疗前后正中神经F波参数的差异比较

参数	对照组		干预组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
F波波幅	0.38	0.36	0.44	0.33
F/M	0.04	0.04	0.04	0.03
M波波幅	9.25	9.20	10.50	9.00

注:数据用中位数表示,两组治疗前后各参数差异无显著性意义,组间参数差异无显著性意义

上肢屈肌的张力增加,尤其是前臂屈腕、屈指和旋前肌群肌张力增加会影响伸腕、伸指和前臂旋转功能,直接影响手功能,使日常生活能力下降。所以,抑制前臂屈肌张力对脑卒中患者功能改善有重要意义。

本研究显示,ESWT 治疗后组内各肌群 MAS 评分均降低,临床表现明显改善,腕屈肌 MAS 评分显著低于对照组,指浅屈肌、桡侧腕屈肌、掌长肌和旋前圆肌 SWV 均低于对照组,说明体外冲击波治疗能有效降低肌肉张力和肌肉硬度,也反映 SWV 较 MAS 评分对肌肉张力的变化更加敏感,同时 SWV 能客观地评测每块肌肉硬度,弥补了 MAS 评分只能反映一组特定肌群的张力而不能客观反映单一肌肉张力细微变化的不足,因此超声弹性成像可作为临床评估肌张力的客观补充。此外,治疗后干预组指深屈肌和旋前方肌的 SWV

表4 两组治疗前后肌肉剪切波速度的差异比较 ($\bar{x}\pm s$,m/s)

肌肉	对照组		干预组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
指浅屈肌	5.55±0.77	5.67±0.69	5.93±0.69	5.25±0.72 ^{①②}
指深屈肌	4.87±0.63	4.90±0.55	5.07±0.74	4.61±0.74 ^①
桡侧腕屈肌	6.18±0.80	6.35±0.82	6.54±0.93	5.68±0.85 ^{①②}
掌长肌	5.96±0.72	6.16±0.67	6.33±0.49	5.60±0.67 ^{①②}
尺侧腕屈肌	5.12±0.57	4.94±0.51	5.26±0.69	5.16±0.73
旋前圆肌	5.67±0.65	5.76±0.47	5.59±0.75	5.16±0.72 ^{①②}
旋前方肌	4.00±0.67	4.04±0.60	3.99±0.50	3.86±0.78

注:①治疗后与相应组治疗前比较, $P<0.05$;②干预组与对照组治疗后比较, $P<0.05$

较对照组无显著差异,可能与其解剖位置较深层有关,因为体外冲击波的能量穿透效果随距离增加而减弱,分散式体外冲击波的能量只能渗透到皮下浅层肌肉^[9],故对深层肌肉的作用有限。

体外冲击波疗法指南^[10]和部分研究^[3-4]认为 ESWT 降低肌张力有效,但评估使用的量表和方法局限于临床疗效和运动功能,不能反映 ESWT 的作用机制。目前认为,脑卒中由于上运动神经元损伤^[11],脊髓前角 α 运动神经元兴奋引起肌张力增加,导致随意运动障碍和牵张反射介导的肌张力失衡^[12]。因此脑卒中后肌张力增加与神经元兴奋性有关,故本研究采用 F 波检测评估运动神经元兴奋性的变化。研究结果显示,干预组治疗后 F 波波幅、M 波波幅、F/M 均为无显著差异,说明 ESWT 对 F 波的参数无直接影响,没有改变运动神经元的兴奋性。这与 Sohn 等^[13]的研究结果的相同,即 ESWT 仅降低肌张力,不改变运动神经元的兴奋性;其他研究也证明,ESWT 能改善肌肉张力、硬度和弹性,其效应与运动神经元兴奋性无关^[14-15],本研究结果也验证了该结论。可见,

体外冲击波对肌张力的影响不是通过调节运动神经元的兴奋性,而是直接改变肌肉硬度。目前研究认为,ESWT可能促进局部血液循环和组织微循环以降低肌紧张^[16-17],松解组织粘连^[18]、促进高密度组织裂解^[19]等间接改善肌肉肌腱的延展性,降低肌肉软组织硬度等外周作用达到降低肌张力的效果。

多数研究显示,体外冲击波治疗痉挛通常推荐的参数是:能流密度 $0.06\sim0.25\text{mJ/mm}^2$,作用部位可以是痉挛肌群的肌腹、骨间肌或肌肉肌腱连接处。每次冲击 $800\sim4000$ 次,每次治疗间隔 $1\sim7\text{d}$, $3\sim5$ 次为一疗程^[20-21]。相对较高的体外冲击波输出压力改善痉挛的效果优于较低的输出压力^[22],短时间间隔的ESWT的治疗效果优于长时间间隔的治疗^[23],为此本研究选择较高的输出压力和较短时间间隔,能流密度为 0.2mJ/mm^2 的方案(属于中级能流密度),治疗隔日1次。结果表明,本研究的优化治疗参数亦达到较好的治疗效果,并缩短了治疗时程。

