

# 肌骨超声诊断重症加强护理病房获得性肌无力的研究进展

沈 誉 刘 琼 徐 昉

**摘 要** 重症加强护理病房获得性肌无力(ICU-AW)是 ICU 常见的并发症之一。目前该病主要根据医学研究委员会积分量表进行诊断,但往往难以在入院早期对重症患者进行评估。肌骨超声作为一种实时、无创、无辐射、可定性及定量的检查方法,已逐渐应用于 ICU-AW 的诊断中。本文从 upper 肢肌肉、膈肌、下肢肌肉三方面,就近年肌骨超声诊断 ICU-AW 的应用进展进行综述。

**关键词** 超声检查;肌骨;重症加强护理病房;获得性肌无力

[中图分类号]R445.1;R746.1

[文献标识码]A

## Research progress of musculoskeletal ultrasound in the diagnosis of intensive care unit-acquired weakness

SHEN Yu, LIU Qiong, XU Fang

Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

**ABSTRACT** Intensive care unit-acquired weakness (ICU-AW) is a common complication in patients admitted to the intensive care unit (ICU). Presently, ICU-AW is diagnosed by the Medical Research Council score, but it is difficult to assess critically ill patients early on admission. As a real-time, non-invasive, non-radiative, qualitative and quantitative examination method, musculoskeletal ultrasound can be widely used in the diagnosis of ICU-AW. This paper reviews the research progress of musculoskeletal ultrasound in the diagnosis of ICU-AW from three aspects of upper extremity muscles, diaphragm, lower extremity muscles in recent years.

**KEY WORDS** Ultrasonography, musculoskeletal; Intensive care unit; Acquired weakness

重症加强护理病房获得性肌无力(intensive care unit-acquired weakness, ICU-AW)是指患者在重症期间发生的、不能用其他原因解释的,以双侧对称性肢体无力为主要表现的临床综合征<sup>[1]</sup>。25%的 ICU 患者机械通气 5~7 d 后即可发生 ICU-AW,而在接受体外膜肺氧合治疗患者中,发病率高达 80%<sup>[1-2]</sup>。其发生的病理生理机制十分复杂,目前尚未完全阐明,现有研究<sup>[3-5]</sup>将其病理生理学特点概括为由泛素蛋白酶体途径激活、自噬溶酶体系统失调和线粒体损伤所导致的肌肉萎缩;此外,重症患者骨骼肌内出现的炎症和坏死也会引起神经、肌细胞、离子通道的损伤,导致肌肉结构变化,最终引发 ICU-AW<sup>[6]</sup>。肌肉萎缩与肌肉结构改变常同时出现,共同影响疾病的发生发展,故肌肉、神经功能结构的改变是 ICU-AW 发生、发

展、监测的重点。医学研究委员会积分量表(MRC)是目前诊断 ICU-AW 较为精确的方法,当总分<48 分时可诊断为 ICU-AW<sup>[1]</sup>;此外握力计也是一种简单、快速的检测方法,但 ICU 患者如脑部直接损伤、其他疾病继发的神经功能障碍或处于镇静镇痛状态时往往难以配合完成 MRC 评分及肌力测定。肌电图可以诊断 ICU-AW,但其有创,对凝血功能障碍患者存在相对禁忌,且易受其他监护设备的电磁干扰,临床应用受限。随着超声技术的发展,其在重症医学领域中的运用也越来越广泛,肌骨超声不仅可动态评估肌肉、肌腱、关节及周围软组织等疾病情况,还可为相应的诊断和治疗调整提供指导。近年来,肌骨超声诊断 ICU-AW 的研究主要集中在对四肢骨骼肌及呼吸肌的测量,而以超声弹性成像为代表的超声新技术也逐渐应用于相关研究,

基金项目:重庆医科大学-重庆医科大学附属第一医院临床医学研究生联合培养基地(lpjd202001)

