

呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估专家共识（2026 版）

呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估专家共识编委会

通信作者：杨拴盈，Email: yangshuanying@xjtu.edu.cn

【摘要】 严重呼吸系统疾病是危重症患者的主要病因，其救治质量直接影响患者预后。床旁超声作为一种无创、实时、动态、可重复性强的床旁影像评估技术，凭借操作便捷、无辐射等优势，在呼吸危重症的快速诊断、病情监测和治疗指导中发挥着不可替代的作用。为进一步推动基层医疗机构规范应用床旁超声诊断技术，提升呼吸危重症救治水平，呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估专家共识编委会组织全国范围内具备丰富超声诊断与呼吸危重症救治经验的多学科医学专家，基于新近相关文献及临床实践共同制定本专家共识。本共识旨在为呼吸系统疾病的精准诊断与病情评估，特别是呼吸危重症患者的规范化救治提供科学、实用的临床指导。

【关键词】 呼吸系统疾病；床旁超声；专家共识

基金项目： 癌症、心脑血管、呼吸和代谢性疾病防治研究 2024 国家科技重大专项 (2024ZD0522700)；陕西省财政厅 2022 年公共卫生发展（国家区域医疗中心项目）省级补助资金；陕西省财政厅 2023 年公共卫生发展（国家区域医疗中心项目）省级补助资金

DOI:10.3760/cma.j.cn131368-20251117-00657

Expert consensus on point-of-care ultrasound for diagnosis and assessment of respiratory diseases (2026 edition)

Expert Consensus on Point-of-Care Ultrasound for Diagnosis and Assessment of Respiratory Diseases Editorial Board

Corresponding author: Yang Shuanying, Email: yangshuanying@xjtu.edu.cn

【Abstract】 Severe respiratory diseases are a major cause of critical illness, and the quality of their management has a direct impact on patient outcomes. Point-of-care ultrasound is a noninvasive, real-time, dynamic, and highly reproducible imaging modality that because it is easy to perform and involves no radiation has become indispensable for rapid diagnosis, monitoring, and therapeutic guidance in critically ill respiratory patients. To encourage standardized use of point-of-care ultrasound in primary healthcare institutions and to raise the overall standard of respiratory critical care, the consensus editorial committee convened multidisciplinary experts from across the country with extensive experience in ultrasound diagnostics and respiratory critical care. Drawing on a review of recent literature and shared clinical practice, the committee developed this expert consensus. Its purpose is to offer evidence-informed, practical clinical guidance for accurate diagnosis and assessment of respiratory diseases, with particular emphasis on standardized management of critically ill respiratory patients.

【Key words】 Respiratory diseases; Point-of-care ultrasound; Expert consensus

Fund program: National Science and Technology Major Project for Noncommunicable Chronic Diseases (2024ZD0522700); 2022 Provincial Subsidy Fund for Public Health Development (National Regional Medical Center Project), Shaanxi Provincial Department of Finance; 2023 Provincial Subsidy Fund for Public Health Development (National Regional Medical Center Project), Shaanxi Provincial Department of Finance

DOI:10.3760/cma.j.cn131368-20251117-00657

严重呼吸系统疾病是急危重症患者的主要病因，其救治质量直接影响患者的预后。传统的病因鉴别诊断方法需要进行X线、CT、肺动脉造影等耗时间长、花费大、转运风险高的影像检查，临床亟需安全、有效、便捷的检查手段弥补不足。床旁超声作为一种无创、实时、动态、重复性强且无辐射的床旁影像评估手段，已常规用于肺部疾病的诊断和监测^[1]。全球新型冠状病毒感染流行，再次证实了床旁超声在呼吸系统疾病中的临床价值^[2]。目前，国内以呼吸系统疾病为导向、供呼吸专科医师参考的床旁超声共识很少。为此，呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估专家共识编委会综合国内外相关指南、共识和最新参考文献，编写呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估专家共识。该共识将协助呼吸专科医师整合临床思维，提高呼吸系统疾病的诊断与评估水平，并引导气管插管、气管切开等技术实施，提升安全性、减少并发症^[3-5]。

1 共识形成方法

1.1 目标人群 本共识适用人群为基层医疗机构中呼吸与危重症医学科、急诊科、重症医学科、胸外科等相关领域的临床医师、护理人员及科研工作者。

1.2 临床问题的确定 本共识由工作组基于文献检索和临床需求，结合呼吸系统疾病超声诊断的实践经验，针对呼吸系统急危重症床旁超声诊断与评估的关键问题草拟了共识初稿。随后由42名三甲医院专家（30名呼吸危重症专家，4名重症专家，4名急诊专家，4名超声专家）组成专家组，于2025年1月23日召开首次专家讨论会，经过5轮专家讨论、修改后达成共识，并采用共识会议法最终形成24条推荐意见。

1.3 证据等级和推荐强度 共识制定小组针对呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估的关键问题，查阅国内外循证医学证据与相关临床实践文献。文献来源：Cochrane Library、PubMed、EMbase、CINAHL、Web of Science、中华医学期刊全文数据库、中国知网、万方数据知识服务平台、维普等数据库的指南、共识和相关临床研究、文献综述等。检索词：“床旁超声（point-of-care ultrasound）”“呼吸系统疾病（respiratory disease）”“心脏超声（echocardiography）”“肺部超声（lung ultrasound）”“肺栓塞（pulmonary embolism）”“肺水肿（pulmonary edema）”“肺动脉高压（pulmonary hypertension）”“肺心病

（cor pulmonale）”“呼吸困难（dyspnea）”“间质性肺病（interstitial lung disease）”“胸腔积液（pleural effusion）”“气胸（pneumothorax）”等。检索时间为建库至2025年8月31日。本共识推荐类别表述见表1，证据水平分级标准见表2。

表1 共识推荐类别表述

推荐类别	描述
I	已证实和(或)一致公认有益、有用和有效的操作或治疗
II	有用和(或)有效的证据尚有矛盾或存在不同观点的操作/治疗
II a	有关证据/观点倾向于有用和(或)有效,应用这些操作/治疗是合理的
II b	有关证据/观点尚不能被充分证明有用和(或)有效,可考虑应用
III	已证实和(或)一致公认无用和(或)无效,并对一些病例可能有害的操作或治疗,不推荐使用

表2 证据水平分级标准

证据等级	描述
A	资料来源于多项随机临床试验或荟萃分析
B	资料来源于单项随机临床试验或非随机对照试验
C	仅为专家共识意见和(或)小型临床试验、回顾性研究或注册登记

2 呼吸系统床旁超声基本征象

2.1 肺部超声的探头选择和扫查方法 **推荐意见 1:** 采用低频凸阵探头扫查气道、胸膜和肺组织；高频线阵探头扫查胸壁、胸膜、胸膜下组织和膈肌，以及上呼吸道软骨结构；相控阵探头扫查心脏和胸部大血管（I类推荐，B级证据）。

探头选择：低频凸阵探头（2~5 MHz）俗称“腹部探头”，主要用于扫查舌体至声门和肺组织。高频线阵探头（6~12 MHz）俗称“血管探头”，主要用于扫查声门、颌下腺、上呼吸道的骨性结构和胸壁、胸膜及胸膜下肺组织，肥胖者有时需用低频凸阵探头。相控阵探头（2~4 MHz）俗称“心脏探头”，主要用于扫查心脏，紧急或无腹部探头时，可用于胸、肺和腹部扫查^[6]。

扫查方法：纵切面扫查探头垂直于肋骨，标记点指向头端，观察胸膜线、A线、B线等征象；横切面扫查探头平行于肋骨，沿肋间隙逐一扫查，观察肺部整体情况^[6]。

2.2 肺部正常超声征象 **推荐意见 2:** 采用二维和M型超声模式扫查肺部正常超声征象，包括蝙蝠征、海岸沙滩征、胸膜滑动征、A线和胸膜搏动征（I类推荐，A级证据）。

2.2.1 蝙蝠征 在二维超声模式下，探头垂直置

于肋间隙,可见蝙蝠征,两侧由相邻两根肋骨的横断面(强反射体,高回声)及其后方的声影(无回声)构成,中央是由壁层与脏层胸膜紧密贴附形成的胸膜线(高回声线)和对应肺表面构成(图1)^[7-8]。当探头平行置于肋间隙,仅见胸膜,没有肋骨声影。

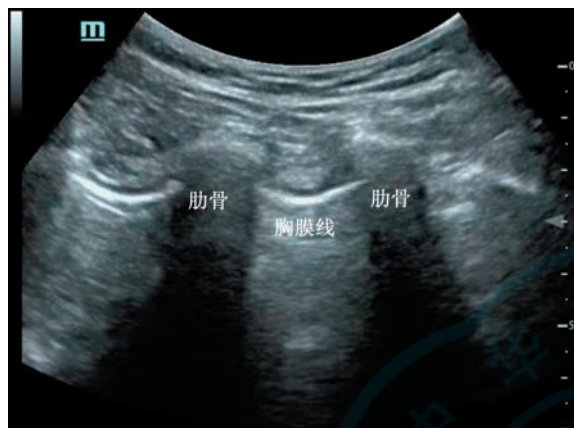


图1 正常肺部超声的蝙蝠征(二维超声模式)

2.2.2 海岸沙滩征 在M型超声模式下,可见胸膜线下方呈现随呼吸起伏的平行线状高回声,类似海浪冲刷海岸沙滩的动态纹理。在平行线状高回声下方,可见声波在肺泡气-液界面发生多次反射、散射和混响,形成充满点状、颗粒状高回声信号的沙砾状肺泡组织区域,形态类似沙滩(图2)^[7-8]。

