

## 论著·临床研究

## 动态二维剪切波弹性成像量化脑卒中后手痉挛的临床研究\*

牟 杨<sup>1</sup>, 邓北强<sup>1</sup>, 张瑞涛<sup>2</sup>, 杨志文<sup>3△</sup>

(重庆大学附属涪陵医院:1. 康复医学科;2. 超声科;3. 急诊医学部, 重庆 408099)

**[摘要]** **目的** 研究动态二维剪切波弹性成像(2D-SWE)测量松弛角定量脑卒中患者指伸肌痉挛的可行性。**方法** 选取 2022 年 3 月至 2023 年 4 月该院收治的住院脑卒中后手痉挛患者 30 例作为研究组,选取 2023 年 1—4 月在该院体检中心进行体检的健康者 30 名作为对照组。应用 2D-SWE 测量松弛角,描记指伸肌关节角度-弹性模量曲线,评定改良阿什沃思量表(MAS),并检验松弛角与 MAS 的相关性。**结果** 松弛角与 MAS 明显相关,差异有统计学意义( $r_s = -0.876, P < 0.001$ );研究组患者弹性参数  $E_0$  [(10.15 ± 0.75) kPa]、指伸肌松弛角 [(-26.51 ± 4.87)°] 均明显小于对照组 [分别为 (11.94 ± 0.91) kPa、(-19.86 ± 3.77)°], 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。**结论** 2D-SWE 测量指伸肌松弛角可定量脑卒中后手痉挛程度。

**[关键词]** 脑卒中; 手痉挛; 二维剪切波弹性成像; 相关性研究

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-5519.2024.17.010 **中图法分类号:**R743.3;R442.6

**文章编号:**1009-5519(2024)17-2928-03

**文献标识码:**A

**Clinical study of dynamic two-dimensional shear wave elastography in quantifying hand spasm after stroke\***

MU Yang<sup>1</sup>, DENG Beiqiang<sup>1</sup>, ZHANG Ruitao<sup>2</sup>, YANG Zhiwen<sup>3△</sup>

(1. Department of Rehabilitation Medicine; 2. Department of Ultrasound; 3. Department of Emergency Medicine, Fuling Hospital Affiliated to Chongqing University, Chongqing 408099, China)

**[Abstract]** **Objective** To study the feasibility of dynamic two-dimensional shear wave elastography (2D-SWE) in measuring relaxation angle to quantify extensor digitorum spasm in stroke patients. **Methods** A total of 30 patients with hand spasm after stroke admitted to our hospital from March 2022 to April 2023 were selected as the study group, and 30 healthy people who underwent physical examination in our hospital from January to April 2023 were selected as the control group. The relaxation angle was measured by 2D-SWE, the joint angle-elastic modulus curve of extensor digitorum was recorded, the modified Ashworth scale (MAS) was evaluated, and the correlation between relaxation angle and MAS was tested. **Results** The relaxation angle was significantly correlated with MAS ( $r_s = -0.876, P < 0.001$ ). The elastic parameters  $E_0$  [(10.15 ± 0.75) kPa] and extensor relaxation angle [(-26.51 ± 4.87)°] in the study group were significantly lower than those in the control group [(11.94 ± 0.91) kPa, (-19.86 ± 3.77)°], the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** 2D-SWE measurement of extensor relaxation angle can quantify the degree of hand spasm after stroke.

**[Key words]** Stroke; Hand spasm; Two-dimensional shear wave elastography; Correlation research

脑卒中是我国国民死亡和致残的首位病因。肢体痉挛是目前脑卒中后临床常见且棘手的后遗症之一,发生率高达 60%。上肢痉挛发生率更是明显高于下肢,而日常生活中手更是承担着复杂、精细的动作,手功能障碍势必造成患者更大的心理压力和经济负担,因此,探究有效缓解脑卒中后手痉挛的治疗方法具有重要意义<sup>[1]</sup>。但由于缺乏手肌张力客观检测手段,限制了对脑卒中后手痉挛机制的研究。

新兴发展的超声弹性成像技术有望成为突破口,该项技术利用声音在体内传播的不同速度显示组织弹性特征,多用于肝脏、乳腺、前列腺、甲状腺等疾病的研究。近年来,被用于定量评价骨骼肌肌张力,但关于剪切模量与脑卒中后手痉挛患者改良阿什沃思量表(MAS)评估的相关性尚存在争议<sup>[2-5]</sup>。

