

## ·综述·

## 急性呼吸窘迫综合征的肺部超声诊断价值

黄鹤 崔云亮 田昭涛 黎檀实

影像学技术在急性呼吸窘迫综合征(ARDS)诊断和病情评估中起着非常重要的作用。X线胸片作为 ARDS 诊断的标准之一,较临床病情滞后,使其在 ARDS 的早期诊断和病情判断上受到限制;肺部 CT 因其高分辨率可提供更为全面的信息,ARDS 患者肺部 CT 影像学表现呈现弥漫性损伤、中度损伤、无损伤的不均一改变,肺泡过度扩张、实变、肺不张主要发生在重力依赖区,而在非重力依赖区损伤相对较轻<sup>[1-2]</sup>。虽然肺部 CT 在评估 ARDS 病变分布和病理改变上具有优势,但其存在放射性损伤,且多数情况下需要搬运患者,增加了血流动力学不稳定者的风险<sup>[3]</sup>。近年来随着超声技术突飞猛进的发展,对于 ARDS 的肺部改变,超声检查显示出了独到的优势,可从不同部位探查,显示不同层面肺组织的变化;此外,基于其在评估 ARDS 患者早期肺形态学改变和评价治疗效果中的价值,已逐渐被急诊医生用于评估各种呼吸系统疾病,是无创、无放射性的床边辅助诊断工具<sup>[4-7]</sup>。现对肺部超声在 ARDS 诊断和病情评估上的研究进展具体综述如下。

### 1 肺部超声在 ARDS 诊断中的应用

肺部超声成像经常通过凸阵探头(发射频率 4~15 MHz)在肋间隙获得。胸膜线是肋骨下约 0.5 cm 水平的强回声线;由肺门向外呈放射状且与胸膜线水平的线叫“A”线,它是正常肺组织内出现的混响伪像;由胸膜发出并垂直于胸膜延伸至远场的线叫彗星尾征或“B”线。Lichtenstein 等<sup>[8]</sup>在评价听诊、肺部超声和 X 线胸片对 ARDS 诊断的价值时,用健康者的超声成像作为正常肺部模式,可见越过胸膜表面水平“A”线,每个肺部区域可见伴随“A”线的肺滑行征。1/3 健康者在腹侧肺野可出现孤立彗星尾征,或仅限于第 10 或 11 肋间区弥漫性彗星尾征。“B”线(肺部彗星尾征)是肺组织失气化的特征表现,在氧合无明显变化时即可出现<sup>[9]</sup>。ARDS 肺部超声主要表现为弥漫性彗星尾征、实变及胸腔积液。2010 年 Bouhemed 等<sup>[10]</sup>用超声对呼吸机相关性肺炎(VAP)患者进行抗菌药物治疗后评估再通气肺,并分为正常通气区、弥漫性通气减少区、融合支气管肺炎的通气减少区及肺实变区,不同区域间变化获得一个分值,结果显示超声再通气评分总值与肺部 CT 再通气值呈正相关。还有研究显示,肺部超声再通气评分能够准确预测肺负重能力<sup>[11]</sup>。Xirouchaki 等<sup>[12]</sup>对比了 X 线胸片和胸部超声评估 ARDS 机械通气患者肺部改变的价值,通过评估实变、肺泡间质综合征、气胸、胸腔积液 4 个病

理学结果发现,胸部超声敏感性和特异性均高于 X 线胸片。

肺部超声可以测定胸腔积液量。胸腔积液是伴随胸膜脏层吸气运动局限于横膈和胸膜之间的无回声区,肺部 CT 和经皮胸腔穿刺抽液曾经被认为是测定胸腔积液的“金标准”。与上述两种方法比较,肺部超声也显示出较好的准确性<sup>[13]</sup>,并可减少检查的频率<sup>[14-16]</sup>。肺实变时,超声表现为包含支气管充气征的弥漫性点状回声。肺泡间质综合征(AIS)是在特定肺区域出现 2 条以上的“B”线,间隔 7 mm 的“B”线对应增厚的小叶间隔,3 mm 及更小间隔的“B”线对应磨玻璃区。Volpicelli 等<sup>[17]</sup>报道,根据床旁超声检查提示的小彗星尾征伪像诊断 AIS 的敏感性和特异性均较理想。发生气胸时壁层和脏层胸膜间充满气体,超声被气体反射不能到达肺,因此正常情况下的肺滑行征和彗星尾征均消失,凭借这两个征象即可作出诊断<sup>[18]</sup>。有研究描述了肺部超声在诊断气胸、胸腔积液、心源性肺水肿、慢性阻塞性肺疾病(COPD)、肺炎中的应用,发现超声诊断准确率远远超过体检和床边 X 线胸片检查,并认为床边肺部超声快速诊断 ARDS 快捷、安全<sup>[19-20]</sup>。介入性超声技术有助于进行胸肺穿刺活检,可获得较高的穿刺活检成功率,还可准确判断是否为胸腔积液或增厚胸膜<sup>[21]</sup>。