作者单位:400016 重庆市,重庆医科大学附属第一医院重症医学科

通讯作者:徐昉,Email:xufang828@126.com

本文从四肢肌肉、膈肌、下肢肌肉三方面,就近年肌骨超声诊断 ICU-AW 的应用进展综述如下。

### 一、肌骨超声对 ICU-AW 患者上肢肌肉的研究

Turton 等<sup>[7]</sup>应用超声观察 22 例机械通气患者入院时及入院后第 10 天上肢肌肉和下肢肌肉情况,研究发现相较于下肢肌肉,重症患者上肢肌肉厚度减少并不明显。但 Foster 等<sup>[8]</sup>发现在严重创伤患者中,肱二头肌相较于其他肌肉更易于测量(考虑到其他测量部位可能存在敷料、截肢、受伤等情况),其肌肉厚度在第 6 周时出现明显下降(22.7%)。但患者入院早期,非负重肌首先出现萎缩的可能性较下肢肌肉小,基于上述原因,为了提高研究的灵敏度,目前研究较少选择上肢肌肉作为主要观察对象。

### 二、肌骨超声对 ICU-AW 患者膈肌的研究

Vivier 等<sup>[9]</sup>研究发现,机械通气和感染性休克患者入院 5 d 后可出现明显的膈肌厚度萎缩和功能下降,进一步研究<sup>[10]</sup>发现,其机制涉及了感染、炎症所致的细胞因子大量释放,组织病理学提示出现肌纤维炎症、水肿和损伤,以及肌节破坏,与 ICU-AW 发生机制和病理学特点相似。故有研究<sup>[11]</sup>通过超声测量重症患者膈肌厚度的变化来诊断 ICU-AW,发现采用超声测量的膈肌移动分数(吸气末膈肌厚度-呼气末膈肌厚度/呼气末膈肌厚度) $<16.3\%$ 作为截断值的诊断效能较高,曲线下面积(AUC)达 0.84。但 Dres 等<sup>[12]</sup>发现,对于长期机械通气患者,膈肌功能障碍的发生率几乎是 ICU-AW 患者的 2 倍,且与 MRC 评分无明显相关性,影响重症患者脱机失败的原因是膈肌功能障碍而非 ICU-AW,推测两者间虽然有相似特征,但重叠有限,可能还存在不同的病理生理机制。Jung 等<sup>[13]</sup>研究发现,超声测量的膈肌移动分数可反映膈肌的生理功能,但与 MRC 评分无明显相关性( $r=0.18, P=0.3$ )。这也进一步说明了膈肌超声对 ICU-AW 患者诊断价值有限。

### 三、肌骨超声对 ICU-AW 患者下肢肌肉的研究

下肢肌群尤其是股四头肌群是人体最前方和最浅表的肌肉,床旁超声检测容易,且周围有明确的筋膜帮助识别定位。目前超声评估股四头肌最常用参数有肌肉横截面积(CSA)、肌肉厚度、肌肉回声强度和羽状角。

1. 肌肉 CSA:能反映相应肌肉体积大小,对无法配合行肌肉力量测试者具有重要价值。Parry 等<sup>[14]</sup>研究发现 ICU-AW 患者 10 d 内股直肌 CSA 可降低 30%,在苏醒和离开 ICU 时所测股直肌 CSA 均与 MRC 评分无相关性。Palakshappa 等<sup>[15]</sup>和 Puthuchery 等<sup>[16]</sup>则发现脓毒症患者入 ICU 7 d 内股直肌 CSA 日变化率与 MRC 评分呈中度正相关( $\rho=0.51, P=0.03$ ),提示相较于测量固定时间点的骨直肌 CSA,其变化率与 ICU-AW 的发生具有更明显的关系,对评估 ICU 患者骨骼肌萎缩具有较高价值。

2. 肌肉厚度:Pardo 等<sup>[17]</sup>研究发现,超声对股四头肌厚度的评估在观察者内和观察者间具有良好的可靠性[组内相关系数(ICC)=0.74(95%可信区间:0.63~0.84)、0.76(95%可信区间:0.66~0.86)]。同时超声与 CT 对重症患者股四头肌厚度的测量

