

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

李良芳¹ 朱俊志¹ 欧海宁^{2,4} 沈建红¹ 陈欣欣¹ 陈纳纳³

摘要

目的:应用剪切波弹性成像技术测定脑卒中后偏瘫上肢肘屈肌群痉挛患者肱二头肌、肱肌、肱桡肌的杨氏模量值,分析其与改良的 Ashworth 量表间的相关性,通过检查来确定肘关节屈曲痉挛起主要作用的肌肉,探讨剪切波弹性超声在确定痉挛程度的应用价值。

方法:选取 36 例脑卒中所致的单侧偏瘫并且肘屈肌痉挛患者(17 例女性和 19 例男性),应用剪切波弹性成像分别测定肘关节 90°屈曲位、180°拉伸位时患者患侧和健侧肢体肱二头肌、肱肌和肱桡肌的杨氏模量值,用三块肌肉的杨氏模量分别与改良 Ashworth 量表等级进行相关性分析。

结果:肘关节 180°拉伸位,患侧肱二头肌、肱肌、肱桡肌的杨氏模量值均大于健侧($P=0.024, P<0.001, P<0.001$),而且患侧和健侧的肱肌杨氏模量值高于同侧肱二头肌、肱桡肌(调整 $P<0.0167$),肱二头肌和肱桡肌之间无显著性差异。肘关节 180°拉伸位,改良 Ashworth 量表等级与患侧肌肉的杨氏模量呈正相关($r_s=0.453, P=0.005, r_s=0.794, P<0.001, r_s=0.698, P<0.001$)。

结论:肱二头肌、肱肌、肱桡肌对肘屈肌痉挛性改变的严重程度贡献程度不同。肱肌是痉挛程度最明显的肌肉,而肱二头肌和肱桡肌的痉挛程度相似。剪切波弹性超声可作为一种定量指标评估肌肉痉挛状态程度。

关键词 剪切波弹性超声;脑卒中;痉挛;偏瘫;评估

中图分类号:R743.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2022)-01-0075-04

脑卒中是我国长期致残的主要原因之一^[1]。痉挛状态是脑卒中后患者最常见的后遗症之一,肌张力增高明显可导致多种并发症和功能障碍。20 世纪 90 年代以来,A 型肉毒毒素(BTXA)注射一直是治疗痉挛的主要方法^[2],对注射 BTXA 治疗剂量分配和疗效的评定,临床上最常使用包括改良 Ashworth 量表(modified Ashworth scale, MAS)和改良 Tardieu 量表(modified Tardieu scale, MTS)^[3],但是这些量表在临床应用中受到评估者经验、主观个体差异和对量表标准理解等因素的影响^[4],难以准确量化每一块肌肉的痉挛程度,而准确量化的评估与痉挛状态的诊治密切相关,目前临床迫切需要寻找一种能准确量化评估痉挛状态的方法,从而确定肌群或肌肉的痉挛程度。弹性超声技术可以通过测量剪切波的传播速度来确定软组织的局部力学性能,通过系统的定量分析测量得出可反映组织弹性的数值——杨氏模量绝对值(kPa),使量化肌肉硬度成为可能^[5]。本研究的主要目的是以 MAS 为临床参考,通过剪切波弹性成像定量分析脑卒中后偏瘫上肢痉挛状态患者肱二头肌、肱肌和肱桡肌硬度的变化,以确定导致肘关节屈肌痉挛状态肌肉的痉挛程度。

1 资料与方法

1.1 研究对象

入选标准:①单侧脑出血或脑梗死所致的单侧肢体瘫痪;②上肢肌张力增高,用改良 Ashworth 量表评估肘屈肌痉挛为 1—3 级;③健侧无肌肉张力异常,肢体无运动或感觉障碍;④偏瘫侧上臂和前臂皮肤无感觉缺损;⑤签署知情同意书。