### 2 肺部超声在儿科 ARDS 中的应用

新生儿呼吸窘迫综合征也被称为新生儿肺透明膜病,主要见于早产儿,由于肺表面活性物质不足所致,主要表现为进行性呼吸窘迫和呼吸衰竭。虽然放射学表现不是 ARDS 的特征影像,但一般认为,X 线胸片显示肺部呈弥漫性浸润阴影和支气管充气征可作为诊断依据。新生儿呼吸窘迫综合征与成人 ARDS 的肺部超声表现相似,都有特征性胸膜线改变,对诊断有帮助。对新生儿呼吸窘迫综合征的肺表面活性物质预防性治疗价格昂贵且具有潜在副作用,并非所有患儿受益,而肺部超声检查对肺表面活性物质目标性治疗具有指导意义。出生时即行肺部超声可先于临床发病时发现新生儿呼吸窘迫综合征。Gargani 等<sup>[9]</sup>在 ARDS 动物模型研究中发现,肺部超声肺脏形态变化先于氧合指数( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ )改变。

Zimmerman 等<sup>[22]</sup>发现,儿童 ARDS 的发生率为 3/10 万~10/10 万。虽然肺复张手法已被重症监护病房(ICU)医生熟练掌握,但对于儿科医生仍是个挑战<sup>[2]</sup>。肺部 CT 检查一直以来被认定为是呼气末正压(PEEP)介导肺复张的标准评估方法,但考虑到需转运患儿,且会使其承受比成年人更多的放射性损伤风险,因此在使用时医患顾虑大。而床边评估方法需依靠肺力学测定,操作较为繁琐,目前更多用于研究,很少用于临床。近几年来,床旁肺部超声因快捷、可重复性强等优点被成功用于 ARDS 患者肺复张的评估<sup>[23]</sup>。肺部超声经常被报道用于成人,儿童超声资料仍较少<sup>[24]</sup>。Santuz 等<sup>[25]</sup>报道了第 1 例

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.08.022

基金项目:卫生部科研专项经费项目(201302017)

作者单位:100036 北京,解放军总医院急诊科(黄鹤、黎檀实);

250031 山东,济南军区总医院重症医学科(黄鹤、田昭涛、崔云亮)

通信作者:黎檀实,Email:lts301@163.com

ARDS 患儿在肺部超声协助下成功肺复张。Caiulo 等<sup>[26]</sup>应用肺部超声发现了 X 线胸片不能发现的儿童肺部异常。首先,肺部超声可提供肺部三维影像,且可靠、无创伤;其次,超声能够提供肺部实时影像,与 X 线胸片和肺部 CT 相比,对呼吸反应更快捷;再次,不同于其他影像学技术,超声还可以连续监测空气泄漏。因此,肺部超声在肺复张疗效评估中的潜在优势应该被着重强调。

### 3 肺部超声在鉴别 ARDS 肺水肿和心源性肺水肿中的应用

ARDS 肺水肿是由于脓毒症、误吸、原发性肺炎、多发伤、脂肪栓塞和胰腺炎等病因引起炎症反应,造成毛细血管内皮和肺泡上皮损伤,肺微血管和肺泡壁通透性增加,从而引起肺水肿。ARDS 时肺泡毛细血管膜完整性遭到破坏,引起早期、弥漫、不均质的肺泡液体积聚,通常呈现支气管充气征和损伤分布不均。肺部 CT 识别充气组织间质性水肿的能力优于传统的放射学<sup>[27]</sup>,表现为间质性水肿或肺泡实变区磨玻璃样改变和支气管充气征。同样,因 CT 的一些局限性使其在床旁应用受到限制。ARDS 肺水肿的超声表现早于 X 线胸片,虽然有很多相关研究描述了 ARDS 的超声影像表现,但仍没有详细超声影像学表述用于 ARDS 与心源性肺水肿的鉴别诊断。区分手术后发热和有炎症征象患者的心源性肺水肿与 ARDS 是非常困难的,心源性肺水肿与 ARDS 的病理生理学差异导致其超声表现不同,ARDS 胸部超声特征性改变使其成为一个鉴别诊断的有用工具。

