

临床研究

基于剪切波弹性成像技术在针刺脑卒中后上肢肌痉挛疗效评估中的应用

武子琦¹, 梁双杰¹, 陈 奥¹, 毛 旭², 车艳玲^{1,3}

(1. 黑龙江中医药大学 研究生院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 黑龙江中医药大学 医务处, 黑龙江 哈尔滨 150040; 3. 黑龙江中医药大学附属第一医院 超声医学科, 黑龙江 哈尔滨 150040)

[摘要] **目的** 探究剪切波弹性超声成像(SWE)对针刺治疗脑卒中肌痉挛疗效的临床效用。**方法** 选取2024年4月至12月符合标准的100例脑卒中肌痉挛患者(黑龙江中医药大学附属第一医院)按随机数字表法分为对照组(50例,口服药物治疗+蜡疗)及试验组(50例,联合局部拮抗肌针刺法)。在治疗前后基于SWE对患者患侧上肢肌肉(肱二头肌、肱肌、肱桡肌)进行杨氏模量平均值(E_{mean})和剪切波速度(V_s)的测量,并以改良Ashworth量表(MAS)和Barthel指数(BI)进行评估。**结果** 两组患者患侧的上肢肌肉的E_{mean}和V_s治疗后较治疗前降低($P < 0.01$),试验组患侧肱二头肌和肱肌的E_{mean}和V_s较对照组下降更显著($P < 0.05$),肱桡肌的E_{mean}和V_s组间差异无统计学意义($P > 0.05$);两组MAS评分治疗后较治疗前降低($P < 0.01$),试验组降幅更显著($P < 0.05$);BI指数较治疗前均升高($P < 0.01$),试验组较对照组升高显著($P < 0.05$)。**结论** SWE可通过定量肌肉硬度变化,客观评估针刺治疗脑卒中后上肢肌痉挛的疗效,为临床提供无创、精准的评估方法。

[关键词] 剪切波弹性超声成像; 脑卒中后肌痉挛; 杨氏模量; 改良Ashworth量表; Barthel指数

[中图分类号] R445.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2096-8159(2026)06-0652-06

Application of shear wave elastography in evaluating the therapeutic effect of acupuncture on upper limb muscle spasticity after stroke

Wu Ziqi¹, Liang Shuangjie¹, Chen Ao¹, Mao Xu², Che Yanling^{1,3}

(1. School of Graduate, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang 150040, China; 2. Medical Affairs Office, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang 150040, China; 3. Department of Ultrasound Medicine, The First Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang 150040, China.)

[Abstract] **Objective** To investigate the diagnostic value of shear wave elastography (SWE) in evaluating the efficacy of acupuncture for post-stroke muscle spasticity. **Methods** Between April and December 2024, 100 stroke patients with muscular spasm meeting the eligibility criteria were recruited from the First Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Chinese Medicine. Participants were allocated to the control group (50 cases, receiving oral pharmacotherapy combined with wax therapy) or the experimental group (50 cases, administered with local antagonist muscle acupuncture in conjunction with conventional therapy) using the random number table technique. Before and after treatment, SWE was used to measure the Young's modulus mean value (E_{mean}) and shear wave velocity (V_s) of the affected upper limb muscles (biceps brachii, brachialis, and brachioradialis). Clinical assessments included the Modified Ashworth Scale (MAS) and Barthel Index (BI). **Results** Post-treatment analysis revealed that E_{mean} and V_s in the affected upper limb muscles were significantly lower in both groups ($P < 0.01$). Compared with the control group, the experimental group demonstrated a more

[基金项目] 黑龙江省中医药科研项目(NO:ZHY-2022-151)。

[通信作者] 车艳玲,女,主任医师,硕士生导师,研究方向:全科疾病超声诊断及教育教学,E-mail:cheyanling1971@126.com。

substantial decline in Emean and Vs parameters for the biceps brachii-brachialis complex ($P < 0.05$). However, the brachioradialis showed no significant differences between groups ($P > 0.05$). The MAS scores decreased post-treatment in both groups ($P < 0.01$), with a more pronounced reduction in the experimental group ($P < 0.05$). The BI scores increased in both groups ($P < 0.01$), with a greater improvement in the experimental group ($P < 0.05$). **Conclusion** SWE can quantitatively assess changes in muscle stiffness, providing an objective, non-invasive, and precise method for evaluating the therapeutic effect of acupuncture on post-stroke upper limb spasticity.

