

# 体外冲击波对脑卒中患者桡侧和尺侧腕屈肌肌肉张力、刚度及弹性的即刻影响

<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2874>

鲍赛荣<sup>1</sup>, 张其明<sup>1</sup>, 杨杏萍<sup>1</sup>, 刘春龙<sup>2</sup>

2095-4344.2874

投稿日期: 2019-12-17

送审日期: 2019-12-28

采用日期: 2020-03-04

在线日期: 2020-05-21

中图分类号:

R459.9; R496; R318

文章编号:

2095-4344(2021)02-00228-04

文献标识码: A

## 文章快速阅读:

### 文章创新点一

(1) Myonton 肌肉张力检测仪可用来综合评估体外冲击波对腕屈肌力学特性的疗效;

(2) 研究应用肌肉张力检测仪 Myoton-3 及改良 Tardieu 量表综合评估单次体外冲击波治疗对腕屈肌的影响。

(1) 患者:  
脑卒中偏瘫患者 20 例



(2) 方法:  
单次体外冲击波治疗



(3) 检测:  
Myonton-3 肌肉张力检测仪检测:  
腕屈肌的阻尼振动频率  
对数衰减  
动态刚度  
改良 Tardieu 量表 (MTS) 评估:  
腕屈肌肌张力

## 文题释义:

**体外冲击波:** 是一种具有光学、声学 and 力学特性的三维压力脉冲机械波, 冲击时, 突然释放能量并在极短时限内达到极高峰压力值。近年来, 冲击波在缓解脑卒中患者肱二头肌、旋前圆肌、腓肠肌等肌肉痉挛方面的疗效已得到证实。

**Myoton-3 肌肉测试仪:** 是通过轻触探头(直径 3 mm)垂直放置于所测量的肌肉皮肤上, 固定压力约为 0.18 N, 该设备产生一个简短的(15 ms), 低于 0.4 N 的机械脉冲, 轻微冲击所测肌肉, 使肌肉产生振动。由加速度感应器记录这些机械振动状况, 再通过软件计算, 能够提供阻尼振动频率、对数衰减、动态刚度, 这些量化的参数能客观地反映肌肉的功能状态。

## 摘要

**背景:** 研究表明, 桡侧腕屈肌和尺侧腕屈肌弹性的大小与手握力的大小相关, 其张力和刚度直接影响着拇指侧握力和掌心抓握的能力。体外冲击波对于缓解脑卒中后肢体痉挛有明确的疗效。

**目的:** 观察体外冲击波对脑卒中患者桡侧腕屈肌和尺侧腕屈肌的肌肉张力、刚度及弹性的即刻影响。

**方法:** 选取 20 例符合入选标准的脑卒中偏瘫患者, 对其桡侧腕屈肌和尺侧腕屈肌进行单次体外冲击波治疗。在治疗前及单次体外冲击波治疗结束后 5 min, 应用 Myonton-3 肌肉张力检测仪测得患侧桡侧腕屈肌及尺侧腕屈肌的阻尼振动频率(体现肌肉张力)、对数衰减(反映肌肉弹性)、动态刚度(体现肌肉刚度), 同时结合改良 Tardieu 量表(MTS)评估腕屈肌肌张力。研究方案的实施符合广东药科大学附属第一医院的相关伦理要求, 参与试验的患病个体及其家属对试验过程完全知情同意。

**结果与结论:** ①干预后, 20 例患者桡侧腕屈肌及尺侧腕屈肌的阻尼振动频率、对数衰减、动态刚度、肌肉反应的质量均较治疗前下降( $P < 0.01$ ); ②患侧腕关节被动背伸角度、最快速度下的腕背伸卡住角度均较治疗前增加( $P < 0.01$ ); ③结果说明, 单次体外冲击波能有效降低脑卒中患者桡侧腕屈肌和尺侧腕屈肌的肌张力及刚度, 改善其弹性, 并可增大腕背伸被动活动范围。

**关键词:** 体外冲击波; 脑卒中; 肌张力; 刚度; 弹性

**缩略语:** 改良的 Ashworth 量表: Modified Ashworth scale, MAS; 改良 Tardieu 量表: Modified Tardieu Scale, MTS

## Immediate effects of extracorporeal shock wave on muscle tone, stiffness, and elasticity of wrist flexor in stroke patients