关于冲击波治疗痉挛的持续时间,研究证明其具有良好的即刻效应和长期疗效,在治疗后即刻可以降低肌张力和增加关节活动^[14-15],长期疗效可持续4周左右^[15,24]。还有学者^[25]通过meta分析发现ESWT降低肌张力的持续时间约12周,但疗效持续的极限时间还需要更长时间的随访。本研究通过超声弹性成像技术,发现ESWT有效降低了浅层肌肉硬度,这实际上改变了肌肉的物理特性,在短时间内不易逆转,间接支持ESWT降低肌张力具有长期疗效的观点。

综上所述,中级能流密度的ESWT联合常规的康复训练能减轻卒中后前臂肌肉张力,有效降低浅层肌肉的硬度,但没有改变运动神经元的兴奋性。

参考文献

- [1] 丁春戈,张振香,曹莹,等.中国居家脑卒中患者的照护现状及对策[J].中国实用神经疾病杂志,2019,22(1):64—67.
- [2] Sommerfeld DK, Gripenstedt U, Welmer AK. Spasticity after stroke: an overview of prevalence, test instruments, and treatments[J]. Am J Phys Med Rehabil. 2012,91(9):814—820.
- [3] 鲍赛荣,廖迪,张其明,等.分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(12):1423—1430.
- [4] 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(2):246—252.
- [5] Gao J, Rubin JM, Chen J, et al. Ultrasound elastography to assess botulinum toxin A treatment for post-stroke spasticity: a feasibility study[J]. Ultrasound Med Biol, 2019, 45(5): 1094—1102.
- [6] Milanov I. Clinical and neurophysiological correlations of spasticity[J]. Funct Neurol, 1999,14(4):193—201.
- [7] 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.
- [8] Zorowitz RD, Gillard PJ, Brainin M. Poststroke spasticity:

- sequelae and burden on stroke survivors and caregivers[J]. Neurology, 2013, 80(3 Supplement 2):S45—S52.
- [9] Dymarek R, Taradaj J, Rosińczuk J. The effect of radial extracorporeal shock wave stimulation on upper limb spasticity in chronic stroke patients: a single-blind, randomized, placebo-controlled study[J]. Ultrasound Med Biol, 2016, 42(8):1862—1875.
 - [10] 邢更彦,张浩冲,刘水涛,等.中国骨肌疾病体外冲击波疗法指南(2019年版)[J].中国医学前沿杂志,2019,11(4):1—10+6.
 - [11] Picelli A, Tamburin S, Gajofatto F, et al. Association between severe upper limb spasticity and brain lesion location in stroke patients[J]. Biomed Res Int, 2014, 2014:162754.
 - [12] Li S, Francisco GE. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity[J]. Front Hum Neurosci, 2015, 9:192.
 - [13] Sohn MK, Cho KH, Kim YJ, et al. Spasticity and electrophysiologic changes after extracorporeal shock wave therapy on gastrocnemius[J]. Ann Rehabil Med, 2011, 35(5): 599—604.
 - [14] Leng Y, Lo WLA, Hu C, et al. The effects of extracorporeal shock wave therapy on spastic muscle of the wrist joint in stroke survivors: evidence from neuromechanical analysis[J]. Front Neurosci, 2021, 14:580762.
 - [15] Santamato A, Micello MF, Panza F, et al. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of poststroke plantar-flexor muscles spasticity: a prospective open-label study[J]. Top Stroke Rehabil, 2014, 21 Suppl 1:S17—S24.
 - [16] 张智,毕军花,李钢,等.体外冲击波结合常规康复治疗小儿脑瘫伴小腿三头肌痉挛的临床效果及安全性分析[J].河北医学, 2016, 22(7):1142—1144.
 - [17] Othman AM, Ragab EM. Endoscopic plantar fasciotomy versus extracorporeal shock wave therapy for treatment of chronic plantar fasciitis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2010, 130(11):1343—1347.
 - [18] Speed CA. Extracorporeal shock-wave therapy in the management of chronic soft-tissue conditions[J]. J Bone Joint Surg Br, 2004, 86(2):165—171.
 - [19] Ogden JA, Tóth-Kischkat A, Schultheiss R. Principles of shock wave therapy[J]. Clin Orthop Relat Res, 2001, (387): 8—17.
 - [20] Xiang J, Wang W, Jiang W, et al. Effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in post-stroke patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Rehabil Med, 2018, 50(10):852—859.
 - [21] 郭佳宝,朱毅,陈炳霖,等.分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(2): 207—212.
 - [22] 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(5):518—523.
 - [23] 段好阳,闫兆红,刘娜,等.不同时间间隔体外冲击波治疗脑卒中后小腿三头肌痉挛的疗效观察[J].中国康复医学杂志, 2018, 33(12):1444—1447.
 - [24] 林歆,丛芳,吴琼,等.体外冲击波对偏瘫患者上肢痉挛的疗效观察[J].中国康复理论与实践, 2013, 19(8):755—758.
 - [25] Oh JH, Park HD, Han SH, et al. Duration of treatment effect of extracorporeal shock wave on spasticity and subgroup-analysis according to number of shocks and application site: a meta-analysis[J]. Annals of Rehabilitation Medicine, 2019, 43(2):163.