[**Key words**] shear wave elastography; post-stroke muscle spasticity; young's modulus; modified ashworth Scale; barthel index

脑卒中目前是全球第二大死亡和致残的原因^[1],肢体痉挛为脑卒中后常见的并发症。它被定义为一种运动障碍,其特征是速度依赖性的强直性牵张反射即肌张力的增加^[2],具有高发病率、高复发率、高致残率、高死亡率、高经济负担五大特点^[3]。临床上常用改良 Ashworth 量表对肌痉挛进行评估,但临床量表的评估存在主观性强、量化精度不足的局限性,难以精准定位并反映肌肉力学特性的动态变化^[4]。剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)作为一种无创技术,用于表征个体肌肉的应激反应和力学特性,可通过测量杨氏模量(young's modulus, E)和剪切波速度(shear wave velocity, Vs)实时定量监测肌肉硬度的变化,已被证实与 MAS 评分呈正相关,能客观评估痉挛肌肉的生物力学改变^[5,6]。目前,相关研究大多围绕 SWE 在康复训练或药物治疗领域的应用展开,而针对针刺疗法的定量评估却缺乏充分证据支持。针刺作为治疗脑卒中后肌痉挛的一种有效手段,其疗效评估至今仍主要依赖主观量表。因此,迫切需要客观化、量化的评估方法。有鉴于此,本研究基于 SWE 技术测定脑卒中后上肢肌肉群(肱肌、肱二头肌、肱桡肌)痉挛的生物力学参数,从而研究针刺治疗对脑卒中后上肢肌肉痉挛的肌肉结构和生物力学特征的影响,以便进一步探索构建客观的评估疗效体系。

1 资料与方法

1.1 一般资料 参考文献以肱二头肌杨氏模量 Emean 为主要疗效指标进行两样本率比较所需要的样本量估计,采用两样本均数比较公式 $n = \frac{2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \sigma^2}{\delta^2}$ 估算样本量。设定 $\alpha = 0.05, 1 - \beta = 0.80$,代入公式计算得每组需 44 例。考虑 20% 脱

落率,最终每组纳入 50 例,共 100 例。本研究前瞻性纳入 2024 年 4 月至 12 月期间,于黑龙江中医药大学附属第一医院针灸科收治的符合标准的 100 例脑卒中后上肢肌痉挛患者。其中男性 78 例(78%),女性 22 例(22%);年龄 40 ~ 80 岁,平均 (59 ± 11) 岁;疾病类型为脑梗死 58 例、脑出血 42 例。按随机数字表法分为对照组(50 例,口服药物治疗 + 蜡疗)和试验组(50 例,联合局部拮抗肌针刺法)。纳入标准:(1)符合脑卒中诊断标准,参考《中国脑卒中防治指导规范(2021 年版)》^[7]和《中风病诊断与疗效评定标准(试行)》^[8];(2)偏瘫侧上肢肌痉挛,用改良 Ashworth 量表测量为 1 ~ 3 级;(3)年龄为 18 ~ 80 岁,发病时间 1 ~ 12 个月;(4)患者有自主意识并愿意配合;(5)治疗前 3 个月内未服用影响肌张力药物;(6)患者知情同意。排除标准:(1)非脑血管意外因素所致肌张力障碍的患者;(2)病情不稳定或合并严重心、肺、肝、肾等重要脏器功能不全的患者;(3)存在意识障碍或认知功能障碍,无法配合完成治疗的患者;(4)上肢存在局部外伤史的患者;(5)伴有皮肤感染、出血倾向、凝血功能异常或传染性疾病的患者;(6)对针灸疗法存在禁忌证(如不能耐受针刺操作或有明确恐惧心理)的患者。符合上述任意 1 项标准者,均不纳入本研究。本研究已通过黑龙江中医药大学附属第一医院伦理委员会的审核批准(NO: HZYLLKY202400401)。