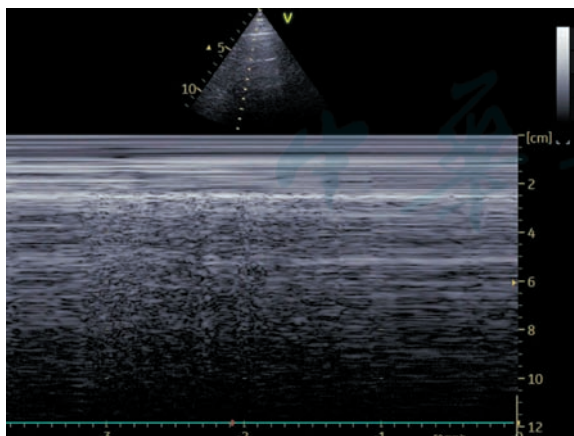


图2 正常肺部超声的海岸沙滩征(M型超声模式)

2.2.3 胸膜滑动征 在二维超声模式下,胸膜滑动征是指呼吸时脏层胸膜与壁层胸膜相对滑动的影像学表现,脏层胸膜就是覆盖在肺表面和肺裂内的浆膜^[7-8]。肺过度膨胀或肺气肿时该征象减弱,气胸、肺不张、胸膜纤维化及呼吸暂停时完全消失,灵敏度约为100%。气管插管误入单侧主支气管时,对侧胸膜滑动征可减弱或消失。

2.2.4 肺A线 二维超声模式下,A线是超声波在胸膜与肺内气体间发生多次反射形成的水平高回声线。表现为2~3条平行于胸膜线、随深度衰减的等距离高回声线。肺A线提示胸膜下含气良好,常见于正常肺组织(图3)^[7-8]。

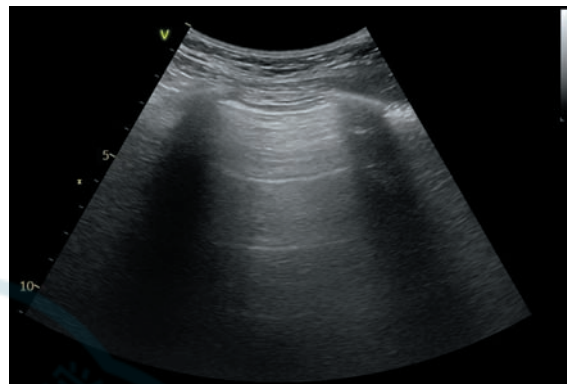


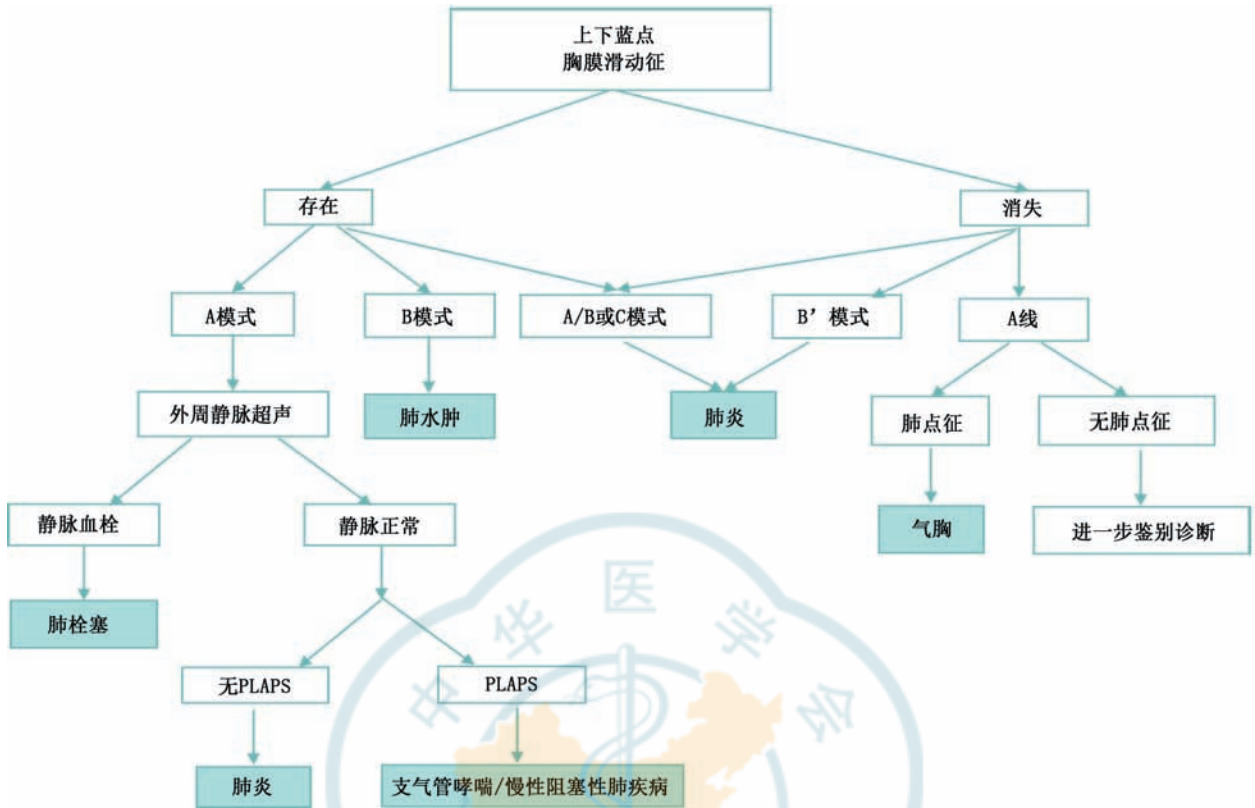
图3 肺部超声扫查A线示意图(二维超声模式)

2.2.5 胸膜搏动征 在二维或M型超声模式下,胸膜线随心脏搏动产生的同步微小振动。其形成机制与心脏机械活动通过邻近组织传递至胸膜密切相关。胸膜搏动征存在,证实胸膜腔的密闭性,可排除气胸^[7]。

2.3 肺部超声扫查流程 推荐意见3: 采用BLUE-plus方案进行肺部超声扫查和急性呼吸困难的病因鉴别(I类推荐,A级证据)。

BLUE方案是急诊和重症快速评估患者肺部状况的超声扫查方案,能够发现大部分CT显示的肺外周和胸膜病变,使得肺部超声扫查简单化、标准化和可重复(图4)^[7-9]。BLUE-plus方案是在BLUE方案的基础上添加了后蓝点,双肺共有10个检查点(图5)^[10]。(1)上、下蓝点:双手平放于前胸壁、拇指交叉重叠,上方手小指靠锁骨下缘、指尖置于胸骨正中线,下方手小指置于肺下部前缘(膈肌线);上方手第3、4掌指关节对应的点为上蓝点,下方手掌心对应位置为下蓝点。(2)膈肌点:膈肌线与腋中线交点。(3)后外侧肺泡或胸膜综合征(posterolateral alveolar and/or pleural syndrome, PLAPS)点:下蓝点水平向后的延长线与腋后线的交点。(4)后蓝点:背侧肩胛下线和脊柱旁线所围成的区域。如果某个标准点无法扫查,可以在其旁边扫查。肋骨遮挡区域,可以在肋骨上方或下方扫查。

肺部超声扫查结果描述如下。A模式:双侧前胸壁胸膜滑动征正常+A线;B模式:双侧前胸壁胸膜滑动征正常+B线;A/B模式:一侧以A线为



注：PLAPS为后外侧肺泡或胸膜综合征

图4 肺部超声BLUE方案扫查流程图^[7-9]



注：PLAPS为后外侧肺泡或胸膜综合征

图5 BLUE-plus方案肺部扫查点位的体表定位图（李丽君 绘）

A：上蓝点与下蓝点；B：膈肌点；C：PLAPS点与后蓝点

主，一侧以B线为主；B'模式：胸膜滑动征消失+B线；C模式：前胸部肺实变。

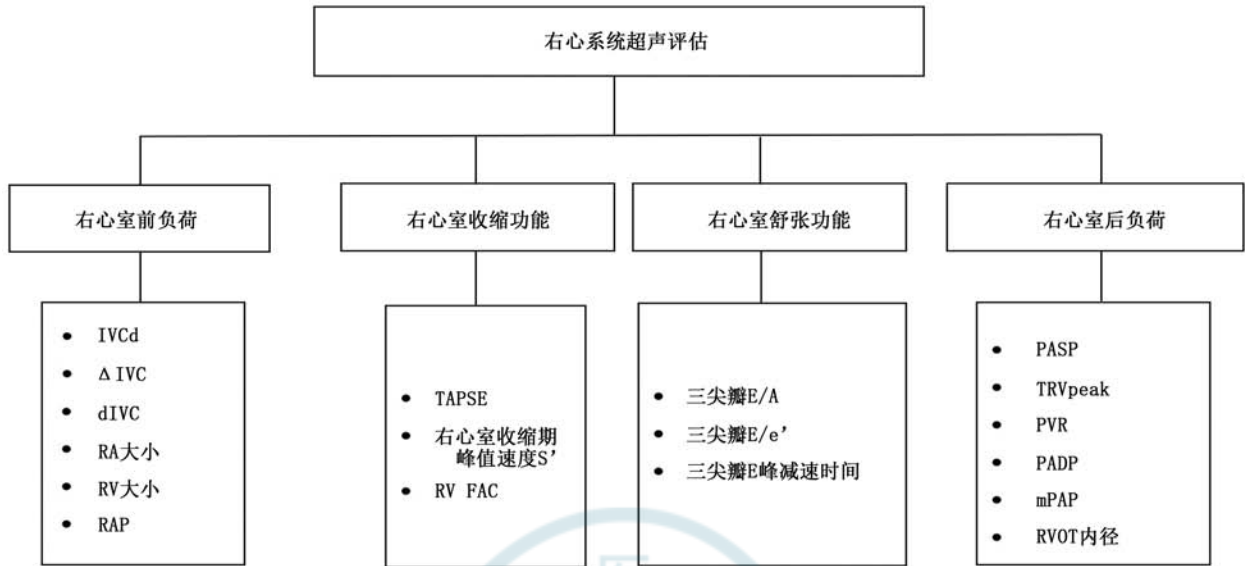
改良的肺部超声BLUE-plus方案在急性呼吸困难的病因鉴别中具有不可替代的作用，其灵敏度和特异度较BLUE方案更高，缩小了鉴别诊断范围，协助明确具体病因并评估临床干预效果^[10-12]。肺部超声扫查流程也可以依照B线、心包胸腔积液和心脏射血分数的次序进行扫查，先检查B线、心包胸腔积液和心脏射血分数，再检查下腔静脉（inferior vena cava, IVC）、肺部感染、肺梗死情况，最后检查右心应变、胸膜滑动征、下肢深静脉血栓、心房黏液瘤^[13]。