Bao Sairong<sup>1</sup>, Zhang Qiming<sup>1</sup>, Yang Xingping<sup>1</sup>, Liu Chunlong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The First Affiliated Hospital of Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China; <sup>2</sup>Clinical Medical College of Acupuncture, Moxibustion and Rehabilitation, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

Bao Sairong, Master candidate, Therapist in charge, the First Affiliated Hospital of Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

**Corresponding author:** Liu Chunlong, Master, Associate professor, Clinical Medical College of Acupuncture, Moxibustion and Rehabilitation, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

## Abstract

**BACKGROUND:** Studies have shown that the elasticity of the radial wrist flexor and ulnar wrist flexor muscles is related to the power of gripping, and the tension and stiffness directly affect the pinching force on the thumb side and the palm gripping ability. Extracorporeal shock waves have a definite effect on alleviating post-stroke limb spasm.

<sup>1</sup> 广东药科大学附属第一医院, 广东省广州市 510000; <sup>2</sup> 广州中医药大学针灸康复临床医学院, 广东省广州市 510000

**第一作者:** 鲍赛荣, 女, 1988 年生, 江西省都昌县人, 汉族, 广州中医药大学在读硕士, 主管治疗师, 主要从事冲击波在康复临床中应用的研究。

**通讯作者:** 刘春龙, 硕士, 副教授, 广州中医药大学针灸康复临床医学院, 广东省广州市 510000

<https://orcid.org/0000-0002-1323-6157> (鲍赛荣)

**基金资助:** 广州中医药大学“青年英才培养工程”(QNYC20170107), 项目负责人: 刘春龙; 广东药科大学附属第一医院院内课题(201502), 项目负责人: 鲍赛荣

**引用本文:** 鲍赛荣, 张其明, 杨杏萍, 刘春龙. 体外冲击波对脑卒中患者桡侧和尺侧腕屈肌肌肉张力、刚度及弹性的即刻影响[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(2):228-231.



**OBJECTIVE:** To observe the immediate effect of extracorporeal shock wave therapy on muscle tone, stiffness, and elasticity of flexor carpi radialis and flexor carpi ulnaris in stroke patients.

**METHODS:** Twenty stroke patients with hemiplegia who met the inclusion criteria were given a single session of extracorporeal shock wave therapy on flexor carpi radialis and flexor carpi ulnaris. The oscillation frequency, logarithmic decrement, dynamic stiffness of flexor carpi radialis and flexor carpi ulnaris were detected using a muscle tone measurement device Myoton-3 before treatment and 5 minutes after treatment. At the same time, the Modified Tardieu Scale was used to evaluate spasticity of wrist flexor before and after treatment. The study protocol was implemented in accordance with the relevant ethical requirements of the First Affiliated Hospital of Guangdong Pharmaceutical University, and the enrolled patients and their families were fully informed of the whole trial.

**RESULTS AND CONCLUSION:** After treatment, the oscillation frequency, logarithmic decrement, dynamic stiffness, and quality of muscle response of flexor carpi radialis and flexor carpi ulnaris were significantly reduced in all the patients ( $P < 0.01$ ). The maximum passive range of motion of wrist extension and angle of catch following a fast velocity stretch wrist flexor were significantly higher than those before ( $P < 0.01$ ). In conclusion, a single session of extracorporeal shock wave therapy can effectively reduce muscle tone and stiffness, and improve elasticity of flexor carpi radialis and flexor carpi ulnaris in stroke patients. And it can also improve the maximum passive range of motion of wrist extension.

**Key words:** extracorporeal shock wave; stroke; muscle tone; stiffness; elasticity

**Funding:** Young Talent Training Project of Guangzhou University of Chinese Medicine, No. QNYC20170107 (to LCL); In-Hospital Project of the First Affiliated Hospital of Guangdong Pharmaceutical University, No. 201502 (to BSR)

**How to cite this article:** BAO SR, ZHANG QM, YANG XP, LIU CL. Immediate effects of extracorporeal shock wave on muscle tone, stiffness, and elasticity of wrist flexor in stroke patients. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(2):228-231.