1.2 设备与方法

1.2.1 方法 采用 R 语言生成随机序列,按 1:1 比例分配至试验组和对照组,每组 50 例。对疗效评估人员实施盲法,即评估人员不参与分组及治疗过程。试验组与对照组均给予基础的内科治疗和常规康复治疗,疗程均为 4 周。基础的内科治疗为服用乙哌立松片(药品规格:50 mg/片),1 片/次,

3 次/日,饭后服用,疗程 4 周。常规康复治疗采取蜡疗的方法,将医用石蜡于 60~65℃融化,冷却至 50℃左右制成厚度为 2~4 cm 的蜡饼,贴附在患侧关节处,保温 30 min 后取下即可。每日 1 次,每周 6 次,共 4 周,为 1 个疗程。试验组的治疗方法在此基础上加入针刺治疗。采用改良 Ashworth 量表(modified ashworth scale, MAS)评估所有患者疗效及痉挛情况,Barthel 指数(barthel index, BI)评估治疗前后患者的日常生活能力的变化,采用 SWE 检查所有患者肌肉的杨氏模量平均值(mean young's modulus, Emean)和 Vs,统计分析所有患者治疗前、治疗后的 MAS 分级、BI 评分、Emean 和 Vs。

1.2.2 针刺治疗 取穴:肩髃、臂臑、臑会、天井、四渎、外关、阳溪、偏历,基于《针灸学》及临床经验,选取以上穴位缓解痉挛。操作时采取双手进针法,进针至肌肉层,注意避开走行的血管。采取透刺手法,肩髃向臂臑透刺 30~50 mm,臑会向天井透刺 30~50 mm,外关向四渎透刺 30~50 mm,偏历向阳溪透刺 10~20 mm^[9]。提插幅度 0.5~1.0 cm,捻转频率 60~80 次/min,以得气为度,留针 30 min。每天 1 次,每周 6 次,共 4 周,为 1 个疗程。

1.2.3 超声检查 采用法国声科 Aixplorer 型全数字化彩色多普勒超声诊断仪(supersonic imagine, aix-en provence),SL15-4 线阵探头,频率 4~15 MHz,具有剪切波弹性成像功能进行患侧上肢扫查。嘱患者取仰卧位,肩关节外展 45°,充分暴露患者的上臂和前臂,肘关节伸展角度为 180°。首先进行常规二维超声检查,横切面确认上肢肌肉(肱二头肌、肱肌、肱桡肌)位置,得到清晰的肌肉结构图后,启动弹性成像模式,检测范围为 16 mm×11 mm,待弹性区域稳定后加以冻结,采用定量分析系统 Q-BOX、直径 4 mm 圆形取样区,同一部位测量 3 次,取算术平均值,测得 Emean 和 Vs。

1.2.4 临床观察指标 (1) MAS 评分:采用改良 Ashworth 量表评估痉挛程度,具体分级标准如下:0 级为无肌张力增高;1 级表现为关节被动运动过程中,在活动范围末段(最后 50%)出现轻微阻力或卡滞现象;1+级为在关节活动范围前 50%内出现卡滞现象并伴随持续阻力;2 级为关节活动范围的大部分(>50%)呈现明显肌张力增高但仍可较容易完成被动活动;3 级为肌张力显著增高导致被动活动困难;4 级表现为受累关节完全僵硬^[10]。为

了统计分析的便捷性,将等级转换为连续分值:0 级=0 分,1 级=1 分,1+级=2 分,2 级=3 分,3 级=4 分,4 级=5 分。量表评估由两名经专业培训的康复医师独立完成,评估前通过一致性培训。(2) BI:评估日常生活活动能力,包括进食、床与轮椅转移、个人卫生、如厕、洗澡、步行、上下楼梯、穿衣、大便控制、小便控制等 10 项内容,总分 100 分^[11]。得分越高提示独立性越好。