AIS 是 ARDS 与心源性肺水肿患者皆有的非特异性超声表现。AIS 超声表现在于间隔的 Kerley“B”线,而肺泡液体积聚后表现为多发“B”线的融合。在肺水肿的发生过程中,血管外肺水增加和相应的肺通气减少均与“B”线的数量呈线性相关。而床边超声识别血管外肺水的增加比较容易。1997 年 Lichtenstein 等<sup>[28]</sup>指出,AIS 不能作为 ARDS 特异性肺部超声表现,可通过肺部超声彗星尾征浓度和 AIS 密度及其他相关超声表现进行鉴别。

Copetti 等<sup>[29]</sup>发现,因 ARDS 肺脏损伤程度不同,呈现失气分布不均的肺部超声表现,而背侧肺野实变伴随支气管充气征是 ARDS 典型的超声表现。

值得注意的是,胸膜改变在 ARDS 中也经常出现,特别是胸膜滑行征的减少或缺乏,也可出现胸膜线变浓、模糊、不规则的节段增厚。使用较长的高频探针置于胸膜表面可更清晰地评估胸膜改变,如胸膜滑行征减少或缺乏及肺的动脉搏动出现。一般认为,ARDS 患者胸膜区肺的动脉搏动出现是肺完全不张的表现,这可能是 AIS 肺实变的结果,也可能因为肺顺应性急剧降低所导致。心源性肺水肿引起的 AIS 表现为失气均匀分布,胸膜线规则,可见胸膜滑行征及肺实变。虽然心源性肺水肿胸腔积液较多见,但不足以鉴别诊断。AIS 时胸膜线不规整、肺的动脉搏动,特别是未受损伤区域的肺泡实变,是渗透性水肿强有力的证据。因此,早期 AIS 表现不均匀、伴随肺未受损伤区域的出现、胸膜线异常征象和肺脏实变,均是 ARDS 强有力的预兆。将来会有更多特征性超声表现用于诊断 ARDS 渗透性肺水肿。

### 4 肺部超声在评估肺复张时 PEEP 通气中的应用

肺复张是 ARDS 重要的治疗策略之一,其目的在于开放闭陷的肺泡,防止呼气末肺泡塌陷,从而通过改变通气/血流比例来改善动脉氧合。且肺通气不良区域的再开放可以使潮气量与 PEEP 的分布更为均一,避免肺泡出现周期性的开放与塌陷,从而减少肺损伤<sup>[30]</sup>。在机械通气前后分别行胸部超声检查并未发现明显改变,而在肺复张后背侧肺野实变区超声变化较明显,说明超声在评估肺复张疗效中非常有用。

Bouhemad 等<sup>[11]</sup>用超声评分法测量 40 例 ARDS 机械通气患者 PEEP 0~15 cmH<sub>2</sub>O (1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa) 变化时复张(或塌陷)的肺泡数量,发现超声再通气评分与压力-容积曲线(P-V 曲线)测定的复张肺总量及氧合变化呈正相关。有研究者通过经食道超声心动描记术观察左肺下叶以评估肺复张<sup>[31]</sup>;还有研究证实,肺部超声可以准确评估 VAP 的抗菌药物疗效,结果显示,抗菌药物治疗 7 d 后肺部 CT 肺通气增加量和超声再通气评分密切相关<sup>[10]</sup>。因此推断,在 ARDS 通气治疗后肺通气改变有其对应的肺部超声影像学变化。