排除标准:①18 岁以下;②怀孕;③肘关节挛缩;④痉挛侧上肢手术史;⑤严重的心肺功能障碍。选取 2015—2017 年本院康复科门诊和针灸科住院且符合上述标准的 36 例脑卒中患者,本研究获本院医学伦理委员会批准,一般资料见表 1。

1.2 仪器与方法

1.2.1 剪切波弹性成像测量:使用法国 Aixplorer 型实时定量剪切波弹性成像超声诊断仪,L4—15 线阵探头,频率 4—15 MHz。检查时由一名康复医生负责摆放患者测量体位。受试者仰卧在检查床上,肩关节外展 45°,肘部放在检查床上,肘关节屈曲 90°,前臂中立位。首先进行常规二维超声检查,横切面查找痉挛肌肉,再转 90°沿肌束纵切面检查该痉挛肌群,见图 1。启动选择弹性成像模式(SWE),将感兴趣区

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.01.014

1 广东省中医院康复科,广州中医药大学第二附属医院,广州,510000; 2 广州医科大学第五附属医院康复科; 3 北京大学深圳医院;

4 通讯作者

第一作者简介:李良芳,女,硕士研究生,住院医师; 收稿日期:2020-08-19

表1 患者一般临床资料

指标	平均年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	性别[n(%)]		卒中病因[n(%)]		病程 ($\bar{x}\pm s$,月)	偏瘫侧[n(%)]		体质 指数	上肢Fugl- Meyer评分
		男	女	脑梗死	脑出血		右侧	左侧		
患者资料	57.83±15.34	19(52.8)	17(47.2)	24(66.7)	12(33.3)	27.87±32.27	15(41.7)	21(58.3)	23.72±3.3	17.35±16.79

统一设置成8mm×8mm大小。按肱二头肌、肱肌、肱桡肌顺序收集图像,首先让弹性成像窗口稳定5s后获得第1张弹性成像图像,第2和第3个弹性成像图像在3s和6s后分别被捕获,该肌肉的杨氏模量值为3次测量的平均值,之后由康复医生将肘关节拉伸至180°,前臂中立位,进行剪切波弹性成像测量,测量方法和顺序同前。肱二头肌定位:探头定位在肱二头肌腹中部。肱肌定位:超声探头沿肱二头肌纵轴定位在上臂远端1/3的肱二头肌上,肱二头肌下方为肱肌,肱肌下方为肱骨。肱桡肌定位:超声探头沿其纵轴定位于前臂桡侧近1/3水平,第一层肌肉为肱桡肌。