2.4 右心系统超声评估 依据生理学 Frank-Starling 定律，将右心系统超声评估指标分为右心室前负荷、右心室收缩及舒张功能、右心室后负荷4个部分（图6）^[6, 14-16]。

2.4.1 右心室前负荷超声评估

2.4.1.1 右心房压力（right atria pressure, RAP）及容量反应性 **推荐意见4：**采用下腔静脉吸气塌陷率/扩张率和下腔静脉内径判断自主呼吸和不同机械通气状态下的容量反应性并估测RAP（I类推荐，A级证据）。

患者取仰卧位，在二维或M型超声模式下，采用凸阵探头在剑突下纵切面测量（图7、8），取



注：IVCd为下腔静脉内径； Δ IVC为下腔静脉吸气塌陷率；dIVC为下腔静脉吸气扩张率；RA为右心房；RV为右心室；RAP为右心房压力；TAPSE为三尖瓣环收缩期位移；RV FAC为右心室面积变化百分数；E为舒张早期血流峰值速度；A为舒张晚期血流峰值速度；e'为舒张早期运动速度；PASP为肺动脉收缩压；TRVpeak为三尖瓣反流峰值速度；PVR为肺血管阻力；PADP为肺动脉舒张压；mPAP为平均肺动脉压；RVOT为右室流出道

图6 右心系统超声评估指标一览表^[6]

3个呼吸周期平均值。自主呼吸时采用下腔静脉吸气塌陷率 $[(IVC_{max}-IVC_{min})/IVC_{max} \times 100\%]$ 判断容量反应性并估测RAP(表3)^[15-16]。对于完全控制通气(机械通气8~10 ml/kg且无自主呼吸)的患者,采用下腔静脉吸气扩张率 $[(IVC_{max}-IVC_{min})/IVC_{min} \times 100\%]$ 判断容量反应性, $>12\% \sim 18\%$ 提示有容量反应性^[14];对于小潮气量(机械通气 <8 ml/kg)肺保护性通气的患者,呼气末测量的小的下腔静脉内径(剑突下长轴切面 $<1.2 \sim 1.5$ cm),强烈提示心脏前负荷不足,但需排除腹腔高压和心律失常等干扰因素^[17-20]。

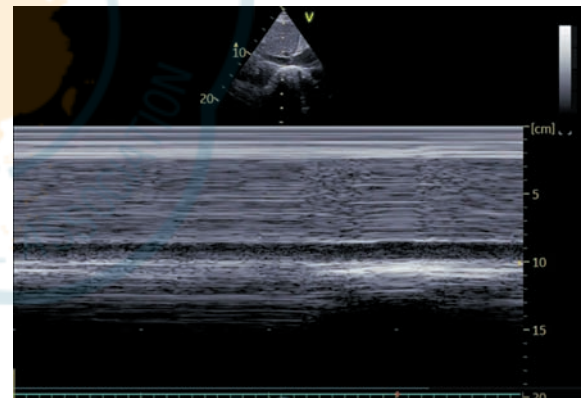


图8 在M型超声模式下显示下腔静脉

表3 IVCd及 Δ IVC估测RAP^[15-16]

IVCd(cm)	Δ IVC(%)	RAP ^a (mmHg)
≤ 2.1	> 50	3(0~5)
≤ 2.1	< 50	8(5~10)
> 2.1	> 50	8(5~10)
> 2.1	< 50	15(10~20)

注：IVCd为下腔静脉内径； Δ IVC为下腔静脉吸气塌陷率；RAP为右心房压力；^a该列数据为平均值(正常范围)；1 mmHg=0.133 kPa



图7 在二维超声模式下显示下腔静脉

切面,右心室收缩末期(三尖瓣关闭时)测量右心房的径线和面积(I类推荐,B级证据)。

在二维超声模式下,采用左侧卧位A4C切面(图9),右心室收缩末期(三尖瓣关闭时)测量右心房的径线和面积。右心房左右径 >44 mm,上下径 >53 mm^[16]。右心房面积 ≤ 11 cm²为正常;

2.4.1.2 右心房径线/面积 推荐意见5:采用左侧卧位心尖四腔心(apical four-chamber, A4C)

右心房与左心房横径比值 >1.1 ，提示右心房增大；右心房面积 $>18\text{ cm}^2$ 提示右心房扩大^[15, 18, 21]。剑突下四腔心切面适用于机械通气或胸廓畸形患者。

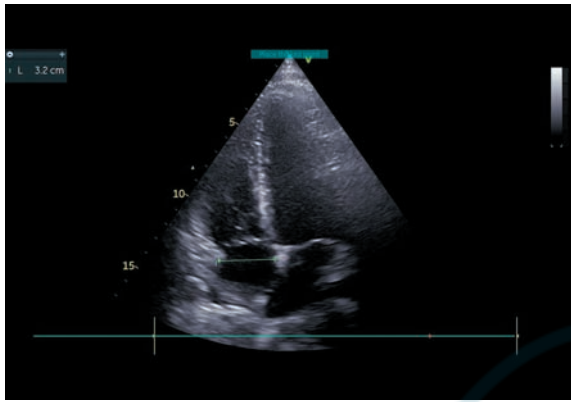


图9 在二维超声模式下显示心尖四腔心切面

2.4.1.3 右心室形态/径线/面积 推荐意见 6: 鉴于右心室形态不规则，并且危重症患者常因机械通气限制了标准切面的获取，推荐目测右心室形态、大小和室间隔移位定性评估右心室前/后负荷，不推荐采用二维超声评估右心室径线、面积和容积（II a类推荐，C级证据）。

右心室形态：在二维超声模式下胸骨旁长轴（parasternal long-axis, PLAX）切面，右心室前后径与左心室前后径比值 >0.5 ，或A4C切面右心室舒张末期面积超过左心室舒张末期面积的 $2/3$ ，提示右心室扩大。在M型超声模式下PLAX切面，右室流出道（right ventricular outflow tract, RVOT）内径超过左室流出道和左心房内径，提示右心室扩大。在二维超声模式下胸骨旁短轴（parasternal short-axis, PSAX）切面，右心室扩大导致室间隔左移，左心室受压呈“D”字征，提示右心室容量（前负荷）和（或）压力（后负荷）过负荷。单纯右心室容量过负荷，左心室呈舒张期“D”字征，收缩末期室间隔基本恢复原位；单纯右心室压力过负荷多见于肺动脉高压，左心室呈收缩期“D”字征，舒张末期室间隔基本恢复原位。但左束支传导阻滞时不宜行室间隔移动分析^[6, 18-21]。

右心室径线：在二维超声模式下采用A4C切面测量右心室基底横径、中段横径和长径，采用PLAX切面测量RVOT近端内径（前后径），采用PSAX切面测量RVOT远端内径（表4）。右心室扩大标准：右心室基底横径 $>4.2\text{ cm}$ 或右心室/左心室基底横径比值 >1.0 ，测量时应避免切面倾斜导致假性扩大（需确保室间隔垂直）（图

8）^[14-16, 18]。心脏压塞时，右心室舒张期反向运动首先波及RVOT。

右心室面积：采用A4C切面描记右心室舒张末期和收缩末期心内膜边界，采用辛普森法计算面积，正常右心室舒张末期面积 $\leq 20\text{ cm}^2$ ，英国超声学会推荐正常值范围为 $12.6\sim 13.6\text{ cm}^2$ 。采用右心室舒张末期和收缩末期面积，计算右心室面积变化百分数（right ventricular fractional area change, RV FAC），正常 $\geq 35\%$ ， $<25\%$ 提示右心室收缩功能重度不全^[15, 21-22]。

右心室壁厚度：推荐采用PSAX切面或剑突下四腔心切面，测量舒张末期右心室前壁厚度（避开肌小梁），正常值 $\leq 5\text{ mm}$ ^[21-22]， $>5\text{ mm}$ 提示右心室肥厚^[15]。

2.4.2 右心室收缩功能超声评估 推荐意见 7: 采用三尖瓣环收缩期位移（tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE）、右心室收缩期峰值速度S'和RV FAC联合检测评估右心室收缩功能（I类推荐，B级证据）。不推荐单独使用Tei指数评估右心室功能（II b类推荐，C级证据）。不推荐采用右心室压力上升速率、右心室射血分数、RVOT速度时间积分（velocity time integral, VTI）评估右心室收缩功能（III类推荐，C级证据）。

2.4.2.1 TAPSE 在M型超声模式下，取样线置于A4C切面三尖瓣环侧壁，测量三尖瓣环收缩期纵向位移，主要反映右心室心肌长轴收缩功能（图10）。正常TAPSE $\geq 1.7\text{ cm}$ ， $<1.7\text{ cm}$ 提示右心室收缩功能降低。但该指标受取样角度和容量负荷的影响，难以反映右心室的整体收缩功能，测量时需要确保M超声束与三尖瓣环运动方向平行（角度偏差 $<20^\circ$ ）^[21-23]。