## 0 引言 Introduction

卒中后常导致肌肉结构和性质发生显著变化,如肌肉萎缩、肌张力增高、肌肉刚度增高等<sup>[1]</sup>,这对患者肢体功能的恢复有显著影响,延缓了康复的进程。检测肌肉的力学特性对于监测肌肉病理过程的阶段、评估治疗干预的疗效具有重要意义。

近年来,国内外许多研究证明体外冲击波(extracorporeal shock wave therapy, ESWT)对于缓解卒中后肢体痉挛有明确的疗效,多数研究使用改良的Ashworth量表(Modified Ashworth Scale, MAS)作为评估肌张力的手段之一<sup>[2-3]</sup>。MAS在评估肌肉对被动运动的阻力时,缺乏标准化的拉伸速度,没有以绝对单位量化阻力,且采用主观评分,信度较差,评分聚类,与卒中后肌肉僵硬相关性不显著<sup>[4-5]</sup>。而且肌肉对被动运动的抵抗是反射性肌肉活动和非神经机械特性的总和,它受上运动神经元损伤后关节结构和软组织黏弹性变化的影响<sup>[6-7]</sup>,此外,肌肉纤维力学性质的改变也可能增加肌张力。因此,需要一种可靠性好、测量误差小的客观测量工具,将生物力学变化与反射性肌肉活动区分开,来综合评估肌肉的力学性能。

肌肉张力检测仪Myoton目前已应用于健康个体及多种病种患者,如帕金森病、脑瘫、肌肉骨骼疾病和慢性中风患者<sup>[8-10]</sup>。卒中后桡侧腕屈肌及尺侧腕屈肌的功能直接关系到患者的抓握能力,抓握功能障碍严重影响患者的康复治疗和生活质量,正确评估这两块肌肉的属性对于监测康复进展及疗效非常重要。改良Tardieu量表(Modified Tardieu Scale, MTS)是临床神经系统疾病患者肌肉痉挛的一种测量方法,当使用MTS时,根据肌肉在特定速度下对牵伸的反应来对痉挛进行定量评估,评估时会综合考虑在特定速度下的肌肉反应品质和肌反应时其所处的关节活动角度。相对于MAS,MTS对比了慢速和快速两种情况下被动牵伸时的肌肉阻力,以对痉挛的速度依赖性作一个很好的解释<sup>[11]</sup>。

以往验证冲击波对中风后痉挛肌肉的疗效多集中在肌肉张力方面,对肌肉弹性及刚度的影响报道较少,故文章应用肌肉张力检测仪及MTS来综合量化评估单次体外冲击波对腕屈肌张力、弹性及刚度的影响。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 自身前后对照观察。

1.2 时间及地点 病例来源于2019年9至11月在广东药科大学附属第一医院康复医学科的住院卒中偏瘫患者。

### 1.3 对象

1.3.1 纳入标准 ①经CT或MRI证实为脑卒中患者,且病程均 $\geq 6$ 个月;②腕屈肌张力MAS评分为1+级或2级者;③患者体质量指数 $< 25 \text{ kg/m}^2$ ,且无严重认知障碍者;④在研究期间,没有参与任何康复实验或药物研究,且没有服用抗痉挛药物者;⑤签署知情同意书。

1.3.2 排除标准 ①安装有心脏起搏器;凝血功能障碍和血栓形成;②局部感染或皮肤破溃患者。

研究方案的实施符合广东药科大学附属第一医院的相关伦理要求。根据纳入和排除标准,选取卒中中偏瘫患者20例,患者基本资料见表1。

表1 | 受试者基本资料  
Table 1 | Baseline data of participants

指标	数值
男/女(n)	14/6
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	66.40 $\pm$ 7.70
偏瘫侧(左/右, n)	11/9
病程( $\bar{x} \pm s$ , 月)	16.70 $\pm$ 8.63
身高( $\bar{x} \pm s$ , m)	1.69 $\pm$ 0.08
体质量( $\bar{x} \pm s$ , kg)	62.95 $\pm$ 7.04
Ashworth量表(MAS, 1*/2, n)	14/6
体质量指数(男/女, $\bar{x} \pm s$ , $\text{kg/m}^2$ )	22.22 $\pm$ 1.77/22.15 $\pm$ 3.55