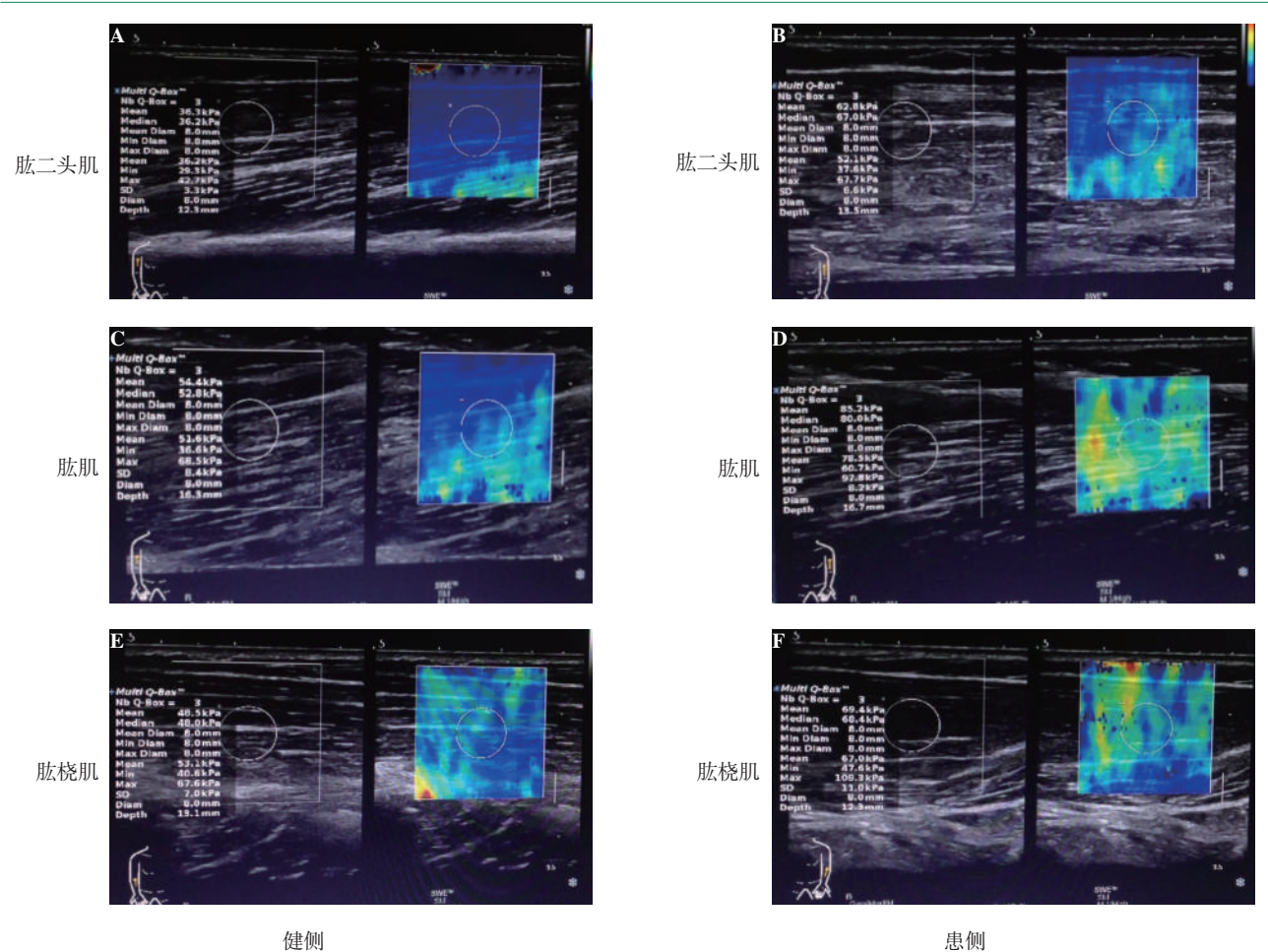
1.2.2 量表评估:所有脑卒中患者的MAS量表评估均由同一名熟悉掌握康复评定的医师执行。所有患者肌肉的剪切

波弹性成像操作均由同一位超声医生进行。

1.3 统计学分析

所有统计分析均采用SPSS 20.0进行。计量资料以中位数(四分位间距)或平均值(标准差)表示,分类变量以数字和百分比表示。用Wilcoxon秩和检验比较患侧和健侧的杨氏模量。采用Spearman相关系数分析肘关节屈曲90°和180°时各肌肉的杨氏模量与MAS的相关性。 $P<0.05$ 认为差异有显著性意义。Kruskal-Wallis检验用于比较肱二头肌、肱肌、肱桡肌之间的杨氏模量值,由于本研究共有三项肌肉指标(肱二头肌、肱肌、肱桡肌),在进行多次测试时,采用Bonferroni-Holm调整 P 值,以减少I型错误^[6],因此被认为有意义的最大 P 值为0.01667(0.05/3)。

图1 同一患者健侧和患侧180°拉伸位肱二头肌、肱肌、肱桡肌的剪切波弹性超声杨氏模量值



2 结果

2.1 患侧和健侧肌肉的杨氏模量值比较

在我们的研究中,36例参与者(女性17例和男性19例)因单侧脑卒中后而出现单侧偏瘫和肘关节屈肌痉挛。分析结果提示,肘关节屈曲90°时,患侧和健侧的杨氏模量之间无显著性差异(肱二头肌: $P=0.237$;肱桡肌: $P=0.244$)。健侧的肱肌的杨氏模量甚至高于患侧($P=0.001$)。而且肘关节屈曲90°时,患侧肘屈肌中的肱二头肌、肱肌、肱桡肌之间的杨氏模量值无显著性差异($P=0.136$)。主要观察指标:肘关节伸