具有较好的一致性<sup>[18]</sup>。ICU-AW 患者下肢肌肉(股四头肌)厚度明显下降,随着住院时间延长肌肉损失量增加,较非 ICU 患者更明显<sup>[19]</sup>,在儿童重症患者中,也同样观察到了这一现象<sup>[20]</sup>,提示下肢肌肉萎缩在 ICU 患者中普遍存在,而通过测量肌肉厚度可以早期发现这一现象,且结果相对可靠。然而,股四头肌萎缩程度与 MRC 评分的相关性尚存在争议;研究<sup>[14-15]</sup>表明,患者入 ICU 时股四头肌肌肉厚度、厚度下降幅度均与 MRC 评分无相关性,在离开 ICU 时股中间肌厚度与 MRC 评分也无相关性。Hayes 等<sup>[21]</sup>研究发现,接受体外膜肺氧合治疗的 ICU-AW 患者第 20 天股外侧肌和股中间肌总厚度与 MRC 评分呈中度正相关( $r=0.56, P<0.05$ )。李若祎等<sup>[22]</sup>也发现股直肌厚度、股中间肌厚度均与 MRC 评分呈正相关( $r=0.411, 0.402, 均 P<0.05$ );股直肌厚度及中间肌厚度的下降幅度均与 MRC 评分呈负相关( $r=-0.740, -0.734, 均 P<0.05$ )。然而, Puthuchery 等<sup>[16]</sup>研究发现脓毒症患者在下肢肌肉未出现萎缩时也会表现出肌肉无力状态。由此可见,虽然 ICU-AW 患者下肢肌肉(尤其是股四头肌)可呈明显萎缩,但由于肌肉、皮下组织水肿或局部炎症等多重因素影响,超声所测肌肉厚度下降是否意味着肌肉力量的降低或 ICU-AW 的发生尚需进一步研究。

3. 肌肉回声强度:超声可通过测量肌肉回声强度变化反映肌肉结构变化,常用测量方法包括:半定量测量超声回声强度(Heckmatt 评分)和肌肉特定区域的图像灰度测定,而 Heckmatt 评分相较于肌肉图像灰度测定,增加了对肌肉周围组织(如脂肪、筋膜、骨骼)的评估,但受操作者因素影响更大。研究<sup>[23-24]</sup>表明,ICU-AW 患者入院后 Heckmatt 评分明显高于健康对照组和其他非 ICU-AW 患者,差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ );且 Heckmatt 评分与 MRC 评分呈正相关( $r=0.45, P=0.004$ ),但随着住院时间的延长,患者 Heckmatt 评分并无明显的改变。Parry 等<sup>[14]</sup>研究还发现,ICU-AW 患者入院 10 d 内即可检出肌肉回声平均灰度值增加(骨直肌为 12%、股中间肌为 25%);离开 ICU 时,采用重症物理功能测试评分量表(PFIT-s)和重症患者活动量表(IMS)评估其肌肉功能发现,股中间肌回声平均灰度值与肌肉功能呈负相关(PFIT-s 评分: $r=-0.77, P=0.001$ ;IMS 评分: $r=-0.73, P=0.003$ );仅离开 ICU 时股中间肌回声灰度值与 MRC 评分呈负相关( $r=-0.57, P=0.04$ )。Klawitter 等<sup>[24]</sup>通过分析 38 例重症患者(ICU-AW 18 例、非 ICU-AW 20 例)和 10 例健康对照组共 652 张超声图像后发现,所有患者入 ICU 后第 10 天肌肉回声灰度值均未见明显改变;ICU-AW 患者 Heckmatt 评分较非 ICU-AW 患者增加(2.6 分 vs. 2.2 分,  $P=0.006$ ),提示除了对肌肉本身进行测量外,对肌肉周围组织回声强度和回声纹理的评估可能有助于更全面地认识 ICU-AW 患者。但目前尚无相关研究明确下肢肌肉图像灰度定量测量与肌肉水肿或炎症强度的线性证据,今后需进一步研究。