2.4.2.2 右心室收缩期峰值速度S' 在组织多普勒模式下，取样容积置于A4C切面三尖瓣环与右心室游离壁基底段之间，测量右心室收缩期峰值速度S'（图11），主要反映右心室游离壁基底段收缩功能，与右心室面积变化显著相关。右心室收缩期峰值速度S' $<9.5\text{ cm/s}$ ，提示右心室收缩功能受损。该方法简单、可重复，但有角度依赖性，肺动脉血栓内膜切除术后测值可能不准确，并缺乏不同年龄、不同性别的正常数据^[6, 22-23]。

2.4.2.3 RV FAC RV FAC测量方法及判断标准同前，是量化右心室收缩功能的重要指标，主要反映右心室长轴和短轴的收缩功能，但不包括RVOT的收缩功能，与MRI所测量的右心室射

表 4 右心室径线测量^[15]

测量指标	测量切面	测量部位	正常值
RV 基底横径(D1)	A4C	三尖瓣环水平(舒张末期)	≤4.2 cm
RV 中段横径(D2)	A4C	右室乳头肌水平(舒张末期)	≤3.5 cm
RV 长径(L)	A4C	右室心尖至三尖瓣环中点的距离(舒张末期)	≤8.0 cm
RVOT 近端内径	PLAX	主动脉前方 RVOT 前后径(舒张末期)	≤3.3 cm
RVOT 远端内径	PSAX	肺动脉瓣下 1 cm 处(舒张末期)	≤2.8 cm

注: RV 为右心室; A4C 为心尖四腔心; RVOT 为右室流出道; PLAX 为胸骨旁长轴; PSAX 为胸骨旁短轴

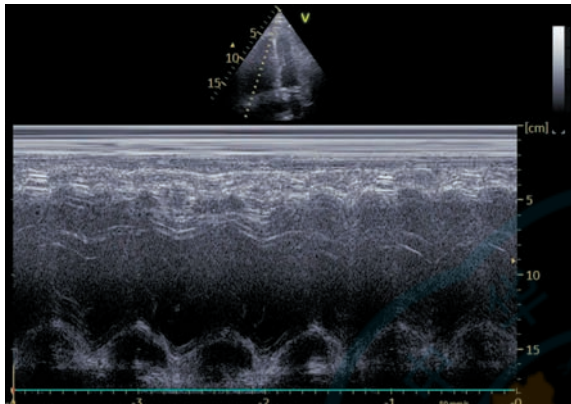


图 10 在 M 型超声模式下测量三尖瓣环收缩期位移

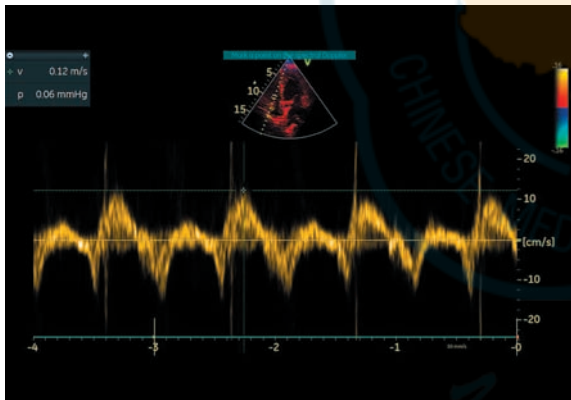


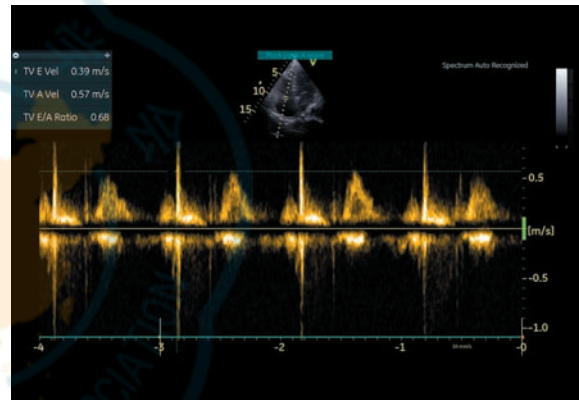
图 11 在组织多普勒模式下测量右心室收缩期峰值速度 S'

血分数具有相关性。心内膜描记需排除肌小梁,机械通气者需优化呼吸机设置,设定平台压 < 27 cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa), 驱动压 < 15 cmH₂O, 动态监测更有意义^[6, 22-23]。

2.4.3 右心室舒张功能超声评估 推荐意见 8: 采用三尖瓣舒张早期血流峰值速度 (E) / 舒张晚期血流峰值速度 (A)、E / 舒张早期运动速度 (e') 和 E 峰减速时间评估右心室舒张功能 (II a 类推荐, C 级证据)。

2.4.3.1 三尖瓣 E/A 在脉冲多普勒模式下, 取样线置于三尖瓣尖并与血流方向平行(角度偏差 < 20°), 呼气末测量 E 峰与 A 峰 (图 12)。三尖瓣 E 峰 < 0.35 cm/s 提示右心室舒张功能障碍, 三尖瓣 A 峰正常值为 21~58 cm/s, 正常三尖瓣 E/A 范围为 0.8~2.0。三尖瓣 E/A < 0.8, 提示右心室舒张

功能轻度异常; $0.8 \leq \text{三尖瓣 E/A} \leq 2.1$, $E/e' > 6$, 或肝静脉血流以舒张期血流为主, 提示右心室舒张功能中度异常(假性正常); 三尖瓣 $E/A > 2.1$, 伴 E 峰减速时间 < 120 ms, 提示右心室舒张功能重度异常、充盈受限^[21-24]。



注: E 为舒张早期血流峰值速度; A 为舒张晚期血流峰值速度

图 12 在脉冲多普勒模式下测量三尖瓣 E/A

2.4.3.2 三尖瓣 e' 在组织多普勒模式下, 取样线置于三尖瓣环侧壁和室间隔侧, 取这两个部位 e' 的平均值(避免局部心肌病变干扰), 测量三尖瓣 e' (图 13)。三尖瓣 e' 主要反映心肌松弛能力, 角度依赖性低。正常三尖瓣 e' ≥ 8 cm/s, < 8 cm/s 提示心肌松弛能力降低^[21-24]。

2.4.3.3 三尖瓣 E/e' 通过前述测得的三尖瓣

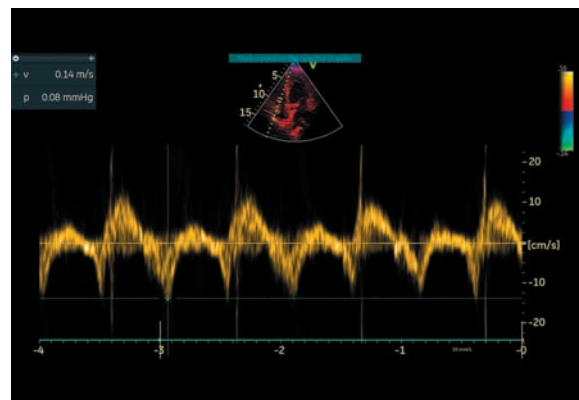
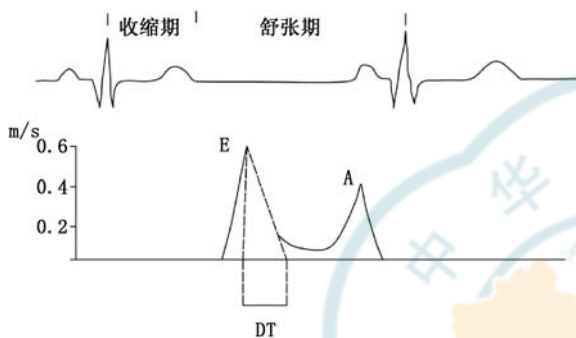


图 13 在组织多普勒模式下测量三尖瓣舒张早期运动速度

E 和 e'，计算二者比值。正常三尖瓣 E/e' ≤6, >8 提示右心室充盈压升高，特异度为 85% [23-26]。

2.4.3.4 三尖瓣 E 峰减速时间 三尖瓣 E 峰减速时间是 E 峰下降到零或基线的时间 (图 14)，正常范围为 120~229 ms [15]。三尖瓣 E 峰减速时间缩短 (<120 ms) 提示右心室舒张早期充盈加速，常见于右心室顺应性降低、RAP 升高或三尖瓣反流等情况。延长 (>229 ms) 提示右心室舒张早期充盈减慢，常见于右心室肥厚、限制型心肌病或心包疾病等。



注：E 为舒张早期血流峰值速度；A 为舒张晚期血流峰值速度；DT 为减速时间

图 14 三尖瓣 E 峰减速时间测量模式图 [6]

2.4.3.5 肝静脉血流频谱 在脉冲多普勒模式下，取样线置于肝静脉内 1~2 cm，屏气 3 s，避免呼吸干扰，观察舒张期波形。正常以 S 波为主，D 波微小。肝静脉舒张期逆流 (AR 波) 持续整个舒张期为病理状态，是重症患者右室舒张末压升高的特异性征象，速度 >25 cm/s 时提示中心静脉压 ≥15 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) [21-24]。

在平静呼气末测定三尖瓣 E/A、E/e'、E 峰减速时间和右心房大小评估右心室舒张功能，结果受年龄、呼吸、心率、容量状态和三尖瓣大量反流的影响。右心室舒张功能不全早于收缩功能异常，肺动脉高压患者三尖瓣 e' 降低可早于 TAPSE 异常 6~12 个月；左心室 E/e' >15 时，右心室 E/e' >6 的假阳性率升高 (需要用肝静脉频谱校正) [6]。

