

多模态超声技术评估肌肉萎缩的应用进展

贺晓林, 杨德斌, 王迎春

【摘要】 肌肉萎缩多由肌肉本身疾患或神经系统功能障碍所致横纹肌营养不良、骨骼肌纤维变细、缩小, 表现为肌肉生理功能减退及肌无力, 引起行动障碍甚至残疾, 给社会带来了沉重的人力和经济负担。超声是评估肌萎缩常用的方法, 利用高频超声、弹性成像、超声造影等多模态超声技术评估肌肉回声强度、厚度、横截面积、羽状角、静息和运动时的肌肉弹性及微循环灌注等指标, 有益于肌肉萎缩的早期诊断, 是指导临床治疗干预的前提。本文综述了近年来多模态超声技术在肌萎缩评估中的应用进展, 以期对肌肉萎缩的临床诊断提供新思路。

【关键词】 肌肉萎缩; 超声检查; 高频超声; 弹性成像; 超声造影

【中图分类号】 R685; R445.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2024)01-0132-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.01.023

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



肌肉萎缩是以进行性骨骼肌细胞退化为主要临床表现, 发病范围较广, 多继发于肿瘤恶病质、慢性心力衰竭、糖尿病等全身系统性疾病, 也可为失神经后或特发性。随着全球人口老龄化, 老年肌萎缩患者数量逐渐增多, 发病率逐年上升^[1]。由于肌肉功能状态下下降将带来各种社会问题, 发生运动障碍、跌倒、骨折甚至死亡的风险明显增加, 给患者个人及社会带来沉重负担^[2]。肌肉萎缩多以治疗原发病、增强肌肉锻炼及外源性补充神经肌肉营养性因子等支持手段为主, 多数萎缩肌肉经营养健康干预可取得较好的临床疗效^[3], 肌肉萎缩早期诊断及评估是指导临床治疗干预的前提, 因此对于肌萎缩早期诊断至关重要。

组织活检是评估肌肉萎缩的金标准, 用来观察肌纤维局部组织结构的微小变化, 但该有创性检查并不适合所有患者^[4]。MRI 通过各序列的成像模式, 信号强度变化进而敏感又客观地描述肌肉水肿、萎缩及代谢改变, 同时 MRI 可提供多角度、多层面的整体图像, 有利于临床医师直观理解病变位置、范围, 但 MRI 具有一定的局限性, 检查时间长、费用高, 难以进行病情进展及治疗效果的对比观察^[4], 植入金属器械的患者则限制了该技术的运用。超声和 MRI 均可反映肌萎缩与发病时间的相关性以及肌萎缩发展的严重程度, 但 MRI 则更为敏感^[5], 且能区分病变是否为神经源性或肌源性, 相对于诸如面部或其它表浅肌群形态观察, 超声和 MRI 均可测量肌肉厚度, 能及时、定量分析肌

肉萎缩情况。肌电图在临床中应用较广, 其原理是用电子设备记录肌肉在静止或收缩时的生物电信号, 可对患者的神经、肌肉方面的功能进行检查, 增加对其兴奋传导的作用, 进而达到评估周围神经、神经元、神经肌肉接头及肌肉自身的功能状态的目的, 并可用来量化评估神经驱动肌肉的过程^[6], 但该检查需患者良好的配合且为有创检查。然而, 上述评估肌萎缩的方法要么有创, 要么昂贵, 从而限制了临床广泛运用, 随着超声技术的发展, 超声对软组织的精细分辨率可以和 MRI 媲美。

肌肉质量评估是评价肌萎缩最重要的因素, 使用新兴和有广泛应用前景的超声技术, 如弹性成像、超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)等, 可对肌肉的不同特征质量, 包括肌肉弹性、微循环灌注, 在休息和体力活动等状态下的肌肉内脂肪组织含量进行评估测量^[7]; 并且基于超声技术便捷、实时、动态等优势^[8], 有利于超声技术在肌肉骨骼疾病的诊断中广泛运用。