4. 羽状角:是指腱膜插入肌肉纤维的角度,一般在内侧腓肠肌、股外侧肌切面可见。羽状角与肌肉力量间存在联系,测值越大,表示一定体积内肌纤维就越多,肌肉所产生的力量就越大。研究<sup>[8]</sup>表明,ICU-AW 患者入院后第 5 天羽状角与肌肉

厚度变化呈正相关( $r=0.78, P<0.001$ );且入 ICU 后第 5、10 天患者股外侧肌羽状角较入院时分别减小 14.31% 和 28.47%, 肌肉厚度较入院时分别减小 10.66% 和 28.81%, 差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ )。Parry 等<sup>[14]</sup>发现, 患者离开 ICU 时羽状角与 MRC 评分无相关性, 与 PFIT-s 评分呈高度正相关( $r=0.81, P<0.05$ )。因此, 除单纯测量肌肉厚度外, 监测肌肉结构也有助于早期发现肌肉萎缩, 但目前仅依靠羽状角来诊断 ICU-AW 尚缺乏充分研究证据支持。

#### 四、超声新技术的应用

随着超声技术的不断进步, 各种不同的新技术逐渐应用于临床。针对肌肉而言, 超声弹性成像、超声微血管成像和超声造影在评估肌肉方面已取得一定的进展。超声弹性成像是一种评估软组织硬度的检查方法。已有研究<sup>[25]</sup>证实超声弹性成像在测量重症患者四肢肌肉和膈肌时具有良好的可靠性和重复性。Hernández-Socorro 等<sup>[26]</sup>研究发现, ICU-AW 患者股直肌弹性值较非 ICU-AW 重症患者(对照组)明显增加( $P<0.001$ ), 其诊断 ICU-AW 的 AUC 为 0.972。而通过联合超声造影和超声微血管成像预测 ICU-AW 发生的 AUC 可高达 0.988, 具有更好的诊断价值。

#### 五、总结与展望

总之, 肌骨超声作为一种便捷、无辐射检查的方法, 能早期发现重症患者肌肉萎缩(上、下肢肌肉和膈肌等), 其中以下肢肌肉 CSA、肌肉厚度、肌肉回声强度和羽状角为常用指标, 而以弹性成像技术为代表的超声新技术也展示出了其潜力, 是未来研究 ICU-AW 的重要方向。目前使用肌骨超声对 ICU-AW 进行早期诊断的研究存在样本量小、对象差异较大等不足, 各结论间存在矛盾, 尚不能单纯依靠肌骨超声对 ICU-AW 进行诊断, 但超声已明确发现重症患者肌肉萎缩、结构改变等重要特征, 具有一定的临床价值, 期待今后更多大规模、多中心、多模态的临床研究。

#### 参考文献

[1] Fan E, Cheek F, Chlan L, et al. An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: the diagnosis of intensive care unit-acquired weakness in adults[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2014, 190(12):1437-1446.

[2] Chen X, Lei X, Xu X, et al. Intensive care unit-acquired weakness in patients with extracorporeal membrane oxygenation support: frequency and clinical characteristics[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9(1):792201.

[3] Vanhorebeek I, Latronico N, Van den Berghe G. ICU-acquired weakness[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(4):637-653.

[4] Friedrich O, Reid MB, Van den Berghe G, et al. The sick and the weak: neuropathies/myopathies in the critically ill[J]. *Physiol Rev*, 2015, 95(3):1025-1109.

[5] Lad H, Saumur TM, Herridge MS, et al. Intensive care unit-acquired weakness: not just another muscle atrophying condition[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(21):7840.

[6] Koch S, Bierbrauer J, Haas K, et al. Critical illness polyneuropathy in ICU patients is related to reduced motor nerve excitability caused by reduced sodium permeability[J]. *Intensive Care Med Exp*, 2016, 4(1):10.

[7] Turton P, Hay R, Taylor J, et al. Human limb skeletal muscle wasting and architectural remodeling during five to ten days intubation and ventilation in critical care—an observational study using ultrasound[J]. *BMC Anesthesiol*, 2016, 16(1):119.