### 1.4 方法

1.4.1 体外冲击波治疗 采用Xy-k-shockmaster-500型体外冲击波治疗仪(安阳市翔宇医疗器械有限公司)进行体外冲击波治疗。治疗探头选用R15,直径15 mm,最大治疗深度约为35 mm。患者平卧,患侧上肢平放于床上,肘关节伸直,掌心向上,触摸桡侧腕屈肌及尺侧腕屈肌位置并标记,均匀涂抹耦合剂,手柄压力为皮肤凹陷0.3–0.5 cm,从肌腹上端至下端缓慢移动,2条线,每条线冲击1 000次,冲击波强度为0.16 MPa,频率为8 Hz<sup>[12]</sup>。

1.4.2 阻尼振动频率、对数衰减值及动态刚度的检测 在单次冲击波治疗前和治疗后5 min,使用Myoton-3型肌肉状态快速检测系统(爱沙尼亚,欧盟)测试了受试者在静息状态下桡侧腕屈肌和尺侧腕屈肌的阻尼振动频率(oscillation frequency, F)、对数衰减值(logarithmic decrement, D)、动态刚度(dynamic stiffness, S)。

测试时,患者处于仰卧位,手臂自然放置于身侧,患侧腕关节下垫厚毛巾,使肘关节屈曲45°,掌心向上<sup>[13]</sup>,测试时,

测试者不给予患者前臂任何的外部压力<sup>[14]</sup>。测试点为肌腹的最饱满处，由治疗师根据视觉-触觉测试确定，桡侧腕屈肌和尺侧腕屈肌的测试点约为前臂中上 1/3 处，用记号笔分别标记出 2 块肌肉的测试点，告知患者最大程度地放松肌肉后，将 Myoton-3 的测试端垂直放置在测试点上，每个测试点分别进行 3 次测试，取平均值进行分析。

**1.4.3 MTS 测定** 测量时，测量者通过肌肉反应的品质 (X) 和肌肉反应时所处的角度 (Y) 2 个参数来评估特定速度下肌群对牵张的反应。R2 表示在尽可能缓慢的速率下，被动背伸腕关节时，感受到阻碍或卡住的角度 (基本接近腕背伸被动活动度)；R1 则是在尽可能快的速率下，被动背伸腕关节时，感受到阻碍或卡住的角度。记录治疗前后 R1 和 R2 值，R2-R1 为肌肉反应质量 (x)。

**1.5 主要观察指标** ① MTS 各项参数的变化；② 桡侧及尺侧腕屈肌阻尼振动频率、对数衰减值及动态刚度。

**1.6 统计学分析** 采用 SPSS 20.0 统计软件对试验结果进行统计分析，数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，治疗前后各数据对比均采用配对 t 检验。P < 0.05 代表差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 参与者数量分析** 纳入患者 20 例，试验过程无脱落，全部进入结果分析。

**2.2 MTS 各项参数的变化** 腕关节被动伸展范围 R 基本接近 R2，单次体外冲击波治疗后，20 例患者患侧腕关节被动背伸角度 (R) 及最快速度下的腕背伸卡住角度 (R1) 均较治疗前增加 (P < 0.01)；肌肉反应的质量 (x) 较治疗前降低 (P < 0.05)，见表 2。