2.4.4 右心室后负荷超声评估 推荐意见 9: 床旁超声可作为肺动脉高压临床筛查或右心导管检查的替代手段。采用收缩期三尖瓣反流速度计算右心室后负荷——肺动脉收缩压 (pulmonary artery systolic pressure, PASP) (I 类推荐, B 级证据)。采用舒张期肺动脉瓣反流速度计算肺动脉舒张压 (pulmonary artery diastolic pressure, PADP) (II 类推荐, B 级证据)。采用 RVOT 加速

时间 (acceleration time, AT) 估测平均肺动脉压 (mean pulmonary artery pressure, mPAP) (II 类推荐, C 级证据)，采用 RVOT VTI 估测肺血管阻力 (pulmonary vascular resistance, PVR) (I 类推荐, B 级证据)。

2.4.4.1 PASP 在连续多普勒模式下 A4C 切面/胸骨旁右室流入道切面 (声束与反流束平行)，测量三尖瓣反流峰值速度 (peak velocity of tricuspid regurgitation, TRVpeak)，计算跨瓣压差 (ΔP) = 4 × (TRVpeak)²，估测 PASP = ΔP + RAP (图 15)。当 TRVpeak >2.8 m/s 时，提示肺动脉高压可能，但不能以此单一指标来确诊。PASP 正常值 15~30 mmHg，>40 mmHg 提示肺动脉高压。TAPSE/PASP 比值可反映右心室-肺动脉偶联，评估肺动脉高压患者的预后。正常 TAPSE/PASP 比值 >2.0，<0.31 提示预后不良 [21-26]。

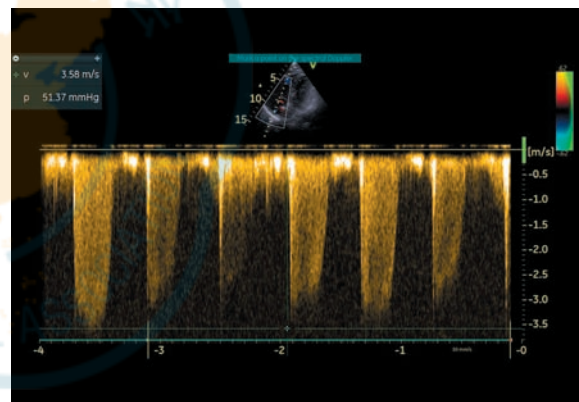


图 15 在连续多普勒模式下通过三尖瓣反流峰值速度估测肺动脉收缩压

2.4.4.2 PVR 通过公式 (PVR = TRV/RVOT VTI × 10 + 0.16) 计算的 PVR 与有创监测的 PVR 显示了良好的相关性 (r=0.929, 95% CI: 0.87~0.96)。当 TRV/RVOT VTI 为 0.175 时，预测 PVR >2 WU 的灵敏度为 77%，特异度为 81%；当 TRV/RVOT VTI 为 0.200 时，预测 PVR >2 WU 的灵敏度为 94%，特异度为 70%；当 TRV/RVOT VTI >0.275 时，预测 PVR >6 WU 也具有很好的灵敏度和特异度。但当 PVR 非常高 (>8 WU) 时，TRV/RVOT VTI 和 PVR 的相关性不可靠 [25-26]。

PASP 不能完全代替 PVR，当心搏出量增大或减少时 PASP 可能被高估或低估，需要检测 PVR。PVR 增加在短时间内引起右心室扩大而肺动脉压力未必增高，如急性肺源性心脏病 (肺心病)。当以 PVR 作为治疗目标时，超声检测不可替

代右心导管检查 [27-28]。

2.4.4.3 PADP 在连续多普勒模式下,测量肺动脉瓣反流舒张末期峰值速度(V_{peak} , m/s),采用简化的 Bernoulli 公式计算: $PADP$ (mmHg) = $4V_{peak}^2 + RAP$ [16, 29-30] (图 16)。PADP > 15 mmHg 提示肺动脉舒张压升高。

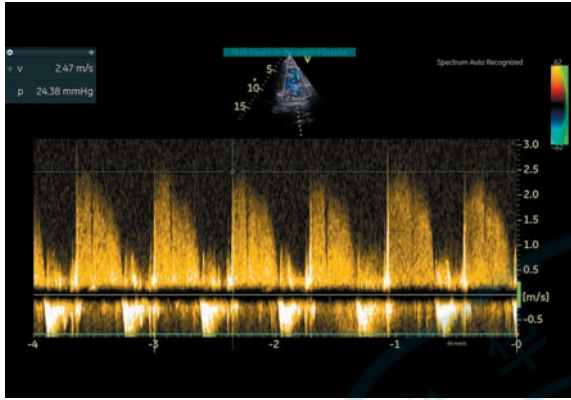


图 16 在连续多普勒模式下测量肺动脉瓣反流舒张末期峰值速度

2.4.4.4 mPAP 方法一: 采用标准公式计算, $mPAP = 1/3 (PASP) + 2/3 (PADP)$ 。方法二: 采用 RVOT AT 代入公式计算。PSAX 切面主动脉瓣水平, 在脉冲多普勒下取样容积置于肺动脉瓣近端紧邻的 RVOT 内获取收缩期 RVOT 血流频谱 (图 17), 测量脉冲多普勒血流频谱起始到峰速度的时间, 即 RVOT AT。当 RVOT AT ≥ 120 ms 时, $mPAP = 79 - 0.45 \times RVOT AT$; 当 RVOT AT < 120 ms 时, $mPAP = 90 - 0.62 \times RVOT AT$ 。方法三: $mPAP = \text{三尖瓣反流 VTI} + RAP$ 。多普勒血流频谱显示 RVOT 收缩中期切迹 (图 18), 提示毛细血管前性肺动脉高压。但在肺动脉高压时, 采用 RVOT AT 估测 mPAP 的特异度和灵敏度降低 [16, 29-30]。

2.4.4.5 RVOT 内径 英国超声学会推荐

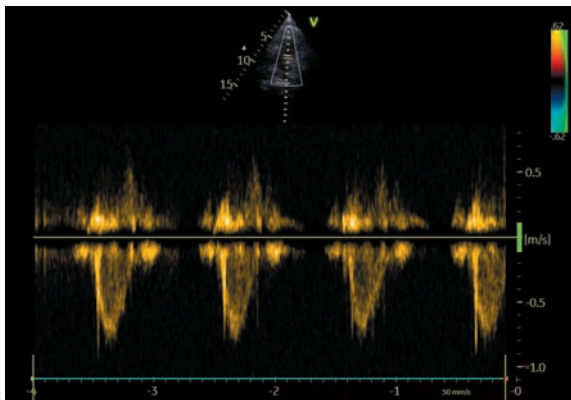


图 17 正常右室流出道血流频谱

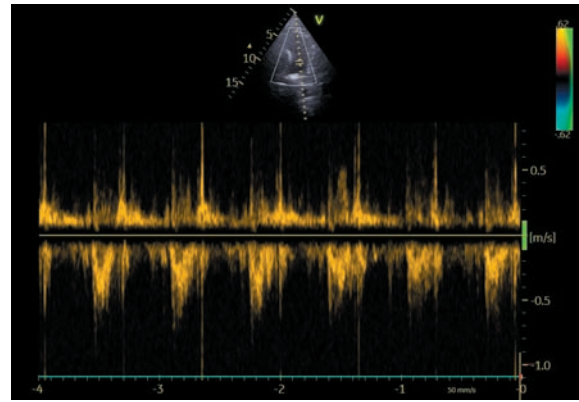


图 18 右室流出道血流频谱收缩中期切迹

RVOT 近端内径为 20~42 mm (图 19), 远端内径为 14~28 mm (图 20) [31-33]。肺动脉加速时间 < 90 ms + TAPSE < 1.7 cm + PASP > 60 mmHg, 提示肺动脉高压危象。右心室后负荷急性升高时 (如肺栓塞), 应优先改善氧合/降低 PVR, 而非使用强心药物 (避免右心室耗氧增加)。

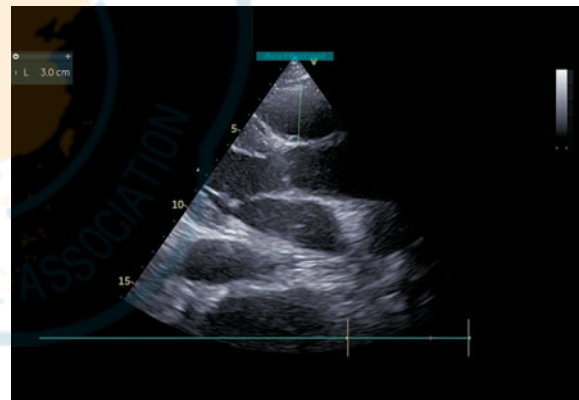


图 19 在胸骨旁长轴切面测量右室流出道近端内径

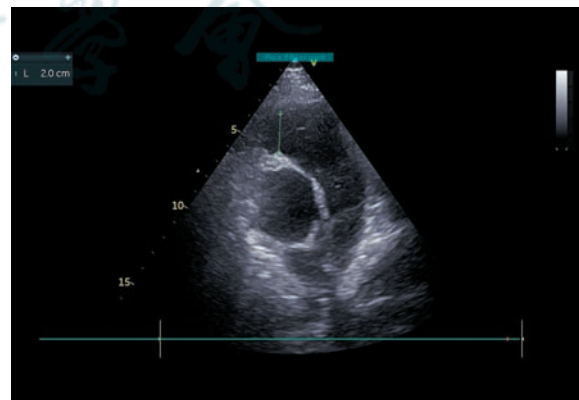


图 20 在胸骨旁短轴切面测量右室流出道远端内径

3 呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估

3.1 床旁超声气道管理 气道管理涉及上呼吸道 (咽、喉) 和下呼吸道 (气管、支气管)。上呼吸道与甲状腺、颈部大血管、肌肉、食管和迷走神经等毗邻 (图 21)。气道超声能更好地预测困难气