高频超声是评估肌肉萎缩的有效手段

回声强度、厚度是判断肌肉萎缩较为可靠的指标(图 1), 并可通过双侧对比观察肌肉回声强度、厚度、横截面积及羽状角等指标评估肌萎缩程度。肌萎缩时回声强度增高、厚度变薄, 反映了肌肉功能和质量的下降^[9]。吴优等^[10]分析了周围性面瘫患者面部表情肌厚度、回声强度及肌纤维改变, 结果显示回声强度高于健康人群, 肌厚度小于健康人群, 肌纤维不良改变与面肌萎缩无明显相关性; 肌肉横截面积指短轴观垂直于肌纤维方向上的肌肉最大截面积, 肌肉处于萎缩状态时, 超声显示其面积减小, 短棒状回声斑信号增多, 网

作者单位: 201800 上海, 上海健康医学院附属嘉定区中心医院超声科

作者简介: 贺晓林(1994-), 女, 黑龙江人, 住院医师, 主要从事肌骨超声诊断工作。

通讯作者: 杨德斌, E-mail: yydrr123@163.com

基金项目: 上海市嘉定区卫生健康委员会科研课题项目(2020-QN-03); 上海市嘉定区医学重点专科(2020-jdyxzdzk-02)

络样回声连续性消失,萎缩程度也与发病年龄呈正相关^[11];羽状角是指肌纤维方向与腱膜或肌腱在收缩力量方向上的夹角,随着角度增大,收缩力量就越大。羽状角度的大小可用于评价肌肉功能改变,已经被证实与肌肉的最大收缩力和运动范围有关^[7]。刘晶等^[12]观察膝关节炎患者股直肌超声形态变化,并与健侧膝关节进行对照,结果显示观察组萎缩的股直肌羽状角、肌肉厚度及横截面积均明显小于健康组;肌纤维长度不仅可用于评价肌肉的内在形态结构,并对评价肌肉功能具有一定意义,肌肉萎缩时,肌纤维长度变短。Nelson 等^[13]观察了脑卒中患者肱二头肌、长头肌以及肱三头肌内侧头肌的肌肉纤维长度,研究显示上述肌肉肌纤维长度较正常人群缩短,且缩短程度与脑卒中的严重程度相关。

大量研究证实,高频超声技术是评估肌肉质量与功能的有效工具,可动态评价肌肉萎缩患者的治疗效果。然而,现阶段就高频超声肌肉萎缩诊断方面尚没有出台诊断指南及专家共识,缺乏广泛认可的标准。

弹性成像在评估肌肉萎缩中肌肉硬度的应用

超声弹性成像技术主要分为应变力弹性成像(strain elastography, SE)和剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)。SE 是利用准静态手法,如手动、探头压迫或心脏、呼吸运动等诱发组织形变,然后通过测量组织形变程度进行成像,显示感兴趣区内应变的分布,其对浅表肌群评估可行性高,但对于深部肌肉器官的成像受到很大限制;同时,此检查方法由于操作者每次施加的压力不同难以保证结果的一致性^[14]。

SWE 原理是通过探头发射声辐射力脉冲在组织不同深度上连续聚焦对组织施加激励从而产生横向剪切波,以彩色编码技术实时显示组织的弹性图,并通过测量剪切波速度(shear wave velocity, SWV)及杨氏模量定量评价组织硬度^[3],SWE 可以在二维灰阶超声引导下显示组织弹性的彩色编码图像,系统自动计算相应区域的弹性模量值(图 2)。SWE 被认为是一种简单方便的技术,可以直接获得组织的弹性模量,反映组织的硬度。它具有不需要操作者施加压力、实时二维成像引导、定量检测、测量结果不受操作者影响以及良好的可重复性等优点^[15]。正常情况下,腓肠肌在松弛状态下的杨氏模量约 16.5 kPa,在收缩状态下约

