

论 著

(临床研究)

实时剪切波弹性成像定量评估脑卒中后上肢痉挛肌肉硬度的应用价值

高 慧, 许华宁, 吴意赞, 刘成勇, 徐道明, 张 芹, 陆 倩, 宋旭光

【摘要】 目的 探讨实时剪切波弹性成像技术(SWE)定量评估脑卒中后上肢痉挛肌肉硬度的应用价值。**方法** 选取 2018 年 5 月至 2019 年 12 月南京中医药大学附属医院针灸康复科脑卒中后偏瘫患者 30 例(脑卒中组)及同期健康志愿者 30 例(对照组),应用 SWE 获得 2 组双侧上肢肱二头肌及肱肌的杨氏模量。应用改良 Ashworth 量表(MAS)及改良 Tardieu 量表(MTS)获得脑卒中组患侧上肢肌张力评分。分析对照组中性别及优势手对肌肉杨氏模量的影响,比较脑卒中组患侧、健侧及对照组间肌肉杨氏模量差异,分析患侧肌肉杨氏模量与 MAS、MTS 量表评分、病程及 BMI 的相关性,并对 SWE 在上肢肌肉杨氏模量检测的可靠性进行评估。**结果** 对照组肱二头肌及肱肌杨氏模量在优势手与非优势手及性别间差异无统计学意义($P>0.05$)。脑卒中组患侧肱二头肌杨氏模量及肱肌杨氏模量分别为(42.98 ± 20.00)、(62.50 ± 39.30) kPa,健侧分别为(33.20 ± 9.30)、(50.75 ± 27.50) kPa,对照组分别为(35.68 ± 8.70)、(50.80 ± 14.20) kPa,患侧肱二头肌及肱肌杨氏模量明显高于健侧及对照组($P<0.01$),而健侧与对照组间差异无统计学意义($P>0.05$)。脑卒中组患侧肱二头肌杨氏模量与 MAS、MTX-X、MTX-Y 均呈正相关(分别 $r=0.520, P<0.05; r=0.664, P<0.01; r=0.477, P<0.05$),肱肌杨氏模量仅与 MTX-X 呈正相关($r=0.664, P<0.01$)。SWE 对于脑卒中组及对照组上肢肌肉硬度测量均具有良好的可靠性。**结论** SWE 可作为评估脑卒中后上肢肌肉痉挛的客观指标,但对不同肌肉具有差异性,SWE 对于肱二头肌痉挛的定量评估与临床评估具有较好的一致性。

【关键词】 剪切波弹性成像;脑卒中;痉挛;肌肉

【中图分类号】 R445.1;R743.3 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2020)06-0592-05

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2020.06.008

The study of quantitative evaluation of upper extremity spastic muscle stiffness in post-stroke using shear wave elastography

GAO Hui¹, XU Hua-ning¹, WU Yi-yun¹, LIU Cheng-yong², XU Dao-ming², ZHANG Qin¹, LU Qian¹, SONG Xu-guang¹

(1. Department of Ultrasound, 2. Department of Acupuncture Rehabilitation, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine, Nanjing 210029, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective To explore the value of shear wave elastography (SWE) in quantitative assessment of muscular stiffness of patient with upper extremity spasticity post-stroke. **Methods** 30 stroke patients (the stroke group) and 30 healthy volunteers (the control group) were selected to obtain the young's modulus of biceps brachii muscle and brachialis muscle both sides by using SWE, muscle tone scores of the affected side of the stroke group were obtained by using the modified Ashworth scale (MAS) and the modified Tardieu scale (MTS). The effects of gender and dominant hand on young's modulus of muscle in control group were analyzed.

基金项目:江苏省中医院院级课题专题研究项目(Y18023)

作者单位:210029 南京,南京中医药大学附属医院(江苏省中医院)

超声医学科(高 慧、许华宁、吴意赞、张 芹、陆 倩、宋旭光),针灸康复科(刘成勇、徐道明)

