

论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.22.010

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20231109.1623.002\(2023-11-10\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20231109.1623.002(2023-11-10))

剪切波弹性成像技术评估卒中伴发上肢肌痉挛患者 屈肌肌群硬度变化的应用价值*

杨倩玫¹, 蒋 瑶¹, 范正鹏², 赵 蓉^{1△}

(重庆市中医院:1. 超声科;2. 针灸科, 重庆 400021)

[摘要] **目的** 探讨剪切波弹性成像(SWE)技术评估卒中伴发上肢肌痉挛患者屈肌肌群硬度变化的应用价值。**方法** 选取 42 例卒中伴发单侧上肢肌痉挛患者为研究对象,对患侧和健侧上肢肱二头肌(BBM)、肱桡肌(BRM)、桡侧腕屈肌(FCR)、尺侧腕屈肌(FCU)行 SWE 检查并记录杨氏模量值,分析杨氏模量值与改良 Ashworth 量表(MAS)评分和简化 Fugl-Meyer 运动功能评定表(FMA)评分之间的相关性,比较健侧和患侧杨氏模量值的差异。**结果** 拉伸位患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 的杨氏模量值与 FMA 评分无相关性($P > 0.05$),与 MAS 评分呈正相关($P < 0.05$)。放松位患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 的杨氏模量值明显高于健侧($P < 0.05$)。拉伸位患侧和健侧 BBM、BRM、FCR、FCU 的杨氏模量值均较放松位明显增高($P < 0.05$);患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 被动拉伸前后杨氏模量值差值比健侧大($P < 0.05$)。**结论** SWE 可以评估卒中伴发上肢肌痉挛患者屈肌肌群硬度的变化。

[关键词] 剪切波弹性成像;脑卒中;上肢屈肌;肌痉挛**[中图法分类号]** R445.1**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2023)22-3425-04

Application value of shear wave ultrasound elastographic technology for evaluating hardness change of upper limb spastic muscle group in patients with stroke*

YANG Qianmei¹, JIANG Yao¹, FAN Zhengpeng², ZHAO Rong^{1△}

(1. Department of Ultrasound; 2. Department of Acupuncture and Moxibustion, Chongqing Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing 400021, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the application value of shear wave ultrasound elastography (SWE) technology for evaluating the hardness of upper limb spastic muscle group in the patients with stroke. **Methods** Forty-two patients with stroke complicating unilateral upper limb muscle spasm were selected as the study subjects. The biceps brachii muscle (BBM), brachioradialis (BRM), flexor carpi radialis muscle (FCR) and flexor carpi ulnaris muscle (FCU) in the affected side and healthy side conducted the SWE examination and the Young modulus values were recorded. The correlation between the Young modulus values with the modified Ashworth scale(MAS) score and the simplified Fugl-Meyer Motor Function Rating Scale(FMA) score was analyzed. The difference in the Young modulus values were compared between the healthy side and affected side. **Results** In the tensional positions, the Young's modulus value of BBM, BRM, FCR and FCU in the affected side had no correlation with the FMA score ($P < 0.05$), but had the positive correlation with the FMA score ($P > 0.05$). In the relaxed position, the Young's modulus value of BBM, BRM, FCR and FCU in the affected side were significantly higher than those in the healthy side ($P < 0.05$). The Young's modulus values of BBM, BRM, FCR and FCU in the stretching position in the affected side and healthy side were significantly increased compared with those in the relaxed position. The difference value of the Young modulus values of BBM, BRM, FCR and FCU in the affected side between before and after the passive stretching was greater than that in the healthy side ($P < 0.05$). **Conclusion** SWE could evaluate the hardness change of upper limb flexor muscle group in the patients with stroke.