225.4 kPa;比目鱼肌在松弛状态下的杨氏模量约 14.5 kPa,在收缩状态下约 55 kPa。目前 SWE 越来越多地用于评估肌肉组织,通过测量组织剪切波速度来量化弹性特征,定量评估肌萎缩的程度及肌张力,避免了手触诊法评估肌肉组织硬度的主观性^[16]。冈上肌肌腱撕裂后,冈上肌表现为肌肉萎缩、脂肪浸润从而失去弹性。Roskopf 等^[17]应用 SWE 技术与 MRI 光谱测量技术(采用 Goutallier 评分法)对 22 例健康人群与 44 例冈上肌肌腱撕裂患者进行对比分析,结果显示 SWV 与肌肉萎缩程度有关,SWV 随着肌肉脂肪浸润的不同阶段而变化。冈上肌肌腱的剪切波速度在脂肪浸润的早期(Goutallier 0~Ⅲ期)随着脂肪含量的增加而降低,而在后期(Goutallier Ⅳ期)随着脂肪萎缩而升高。Maslarska 等^[18]比较了健康人群与慢性心脏病患者在静息时前臂屈肌和腓肠肌的肌肉僵硬程度,结果显示慢性心脏病组 SWV 显著降低。郭忆等^[19]运用 SWE 评估了 51 例脑卒中后伴发单侧下肢运动障碍患者的小腿三头肌(腓肠肌内、外侧头及比目鱼肌)弹性特征,结果显示患侧小腿三头肌 SWV 明显较健侧增高,硬度明显增加,牵拉后双侧小腿三头肌 SWV 明显增快。以上研究充分证明了 SWE 对肌肉硬度的评估是有效、可靠的,但 SWV 并不是稳定不变的,会随着探头声束的方向与肌纤维排列的角度变化而发生变化,当剪切波与肌纤维两者之间处于平行状态时,达到最快的传播速度。

SWE 已广泛应用于肝脏、甲状腺、乳腺、前列腺、肾脏和血管病变的诊断,SWE 在骨骼肌机械特性的评估中有很好的应用前景,但目前国内外尚缺少使用超声和 SWE 评估诊断肌萎缩的相关指南和共识,且在临床评估与其他检查方法的比较、在众多测量参数中如何进行选择以及 SWE 变化与肌肉萎缩程度之间的相关性等方面还有待进一步研究。

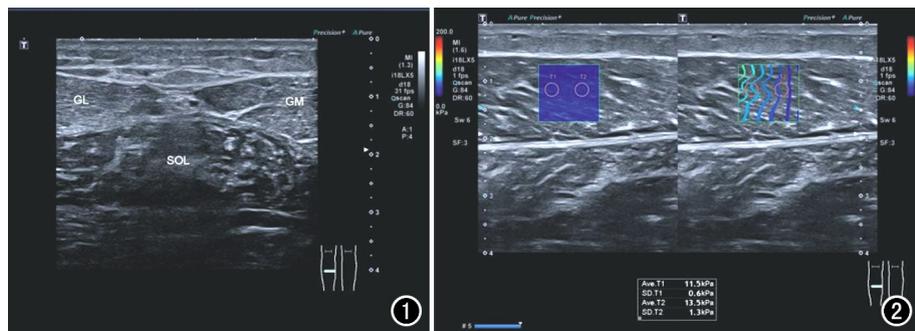


图 1 正常小腿肌肉群二维超声图像,其中腓肠肌外侧头(GL)、腓肠肌内侧头(GM)、比目鱼肌(SOL)横切面显示肌肉为低回声、层次清晰,排列整齐。图 2 腓肠肌内侧头(GM)剪切波弹性成像,显示肌纹理呈线状, T1、T2 为感兴趣区。