肌张力是指被动拉长或牵拉肌肉时所遇到的阻力,是过度活跃的速度依赖性拉伸反射导致的僵硬增

\* 基金项目:2022 年度重庆市涪陵区科卫联合医学科研项目(KWLH027);重庆市区域医学重点学科项目(zdxk202110)。

作者简介:牟杨(1981—),博士研究生,副主任医师,主要从事神经康复和骨科康复的诊疗工作。△ 通信作者,E-mail:mu888yang@163.com。

加,且骨骼肌是一种活跃的可变形组织。因此,提出假设,动态二维剪切波弹性成像(2D-SWE)较静态 2D-SWE 测定对肌张力的评定可能更有意义。选择松弛角这一表征骨骼肌力学性能的关键参数验证这一假设。松弛角是指关节被动移动时肌肉被拉紧,剪切模量开始上升时的关节角度。本研究分析了松弛角与 MAS 的相关性,并探讨了松弛角对脑卒中后手痉挛程度进行定量评估的可行性,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

**1.1.1 研究对象** 选取 2022 年 3 月至 2023 年 4 月本院收治的住院脑卒中后手痉挛患者 30 例作为研究组,选取 2023 年 1—4 月于本院体检中心进行体检的健康者 30 名作为对照组。本研究获本院伦理委员会审批(2019CQSFLZXYEC-032)。

**1.1.2 纳入标准** (1)年龄 18~80 岁;(2)经头颅 CT 或磁共振成像检查证实符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》<sup>[6]</sup>、《中国脑出血诊治指南(2014)》<sup>[7]</sup> 的诊断标准;(3)首次脑卒中;(4)经 MAS 评定存在单侧上肢瘫痪伴手痉挛,病程小于或等于 6 个月;(5)生命体征平稳,无意识障碍、痴呆及失语症等,能配合指令完成治疗;(6)未使用肉毒毒素等其他任何降低肌张力药物 3 个月及以上。(7)无针刺禁忌证,如血液系统疾病等;(8)自愿参加本研究,并签署知情同意书。

**1.1.3 仪器** (1)西门子公司生产的 ACUSONS-3000 型号彩色多普勒超声诊断仪器,设置为骨骼肌肉模式,探头频率为 6~15 MHz,测量肌肉的弹性模量。(2)关节持续被动活动仪(CPM),购自浙江帝诺医疗科技有限公司,可带动肘关节被动匀速转动,角度及运行速度可调节。

### 1.2 方法

**1.2.1 MAS 评定** 由 2 名经验丰富且对 2D-SWE 值不知情的物理治疗师进行 MAS 评定,共同协商确定评定结果。MAS 等级:0 级为肌张力正常;1 级为肌张力略增加;1+级为肌张力轻度增加;2 级为肌张力较为明显增加;3 级为肌张力严重增高;4 级为强直。为便于数据的后续处理,将各等级顺序转化为 0~5 分。

**1.2.2 2D-SWE 测量** 在同一时间段(15:00—17:00)且进行 MAS 评定后 2 d 内进行 2D-SWE 测量。受试者取平卧位,肘关节伸展 $-10^{\circ}$ ,冷静状态,全身放松,无自主运动,肘关节伸肘 $-10^{\circ}$ 至屈肘 $145^{\circ}$ 等速运动通过 CPM 装置进行,角速度为 $2^{\circ}/s$ 。首先进行常规二维超声扫查,探头置于指伸肌肌腹位置,压力最小,模式设置为肌肉骨骼,Q-Box 为 $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ ,量程为 100 kPa,肌纤维均匀充填取样框,注

意避开肌肉筋膜及血管。启动 CPM,开启超声诊断仪动态视频采集,记录随肘关节运动时弹性图持续变化情况(约 30 s)。每个 SWE 测量重复 3 次,间隔 1 min。绘制关节角度-弹性模量曲线图(横坐标为关节角度,纵坐标为弹性模量值)。对侧指伸肌进行同样过程测量。