1.3 统计学分析 数据需通过 Shapiro-Wilk 检验进行正态性检验评估。定量资料若呈正态分布,以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述,组内比较采用配对样本 *t* 检验,组间比较则采用独立样本 *t* 检验;若呈非正态分布,则以中位数(四分位数)表示,组内比较应用 Wilcoxon 符号秩检验,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数(百分比)呈现,并通过卡方检验(χ^2 检验)进行分析。当 *P* 值<0.05 时,判定差异具有统计学意义。上述统计方法的选择与描述参照医学统计学规范^[12]。

2 结果

2.1 一般资料比较 患者年龄、性别、病程及卒中类型比较,差异无统计学意义(*P*>0.05,表 1)。

表 1 纳入研究患者一般资料比较[$\bar{x} \pm s, n(\%)$]				
变量	试验组(<i>n</i> = 50)	对照组(<i>n</i> = 50)	<i>t</i> / χ^2/z	<i>P</i>
年龄/岁	58.9 ± 9.8	61.0 ± 11.8	-1.061	0.291
性别			0.233	0.629
男	40(80)	38(76)		
女	10(20)	12(24)		
病程/月	3.5(1.3~6.0)	2.5(1.0~5.8)	-0.556	0.578
卒中类型			0.164	0.685
缺血性	30(60)	28(56)		
出血性	20(40)	22(44)		

2.2 两组治疗前后 Emean 和 Vs 比较 两组组内对比,治疗后两组肱二头肌、肱肌、肱桡肌的 Emean 和 Vs 水平与治疗前相比均下降(*P*<0.01);组间比较显示,两组 Emean 和 Vs 基线值无统计学差异(*P*>0.05),治疗后试验组肱二头肌、肱肌的 Emean 和 Vs 降幅较对照组显著(*P*<0.05),肱桡肌的 Emean 和 Vs 改善幅度的组间差异无统计学意义(表 2、3)。

表 2 两组治疗前后 Emean 比较[$\bar{x} \pm s, M(P_{25}, P_{75})$]

Emean/Kpa	对照组($n=50$)	实验组($n=50$)	t/Z	P
肱二头肌				
基线值	74.58(54.81~93.13)	71.40(50.67~96.22)	-0.489	0.625
治疗后值	66.35 $\pm$ 23.18*	53.64 $\pm$ 19.25*	-2.713	0.008
肱肌				
基线值	69.98(53.90~89.53)	68.60(57.05~91.73)	0.329	0.742
治疗后值	60.71(51.91~77.15)*	51.18(34.51~66.52)*	-4.981	0.009
肱桡肌				
基线值	53.82(35.04~71.15)	49.12(37.05~70.49)	-0.403	0.687
治疗后值	45.82(31.41~64.20)*	38.27(29.48~54.12)*	-3.802	0.293

*:与基线值相比较, $P<0.001$ 。表 3 两组治疗前后 VS 比较[$\bar{x} \pm s, M(P_{25}, P_{75})$]

Vs/(m/s)	对照组($n=50$)	实验组($n=50$)	t/Z	P
肱二头肌				
基线值	5.0(4.4~5.5)	4.7(4.2~5.4)	-0.404	0.686
治疗后值	4.6 $\pm$ 0.7*	4.2 $\pm$ 0.7*	-2.78	0.006
肱肌				
基线值	4.9(4.2~5.4)	4.8(4.3~5.5)	-0.307	0.759
治疗后值	4.5(4.2~4.9)*	4.2(3.8~4.4)*	-5.543	0.001
肱桡肌				
基线值	4.1 $\pm$ 0.9	4.1 $\pm$ 0.9	-0.352	0.726
治疗后值	3.8(3.3~4.5)*	3.5(3.2~4.4)*	-3.809	0.331

*:与基线值相比较, $P<0.001$ 。

2.3 两组治疗前后临床观察指标比较 MAS 评分:组内比较,治疗后两组 MAS 评分与治疗前相比均下降($P<0.01$);组间比较,两组基线无差异($P>0.05$),治疗后与对照组相比,试验组改善显