[Key words] shear wave elastography; stroke; upper limb flexor muscle; myospasm

* 基金项目:重庆市科卫联合中医药技术创新与应用发展项目(2020ZY023791)。 作者简介:杨倩玫(1985-),副主任医师,硕士,主要

从事浅表超声诊断研究。 △ 通信作者:E-mail:29157628@qq.com。

卒中是多种原因导致脑血管受损,引起脑组织损伤的一组疾病,包括缺血性卒中和出血性卒中,严重者可引起死亡。卒中幸存者后遗症比较严重,75%的患者不同程度地丧失劳动能力,卒中后痉挛(post-stroke spasticity, PSS)是致残的主要因素,严重影响患者的生活质量。在抗痉挛治疗过程中,怎样客观准确地评价痉挛肌肉的肌张力,对于定量评估康复治疗效果及指导下一步的治疗方案具有重要意义。目前临床上常用改良 Ashworth 量表(MAS)和简化 Fugl-Meyer 运动功能评定表(FMA)评价肌痉挛程度,但受评估者经验的影响较大,缺乏客观定量的评价指标,不能满足现代康复医学精准康复的需求。剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)是一种评价组织器官硬度的新技术,该技术通过测量机械源产生的局部横波的速度可以计算出组织的弹性值——杨氏模量值^[1],组织硬度增加,杨氏模量值随之增加,因此 SWE 技术可用于定量评价肌肉的力学特征^[2-3],为临床康复治疗肌肉功能的恢复提供依据^[4]。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2022 年 1—12 月于本院针灸科住院的卒中伴发单侧上肢肌痉挛患者 42 例,其中男 27 例,女 15 例,年龄(64.23±8.57)岁,病程(7.05±1.76)个月;左侧上肢痉挛 28 例,右侧上肢痉挛 14 例;脑梗死 26 例,脑出血 16 例。纳入标准:(1)年龄 18~80 岁;(2)首次发病,病程在 12 个月内,病情稳定,可以耐受康复治疗;(3)符合 2010 年中华医学会神经病学分会制订的《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》^[5]中脑梗死和脑出血的诊断标准;(4)影像学检查结果提示一侧有脑出血或脑梗死病灶;(5)MAS 分级 1~4 级,上肢肌张力增高;(6)意识状态良好,能配合相关检查并签署知情同意书;(7)健侧上肢无运动障碍,无急慢性炎症病史。排除标准:(1)精神疾病或严重的认知障碍,不能配合检查;(2)局部肌肉注射肉毒素;(3)上肢局部有外伤或上肢有骨折;(4)既往有严重心、肺、肝、肾的慢性疾病;(5)关节或肌肉有严重疾病;(6)肿瘤和妊娠。本研究经医院医学伦理委员会批准(2022-KY-KS-ZR),患者及家属知情同意。

1.2 方法

采用声科 Aixplorer 声红的 L4-15 超宽频带探头,频率 4~15 MHz。患者取仰卧位,肩关节外展 30°,前臂中立,肘关节处于自然屈曲状态(放松位)。行二维超声分别扫查肱二头肌(biceps brachii muscle, BBM)、肱桡肌(brachioradialis muscle, BRM)、桡侧腕屈肌(flexor carpi radialis muscle, FCR)、尺侧腕屈肌(flexor carpi ulnaris muscle, FCU),局部厚涂超

声耦合剂,先横切面定位需要扫查的肌肉,再将探头旋转 90°沿肌束方向纵切面扫查,探头以最小压力垂直放置于肌肉平面,调节增益至最佳图像状态,根据肌肉厚度调节深度 3~4 cm,启动弹性成像模式,选取感兴趣区距离皮肤表面 0.5~1.0 cm,将该区域设置成 5 mm×5 mm,各测量 3 次,取平均值。由康复师在患者能忍受的范围内,被动牵拉腕关节背伸至最大活动度,肩关节外展至最大活动度,肘关节伸直呈 180°(拉伸位),在拉伸位状态下,取上述各肌肉的长轴位分别测量 3 次,取平均值。设置杨氏模量量程为 0~460 kPa,系统自动计算出 Q-box 区域内肌肉组织的所有杨氏模量值。测量 BBM 时取上臂 1/2 前侧,BRM 取前臂中上 1/3 桡侧,FCR 取前臂掌侧中上 1/3 尺侧,FCU 取前臂掌侧中上 1/3 略偏尺侧。超声检查由同 1 名经过肌骨超声培训的高年资超声医师完成,先检查健侧,再检查患侧。