PEEP 是 ARDS 机械通气患者改善通气的有效方法,以往肺部 CT 通常被用于评价不同机械通气策略的疗效<sup>[32]</sup>;P-V 曲线法也较常用,但 P-V 曲线方法需要患者深度镇静和肌肉放松,因此不能在有自主呼吸患者中应用。增加局灶性肺通气不足 ARDS 患者的胸内压,可以使萎陷肺泡复张,同时也可能导致正常肺泡的过度膨胀。因此,设置 PEEP 时也应考虑肺部形态学变化,肺部超声对于分辨弥散性和局灶性通气不足是非常有效的,近年来的研究热点是比较 P-V 曲线和肺部超声两种方法评估肺复张时 PEEP 通气的优劣。超声再通气评分法越来越多地用于 VAP 治疗后肺脏再通气的评估。有研究证实,肺部超声同 P-V 曲线一样是可靠的评价肺复张时 PEEP 通气的床边评估方法。肺部超声与 P-V 曲线对比有两个优势:①重复性强,患者不需要深度镇静和麻醉;②可在重力依赖区和非重力依赖区节段性分析肺复张。肺部超声通过“B”线数目和种类可评估患者肺复张的能力。

应用 PEEP 后肺再通气的超声评估已有定性的个案报道<sup>[33]</sup>。Tsubo 等<sup>[34]</sup>在经食道超声心动图检查的半定量研究中,以肺实变为主的 ARDS 患者在应用 PEEP 后超声表现为融合“B”线,提示左肺下叶不完全再通气。他们也通过每日监测左肺下叶实变区面积评估 ARDS 肺部再通气,发现俯卧位时肺部通气明显增加。虽然这些研究仅局限于左肺重力依赖区,但实变区面积缩小和氧合改善间仍呈现显著相关性<sup>[35]</sup>。应用 PEEP 后肺部超声模式的变化和先前报道的 ARDS 肺部通气 CT 变化一致。肺部超声显示肺组织失气化大多分布在重力依赖区,肺再通气主要表现为胸壁腹侧“B”线消失,而存在于肺背段的实变在应用 PEEP 后被边缘化修饰。弥漫的肺组织失气化 ARDS 患者在应用 PEEP 后,前胸壁腹侧、背侧、侧面区域可发现弥散性“B”线或实变,全肺通气均有所改善,而不仅仅局限于背部下段肺区域,同时伴随氧合显著增加。局灶的肺组织失气化患者在腹侧肺上方区域出现正常的肺滑行征和水平的“A”线,而在肺背侧部下方区域出现实变或弥漫

“B”线;应用 PEEP 后,肺腹侧下方及背侧上方区域通气均得到改善。所以说,床旁肺部超声检查不仅对判断 ARDS 患者病情严重程度有帮助,而且对患者预后亦有很好的提示作用,因此肺部超声有望作为 ARDS 分级的标准<sup>[36]</sup>。

综上所述,肺部超声因无创、简易、实时、重复性强、无需转运等优点,被越来越多的医生和患者所接受,但也存在一些不足,如超声针对特殊的患者存在限制。肥胖患者因胸腔被肥厚的皮下脂肪包裹,超声检查较为困难;皮下气肿和胸部敷料会阻挡超声波。此外,超声检查的操作者水平对于判定肺复张能力存在差别。肺部超声不能判断 PEEP 导致的肺泡过度膨胀,因此,肺部超声在评估肺复张时的最佳 PEEP 能力仍有欠缺,尚需进一步临床研究评判其在 ARDS 诊治中的价值。但不可否认,超声技术在 ARDS 的诊治中具有较高的应用价值及广阔的研究前景,需要我们继续探索。