**2.3 桡侧腕屈肌 Myoton-3 测量值** 单次体外冲击波治疗后，20 例患者患侧桡侧腕屈肌阻尼振动频率、对数衰减值和肌肉刚度均较治疗前降低 (P < 0.01)，见表 3。

**2.4 尺侧腕屈肌 Myoton-3 测量值** 单次体外冲击波治疗后，20 例患者患侧尺侧腕屈肌阻尼振动频率 F、对数衰减值 D 和肌肉刚度 S 均较治疗前降低 (P < 0.01)，见表 4。

**2.5 不良反应** 患者在整个试验过程中均未观察到任何不良反应。

## 3 讨论 Discussion

体外冲击波是一种具有光学、声学 and 力学特性的三维压力脉冲机械波，冲击时，突然释放能量并在极短时限内达到极高峰压力值。近年来，冲击波在缓解卒中患者肱二头肌、旋前圆肌、腓肠肌等肌肉痉挛方面的疗效已得到证实<sup>[15]</sup>。MANGANOTTI 等<sup>[16]</sup>应用冲击波治疗卒中后痉挛的腕屈肌，治疗后患者手腕及手指痉挛较治疗前显著降低，腕背伸被动活动范围亦显著增加，且 20 例治疗对象中有 10 例患者疗效可维持至少 12 周。DALIRI 等<sup>[17]</sup>给予 15 例中风后手腕屈肌痉挛患者 1 次安慰性体外冲击波，在 1 周后再次给予 1 次主动体外冲击波，研究结果显示，主动进行体外冲击波后，改良 Ashworth 痉挛评分和  $H_{max}/M_{max}$  比值均较治疗前得到改善，且疗效可维持 5 周，而接受安慰性体外冲击波后，各项指标没有明显改善。证明单次体外冲击波可使卒中患者腕屈肌痉挛和  $\alpha$  运动神经元兴奋性显著改善。这与此次研究的结论

表 2 | 患者治疗前后改良 Tardieu 量表各项参数对比 ( $\bar{x} \pm s$ , n=20)

Table 2 | Comparison of the parameters of the Modified Tardieu Scale before and after treatment

参数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
腕背伸被动活动范围 (R)	66.000±9.262	69.250±8.156	-4.333	0.000
最快速度下腕背伸的卡住角度 (R1)	28.750±12.447	34.750±2.719	-10.258	0.000
肌肉反应的质量 (x)	37.250±9.662	34.500±9.445	3.240	0.004

表 3 | 患侧桡侧腕屈肌 Myoton-3 测量值前后对比 ( $\bar{x} \pm s$ , n=20)

Table 3 | Comparison of the Myoton-3 measurement values of the flexor carpi radialis on the affected side

参数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
阻尼震动频率 (Hz)	17.974±1.429	17.303±1.488	6.471	0.000
对数衰减值	1.440±0.292	1.328±0.244	5.173	0.000
肌肉刚度 (N/m)	334.184±32.540	321.050±33.949	6.858	0.000

表 4 | 患侧尺侧腕屈肌 Myoton-3 测量值前后对比 ( $\bar{x} \pm s$ , n=20)

Table 4 | Comparison of the Myoton-3 measurement values of the flexor carpi ulnaris on the affected side

参数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
阻尼震动频率 (Hz)	15.829±0.713	15.072±0.843	8.767	0.000
对数衰减值	1.346±0.282	1.255±0.272	8.015	0.000
肌肉刚度 (N/m)	270.033±18.233	256.917±16.781	11.718	0.000

一致，此次研究单次体外冲击波治疗后，患者腕背伸被动活动度 (R) 较治疗前显著增大，快速被动伸展腕关节时，卡住的角度 (R1) 显著增大，肌肉反应的质量 (x) 也较治疗前显著降低，这均表明单次体外冲击波对卒中后痉挛的腕屈肌有良好的缓解痉挛作用。

桡侧腕屈肌和尺侧腕屈肌弹性的大小与手握力的大小相关，其张力和刚度直接影响着拇指捏力和掌心抓握的能力<sup>[18]</sup>。寻求有效的方法来改善腕屈肌的弹性、张力以及刚度显得尤为重要，同时量化测量这 2 块腕屈肌的张力、弹性及刚度对于患者康复治疗的评估及疗效判断也非常重要。Myoton-3 肌肉状态快速检测系统是获得美国 FDA 认证的无创伤、可量化评估肌肉状态的系统<sup>[19]</sup>，能够非常敏感地监测肌肉特性的变化。近年来，Myoton-3 被应用到卒中患者中，对肱二头肌、肱三头肌、三角肌、指伸肌、桡侧腕屈肌、尺侧腕屈肌、股直肌、胫前肌、腓肠肌、股二头肌、半腱肌等肌群的重测信度都已得到证实，具有较高的重测性和良好的可靠性，能够帮助研究人员可靠地评估卒中患者的肌肉属性<sup>[10, 20-21]</sup>。

Myoton-3 肌肉测试仪是通过轻触探头 (直径 3 mm) 垂直放置于所测量的肌肉皮肤上，固定压力约为 0.18 N，该设备产生一个简短的 (15 ms)，低于 0.4 N 的机械脉冲，轻微冲击所测肌肉，使肌肉产生振动。由加速度感应器记录这些机械振动状况，再通过软件计算，能够提供阻尼振动频率、对数衰减值、动态刚度，这些量化的参数能客观地反映肌肉的功能状态，并能被用来评估新陈代谢，并且这些参数还可通过处理软件进一步分析<sup>[22]</sup>。阻尼振荡频率越高，肌肉张力越大，肌肉收缩和伸展均会使肌肉张力增加。刚度是肌肉抵抗外力改变其形状的能力的一种度量，反映了肌肉的刚度。对数衰减值反映了肌肉的弹性，弹性描述的是组织在变形后恢复其形状的能力，弹性可以用对数减量来描述，因为对数减量描述