对患侧肢体进行 MAS 评分和 FMA 评分,由同 1 名熟练掌握康复评估方式的高年资康复师评估。MAS 评分以患者的身体综合运动功能和肌张力为评估对象,主要用于评估患者的功能活动能力;MAS 分级为 1、1⁺、2、3、4 级,依次记 1~5 分。行 MAS 评分时,测量者将患者肢体从最大屈曲位伸直至最大伸直位,直至感觉到软组织抵抗。FMA 包含关节活动度、感觉、疼痛、反射、动作协调、速度及平衡等 10 个大项,33 个小项,每项 0~2 分,总分 66 分,分数越高,代表肢体运动功能越好。

1.3 统计学处理

采用 SPSS22.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 *t* 检验;相关性分析采用 Spearman 相关性分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 拉伸位患侧上肢屈肌肌群杨氏模量值与 MAS 评分及 FMA 评分的相关性分析

MAS 评分 1 分 6 例,2 分 13 例,3 分 15 例,4 分 8 例,5 分 0 例;FMA 评分 18~52 分,其中 5 例患者由于年龄较大,患侧肌张力较高,不能配合康复师完成被动牵拉动作,取 37 例患者患侧数据进行分析。拉伸位患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 杨氏模量值与 FMA 评分无相关性($P > 0.05$),与 MAS 评分呈正相关($P < 0.05$),见表 1。

2.2 放松位双侧上肢屈肌肌群杨氏模量值比较

放松位患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 杨氏模量值明显高于健侧($P < 0.05$),见表 2。

2.3 拉伸位和放松位双侧上肢屈肌肌群杨氏模量值比较

拉伸位患侧和健侧 BBM、BRM、FCR、FCU 杨氏模量值均较放松位明显增高 ($P < 0.05$), 见表 3、4; 患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 被动拉伸前后杨氏模量值差值比健侧大 ($P < 0.05$), 见表 5。

表 1 拉伸位患侧上肢屈肌肌群杨氏模量值与 MAS 评分及 FMA 评分的相关性分析

项目	MAS 评分		FMA 评分	
	r	P	r	P
BBM	0.619	<0.001	-0.153	0.619
BRM	0.496	0.002	-0.108	0.523
FCR	0.368	0.025	0.057	0.368
FCU	0.416	0.010	-0.051	0.416

表 2 放松位双侧上肢屈肌肌群杨氏模量值比较 ($\bar{x} \pm s$, kPa)

项目	BBM	BRM	FCR	FCU
患侧	45.45 ± 16.19	52.05 ± 17.28	37.99 ± 21.36	24.92 ± 10.74
健侧	37.33 ± 14.05	27.03 ± 16.97	22.89 ± 13.88	14.89 ± 10.31
t	2.426	6.694	3.842	4.365
P	0.017	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 放松位和拉伸位患侧上肢屈肌肌群杨氏模量值比较 ($\bar{x} \pm s$, kPa)

项目	BBM	BRM	FCR	FCU
放松位	45.45 ± 16.19	52.05 ± 17.28	37.99 ± 21.36	24.92 ± 10.74
拉伸位	81.50 ± 46.56	119.79 ± 51.37	68.89 ± 38.73	36.76 ± 14.60
t	-4.813	-7.650	-4.461	-4.139
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 4 放松位和拉伸位健侧上肢屈肌肌群杨氏模量值比较 ($\bar{x} \pm s$, kPa)

项目	BBM	BRM	FCR	FCU
放松位	37.33 ± 14.05	27.03 ± 14.79	22.89 ± 13.87	14.89 ± 10.30
拉伸位	55.64 ± 20.20	64.86 ± 35.90	31.92 ± 15.32	24.96 ± 13.78
t	-4.823	-6.173	-2.833	-2.731
P	<0.001	<0.001	0.006	0.008

表 5 患侧与健侧上肢屈肌肌群被动拉伸前后杨氏模量值差值比较 ($\bar{x} \pm s$, kPa)