通信作者:许华宁, E-mail: schilatter@163.com

The differences of young's modulus of the affected side, unaffected side and control group were compared, and the correlation between young's modulus of the affected side and MAS, MTS scale score, disease course and BMI were analyzed. The reliability of SWE in young's modulus examination

of upper limb muscles was evaluated. **Results** There was no significant difference in the young's modulus of biceps and brachii muscles between dominant hand and non-dominant hand and gender in the control group ($P>0.05$). The young's modulus of the biceps brachii muscle and brachialis muscle of the stroke group were (42.98 ± 20) and (62.50 ± 39.3) kPa in the affected side, (33.2 ± 9.3) and (50.75 ± 27.5) kPa in the healthy side, and (35.68 ± 8.7) and (50.80 ± 14.2) kPa in the control group. The young's modulus of the biceps brachii muscle and brachialis muscle of the affected side of the stroke group was significantly higher than that of the unaffected side and the control group ($P<0.01$), but there was no statistical difference between the unaffected side and the control group ($P>0.05$). The young's modulus of the affected side biceps brachii muscle in the stroke group was positively correlated with MAS, MTX-X and MTX-Y ($r=0.520$, $P<0.05$; $r=0.664$, $P<0.01$; $r=0.477$, $P<0.05$). The brachialis young's modulus was only positively correlated with MTX-X ($r=0.664$, $P<0.01$). The intra-class correlation coefficients of intra-rater reliability for SWV measurements were classified as excellent. **Conclusion** SWE can be used as an objective indicator for quantitative assessment of changes in upper limb muscle stiffness after stroke. However, considering the differences between different muscles, SWE quantitative assessment of biceps brachii has a good consistency with the clinical assessment.

[Key words] shear wave elastography; stroke; spasticity; muscle

0 引言

脑卒中后肌痉挛是因牵张反射兴奋性增高所致的以速度依赖肌张力增高为特征的运动障碍,并伴有腱反射亢进。严重的肢体痉挛不仅影响患者功能的恢复,还可出现相关并发症如挛缩、疼痛、无力、步态异常等。因此对于痉挛程度的准确评估有助于病情的判断及康复方案的制定。肌肉硬度的改变是某些神经肌肉疾病重要的病理特征之一^[1]。剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)是能定量评价组织硬度的新技术,目前国内外已有报道应用 SWE 对上运动元损伤引起的肌痉挛进行初步评价^[2-4]。但对脑卒中后上肢肌痉挛的研究较少。上肢痉挛主要为屈肌痉挛,在上臂屈肌主要有肱二头肌及肱肌,目前研究多针对单一肌肉,但临床常用改良 Ashworth 量表(modified Ashworth scale, MAS)评估某一肌群的痉挛情况。本研究以肱二头肌及肱肌为靶肌肉,利用 SWE 观察脑卒中后肌肉硬度的变化及其与临床量表评分的相关性,探讨 SWE 在定量评估脑卒中后上肢肌痉挛的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集 2018 年 5 月至 2019 年 12 月南京中医药大学附属医院针灸康复科脑卒中后偏瘫患者 30 例。诊断符合四届全国脑血管病学术会议制定的诊断标准,并经 MRI 或 CT 证实。脑卒组纳入标准:①脑卒中患者影像学检查结果显示单侧梗死或出血灶,病程>3 个月;②健侧肌张力无改变;

③意识状态及认知功能良好,能配合检查分析。排除标准:①头颅 CT 或 MRI 提示双侧多发性病灶;②意识障碍、认知功能障碍不能配合研究;③双侧肢体肌张力均异常, MAS 评分>0 分;④出现肺部感染、压疮、泌尿系感染等其他脑血管病并发症;⑤肢体皮肤破损无法行肌肉超声检查;⑥上肢手术史;⑦近期上肢有外伤。⑧服用或注射过抗痉挛的药物。选取同期健康志愿者 30 例作为对照组。对照组纳入标准:年龄>20 岁,无脑卒中病史,无引起肌张力改变的其他病变,排查糖尿病、甲状腺功能亢进、甲状腺功能减退及合并其他脏器的严重疾病。本研究经医院伦理委员会审核批准(批准号:2018NL-020-02),所有受试者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 SWE 检测方法 嘱受检者仰卧位,全身放松状态,上肢放于身体两侧,肘关节完全伸展。肱二头肌选择肱骨中段处测量,肱肌选择其前方肱二头肌移行为肌腱处测量。二维模式下先纵切扫查肱二头肌长头及肱肌肌腹,观察肌肉的回声。待二维图像清晰稳定后开启 SWE 模式,检查深度设为 1.5~2.5 cm,方形感兴趣区大小为 10 mm×10 mm,圆形分析区域直径为 4 mm。系统自动获取定量分析系统 Q-BOX 区域内肌肉组织的杨氏模量值,对每位受试者均测量 3 次,取 3 次平均杨氏模量值的均值用于统计。