了振荡的衰减,即在振荡周期中的机械能耗散,减量值越小,机械能的后续耗散越小,弹性越大<sup>[23]</sup>。此次研究中,20例患者单次体外冲击波治疗后患侧腕屈肌和尺侧腕屈肌肌尼震动频率、对数衰减值和肌肉刚度均较治疗前降低( $P < 0.01$ ),这表明,单次体外冲击波能很好地降低腕屈肌和尺侧腕屈肌的肌张力,并可改善其刚度和弹性,且有显著意义。

YANG等<sup>[24]</sup>将体外冲击波应用于肱骨外上髁炎患者,并使用实时超声弹性成像技术作为评估手段,实验结果表明,体外冲击波能很好的改善腕伸肌腱的弹性和刚度,这也为此次研究提供了更多的证据支持。

目前,体外冲击波缓解痉挛,改善肌肉弹性及刚度的机制尚不完全明确,主要有机械应力学说及一氧化氮学说,前者认为体外冲击波所产生的机械应力可以加速新血管形成,促进退化组织再生和钙沉积物再生,从而起到松解组织及加速微循环等作用<sup>[25]</sup>;后者认为体外冲击波能促进体内合成一氧化氮,而一氧化氮是保证机体正常神经传导不可或缺的物质<sup>[26]</sup>。

由于皮下脂肪可影响机械冲击的传导<sup>[27]</sup>,所以此次研究选取患者的平均体质指数 $< 25 \text{ kg/m}^2$ 。另外此次研究的评估人员接受了正规的Myoton-3肌肉测试仪使用相关培训,有超过1个月的使用经验,排除了因操作经验及测量技术不足带来的影响。在研究时,嘱患者先平卧5 min,尽量放松,进行首次评估,单次冲击波治疗后,休息5 min,进行再次评估。尽管如此,仍然不能确定参与者的肌肉是否处于完全放松状态,也不能保证在2次测量之间患者的肌肉状态完全相同,这也是此次研究的不足之处。另外,在临床工作中,作者观察到冲击波对脑卒中腕屈肌张力、弹性及刚度产生了较好的长期影响,而此次研究观察时间较短,仅仅观察了冲击波对脑卒中腕屈肌张力、弹性及刚度的即时影响,对于其长期作用还需要下一步更加深入的研究。

综上所述,单次体外冲击波能很好地缓解脑卒中患者腕屈肌和尺侧腕屈肌的肌张力,增大腕背伸被动活动范围,并可改善其刚度和弹性。

**作者贡献:** 研究设计为第一作者和通讯作者,全体作者参与试验,第一作者完成文章,通讯作者审核。

**经费支持:** 该文章接受了“广州中医药大学‘青年英才培养工程’(QNYC20170107)”“广东药科大学附属第一医院内课题(201502)”的资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程不存在利益冲突。

**机构伦理问题:** 研究方案的实施符合广东药科大学附属第一医院的相关伦理要求。

**知情同意问题:** 参与试验的患病个体及其家属对试验过程完全知情同意,在充分了解治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

**文章查重:** 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。  
**文章外审:** 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**文章版权:** 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

#### 4 参考文献 References

[1] ENGLISH C, MCLENNAN H, THOIRS K, et al. Loss of skeletal muscle mass after stroke: a systematic review. *Int J Stroke*. 2010;5(5):395-402.

[2] 徐思维, 缪芸, 郁嫣嫣, 等. 体外冲击波疗法用于缓解痉挛的研究进展 [J]. *中国康复医学杂志*, 2015,30(5):522-524.

[3] GUO P, GAO F, ZHAO T, et al. Positive effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in poststroke patients: a meta-analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2017; 26(11):2470-2476.

[4] REKAND T. Clinical assessment and management of spasticity: a review. *Acta Neurol Scand* 2010;122:62-66.