[8] Foster MA, Taylor AE, Hill NE, et al. Mapping the steroid response to major trauma from injury to recovery: a prospective cohort study[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2020, 105(3):925-937.

[9] Vivier E, Roussey A, Doroszewski F, et al. Atrophy of diaphragm and pectoral muscles in critically ill patients[J]. *Anesthesiology*, 2019, 131(3):569-579.

[10] Petrof BJ. Diaphragm weakness in the critically ill: basic mechanisms reveal therapeutic opportunities[J]. *Chest*, 2018, 154(6):1395-1403.

[11] 夏婧, 杨莉, 钱传云, 等. 床旁膈肌超声技术诊断 ICU 获得性衰弱的临床研究[J]. *中国急救医学*, 2019, 39(12):1154-1158.

[12] Dres M, Dubé BP, Mayaux J, et al. Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195(1):57-66.

[13] Jung B, Moury PH, Mahul M, et al. Diaphragmatic dysfunction in patients with ICU-acquired weakness and its impact on extubation failure[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(5):853-861.

[14] Parry SM, El-Ansary D, Cartwright MS, et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function[J]. *J Crit Care*, 2015, 30(5):1151.e9-14.

[15] Palakshappa JA, Reilly JP, Schweickert WD, et al. Quantitative peripheral muscle ultrasound in sepsis: muscle area superior to thickness[J]. *J Crit Care*, 2018, 47(1):324-330.

[16] Puthuchery ZA, McNelly AS, Rawal J, et al. Rectus femoris cross-sectional area and muscle layer thickness: comparative markers of muscle wasting and weakness[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195(1):136-138.

[17] Pardo E, El Behi H, Boizeau P, et al. Reliability of ultrasound measurements of quadriceps muscle thickness in critically ill patients[J]. *BMC Anesthesiol*, 2018, 18(1):205.

[18] Tourel C, Burnol L, Lanoiselé J, et al. Reliability of standardized ultrasound measurements of quadriceps muscle thickness in neurological critically ill patients: a comparison to computed tomography measures[J]. *J Rehabil Med*, 2020, 52(3):jrm00032.

[19] Hernández-Socorro CR, Saavedra P, López-Fernández JC, et al. Assessment of muscle wasting in long-stay ICU patients using a new ultrasound protocol[J]. *Nutrients*, 2018, 10(12):1849.

[20] Valla FV, Young DK, Rabilloud M, et al. Thigh ultrasound monitoring identifies decreases in quadriceps femoris thickness as a frequent observation in critically ill children[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2017, 18(8):339-347.

[21] Hayes K, Holland AE, Pellegrino VA, et al. Acute skeletal muscle

- wasting and relation to physical function in patients requiring extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)[J]. *J Crit Care*, 2018, 48(12):1-8.
- [22] 李若祎, 何怀武, 孙建华, 等. 早期床旁超声测量重症患者股四头肌变化对重症监护病房获得性衰弱的诊断价值[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(25):1967-1972.
- [23] Patejdl R, Walter U, Rosener S, et al. Muscular ultrasound, syndecan-1 and procalcitonin serum levels to assess intensive care unit-acquired weakness [J]. *Can J Neurol Sci*, 2019, 46 (2) : 234-242.
- [24] Klawitter F, Walter U, Patejdl R, et al. Sonographic evaluation of muscle echogenicity for the detection of intensive care unit-acquired weakness: a pilot single-center prospective cohort study[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(6):1378.
- [25] Flatres A, Aarab Y, Nougaret S, et al. Real-time shear wave ultrasound elastography: a new tool for the evaluation of diaphragm and limb muscle stiffness in critically ill patients[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1):34.
- [26] Hernández-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.