直180°情况下,患侧肱二头肌、肱肌、肱桡肌杨氏模量值高于健侧(肱二头肌: $P=0.024$;肱肌: $P<0.001$;肱桡肌: $P<0.001$)。患侧和健侧的肱肌杨氏模量值均大于同侧的肱二头肌和肱桡肌(患侧 $P=0.003$,健侧 $P<0.001$),见表2。

2.2 患侧杨氏模量值与MAS相关性

肘关节伸直180°时,肱二头肌、肱肌、肱桡肌的杨氏弹性模量值与MAS呈正相关(肱二头肌:0.453, $P=0.005$;肱肌:0.794, $P<0.001$;肱桡肌:0.698, $P<0.001$),见表3。

表2 患侧和健侧肌肉的杨氏模量值比较

		患侧		健侧		P值
		平均值±标准差	中位数±四分位间距	平均值±标准差	中位数±四分位间距	
90°	Bic	13.07±6.33	10.95(8.77-15.9)	14.44±6.31	11.95(9.7-16.2)	0.237
	Bra	12.73±4.24	11.35(10.08-13.7)	17.15±6.25	15.92(12.18-21.2) ^②	0.001
	BR	10.58±3.25	10.4(8.13-13.18)	12.09±3.97	11.3(9.18-13.8)	0.244
	H值		3.99		13.81	
	P值		0.136		0.001 [*]	
180°	Bic	70.15±56.29	53.1(31.68-83.75)	41.84±19.24	35.5(30.25-51.65)	0.024 ^③
	Bra	110.91±66.33	90.45(68.4-160.95) ^{①②}	52.35±17.48	47.1(40.88-57.6) ^{①②}	0.000 ^③
	BR	79.13±59.67	62.35(35.53-95.1)	35.35±12.18	33.85(29.28-39.35)	0.000 ^③
	H值		11.62		22.59	
	P值		0.003 ^③		0.000	

注:Bic:肱二头肌; Bra:肱肌; BR:肱桡肌。①与肱二头肌相比,肱肌杨氏模量值大于肱二头肌(调整后 $P<0.0167$);②与肱桡肌相比,肱肌杨氏模量值大于肱桡肌(调整后 $P<0.0167$);③ $P<0.05$ 。

表3 患侧的肱二头肌、肱肌、肱桡肌杨氏模量值与MAS的相关性

($\bar{x}\pm s$, kPa)

MAS	N	Bic		Bra		BR	
		90°	180°	90°	180°	90°	180°
1	7	9.25±1.68	29.27±6.71	10.44±2.53	43.54±20.77	8.67±3.09	28.94±11.69
1 ⁺	12	14.13±5.78	67.76±36.95	12.02±2.09	87.08±35.58	10.61±2.89	64.44±42.20
2	14	13.39±7.75	78.16±58.21	14.10±5.65	141.06±59.21	11.60±2.18	95.28±50.92
3	3	16.20±6.72	137.8±112.2	14.50±4.24	222.73±39.31	10.13±4.92	179.67±90.32
H值		5.409	10.542	2.910	22.301	4.097	17.843
P值		0.144	0.014 ^①	0.406	0.000 ^①	0.251	0.000 ^①
SPCC(r_s)			0.453		0.794		0.698
P值			0.005 ^①		0.000 ^①		0.000 ^①

注:Bic:肱二头肌; Bra:肱肌; BR:肱桡肌MAS:改良Ashworth量表; SPCC: Spearman相关系数,① $P<0.05$

3 讨论

本研究首次将屈肘肌群里面的三块主要肌肉单独拿出来进行超声弹性评估。通过研究,我们发现,肘关节屈曲90°时,患侧和健侧肌肉的硬度无差异,患侧的肱二头肌、肱肌、肱桡肌的肌肉硬度也无显著性差异,健侧的肱肌硬度甚至高于患侧。肘关节伸直180°情况下,患侧肱二头肌、肱肌、肱桡肌硬度高于健侧,患侧和健侧的肱肌硬度均大于同侧的肱二头肌和肱桡肌,患侧肱二头肌、肱肌、肱桡肌的硬度与MAS呈正相关。