1.2.2 肌张力 MAS、改良 Tardieu 量表(modified Tardieu scale, MTS)临床量表评分 由高年资的针灸康复科医师采用 MAS、MTS 方法评价上臂屈肌肌张力。MAS 1 级为 1 分,1+级为 1.5 分,2、3、4 级分

别对应为 2、3、4 分。MTS 评分:肌肉反应质量的值 MTS(X):0 级在整个被动活动过程中都没有阻力,0 分;1 级在整个被动活动过程中都略有阻力,没有在某一个角度明显被抓住的情况,1 分;2 级在某一个角度明显被抓住,中断被动活动,然后松开,2 分;3 级在某一个角度有易疲劳的阵挛(保持压力的情况下持续不到 10s),3 分;4 级在某一个角度有不易疲劳的阵挛(保持压力的情况下持续超过 10s),4 分。MTS(Y):Taxdieu 量表按以下 2 种速度进行评定:V1:尽可能慢:即在这个速度测评肘关节被动活动范围;V3:尽可能快。Y 值即为 V1 和 V3 的角度差。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析,符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以中位数±四分位间距($M\pm Q$)表示,各组间比较采用独立样本 K-S 检验进行分析,相关性分析采用 spearman 检验,以 $P\leq 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般资料比较 脑卒中组年龄 39~77 岁,平均年龄(59.1 ± 16.1)岁,BMI(23.5 ± 2.4) kg/m^2 。对照组年龄 27~76 岁,平均年龄(58.4 ± 10.1)岁,BMI(23.1 ± 2.9) kg/m^2 。2 组年龄、BMI 差异无统计学意义($P>0.05$),但脑卒中组以男性为主,共 25 例(83.3%),对照组男性 15 例(50%)。2 组优势手均为右侧。脑卒中组脑梗死 19 例、脑出血 11 例,右侧偏瘫 17 例、左侧 13 例,病程约 3~108 个月,平均(19.52 ± 21)个月;MAS 量表评分 1 级 12 例,1+级 8 例,2 级 9 例,3 级 1 例;MTS-X 1 级 18 例,2 级 12 例;MTS-Y(16 ± 15)°。

2.2 对照组肱二头肌及肱肌杨氏模量性别间及优势手与非优势手之间比较 对照组肱二头肌及肱肌杨氏模量在优势手与非优势手、性别之间差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

2.3 对照组与脑卒中组健侧、患侧肱二头肌及肱肌杨氏模量比较 肱二头肌及肱肌杨氏模量在患侧、健侧及对照组之间总体差异有统计学意义(P 分别 $<0.001, 0.05$)。两两比较患侧肱二头肌及肱肌杨氏模量明显高于健侧及对照组,调整 $P<0.01$,而健侧与对照组之间差异无统计学意义(调整 P 分别为 0.072, 0.422),见表 2。

表 1 对照组肱二头肌及肱肌杨氏模量性别间及优势、非优势手之间比较($\bar{x}\pm s$, kPa)

项目	<i>n</i>	肱二头肌杨氏模量	肱肌杨氏模量
性别			
男性	30	35.09±5.48	55.91±14.90
女性	30	33.56±7.03	54.50±8.52
侧别			
优势手	30	37.76±10.23	55.45±10.65
非优势手	30	41.81±12.56	50.53±11.36

表 2 脑卒中组患侧、健侧及对照组肱二头肌及肱肌杨氏模量比较($M\pm Q$, kPa)

分组	<i>n</i>	肱二头肌杨氏模量	肱肌杨氏模量
对照组	60	35.68±8.70	50.50±14.20
脑卒中组			
健侧	30	33.20±9.30	50.75±27.50
患侧	30	42.98±20.00	62.50±39.30
H 值		19.683	8.123
P 值		0.000	0.017

2.4 脑卒中组患侧肱二头肌及肱肌杨氏模量与临床肌张力量表评分的相关性 脑卒中组患侧肱二头肌杨氏模量与 MAS、MTX-X、MTX-Y 均呈正相关($P<0.05$),而与病程、BMI 无相关性($P>0.05$)。脑卒中组患侧肱肌杨氏模量仅与 MTX-X 呈正相关($P<0.05$),见表 3。