(收稿日期:2021-11-17)

## · 病例报道 ·

## Prenatal ultrasonic diagnosis of fetal intrahepatic portal-systemic shunt: a case report

# 产前超声诊断胎儿肝内门-体静脉分流 1 例

高曼 郭习娟 彭艳艳 陈舜珏

[中图分类号]R445.1;R714.53

[文献标识码]B

孕妇, 27 岁, 孕 1 产 0。孕期无不良接触史及药物服用史, 夫妻双方无家族遗传病史。产前胎儿颈项透明层厚度及孕 22 周系统超声检查均未见明显异常。孕 27 周实时三维超声检查: 胎儿右房与左房内径比值 1.21, 右室与左室内径比值 1.25, 肺动脉与主动脉内径比值 2.0, 心胸面积比 0.41, 胎儿单脐动脉, 脐带螺旋密集, 胎儿门静脉左支与肝中静脉间可探及异常交通支(图 1), 门静脉左下支及左上支可见多个异常交通支连于肝左静脉(图 2, 3); 频谱多普勒示此异常交通支呈三相波(图 4)。胎儿静脉导管存在且频谱正常。孕 28 周行羊水穿刺结果未见异常。后分别于孕 30、34、37 周行常规超声检查均提示与既往检查一致。孕 34 周临床诊断为胎儿宫内生长受限。孕妇于孕 37<sup>+</sup>2 周行剖宫产, 患儿出生体质量 2150 g, 出生 Apgar 评分 10 分, 出生后检测肝功能指标异常。肝胆超声提示: 门-体静脉分流, 与产前诊断一致, 且出生后分流未闭合(图 5)。超声心动图提示: 患儿轻度肺动脉高压、右心比例大。出生后 1 个月复查超声提示门静脉左支与肝中静脉分流未自发性闭合, 但分流量明显减小, 分流血管内径变细; 门静脉左下支、左上支与肝左静脉分流自发闭合。肝功能各项指标均有好转。

讨论: 胎儿门-体静脉分流是较罕见的先天性发育异常, 是指门静脉与体静脉间存在异常交通支, 导致门静脉的血液未经肝脏而直接流入体静脉; 属于脐静脉-门静脉-体静脉分流的一种, 其发生率约占此类疾病的 73.9%<sup>[1]</sup>。门-体静脉异常交通

分为肝内型、肝外型。肝内门-体静脉分流 Park 分型分为 4 型<sup>[2]</sup>: I 型, 门静脉右支通过单一的大血管与下腔静脉沟通; II 型, 局限于一个肝段的单支或多支门静脉分支向肝静脉分流; III 型, 通过瘤样扩张形成的门静脉分支向肝静脉分流; IV 型, 多个肝段的门静脉分支向肝静脉分流。本例属于肝内门-体静脉分流 Park IV 型。门-体静脉分流的存在影响了门静脉的血液灌注, 肝脏代谢受到影响, 使得未经肝脏代谢的部分人体代谢产物直接进入体静脉系统, 可能导致肝性脑病、肝肺综合征等一系列严重的并发症<sup>[3]</sup>。肝内门-体静脉分流常合并胎儿血流动力学改变, 部分门静脉血液分流入肝静脉、下腔静脉, 引起心脏前负荷增加, 本例产前超声提示胎儿右心比例大, 肺动脉与主动脉内径比值增大、心胸面积比例稍大等一系列轻度血流动力学改变的表现。出生后复查超声心动图提示轻度肺动脉高压, 其原因可能是由于存在门-体静脉分流, 部分门静脉血液未通过肝脏而直接流入体静脉进而回流入右心系统, 从而引起肺血流量增加; 另外, 体内产生的五羟色胺、生长因子等诸多血管活性物质, 部分未经肝脏代谢直接作用于肺血管, 也可使肺血管收缩、重构从而导致肺动脉高压<sup>[3-4]</sup>。经积极治疗及发育正常门静脉的代偿作用, 可使肺动脉压恢复正常。本例出生后 1 个月复查超声提示门静脉左下支、左上支与肝左静脉分流自发闭合, 而门静脉左支与肝中静脉分流仍未闭合, 其原因可能为门静脉左支与肝左静脉的异常交通位于门静脉末梢, 末梢的血管管径

(下转第 620 页)