项目	BBM	BRM	FCR	FCU
患侧	40.34 ± 41.78	68.85 ± 49.92	30.90 ± 39.47	12.40 ± 11.82
健侧	18.31 ± 14.32	37.83 ± 30.87	9.03 ± 10.29	6.99 ± 7.41
t	3.052	3.269	3.273	2.563
P	0.004	0.002	0.002	0.013

3 讨论

卒中幸存者较容易出现后遗症是偏瘫, 尤其是痉挛性偏瘫致残率较高, 主要表现为患侧屈肌痉挛, 可累及肘部(79%)、手腕(66%)和脚踝(66%)周围的肌肉^[6-7], 引起肌肉疼痛、关节活动受限。在康复治疗过程中, 临床上最常使用 MAS 评分和 FMA 评分来评价康复治疗的疗效, 其中 MAS 通过临床医生的经验值主观地对肌张力进行评估, 由于该方法简单易行, 不需要任何器械, 在临床上应用广泛, 但由于评估者经验、主观个体差异和对量表标准理解等因素的影响, 难以客观准确量化肌张力的变化^[8-9]。临床上有关肌张力的评估多是根据屈伸肢体所感到的阻力来分级, MAS 评分和 FMA 评分并不能准确分辨屈肌肌群中某一块肌肉的肌张力, 因此不能精确评价某一特定肌肉的痉挛程度。肌肉的功能除了和形态参数有关, 还和肌肉的组织力学有关, SWE 技术能够定量反映肌肉的杨氏模量值, 使客观量化肌肉硬度成为可能^[10-12]。温朝阳等^[13]发现肌肉组织的杨氏模量值在紧张状态下比松弛状态下大, 进一步证实 SWE 具有足够的敏感度动态监测肌肉在不同状态下的杨氏模量值的分布特征, 其杨氏模量值随时间变化的曲线特征也符合生理学上骨骼肌的收缩特征, SWE 技术具有良好的可重复性^[14]。本研究选取上肢屈肌肌群 (BBM、BRM、FCR、FCU) 应用 SWE 技术评估肌肉硬度, 拉伸位时患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 杨氏模量值与 MAS 评分呈正相关, 痉挛肌肉在拉伸位状态下硬度变化程度跟 MAS 评分基本一致, 说明关节在被动运动中产生的阻力越大, 痉挛程度就越高, 为 SWE 定量评估痉挛程度提供了支持。

本研究发现, 肘关节放松状态下患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 的杨氏模量值明显高于健侧, 这与患侧肌肉痉挛后的临床表现相符合, 也和其他学者的结论一致^[15]。由于卒中患者在上肢运动神经元受损后, 脊髓和脑干反射亢进, 出现肌张力异常增高, 肌肉硬度随之增加, 同时, 痉挛肌肉的自身结构也发生了改变。有研究表明, 痉挛肌肉的肌内结缔组织可能会增加, 肌肉胶原蛋白含量增多^[16], 肌纤维收缩, 导致肌肉硬度的增加。肌肉硬度增加, 剪切波在肌肉中的传播速度加快, 杨氏模量值也随之增高^[17]。

本研究表明, 卒中后患侧和健侧 BBM、BRM、FCR、FCU 在拉伸位下杨氏模量值均高于放松位。WU 等^[18]对 BBM 的研究发现, 在健康人和卒中患者中无论是健侧还是患侧, 拉伸位下的肌肉硬度均大于放松位下的肌肉硬度。这是由于在牵拉状态下, 肌肉发生牵张反射, 被牵拉的肌肉发生持久而微弱的不随意收缩, 以阻止被拉长, 从而增加了肌肉的硬度^[19]。

本研究还发现,卒中后患侧 BBM、BRM、FCR、FCU 在牵拉前后杨氏模量值差值明显高于健侧。BRANDENBURG 等^[20]对健康儿童和脑瘫患儿踝关节活动时腓肠肌剪切模量进行测量,结果表明两组儿童的肌肉对被动拉伸的反应相似,脑瘫患儿的杨氏模量值更大。VON WALDEN 等^[21]发现痉挛型脑瘫儿童前臂被动牵拉后的硬度较健康儿童增加了 2 倍,与本研究结果一致。这是由于在中枢神经损伤的前提下牵拉患侧肌肉,导致患侧牵张反射更加亢进,使肌肉产生更加强烈的不随意收缩,加剧了患侧在拉伸位和放松位的硬度差异。