#### 参考文献

- Gattinoni L, Caironi P, Pelosi P, et al. What has computed tomography taught us about the acute respiratory distress syndrome? [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001, 164(9):1701-1711.
- Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, et al. Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome [J]. *N Engl J Med*, 2006, 354(17):1775-1786.
- Pesenti A, Tagliabue P, Patroniti N, et al. Computerised tomography scan imaging in acute respiratory distress syndrome [J]. *Intensive Care Med*, 2001, 27(4):631-639.
- Lichtenstein DA, Lascols N, Prin S, et al. The "lung pulse": an early ultrasound sign of complete atelectasis [J]. *Intensive Care Med*, 2003, 29(12):2187-2192.
- Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, et al. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill [J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(2):276-281.
- 刘军, 邹桂娟, 李维勤. 急性呼吸窘迫综合征的诊断新进展[J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26(2):70-73.
- 张丹, 李唯, 孟焱, 等. 超声诊断急性肺损伤及急性呼吸窘迫综合征的价值[J]. *中国医学影像学杂志*, 2008, 16(3):173-175.
- Lichtenstein DA, Mezière G, Lascols N, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax [J]. *Crit Care Med*, 2005, 33(6):1231-1238.
- Gargani L, Lionetti V, Di Cristofano C, et al. Early detection of acute lung injury uncoupled to hypoxemia in pigs using ultrasound lung comets [J]. *Crit Care Med*, 2007, 35(12):2769-2774.
- Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia [J]. *Crit Care Med*, 2010, 38(1):84-92.
- Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, et al. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 183(3):341-347.
- Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography [J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(9):1488-1493.
- Remérand F, Dellamonica J, Mao Z, et al. Multiplane ultrasound approach to quantify pleural effusion at the bedside [J]. *Intensive Care Med*, 2010, 36(4):656-664.
- Expert Round Table on Ultrasound in ICU. International expert statement on training standards for critical care ultrasonography [J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(7):1077-1083.
- Peris A, Tutino L, Zagli G, et al. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients [J]. *Anesth Analg*, 2010, 111(3):687-692.
- 马欢, 郭力恒, 黄道政, 等. 如何应用床旁肺超声快速鉴别诊断呼吸困难的“彗尾征”快速识别心源性气促 [J]. *中华危重病急救医学*, 2013, 25(8):499-500.
- Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome [J]. *Am J Emerg Med*, 2006, 24(6):689-696.
- Knudtson JL, Dort JM, Helmer SD, et al. Surgeon-performed ultrasound for pneumothorax in the trauma suite [J]. *J Trauma*, 2004, 56(3):527-530.
- Turner JP, Dankoff J. Thoracic ultrasound [J]. *Emerg Med Clin North Am*, 2012, 30(2):451-473, ix.
- 张玉坤, 杨建平, 陈军. 床边超声快速诊断和治疗 H7N9 感染重度急性呼吸窘迫综合征后胸腔积液或气胸 [J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26(2):123-125.
- 许云峰. 超声引导经皮肺穿刺在胸膜及肺周围病变中的临床应用价值 [J]. *现代肿瘤医学*, 2010, 18(12):2382-2384.
- Zimmerman JJ, Akhtar SR, Caldwell E, et al. Incidence and outcomes of pediatric acute lung injury [J]. *Pediatrics*, 2009, 124(1):87-95.
- Gardelli G, Feletti F, Gamberini E, et al. Using sonography to assess lung recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Emerg Radiol*, 2009, 16(3):219-221.
- Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit [J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2009, 10(6):693-698.
- Santuz P, Bonetti P, Serra A, et al. Ultrasound-guided lung recruitment in a young infant with ARDS [J]. *Paediatr Anaesth*, 2010, 20(9):895-896.
- Caiulo VA, Gargani L, Caiulo S, et al. Lung ultrasound in bronchiolitis: comparison with chest X-ray [J]. *Eur J Pediatr*, 2011, 170(11):1427-1433.
- Fraser RS, Colman N, Müller NL, et al. Synopsis of diseases of the chest [M]. USA: Elsevier Inc New York, 2005.
- Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, et al. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1997, 156(5):1640-1646.
- Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome [J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2008, 6:16.
- 隆云, 刘大为, 丁欣. 急性呼吸窘迫综合征肺复张潜能评估 [J]. *中国实用内科杂志*, 2013, 33(11):851-854.
- Tsubo T, Yatsu Y, Tanabe T, et al. Evaluation of density area in dorsal lung region during prone position using transesophageal echocardiography [J]. *Crit Care Med*, 2004, 32(1):83-87.
- Malbouisson LM, Muller JC, Constantin JM, et al. Computed tomography assessment of positive end-expiratory pressure-induced alveolar recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001, 163(6):1444-1450.
- Gardelli G, Feletti F, Gamberini E, et al. Using sonography to assess lung recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Emerg Radiol*, 2009, 16(3):219-221.
- Tsubo T, Sakai I, Suzuki A, et al. Density detection in dependent left lung region using transesophageal echocardiography [J]. *Anesthesiology*, 2001, 94(5):793-798.
- Rouby JJ, Puybasset L, Nieszkowska A, et al. Acute respiratory distress syndrome: lessons from computed tomography of the whole lung [J]. *Crit Care Med*, 2003, 31(4 Suppl):S285-295.
- 刘铸, 晁彦公, 高倩, 等. 急性呼吸窘迫综合征患者肺超声影像学表现与柏林定义相关性分析 [J]. *中华老年医学杂志*, 2014, 33(3):297.

(收稿日期:2014-04-24)

(本文编辑:李银平)