表 3 脑卒中组患侧上肢肌肉杨氏模量与临床肌张力量表评分、BMI 及病程的相关性

项目	肱二头肌		肱肌	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
MAS	0.520	0.016	0.337	0.135
MTS-X	0.664	0.001	0.664	0.001
MTS-Y	0.477	0.033	0.112	0.637
BMI	0.286	0.209	0.585	0.150
病程	0.171	0.458	0.044	0.848

2.5 SWE 对上肢肌肉杨氏模量检测的可靠性 患侧肱二头肌、肱肌弹性值测量的组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC) 分别为 0.953 (95% CI: 0.913 ~ 0.977)、0.929 (95% CI: 0.864 ~ 0.967),健侧肱二头肌、肱肌检测 ICC 分别为 0.897 (95% CI: 0.813 ~ 0.948)、0.901 (95% CI: 0.792 ~ 0.954),对照组肱二头肌、肱肌 ICC 分别为 0.945 (95% CI: 0.895 ~ 0.974)、0.914 (95% CI: 0.839 ~ 0.959),SWE 对脑卒中组及对照组肱二头肌、肱肌弹性值测量均具有较高可靠性($P<0.001$)。

3 讨 论

脑卒中是我国成年人致死、致残的首要病因,每年新发病例约 240 万,其中 50%~70% 伴发肌痉挛,严重影响了患者生活质量^[5]。早期康复评定与治疗有助于患者运动能力的恢复^[6]。目前等速运动测试仪法可客观、定量地评定痉挛,但由于操作复杂和设备庞大,不适用临床。肌电图通过检查 F 波、H 反射、T 反射(腱反射)等神经电生理指标评估痉挛,尚没有统一规范。磁共振弹性成像花费高,耗时长也难以广泛推广。由于上述检查的局限性,目前临床上多采用 MAS 及 MTS 量表评定肌张力。该方法简单易行,但易受主观因素影响,且在进行量表评分时不能准确识别构成某一肌群具体相关肌肉的情况。而 SWE 因其提供生物力学特征,广泛应用在骨骼肌肉系统。肌肉硬度与主动或被动肌肉力量呈正相关,因此检测肌肉硬度变化可评估肌肉力量的改变。

本研究发现对照组肱二头肌及肱肌杨氏模量在优势手与非优势手,性别之间并无差异,而脑卒中患侧肌张力较健侧明显增高,但健侧与对照组间并无差异,这与国内外报道一致^[7-8]。由于中枢神经损伤,使相应脊髓节段 α 、 γ 运动神经元及中间神经元抑制减少,肌梭兴奋性增高,提高了 Ia 类传入神经的敏感性。当肌肉受到牵张时牵张反射范围扩大,反射增强,出现痉挛^[9],肌肉硬度增加,剪切波传播速度增快,杨氏模量增高。除此之外,神经损伤后肌肉自身结构发生变化,如肌肉胶原蛋白的增加,肌纤维的缩短及其周围细胞外基质的异常聚集,都可使肌肉的硬度增加^[10]。

进一步对患侧肌肉弹性值与临床量表评分进行相关性分析,发现肱二头肌杨氏模量与 MAS 及 MTS 量表均呈正相关,与 Wu 等^[11]研究结果一致。提示 SWE 对于卒中后肱二头肌的定量评估与临床肌张力评估有较好的一致性。但也有文献报道两者无相关性^[12-13],认为 MAS 检查者的经验,患侧肢体运动的速度,关节活动度以及反复的拉伸都是可能的影响因素。

不同于肱二头肌,肱肌虽然患侧杨氏模量较健侧亦明显增高,但与 MAS 及 MTS-Y 量表评分并无相关性,推测一方面与各肌肉牵拉后收缩程度不同及肌肉内筋膜与血管分布不同有关^[14]。另一方面

受神经影响,肌肉发生相应变化,而各个肌肉的变化具有差异性。Jakubowski 等^[15]发现脑卒中后下肢痉挛患肢各肌肉杨氏模量变化并不一致。本研究结果提示脑卒中后肱二头肌与肱肌弹性值虽然都增高,但伴随肌张力增高,肌肉硬度变化并不同。因此有必要对于同一肌群中单个肌肉分别进行量化评估,并且动态观察其变化,从而利于痉挛精准评估,有助于治疗方案的制定。目前超声对脑卒中后肱肌的研究多为形态改变,表现为羽状角增大,肌纤维缩短,而相关生物力学特征研究较少,该结果需后续研究来验证。