**1.2.3 一致性评估** 由 2 名经验丰富且对 MAS 评分不知情的超声医生分别对对照组研究对象检测 2 次,操作间隔期间不能进行力量训练。选取同一名超声医生不同时间点对同一受试者 2 次测量结果进行组内一致性评估,选取 2 名超声医生同一时间点对不同受试者 2 次测量结果进行组间一致性评估。

**1.3 统计学处理** 应用 SPSS20.0 统计软件进行数据分析,进行 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用  $t$  检验;不符合正态分布的计量资料以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,采用 spearman 检验;运用组内相关系数(ICC)法进行组内与组间一致性检验;采用 Pearson 相关系数进行双变量相关分析。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 一致性** 超声医生 A 测量的松弛角为 $(-23.48\pm 3.67)^{\circ}$ ,超声医生 B 测量的松弛角为 $(-23.32\pm 3.81)^{\circ}$ 。二者明显相关,差异有统计学意义( $r=0.992, P<0.001$ )。未考虑组间效应的 ICC 为 0.991,95%可信区间为 0.963~0.998;考虑组间效应的平均 ICC 为 0.995,95%可信区间为 0.981~0.999。2 名超声医生测量结果的一致性良好。

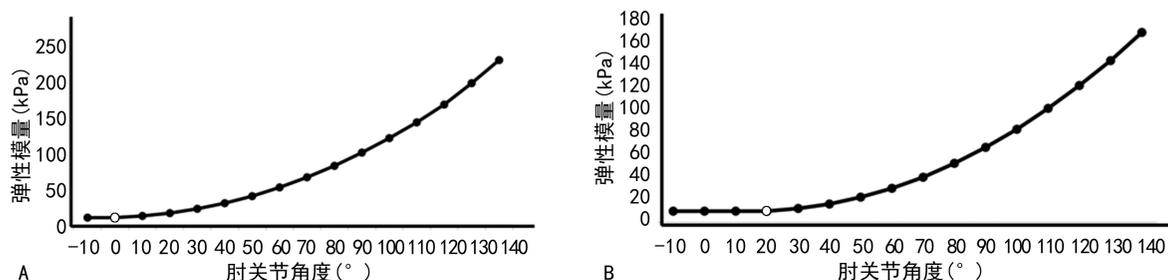
**2.2 松弛角与 MAS 评分的相关性** 研究组患者松弛角为 $(-26.51\pm 4.87)^{\circ}$ ,MAS 评分为 2.00(1.00, 3.00)。松弛角与 MAS 评分明显相关,差异有统计学意义( $r_s=-0.876, P<0.001$ )。

**2.3 2 组研究对象关节角度-弹性模量曲线特征比较** 2 组研究对象曲线特征类似。指伸肌处于松弛状态时曲线平直,随肘关节角度变化,指伸肌硬度未见明显变化,此时的弹性值即为  $E_0$ ;图 1 中圆圈处对应横坐标为松弛角,即指伸肌弹性值开始增加时对应的肘关节角度。松弛角度达到后指伸肌弹性值随肘关节角度变化而呈类指数增高。见图 1。研究组患者弹性参数  $E_0$ 、松弛角均明显小于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 1。

表 1 2 组研究对象肌肉弹性参数值比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	$n$	$E_0$ (kPa)	松弛角( $^{\circ}$ )
研究组	30	$10.15\pm 0.75$	$-26.51\pm 4.87$
对照组	30	$11.94\pm 0.91$	$-19.86\pm 3.77$
$t$	—	8.314	5.914
$P$	—	$<0.001$	$<0.001$