超声造影在评估肌肉萎缩微循环灌注中的运用

肌肉萎缩与循环因素密切相关,微循环受损、肌肉内血流减少和一氧化氮生成减少被认为是肌萎缩出现和进展的因素^[3],CEUS 应用静脉微泡来评估组织微循环灌注。Mitchell 等^[20]使用 CEUS 检查了 14 例年轻和 22 例老年健康男性进食刺激(必需氨基酸)后股四头肌微循环的反应,结果显示老年男性微循环受损,表现为肌肉质量、蛋白质合成代谢和葡萄糖代谢减少。Hildebrandt 等^[21]评估了 11 例年轻和 15 例中年健康男性膝关节收缩股外侧肌和股中间肌血流的影响。在膝关节收缩过程中,青年组的微血管血流量和微血管流速明显高于中年组。此外,年轻组在运动 2 min 后血容量和血流量显著增加,而中年组减少,可能是由于肌肉微循环反应受损所致。Fischer 等^[22]对 67 例肩袖撕裂患者冈上肌修复术后进行 CEUS 随访,平均随访时间 38.0 个月,结果显示肩袖修复后冈上肌灌注受损,与对侧健康肩膀相比灌注减少,灌注不足与功能障碍之间存在较强的相关性($r_s = 0.644, P < 0.001$)。CEUS 也已经被证明能够在动脉期(静脉注射后 0~30 s)显示与周围肌肉区域相比具有低增强的轮廓分明、界限分明的灌注受损区域。CEUS 可以更好地评估肌肉质量特征,并区分危重患者与健康对照者的肌肉异常。此外,CEUS 的使用也可使其他轻微肌肉损伤的超声检测成为可能^[23]。

超声是评估骨骼肌质量可靠且有效的成像工具,以上结果表明 CEUS 可评估因老化引起的肌肉萎缩的微循环灌注,但尽管 CEUS 是很有应用前景的成像方式,但它的临床应用目前仍然受限^[24]。关于 CEUS 在肌萎缩研究中数量有限,且几乎所有研究样本量偏小。

展望

新兴的肌骨超声检查技术,如高频超声、SWE、CEUS 是评估肌肉萎缩可靠、有效的手段,包括肌肉质量、组织弹性、静息和刺激后肌肉的微循环灌注变化以及肌肉内肌间脂肪含量等指标,具有其他影像学技术无法替代的优势。相信随着超声技术的发展、研究的深入,多模态超声技术的联合,超声技术在评估肌萎缩、疗效判定及随访方面具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 邢彬,刘聪龙,张海莲,等.神经肌肉电刺激预防老年肌萎缩的机制研究[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(4):381-384.
[2] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis[J]. Age Ageing, 2019, 48(1):16-31.