道, 评估气管导管的尺寸及位置, 预测拔管后气道梗阻和引导经皮气管切开术等 [32-35]。

3.1.1 预测困难气道 推荐意见 10: 采用床旁超声探查皮肤至会厌距离 (the distance from the skin to the epiglottis, DSE)、颌-舌间距 (the distance between the jaw and the tongue, HMD)、舌厚度 (tongue thickness, TT) 评估困难气道 (I 类推荐, B 级证据)。

临床常用 Mallampati 分级预测模型评估困难气道, 但存在局限性。超声可清晰辨识气道及其周边结构, 快速、无创地完成气道评估, 以下几种常用方法可用于预测困难气道 [36-37]。

3.1.1.1 DSE 仰卧嗅物位, 采用低频凸阵探头水平置于颈部正中舌骨水平, 向下扇形滑动探查, 舌骨下缘消失后可见甲状舌骨膜, 浅面为左右对称的颈带状肌群, 深面为线样低回声的会厌, 其间为会厌前间隙, 测量从皮肤浅层到会厌前缘的距离即为 DSE (图 22)。当 DSE > 2.75 cm 时, 预测困难气道的准确性最高。

3.1.1.2 HMD 通常采用中立位或过伸位测量下

颌骨与舌骨之间的距离, 即 HMD。将低频凸阵探头矢状置于颈中线, 上部紧邻下颌骨。声像图的上部可见下颌骨及其后方声影, 下部则是舌骨及其后方声影, 测量 2 个结构之间的距离即为 HMD (图 23)。中立位 HMD < 4.0 cm 可能为困难气道。

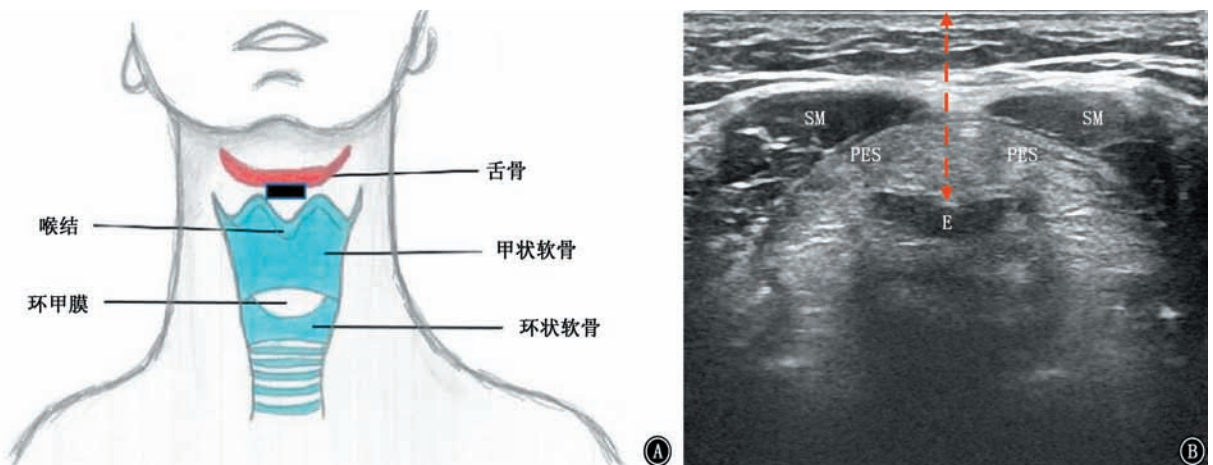
3.1.1.3 TT 测量切面同 HMD, 测时需使舌体与下颚紧贴, 防止中间有空气, 扫查舌尖到舌根形态并在最厚处测量下颌皮肤至舌面的厚度即为 TT (图 24)。困难气道的 TT 更高, 如果 TT > 6.1 cm, 提示可能存在插管困难。

3.1.2 评估气道大小, 预测气管导管尺寸 推荐意见 11: 采用床旁超声测量声门下气道直径, 预测气管导管尺寸 (I 类推荐, A 级证据)。

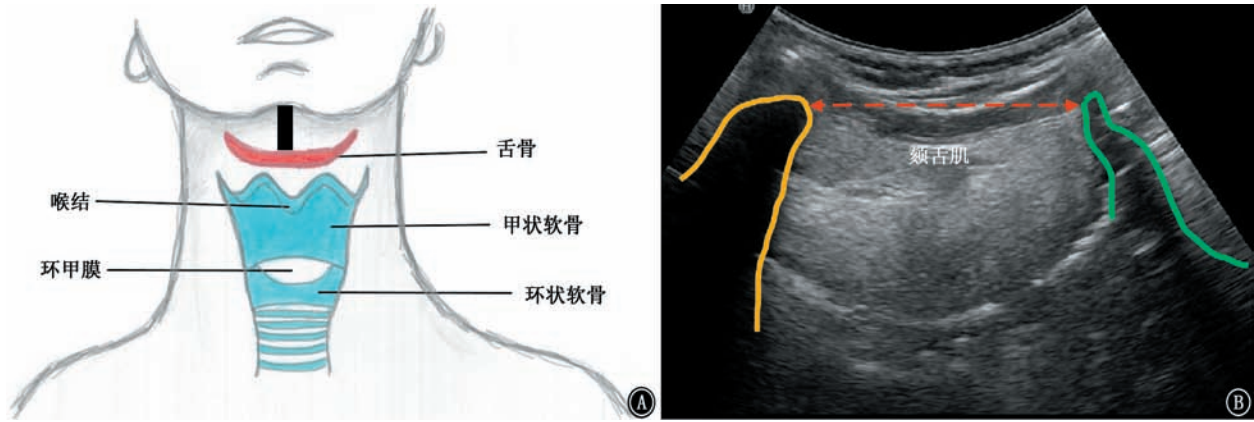
气道最狭窄的部位在声门下区域, 通过超声评估气道大小、指导选择气管导管尺寸, 优于基于年龄和身高的公式。采用仰卧嗅物位, 将高频线阵探头水平置于颈部正中环状软骨平面, 可见呈倒“U”形中等回声的环状软骨, 测量其内侧缘横径 (图 25) [38]。选择气管导管的直径应比环状软骨内侧缘横径小 0.1~1.7 mm。该项技术在儿



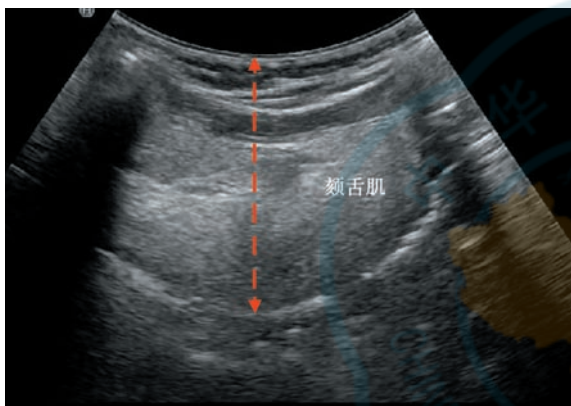
图 21 上呼吸道及其毗邻结构解剖示意图 (李丽君 绘) A: 上呼吸道及其毗邻结构矢状位示意图; B: 上呼吸道及其毗邻结构冠状位示意图



注: 黑色标记代表超声探头放置位置; SM 为颈带状肌群; PES 为会厌前间隙; E 为会厌; 红色双箭头虚线代表皮肤至会厌距离
图 22 皮肤至会厌距离的超声测量 A: 上呼吸道及其毗邻结构冠状位示意图 (李丽君 绘); B: 颈部正中舌骨水平超声征象



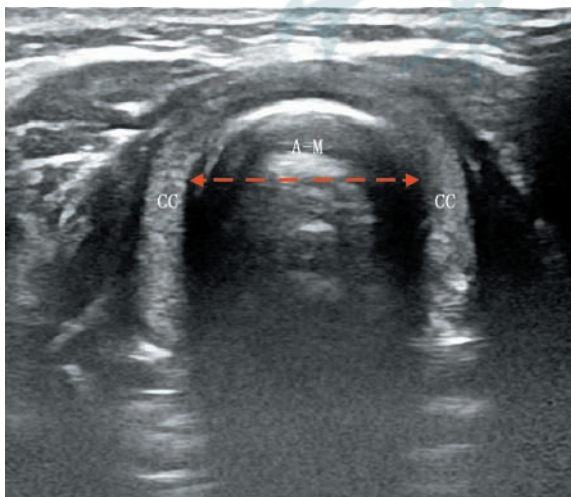
注：黑色标记代表超声探头放置位置；黄色曲线代表下颌骨声影；绿色曲线代表舌骨声影；红色双箭头虚线代表颌-舌间距
图 23 颌-舌间距的超声测量 A：上呼吸道及其毗邻结构冠状位示意图（李丽君 绘）；B：颈正中线下颌骨下方超声征象



注：红色双箭头虚线代表舌厚度
图 24 舌厚度的超声测量

科应用价值更大。

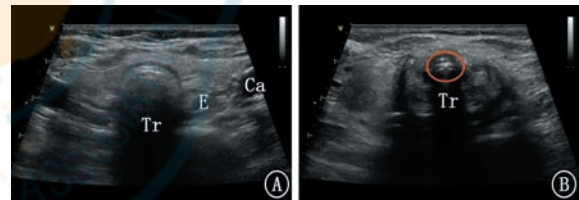
3.1.3 识别气管导管位置和深度 推荐意见 12：采用床旁超声识别气管导管并判断深度（I 类推荐，A 级证据）。



注：红色双箭头虚线示声门下气道直径；CC 为环状软骨；A-M 为空气-黏膜交界

图 25 声门下气道直径的超声测量

3.1.3.1 识别气管导管 当导管在气管内时，超声下可见气管内导管壁双轨征及气管导管后的声影（图 26）。在插管过程中可看到气管导管通过气管时运动的伪影。如果气管导管误入食管，则可见食管内呈现类似气管插管的双轨征^[39]。另外，用盐水替代空气对气囊充气后也可借助超声评估气管导管位置。