传统康复医学认为 BBM 是引起肘屈肌肌群痉挛导致卒中后常见的异常模式的主要责任肌肉,本研究却发现放松位患侧 BRM 的杨氏模量值明显高于 BBM、FCR、FCU, BRM 更硬,被动牵拉时患侧 BRM 杨氏模量值变化也更大,提示在康复治疗中可能需要更加关注 BRM。由于本研究尚处于初步阶段,也未见相关文献报道,上肢屈肌肌群的硬度差异有待进一步研究探讨。

综上所述,SWE 技术可以客观、定量地评估卒中后 BBM、BRM、FCR、FCU 的损伤情况,有助于指导卒中患者上肢肌痉挛的康复治疗^[22]。本研究样本量较小,且未区分不同肌群对相应关节运动的影响,在后续研究中计划扩大样本量,进一步探索某一特定的肌肉对关节运动影响的权重,为更加精准地治疗提供依据。

参考文献

- [1] 冯强,刘欣,郭慧欣,等.剪切波弹性成像评估卒中后肌肉硬度与肌力分级的相关性研究[J].影像研究与医学应用,2023,7(9):53-55,59.
- [2] 张心培,张丽,张元鸣飞,等.运用弹性超声动态测量不同肌张力下肌肉硬度的初步研究[J].中华物理医学与康复杂志,2023,45(1):29-34.
- [3] SARABON N,KOZINC Ž,PODREKAR N. Using shear-wave elastography in skeletal muscle: a repeatability and reproducibility study on biceps femoris muscle[J]. PLoS One, 2019, 14(8): e0222008.
- [4] GAO J,RUBIN J M,CHEN J, et al. Ultrasound elastography to assess botulinum toxin A treatment for post-stroke spasticity: a feasibility study[J]. Ultrasound Med Biol, 2019, 45(5): 1094-1102.
- [5] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组急性缺血性脑卒中诊治指南撰写组.中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2010[J].中国全科医学,2011,14(35):4013-4017.
- [6] LIAW M Y,HSU C H,LEONG C P, et al. Respiratory muscle training in stroke patients with respiratory muscle weakness, dysphagia, and dysarthria—a prospective randomized trial[J]. Medicine, 2020, 99(10): e19337.
- [7] RAHIMI M, HONEYCUTT C F. StartReact increases the probability of muscle activity and distance in severe/moderate stroke survivors during two-dimensional reaching task[J]. Exp Brain Res, 2020, 238(5): 1219-1227.
- [8] 黄珊珊,冉海涛,苟春雁.剪切波弹性成像动态评估动留针法治疗脑卒中后痉挛性偏瘫患者上肢痉挛效果[J].中国医学影像技术,2022,38(10): 1540-1544.
- [9] BANKY M, CLARK R A, PUA Y H, et al. Inter- and intra-rater variability of testing velocity when assessing lower limb spasticity[J]. J Rehabil Med, 2019, 51(1): 54-60.
- [10] DIAS C P, FREIRE B, GOULART N B A, et al. Impaired mechanical properties of Achilles tendon in spastic stroke survivors: an observational study[J]. Top Stroke Rehabil, 2019, 26(4): 261-266.
- [11] 高慧,许华宁,吴意赟,等.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[J].东南国防医药,2020,22(6):592-596.
- [12] YOSHIKAWA M, ISHIKAWA T, OHNO E, et al. Variability measurements provide additional value to shear wave elastography in the diagnosis of pancreatic cancer[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 7409.
- [13] 温朝阳,范春芝,裘九春,等.实时定量超声弹性成像技术检测肱二头肌松弛和紧张状态下弹性模量值差异[J/CD].中华医学超声杂志(电子版),2011,8(1):61-63.
- [14] 程杨杨,王涌,蔡叶华,等.剪切波弹性成像技术对脑卒中偏瘫患者肌张力和肌肉硬度的评估价值研究[J].现代生物医学进展,2022,22(7): 1239-1242.
- [15] 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 3433 页)