[5] FLEUREN JFM, VOERMAN GE, ERREN-WOLTERS CV, et al. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2010;81(1):46-52.

[6] LI S, FRANCISCO GE. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity. *Front Hum Neurosci*. 2015;9:192.

[7] LI S, SHIN H, ZHOU P, et al. Different effects of cold stimulation on reflex and non-reflex components of Poststroke spastic hypertonia. *Front Neurol*. 2017;8:169.

[8] AIRD L, SAMUEL D, STOKES M. Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males: reliability and symmetry using the MyotonPRO. *Arch Gerontol Geriatr*. 2012;55(2): e31-e39.

[9] MARUSIAK J, JASKÓLSKA A, BUDREWICZ S, et al. Increased muscle belly and tendon stiffness in patients with Parkinson's disease, as measured by myotonometry. *Mov Disord*. 2011;26(11):2119-2122.

[10] LO WLA, ZHAO JL, LI L, et al. Relative and Absolute Interrater Reliabilities of a Hand-Held Myotonometer to Quantify Mechanical Muscle Properties in Patients with Acute Stroke in an Inpatient Ward. *Biomed Res Int*. 2017; 2017:4294028.

[11] MORRIS S. Ashworth and Tardieu Scales: Their clinical relevance for measuring spasticity in adult and paediatric neurological populations. *Physical Therapy Reviews*. 2002; 7(1):53-62.

[12] 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.

[13] CHUANG L, WU C, LIN K. Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(3):532-540.

[14] AARRETTAD DD, WILLIAMS MD, FEHRER SC, et al. Intra- and interrater reliabilities of the myotonometer when assessing the spastic condition of children with cerebral palsy. *J Child Neurol*. 2004;19(11):894-901.

[15] 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.

[16] MANGANOTTI P, AMELIO E. Long-term effect of shock wave therapy on upper limb hypertonia in patients affected by stroke. *Stroke*. 2005;36(9): 1967-1971.

[17] DALIRI SS, FOROGH B, EMAMI RAZAVI SZ, et al. A single blind, clinical trial to investigate the effects of a single session extracorporeal shock wave therapy on wrist flexor spasticity after stroke. *NeuroRehabilitation*. 2015;36(1): 67-72.

[18] CHUANG LL, LIN KC, WU CY, et al. Relative and absolute reliabilities of the myotonometric measurements of hemiparetic arms in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(3):459-466.

[19] MARUSIAK J, KISIEL-SAJEWICZ K, JASKÓLSKA A, et al. Higher muscle passive stiffness in Parkinson's disease patients than in controls measured by myotonometry. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(5):800-802.

[20] CHUANG L, WU C, LIN K, et al. Quantitative mechanical properties of the relaxed biceps and triceps brachii muscles in patients with subacute stroke: a reliability study of the myoton-3 myometer. *Stroke Res Treat*. 2012;2012:617694.

[21] WANG JS, LEE SB, MOON SH. The immediate effect of PNF pattern on muscle tone and muscle stiffness in chronic stroke patient. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(3):967-970.

[22] 李亚鹏, 冯亚男, 朱毅, 等. 基于新型肌肉定量评估仪分析影响小腿三头肌硬度的因素 [J]. *中国康复理论与实践*, 2018,24(4): 442-446.

[23] AGYAPONG-BADU S, WARNER M, SAMUEL D, et al. Measurement of ageing effects on muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel hand-held myometric device. *Arch Gerontol Geriatr*. 2016;62:59-67.

[24] YANG TH, HUANG YC, LAU YC, et al. Efficacy of radial extracorporeal shock wave therapy on lateral epicondylitis, and changes in the common extensor tendon stiffness with pretherapy and posttherapy in real-time sonoelastography: a randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2017; 96(2):93-100.

[25] YAMAYA S, OZAWA H, KANNO H, et al. Low-energy extracorporeal shock wave therapy promotes vascular endothelial growth factor expression and improves locomotor recovery after spinal cord injury. *J Neurosurg*. 2014;121(6): 1514-1525.

[26] MARIOTTO S, CAVALIERI E, AMELIO E, et al. Extracorporeal shock waves: from lithotripsy to anti-inflammatory action by NO production. *Nitric Oxide*. 2005;12(2):89-96.

[27] BIZZINI M, MANNION AF. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2003;18(5):459-461.