注：Tr 为气管；E 为食管；Ca 为颈总动脉；红色圆圈示双轨征

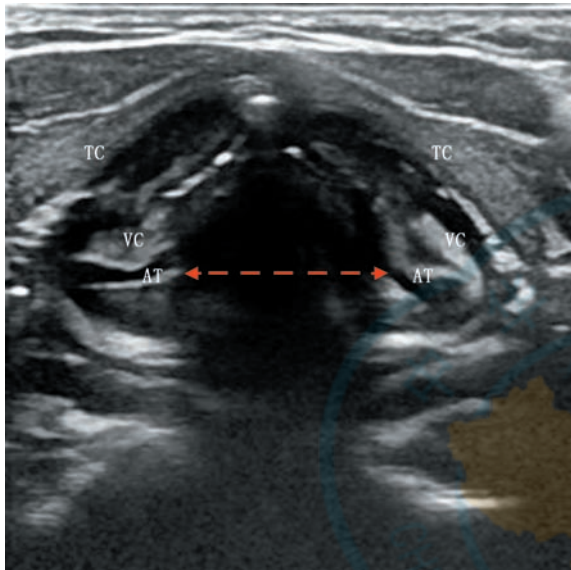
图 26 在胸骨上切迹平面显示气管插管位于气管中的双轨征^[39] A：胸骨上切迹平面超声征象；B：气管插管位于气管的双轨征

3.1.3.2 评估气管导管深度 肺部超声联合听诊可确认气管导管深度。将超声探头置于锁骨中线第 3 肋间，观察胸膜滑动和肺扩张且与手动通气同步；再将管尖轻轻推进右主支气管或左主支气管，直至单侧呼吸音消失，扫描未见胸膜滑动和肺扩张；确认管尖在支气管内位置后，缓慢撤管，直至听诊到双侧呼吸音并可见双侧胸膜滑动和肺扩张，然后进一步撤管，使管尖位于隆突上方 2 cm 处。

3.1.4 预测拔管后喘鸣 推荐意见 13：采用床旁超声预测拔管后气道狭窄和喘鸣（II b 类推荐，A 级证据）。

在声带水平测定气柱宽度（gas column width, ACW），可用于拔管后气道狭窄和喘鸣的评估^[40-41]。将高频线阵探头水平置于颈部正中甲状

软骨前方，在甲状软骨中部水平可以显示其深面左右对称的低回声结构，并随发声而运动，即声带，测定声带间 ACW（图 27）。在气管插管、气囊放气和充气过程中分别测量 3 次 ACW，记录平均值。气柱宽度差值 = 气囊放气时 ACW - 气囊充气时 ACW，当气柱宽度差值 < 1.6 mm 时，提示拔管后喘鸣风险升高^[42]。



注：红色双箭头虚线示气柱宽度；TC 为甲状软骨；AT 为杓状软骨；VC 为声带

图 27 声带水平气柱宽度超声测量

3.1.5 识别环甲膜 推荐意见 14：采用床旁超声指导环甲膜切开术（I 类推荐，B 级证据）。

超声极大提高了环甲膜识别的准确性。患者仰卧位，颈部尽量伸直，采用高频线阵探头横扫颈部最突出部位（甲状软骨峡部），可获得甲状软骨超声图像（等回声，倒“V”形）；将探头保持横切，向下方滑动，可获得环状软骨超声图像（等回声，倒“U”形）；将探头保持横切，在甲状软骨和环状软骨之间滑动，当骨性结构消失时，可见一细线样强回声，即环甲膜（图 28）。在此位置将探头旋转 90°，可见甲状软骨、环状软骨和环甲膜结构（图 29）。将横切和纵切图像结合进行定位寻找环甲膜中点，可以快速、准确地定位环甲膜，避免损伤周围组织^[34, 43]。

3.1.6 经皮气管切开术 推荐意见 15：采用床旁超声定位经皮气管切开位置（I 类推荐，B 级证据）。

气管切开部位通常在第 2~3 气管软骨环间隙。将高频线阵探头矢状位放置于颈前正中，确认环状软骨、第 1~4 气管软骨环（图 29），并根据气管

前间隙大小选择气管套管型号。

3.2 肺炎 推荐意见 16：采用动态和静态的含气支气管征、局限性肺 B 线、含液支气管征和胸膜下实变影协助诊断肺炎（I 类推荐，B 级证据）。采用“不规则膈肌-胸膜界面征”征象，评估下叶基底段肺炎（II a 类推荐，C 级证据）。采用肺炎超声评分（lung ultrasound score, LUS）评估肺炎病情、判断疗效（II b 类推荐，C 级证据）。

3.2.1 肺炎超声征象

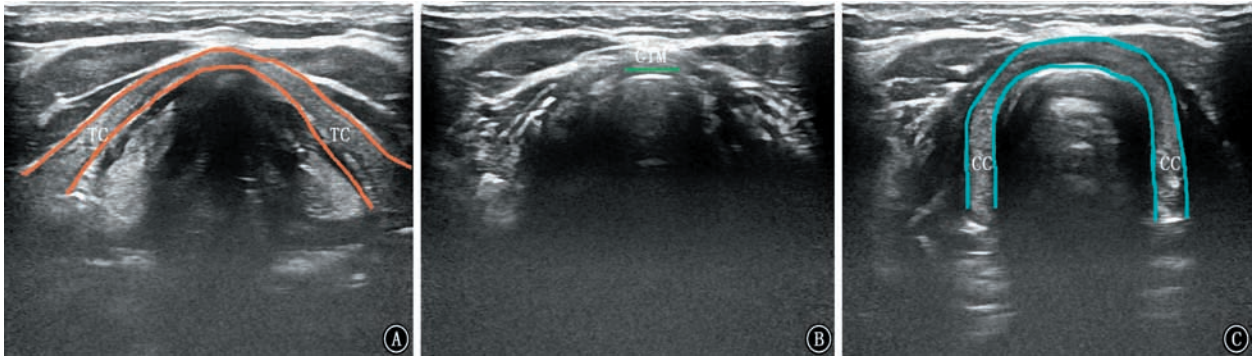
3.2.1.1 含气支气管征 当肺不张或肺实变时，肺泡内渗出液替代空气，含气支气管在液性环境中移动。肺超声可见胸膜滑动征减弱或消失，实变区表浅边界规则，平直或不规则的高回声边缘模糊的含气支气管征位于肺实变区域内（图 30）。实变区内随呼吸闪烁移动的点状/线状强回声，为动态支气管充气征，区别于静态支气管充气征。动态支气管充气征提示肺炎，静态支气管充气征提示支气管阻塞^[8, 43-44]。

3.2.1.2 碎片征 炎性渗出导致肺组织-气体界面破坏，肺超声显示胸膜线中断，深部可见不规则锯齿状高回声（碎片状边界）^[44]。

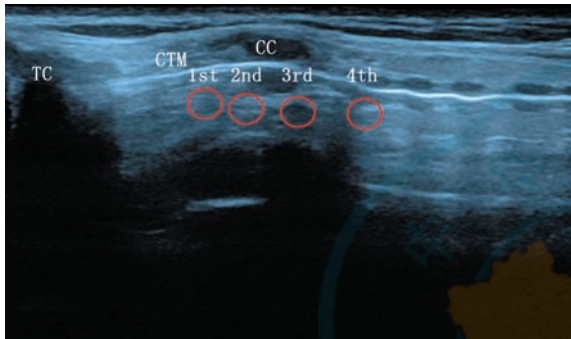
3.2.1.3 不规则膈肌-胸膜界面征 将探头置于 PLAPS 点矢状面扫查基底段胸膜，可见肝脏或脾脏头侧凸起的弧形光滑、连续、无中断的线样高回声，为膈肌-胸膜界面（图 31）。当发生后基底段肺炎累及胸膜时，膈肌-胸膜界面表现为不规则的、间断分布的直立高回声线，即为不规则膈肌-胸膜界面征（图 32）^[7]。

3.2.1.4 肺 B 线 肺 B 线又称彗尾征，是指从胸膜线垂直发出的激光束样高回声条，直达屏幕边缘，随胸膜滑动而移动。正常肺部超声可见少量 B 线，通常一个肋间隙内不超过 2 条。当肺血管外肺水增多或肺实质病变时，可见 B 线增多、粗大，甚至融合^[9, 44-45]。B3 线之间距离较窄（通常 3 mm 之内，图 33A），提示肺泡腔内的液体积聚（又称肺泡间质综合征）；B3 线间距短于 B7 线，一个肋间隙的 B 线数量多于 B7 线，而且更加密集，胸部 CT 检查可以见到磨玻璃样改变，提示肺泡性肺水肿可能。B7 线之间距离较宽（通常 7 mm，图 33B），提示肺小叶间隔增厚（也为肺间质综合征），临床提示间质性肺水肿的可能。融合 B 线是指一个肋间隙 B 线数量 > 10 条并融合（间距 < 3 mm），B 线间距密集，无法分辨，且完全看不到 A 线（图 33C），提示肺水增多、肺泡性肺水肿加重^[5, 44-45]。

3.2.2 肺炎超声扫查部位 推荐采用 12 分区法进



注：TC为甲状软骨；CTM为环甲膜；CC为环状软骨；橙色曲线代表甲状软骨；绿色曲线代表环甲膜；蓝色曲线代表环状软骨
图 28 环甲膜超声定位（颈部正中横切） A：甲状软骨声像图；B：环甲膜声像图；C：环状软骨声像图



注：TC为甲状软骨；CTM为环甲膜；CC为环状软骨；红色圆圈代表气管软骨；1st为第1气管软骨环；2nd为第2气管软骨环；3rd为第3气管软骨环；4th为第4气管软骨环
图 29 环甲膜超声定位（颈部正中纵切）