著($P<0.05$,表 4)。BI 指数评分:组内比较,治疗后两组 BI 分数与治疗前相比均上升($P<0.01$);组间比较,两组基线无差异($P>0.05$),治疗后试验组改善幅度显著高于对照组($P<0.05$,表 4)。

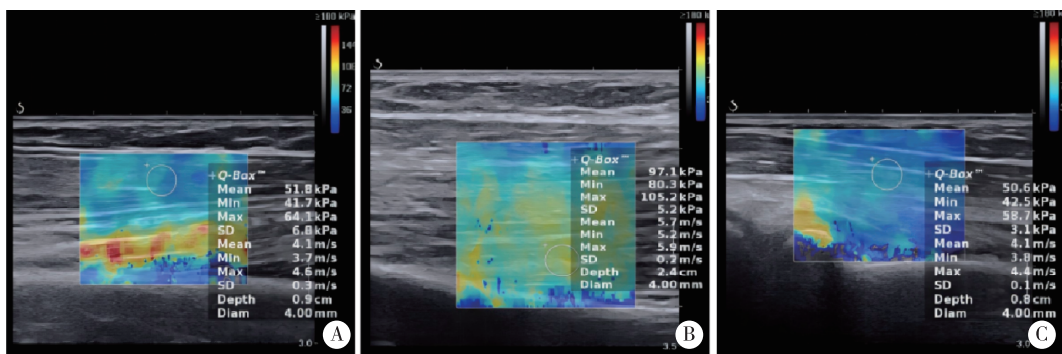
表 4 两组治疗前后临床指标比较[$M(P_{25}, P_{75})$]

指标	对照组($n=50$)	实验组($n=50$)	Z	P
MAS 评分/分				
基线值	3.0(2.0~4.0)	2.5(2.0~3.8)	1.034	0.301
治疗后值	2.0(2.0~3.0)*	1.0(1.0~2.8)*	-2.471	0.019
BI 指数				
基线值	52.5(30.0~68.8)	60.0(40.0~80.0)	1.563	0.118
治疗后值	60.0(45.0~76.5)*	75.0(51.3~90.0)*	-2.602	0.008

*:与基线值相比较, $P<0.001$ 。

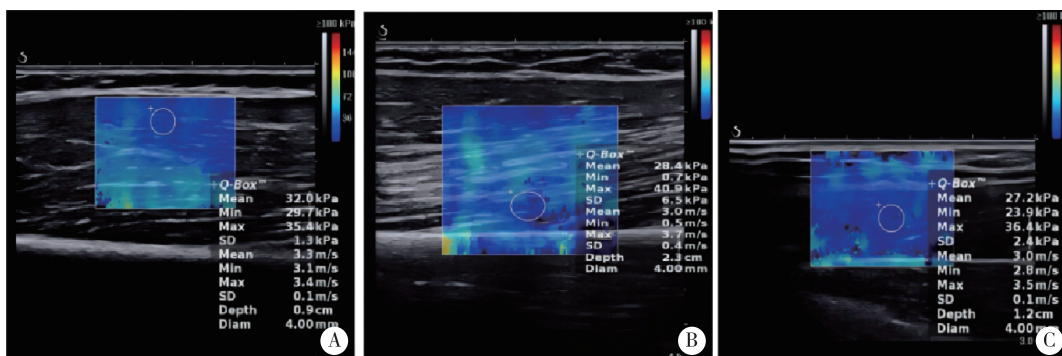
2.4 典型病例分析 选取 1 例 65 岁女性脑卒中后右上肢痉挛患者,病程 3 个月,MAS 评分为 2 级(被动活动时阻力明显,但关节可活动)。采用拮抗肌针刺治疗联合常规康复训练,治疗周期 4 周,治疗后 MAS 评分降至 1 级(被动活动时仅轻微阻力)。治疗前后分别行 SWE 检测患侧肱二