既往研究显示 SWE 对健康人肱二头肌测量具有较高的一致性^[16],本研究也证实这一点,并且对于卒中中组肱二头肌及肱肌同样具有较高的重复性。说明了该技术对肌肉硬度的测量具有较高的可靠性。

本研究尚具有一定局限性,样本量较少,并且肌张力以 MAS、MTS1-2 级的为主,尚不能明确 SWE 对 3 级以上肌张力检测的价值,并只对组内检查的一致性进行分析,未对检查者之间一致性分析,还有待将来进一步完善。

总之,SWE 操作性强,无创、重复性好,可对卒中后上肢肌痉挛进行定量评估,但是要考虑到各个肌肉之间差异,SWE 对于卒中后肱二头肌的定量评估与临床肌张力评估具有较好的一致性,可为临床康复方案的制定及疗效的评估提供客观、量化的依据。

【参考文献】

- [1] Barrett RS. What are the long-term consequences of botulinumtoxin injections in spastic cerebral palsy? [J] *Dev Med Child Neurol*, 2011, 53(6):485.
- [2] 傅 燕,田洪蕾,王 怡,等.声辐射力脉冲成像技术评估斜方肌筋膜疼痛综合征患者针灸疗效的临床价值[J]. *医学研究生学报*, 2017, 30(9):953-957.
- [3] Du LJ, He W, Cheng LG, et al. Ultrasound shear wave elastography in assessment of muscle stiffness in patients with Parkinson's disease: A primary observation [J]. *Clin Imaging*, 2016, 40(6):1075-1080.
- [4] Le SS, Gaebler-Spira D, Zhang LQ, et al. Use of shear wave ultrasound elastography to quantify muscle properties in cerebral palsy [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2016, 31:20-28.
- [5] 孙海欣,王文志.中国脑卒中患病率、发病率和死亡率调查结果发表[J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(5):337-337.

- [6] 周晓辉, 贾伟, 邱永斌, 等. 早期核心肌群训练对脑卒中患者躯干控制能力的影响[J]. 东南国防医药, 2015, 17(3): 269-271, 310.
- [7] 李良芳. 剪切波弹性成像超声评估肌肉硬度与肌张力分级的相关性研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2016.
- [8] 郭云怀, 马力, 李忠举, 等. 实时剪切波弹性成像技术评估脑卒中后下肢肌张力的研究[J]. 中国现代医学杂志, 2017, 27(24): 81-84.
- [9] 张艳宏, 刘保延, 赵宏, 等. 脑卒中痉挛性瘫痪特点及其评定进展[J]. 中国康复理论与实践, 2008, 14(2): 110-112.
- [10] Lieber RL, Ward SR. Cellular mechanisms of tissue fibrosis. 4. Structural and functional consequences of skeletal muscle fibrosis [J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2013, 305(3): C241-C252.
- [11] Wu CH, Ho YC, Hsiao MY, *et al.* Evaluation of Post-stroke Spastic Muscle Stiffness Using Shear Wave Ultrasound Elastography [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2017, 43(6): 1105-1111.
- [12] 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.
- [13] Leng Y, Wang Z, Bian R, *et al.* Alterations of Elastic Property of Spastic Muscle With Its Joint Resistance Evaluated From Shear Wave Elastography and Biomechanical Mode [J]. *Front Neurol*, 2019, 10: 736.
- [14] Chino K, Kawakami Y, Takahashi H. Tissue elasticity of in vivo skeletal muscles measured in the transverse and longitudinal planes using shear wave elastography [J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2017, 37(4): 394-399.
- [15] Jakubowski KL, Terman A, Santana RVC, *et al.* Passive material properties of stroke-impaired plantarflexor and dorsiflexor muscles [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2017, 49: 48-55.
- [16] Yoshitake Y, Takai Y, Kanehisa H, *et al.* Muscle shear modulus measured with ultrasound shear-wave elastography across a wide range of contraction intensity [J]. *Muscle Nerve*, 2014, 50(1): 103-113.

(收稿日期: 2020-04-07; 修回日期: 2020-06-22)

(责任编辑: 叶华珍; 英文编辑: 朱一超)