剪切波弹性成像超声(shear wave elastography, SWE)是采用探头发射安全的声辐射脉冲控制技术,在组织不同深度连续聚焦,产生MachCone效应,被聚焦部位组织粒子高效的振动产生剪切波,由于剪切波是横波,在生物体内传播速

度为1—10m/s,故可利用20000帧/s的超快速成像系统捕获、追踪剪切波得到实时的弹性成像图。获取组织的剪切波传播速度即得到杨氏模量,杨氏模量值越大,说明剪切波速度越大,组织的硬度越大。

肌痉挛是卒中后患者最常见的后遗症之一,脑卒中后肢体痉挛的发生率在65%—80%,只有大概5%的脑卒中后患者偏瘫侧痉挛手能够重新获得功能^[3]。目前对痉挛的治疗方法有限,肉毒毒素治疗是治疗痉挛最主要的方法之一,对注射BTXA治疗剂量分配和效果的评定主要靠MAS或MTS等康复评定指标和触摸肌肉的硬度作为评价手段。肌张力的增高不但涉及屈伸肢体所感到的阻力,还来源于组织的物理特征、肌肉或结缔组织内部的弹性。临床上常用的徒手评

估量表如MAS评分是以牵伸某一关节来评估该肌群的痉挛程度,并不能准确分辨构成该肌群相关肌肉的痉挛程度。因此本研究应用剪切波弹性成像超声测量在90°屈曲和被动拉伸至180°情况下肱二头肌、肱肌、肱桡肌的杨氏模量值,并分析肌肉杨氏模量与MAS之间的关系,探讨同一功能的痉挛肌群里几块不同肌肉在同一牵伸角度下肌肉硬度的变化情况,为临床量化痉挛提供一种无创、客观的测量方法,指导临床诊治。

本研究结果提示无论是健侧或患侧的肌肉从90°屈曲位被动拉伸至180°时,肌肉的硬度均产生明显的变化,这一研究结果与Bouillard等^[8]研究结果一致,表明剪切波弹性成像测量的弹性模量与等长收缩和被动拉伸时的肌肉应力有关。肌纤维本身有初始长度,肘关节屈曲90°时,患肌和健侧肌肉的肌纤维长度与初始长度相比可能无明显差异,所以在本研究中肘关节屈曲90°时患侧的肌肉硬度与健侧对比并无显著性差异。但是肘关节被动拉伸至180°时,肌纤维长度与初始长度相比发生明显变化,处于痉挛状态的肌纤维张力变化更加明显,所以患侧肱二头肌、肱肌、肱桡肌的肌肉硬度均较健侧的肌肉硬度高。Lee ss^[9]使用剪切波弹性成像测试肌肉硬度发现脑瘫患者中受影响较大的肢体肌肉与受影响较小的肢体肌肉具有不同的硬度,受影响较大的肢体肌肉硬度增加更明显,而受影响较大的肢体的剪切波速度随着肌肉长度增加而增大。Chino和蒋明霞等^[10-11]研究利用超声剪切波弹性成像对脑卒中患侧腓肠肌硬度变化的评估,研究结果表明杨氏模量在休息位和背屈位均高于健侧及健康组的杨氏模量。Wu Ch^[12]利用弹性超声测量90°和0°屈曲下肱二头肌的横波速度,结果提示偏瘫侧肌肉的横波传播速度均大于非偏瘫侧。本研究得到的结果中表明肘关节90°屈曲时患侧的肱二头肌、肱肌、肱桡肌杨氏模量与健侧对比并无显著性差异,而且与MAS量表相关性分析中也并未得出一致结果,与既往研究结果不同^[7,13],可能与本研究把肘关节屈曲90°作为原始摆放体位有关。