头肌、肱肌、肱桡肌 Emean 和 VS。治疗前肱二头肌 Emean 为 51.8 kPa、Vs 为 4.1 m/s,治疗后分别降至 32.0 kPa、3.3 m/s;肱肌 Emean 从 97.1 kPa 降至 28.4 kPa,Vs 从 5.7 m/s 降至 3.0 m/s;肱桡肌 Emean 从 50.6 kPa 降至 27.2 kPa,Vs 从 4.1 m/s 降至 3.0 m/s(图 1、2)。



A: 肱二头肌; B: 肱肌; C: 肱桡肌。

图1 试验组治疗前患侧 SWE 成像



A: 肱二头肌; B: 肱肌; C: 肱桡肌。

图2 试验组治疗后患侧 SWE 成像

3 讨论

肢体痉挛是脑卒中后上神经元的损伤所导致的常见后遗症。该病理状态源于脑卒中导致的上运动神经元损伤,破坏了中枢神经系统对脊髓反射弧的抑制调控,进而引发肌肉张力异常增高^[13]。目前临床评估仍以主观量表如改良 Ashworth 量表、Tardieu 量表为主,但可靠性受限,并且难以精准区分神经源性痉挛与软组织挛缩等生物力学因素的影响^[14]。这种评估手段的局限性推动了超声弹性成像等客观量化技术的临床应用探索。

SWE 通过超声探头发射声辐射力脉冲诱导组织产生横向剪切波,利用超高速成像捕捉剪切波速度(shear wave velocity, SWV),并基于 $E = 3\rho c^2$ (ρ 为组织密度, c 为剪切波速度)计算杨氏模量值,直接量化组织硬度^[15]。本研究创新性地将 SWE 技术引入针刺疗效评估体系, E 和 V_s 作为肌肉硬度的量化指标,突破了传统主观量表的评估瓶颈,为针刺干预脑卒中后上肢肌痉挛的疗效提供了可视化、可量化的客观证据链。

研究数据显示,试验组与对照组治疗后均呈现

显著的临床改善,两组受试者治疗后,患者 MAS 评分均显著降低, BI 指数显著升高,证实两种治疗方案均能有效缓解痉挛状态并改善功能活动。但组间比较表明,试验组治疗后 MAS 评分更低、BI 评分更高,且肱二头肌、肱肌的 E_{mean} 和 V_s 显著低于对照组,提示拮抗肌针刺联合常规治疗可增强疗效。对所有患者进行为期 6 个月的随访发现两组患者肱二头肌、肱肌、肱桡肌 E_{mean} 及 V_s 值均维持在治疗后水平,肌肉硬度改善效果稳定;试验组各指标仍优于对照组,提示治疗效果可长期维持。

本研究结果与杨凤秋等^[16]的研究均证实针刺对肱二头肌痉挛的改善作用,但存在显著差异,既往研究聚焦单肌群(肱二头肌)和单穴针刺,而本研究聚焦多肌肉群(肱二头肌、肱肌、肱桡肌)和拮抗肌针刺法。值得注意的是,本研究纳入了肱桡肌评估,但肱桡肌两组间 SWE 参数改善幅度的差异未达统计学意义。这可能与两组肱桡肌基线(49.12 kPa vs 53.82 kPa)接近 Coskun 等^[17]报道的健康人范围上限(48.75 kPa)有关,这提示受试者肱桡肌肌群功能状态相对稳定,干预后可塑性有限。另外,根据 Brunnstrom 分期阶段理论,脑卒中后上肢

肌痉挛呈现典型的屈肌协同模式,表现为屈肘-旋前-腕屈曲的刻板联动^[18]。肱二头肌、肱肌、肱桡肌皆为上肢屈肌,其中肱二头肌为肘的主要屈肘肌,肱肌为深层肘屈肌,与肱二头肌形成协同作用,肱桡肌为肘的辅助屈肌。而本研究针刺靶点为上肢屈肌拮抗肌,可能对该肌群的直接调控作用较弱。这一结果提示针刺疗效可能具有肌肉特异性。未来研究可进一步结合肌肉功能解剖与神经支配特点,优化针刺靶点的精准选择。