[3] Ivanoski S, Vasilevska Nikodinovska V. Future Ultrasound biomarkers for sarcopenia: elastography, contrast-enhanced Ultrasound, and speed of sound Ultrasound imaging[J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2020, 24(2):194-200.
[4] 于春刚,刘睿宏,李健东.面肌超声对周围性面瘫所致面肌萎缩的评估作用[J].中华耳科学杂志,2020,18(4):723-728.
[5] 于春刚,李健东.超声和 MRI 在评估面积萎缩方面的效果对比分析[J].中华耳科学杂志,2022,20(2):283-287.
[6] Bolsterlee B, Finni T, DSouza A, et al. Three-dimensional architecture of the whole human soleus muscle in vivo[J]. PeerJ, 2018, 18(6):e4610.
[7] Ivanoski S, Nikodinovskav VV. Ivanoski future Ultrasound biomarkers for sarcopenia: elastography, contrast-enhanced Ultrasound, and speed of sound Ultrasound imaging[J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2020, 24(2):194-220.
[8] 周亚静,徐宁,荣雪余,等.探讨超声在足底跖筋膜炎诊断中的应用价值[J].骨科,2020,11(5):362-366.
[9] 李金峰,邢剑,张元鸣飞,等.废用性肌萎缩患者股内侧肌的定量超声图像特点研究[J].中国康复医学杂志,2020,35(7):775-781.
[10] 吴优,宋庆,李长生,等.周围性面瘫面肌萎缩定量超声图像与临床表现的相关性初探[J].实用中西医结合临床,2021,21(18):11-13,75.
[11] 刘卫勇,陈亚青,赵黎,等.小儿先天性马蹄内翻足小腿肌肉超声改变[J].中华医学超声杂志(电子版),2010,7(6):982-990.
[12] 刘晶,修忠标,林巧璇,等.膝关节关节炎患者股直肌超声形态特征分析[J].中国康复医学杂志,2022,37(3):311-315.
[13] Nelson CM, Murray WM, Dewald JPA. Motor impairment-related alterations in biceps and triceps brachii fascicle lengths in chronic hemiparetic stroke[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2018, 32(9):799-809.
[14] Creze M, Nordez A, Soubeyrand M, et al. Shear wave sonoelastography of skeletal muscle: basic principles, biomechanical concepts, clinical applications, and future perspectives[J]. Skeletal Radiol, 2018, 47(4):457-471.
[15] Liang XN, Guo RJ, Li S. New application of multimodal ultrasound imaging for identification of myofascial trigger points in the trapezius muscle[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(9):9784-9791.
[16] 唐晓晓,洪永锋,姜凡,等.超声剪切波弹性成像在脑卒中患者手指肌张力评定中的应用[J].中国超声医学杂志,2021,37(10):1173-1176.
[17] Roskopf AB, Ehrmann C, Buck FM, et al. Quantitative shear-wave US Elastography of the supraspinatus muscle: reliability of the method and relation to tendon integrity and muscle quality[J]. Radiology, 2016, 278(2):465-474.
[18] Maslarska M, Weis C, Bode C, et al. Shear wave elastography of peripheral muscle weakness in patients with chronic congestive heart failure[J]. Ultrasound Med Biol, 2018, 44(12):2531-2539.
[19] 郭亿,芦海涛,李雪梅,等.超声剪切波弹性成像评价脑卒中后下肢运动障碍患者小腿三头肌与跟腱的研究[J].中国超声医学杂志,2020,36(8):741-744.
[20] Mitchell WK, Phillips BE, Williams JP, et al. Development of a new Sonovue™ ocontrast-enhanced ultrasound approach reveals temporal and age-related features of muscle microvascular responses to feeding[J]. Physiol Rep, 2013, 1(5):e00119.

- [21] Hildebrandt W, Schwarzbach H, Pardun A, et al. Age-related differences in skeletal muscle microvascular response to exercise as detected by contrast-enhanced ultrasound (CEUS)[J]. PLoS One, 2017, 12(3):e0172771.
- [22] Fischer C, Gross S, Zeifang F, et al. Contrast-enhanced Ultrasound determines supraspinatus muscle atrophy after cuff repair and correlates to functional shoulder outcome[J]. Am J Sports Med, 2018, 46(11):2735-2742.
- [23] Hernandez-Socorro CR, Saavedra P, López-Fernández JC, et al. Novel high-quality sonographic methods to diagnose muscle wasting in long-stay critically ill patients: shear wave elastography, superb microvascular imaging and contrast-enhanced ultrasound[J]. Nutrients, 2021, 13(7):2224.
- [24] Sun Y, Xiao Y, Li F, et al. Diagnosing muscle atrophy by use of a comprehensive method of assessing the elastic properties of muscle during passive stretching[J]. Musculoskeletal Imaging, 2020, 214(4):862-870.

(收稿日期:2022-10-08 修回日期:2022-11-29)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于2008年3月1日正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页→点击“作者投稿”→按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度)→用新注册的用户名和密码登录→点击“作者投稿”进入稿件管理页面→点击“我要投稿”→浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以WORD格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录→点击“作者查稿”进入稿件管理页面→点击左侧导航栏“我的稿件库”→“稿件状态”显示稿件处理进度→点击“查看”→选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035