在杨氏模量值与MAS量表的相关性分析结果中:肘关节180°拉伸位,肱二头肌的杨氏模量值与MAS相关系数为0.453,呈弱相关。肱肌与MAS相关系数为0.794,呈强相关,肱桡肌与MAS相关系数为0.698,呈中等相关。这一研究结果提示偏瘫侧痉挛肌肉在拉伸的情况下硬度变化程度跟MAS量表评分基本一致,但是不同的肌肉硬度不一致。在被动拉伸至180°过程中,肱肌硬度变化较肱二头肌、肱桡肌明显,而肱二头肌与MAS量表相关性最弱,因此本研究认为痉挛肘关节在被动牵伸过程中产生阻力的主要肌肉是肱肌,与Genet和İlker^[14-15]研究结果一致。剪切波弹性超声对脑卒中后痉挛肌肉硬度的测量结果提示了在被动牵伸过程中偏瘫侧痉挛肌肉某些成分发生了特异性的变化导致肌肉纤维的硬度增高,至于这种肌肉硬度增高的机制与健康肌肉被拉伸时硬度增高的机制存在何种差异需要进一步研究。

由于本研究样本数量较少,检验效能不足。另外在体位摆放时没有充分考虑三块肌肉激活或者抑制的情况,在后续的研究中计划扩大样本量进一步探索不同体位下相应肌肉的激活或抑制对剪切波弹性超声评估脑卒中后肌肉痉挛状态程度是否有影响。综上所述,建议将剪切波弹性超声作为一种评估方法用于脑卒中后肌肉痉挛状态程度的量化评估。

参考文献

- [1] Liu L, Wang D, Wong KSL, et al. Stroke and stroke care in China[J]. Stroke, 2011, 42:3651—3654.
- [2] Simon O, Yelnik AP. Managing spasticity with drugs[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2010, 46:401—410.
- [3] Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity[J]. Phys Ther, 1987, 67:206—207.
- [4] Mehrholz J, Wagner K, Meissner D, et al. Reliability of the modified Tardieu scale and the modified Ashworth scale in adult patients with severe brain injury: a comparison study[J]. Clin Rehabil, 2005, 19:751—759.
- [5] 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, 40:1075—1080.
- [6] Holm SA. Simple sequentially rejective multiple test procedure[J]. Scand J Stat, 1979, 6:65—70.
- [7] Wade DT, Collen FM, Robb GF, et al. Physiotherapy intervention late after stroke and mobility[J]. BMJ, 1992, 304(6827):609—613.
- [8] Bouillard K, Hug F, Guével A, et al. Shear elastic modulus can be used to estimate an index of individual muscle force during a submaximal isometric fatiguing contraction[J]. J Appl Physiol, 2012, 113(9):1353—1361.
- [9] Lee SS, Gaebler-Spira D, Zhang LQ, et al. Use of shear wave ultrasound elastography to quantify muscle properties in cerebral palsy[J]. Clinical Biomechanics, 2016, 31:20—28.
- [10] Chino K, Takahashi H. Measurement of gastrocnemius muscle elasticity by shear wave elastography: association with passive ankle joint stiffness and sex differences[J]. Eur J Appl Physiol, 2016, 116(4):823—830.
- [11] 蒋明霞,陈轩静,胡锦荣,等. 超声剪切波弹性成像对脑卒中患者腓肠肌硬度变化的定量评估[J]. 数理医药学杂志, 2019, 9(32):1283—1285.
- [12] 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.
- [13] Gao J, He W, Du LJ, 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.
- [14] Genet F, Schnitzler A, Droz-Bartholet F, et al. Successive motor nerve blocks to identify the muscles causing a spasticity pattern: example of the arm flexion pattern[J]. J Anat, 2017, 230:106—116.
- [15] İlker Şengül, Ayhan Aşkın, Korhan Bayram, et al. Assessment of post-stroke elbow flexor spasticity in different forearm positions[J]. Somatosensory & Motor Research, 2018, 35(3):218—222.