然而,本研究仍存在一些局限,如仅评估治疗前后的静态变化,未捕捉疗程中的动态波动,无法分析针刺效应的时间依赖性;此外,SWE 测量时易受肌肉收缩状态、操作者手法影响,本研究虽通过标准化操作流程降低误差,但无法完全排除个体差异。

综上所述,本研究证实,针刺治疗可显著降低脑卒中后上肢肌痉挛患者的肱二头肌、肱肌的肌肉硬度(表现为杨氏模量和剪切波速度显著下降),有效改善肌张力和日常生活能力(表现为 MAS 分级的下降和 BI 评分的升高),且疗效优于单纯常规治疗。SWE 技术能够通过定量测量肌肉硬度变化,客观反映针刺对痉挛肌肉生物力学特性的调节作用,弥补了传统主观量表的评估局限。该技术为脑卒中后肌痉挛的针刺疗效评估提供了无创、精准的量化方法,具有重要的临床应用价值。

[参考文献]

- [1] Murphy S J X, Werring D J. Stroke: causes and clinical features[J]. *Medicine*, 2020, 48(9): 561-566.
- [2] Smania N, Picelli A, Munari D, et al. Rehabilitation procedures in the management of spasticity[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2010, 46(3): 423-438.
- [3] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(10): 795-814.
- [4] 张心培, 刘楠, 周谋望. 肌张力评定方法的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(7): 873-880.
- [5] Zúñiga L D O, López C A G, González E R. Ultrasound elastography in the assessment of the stiffness of spastic muscles: a systematic review[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2021, 47(6): 1448-1464.
- [6] 李良芳, 朱俊志, 欧海宁, 等. 剪切波弹性成像超声在脑卒中偏瘫上肢痉挛定量评估中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(1): 75-78.
- [7] 国家卫生健康委脑卒中防治工程委员会. 中国脑卒中防治指导规范(2021 年版)[R]. 北京:国家卫生健康委办公厅,2021.
- [8] 国家中医药管理局脑病急症协作组. 中风病诊断与疗效评定标准[J]. *北京中医药大学学报*, 1996, 19(1): 55-56.
- [9] 刘悦, 苏美鑫, 刘雅玲. 针刺拮抗肌群对脑卒中后上肢痉挛的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 21(5): 579-582.
- [10] Bohannon R W, Smith M B. Interrater reliability of a modified ashworth scale of muscle spasticity[J]. *Phys Ther*, 1987, 67(2): 206-207.
- [11] 李奎成, 唐丹, 刘晓艳, 等. 国内 Barthel 指数和改良 Barthel 指数应用的回顾性研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2009, 24(8): 737-740.
- [12] 孙振球, 徐勇勇. 医学统计学[M]. 第 8 版. 北京:人民卫生出版社,2020: 45-78.
- [13] Sáinz-Pelayo M P, Albu S, Murillo N, et al. Spasticity in neurological pathologies. an update on the pathophysiological mechanisms, advances in diagnosis and treatment[J]. *Rev Neurol*, 2020, 70(12): 453-460.
- [14] 周吴, 王凤怡, 陈佳佳, 等. 脑卒中后肌痉挛评估方法概述[J]. *中国循证医学杂志*, 2024, 24(6): 739-744.
- [15] Liu J, Pan H, Bao Y, et al. The value of real-time shear wave elastography before and after rehabilitation of upper limb spasm in stroke patients[J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020: 6472456.
- [16] 杨凤秋, 王丹, 刘署鹏, 等. 剪切波弹性成像评估针刺穴位治疗脑卒中后肌痉挛的研究[J]. *影像研究与医学应用*, 2023, 7(18): 48-50.
- [17] Coskun M, Sendur H N, Cerit M N, et al. Assessment of forearm muscles with ultrasound shear wave elastography in patients with acromegaly[J]. *Pituitary*, 2023, 26(6): 716-724.
- [18] 毕胜, 许云影. 偏瘫上肢痉挛、联合反应与异常协同运动临床相关研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2008, 23(11): 1007-1009.

[收稿 2026-03-05;修回 2026-04-01]

(编辑:王福军)