注:—表示无此项。



注: A. 脑卒中后手痉挛患者; B. 健康对照者; 圆圈处为松弛角, 肘关节负值表示伸展位, 0°为桡骨与肱骨呈 180°的状态。

图 1 关节角度-弹性模量曲线图

### 3 讨 论

本研究应用 2D-SWE 检测了脑卒中后手痉挛患者指伸肌的痉挛程度, 结果显示, 采用 3-SD 标准确定的松弛角的信度良好, 松弛角与 MAS 评分明显相关。

之前的一些研究并没有揭示肌肉剪切模量与临床肌张力评估的相关性<sup>[8-10]</sup>。其主要原因可能是剪切模量不能简单地解释为痉挛的严重程度, 而更适合被认为是估计生物组织硬度的一个参数。因此, 本研究用松弛角评估肌肉痉挛程度。另外, 骨骼肌的内在力学特性是个体特异性的, 这将是一个混杂因素<sup>[11]</sup>, 需要排除, 以区分痉挛和内在力学特性。脑卒中后双侧肌肉结构变化并不同步, 偏瘫侧痉挛肌肉较健侧肌肉更缺乏使用。据文献报道, 这些非神经因素对硬度的影响可能会随时间推移而增加<sup>[12]</sup>。因此, 本研究采取了一些预防措施弥补双侧肌肉之间结构变化的差异: (1)为减少废用的影响, 只招募了病程小于或等于 6 个月的脑卒中患者。实际上研究组中大多数患者病程不到 3 个月, 平均(75.25±30.37)d。(2)纳入患者一直在接受物理治疗, 以维持其功能活动。认为松弛角主要代表痉挛, 特别是在脑卒中康复的早期阶段。鉴于早期阶段是痉挛管理的时间窗, 因此, 使用松弛角量化痉挛的严重程度是有意义的。

本研究结果显示, 研究组患者 E<sub>0</sub> 明显小于对照组, 差异有统计学意义(P<0.05)。E<sub>0</sub> 是松弛角对应的弹性模量, 可间接反映肌肉抵抗形变的能力<sup>[13]</sup>, 肌肉纤维含量及脂肪浸润的程度是该值的主要决定因素。有研究发现, 在肌萎缩的初期肌肉脂肪浸润增加, 导致骨骼肌弹性模量值下降<sup>[14]</sup>, 随着肌萎缩进一步发展, 骨骼肌纤维数量减少, 萎缩甚至消失, 肌外膜等联结部分相对增多, 导致骨骼肌难以被拉伸<sup>[15]</sup>。本研究纳入的是短病程(≤6 个月)且一直在接受物理治疗的脑卒中后手痉挛患者, 即在已忽略脂肪损失的影响情况下, 研究组患者 E<sub>0</sub> 仍小于对照组, 可能提示脑卒中后轻度手痉挛患者可能已存在骨骼肌纤维含量减少。

综上所述, 动态 2D-SWE 能更全面评估骨骼肌基本生物力学性质, 将松弛角用于脑卒中后手痉挛患者肌肉状态的评估具有一定临床意义。但本研究也存在一定局限性: (1)参与者样本量有限。(2)只测量了指伸肌最厚的部分, 考虑到如检查时间过长患者可能

不能耐受, 故未检测包括指伸肌其他区域。对肘关节运动采用恒定速度运动, 但在较高的速度下被动阻力增加, 当被动肘关节背伸运动速度提高时力矩增大。因此, 速度的因素(即松弛角是否对较高速度的痉挛性更敏感)应在进一步的研究中进行探讨。

### 参考文献

- [1] 张伯煜, 郭玉成, 崔玉霞, 等. 急性缺血性卒中患者就医行为决策现状及影响因素研究进展[J]. 中国卒中杂志, 2022, 17(10): 1127-1132.
- [2] GAO J, CHEN J, O'DELL M, et al. Ultrasound strain imaging to assess the biceps brachii muscle in chronic poststroke spasticity[J]. J Ultrasound Med, 2018, 37(8): 2043-2052.
- [3] KRUSE A, SCHRANZ C, TILP M, et al. Muscle and tendon morphology alterations in children and adolescents with mild forms of spastic cerebral palsy[J]. BMC Pediatr, 2018, 18(1): 156.
- [4] MATHEVON L, MICHEL F, AUBRY S, et al. Two-dimensional and shear wave elastography ultrasound: A reliable method to analyse spastic muscles? [J]. Muscle Nerve, 2018, 57(2): 222-228.
- [5] CAENEN A, PERNOT M, NIGHTINGALE K R, et al. Assessing cardiac stiffness using ultrasound shear wave elastography[J]. Phys Med Biol, 2022, 67(2): 67-81.
- [6] 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. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018 [J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.
- [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. 中国脑出血诊治指南(2014) [J]. 中华神经科杂志, 2015, 48(6): 435-444.
- [8] GAO J, HE W, DU L J, et al. Quantitative ultrasound imaging to assess the biceps brachii muscle in chronic Post-Stroke spasticity: Preliminary observation[J]. Ultrasound Med Biol, 2018, 44(9): 1931-1940. (下转第 2935 页)