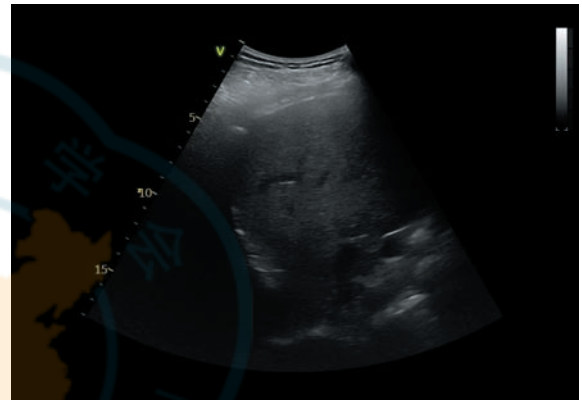


图 31 规则的膈肌-胸膜界面

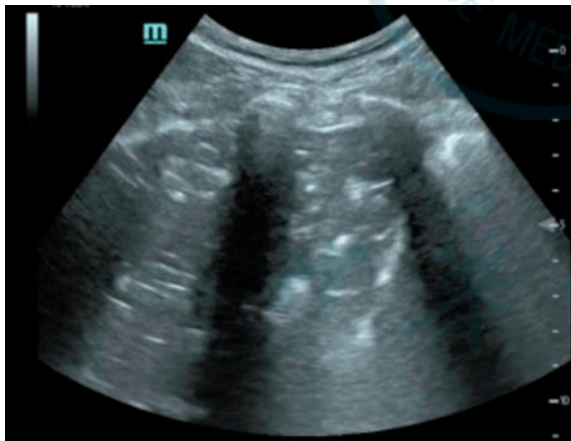


图 30 肺含气支气管征

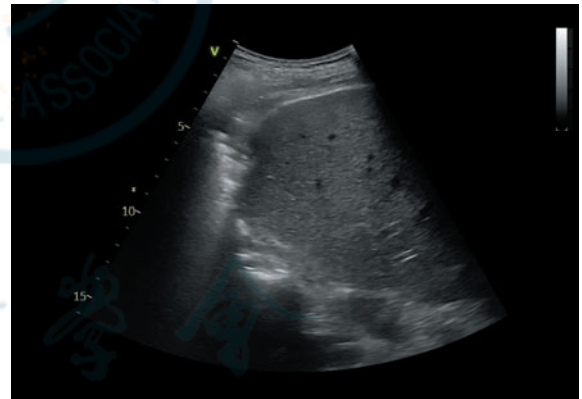


图 32 不规则膈肌-胸膜界面

行肺部扫查，每侧胸腔6个区域（前、侧、后野各分为上/下区，共12个区域）^[9, 44-45]。

3.2.3 LUS 赋分标准：A线（正常）0分，孤立B线（ ≤ 3 条）1分，融合B线（ ≥ 3 条）2分，大面积实变3分。总分36分， ≤ 12 分提示为轻度肺炎，13~24分为中度肺炎，25~30分为重度肺炎， > 30 分为危重度肺炎^[9, 44-45]。

3.3 ARDS 推荐意见 17：在医疗资源有限时，可采用床旁超声诊断和评估肺部病变，俯卧位常

规监测后蓝点，评估肺重力依赖区通气情况（I类推荐，A级证据）。

3.3.1 ARDS的超声征象 LUS对ARDS肺通气程度的评估与胸部CT具有很强的一致性，常采用12分区进行ARDS的LUS。肺间质和肺泡渗出或水肿导致多发、密集、融合的弥漫性B线，肺泡腔内充满渗出液、炎性细胞和纤维素导致肺组织完全失去气体，呈现碎片征、支气管充气征等肺实变征。ARDS的实变区域通常位于重力依赖区（背侧），腹侧多表现为A线，交界处多表现为B线（B3/B7线）。俯卧位时常规监测后蓝点，以评估重力依赖区的肺通气情况。

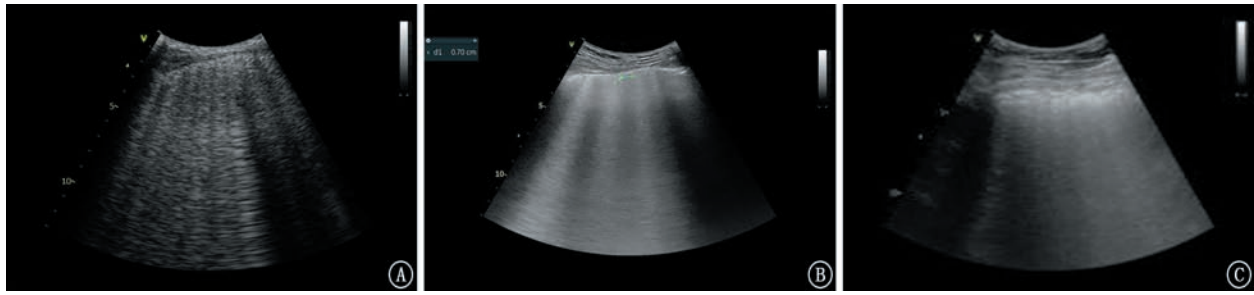


图 33 肺 B 线 A: B3 线; B: B7 线; C: 融合 B 线

非心源性肺水肿多表现为胸膜线异常, 胸膜滑动征减少或消失^[20, 46-48]。国际肺部超声共识提出, 若存在以下超声征象提示 ARDS 的存在: (1) 非均匀的 B 线分布; (2) 胸膜线异常征象; (3) 前胸壁的胸膜下实变; (4) 存在正常的肺实质; (5) 胸膜滑动征减弱或消失^[49]。ARDS 的柏林定义诊断标准要求除外心源性肺水肿, 心肺联合超声有助于床旁实时诊断 ARDS, 并进行病因鉴别^[50]。推荐在 M 型超声模式下, 于膈肌点测量膈肌移动度; 在二维超声模式下, 于膈肌点测量膈肌厚度和增厚率, 评估膈肌功能和预测困难脱机^[46]。

3.3.2 ARDS 的超声分型 LUS 0~3 分提示正常通气的肺组织占比显著下降, 无通气组织占比显著升高。基于肺形态学特征将 ARDS 分为非局灶型和局灶型。非局灶型 ARDS 腹侧区域 LUS \geq 3 分, 表现为弥漫性 B 线或斑片状实变, 双侧肺受累更均匀, 低通气肺组织占比随 LUS 升高而显著增加。局灶型 ARDS 病变以背侧、下肺为主, 腹侧区域超声多呈现 A 线或少量 B 线, LUS 较低, 低通气肺组织占比随 LUS 升高无明显变化。与局灶型 ARDS 相比, 非局灶型 ARDS 病死率更高, 肺顺应性更低, 可复张性更高。局灶型 ARDS 患者使用肺复张和高呼气末正压通气有较高的过度肺膨胀风险, 可能更适合俯卧位。

相较胸部 CT, LUS 具有无创、安全、高效的优点, 但受限于空间分辨率, 对肺深部病变的探查能力弱于胸部 CT, 因此对于肺通气丧失范围难以进行精准量化, 并且背部区域评估受限, 结果容易受到人为因素的影响^[47-50]。

3.3.3 临床意义 ARDS 的全球新定义推荐在资源有限的条件下采用超声探查肺部影像。ARDS 的 LUS 可定性、定位、定量肺部病变, 提供关于肺通气分布和呼吸系统并发症的信息。结合肺部、心脏和膈肌超声可指导肺复张、呼气末正压滴定、俯卧位通气、膈肌功能评估、机械通气撤机、右心管理, 协助进行 ARDS 的病因排查、诊断、个

体化治疗、疗效判断和预后评估^[51]。可采用 LUS 动态监测肺通气状态, 吸气时由肺实变转碎片征或 B 线转 A 线提示具有可复张性。LUS 还可进行肺复张前血流动力学评估和通过监测肺点判断是否产生气压伤, 但无法监测肺过度膨胀, 因此不建议单独用于肺复张的效果评估。此外, LUS 降低和 ARDS 预后具有相关性^[51]。但在有关新型冠状病毒感染的研究中, LUS 仅在磨玻璃影减少时才能识别纤维化进展, 单纯依赖 LUS 容易遗漏纤维化改变, 需要补充胸膜变化的量化指标以提升检测的准确性^[52]。

3.4 气胸 推荐意见 18: 采用床旁超声诊断危重症患者并发气胸 (I 类推荐, A 级证据)。

超声诊断气胸的灵敏度高于床旁 X 线检查。推荐选择高频线阵探头, 重点扫查前胸部尤其是锁骨中线第 2 肋间, 探查气胸的核心直接征象。先采用二维模式扫查, 发现可疑区域, 再切换至 M 型模式确认。肺点征可确认气胸, 胸膜滑动征、彗星尾征、胸膜搏动征和肺实变可排除气胸^[49, 53]。

3.4.1 胸膜滑动征消失 气胸时胸膜腔内气体将脏壁两层胸膜分开, 脏层胸膜的运动无法传导至壁层胸膜上方的探头。因此, 在二维超声模式下, 胸膜线处看不到有节奏的胸膜滑动^[53]。

3.4.2 条码征 在 M 型超声模式下, 胸膜滑动征消失, 胸膜线以下失去了颗粒状的沙滩征, 代之以与胸膜线以上区域相似、从近场到远场的均匀平行线 (图 34)。条码征对气胸诊断的灵敏度和特异度分别为 100% 和 78%^[8-9, 53]。

3.4.3 肺点征 在 M 型超声模式下, 气胸区域与非气胸区域的交界点随呼吸运动, 在吸气相时肺组织膨胀接触胸壁, 出现短暂的胸膜滑动征或 B 线; 在呼气相时肺组织萎陷离开胸壁, 胸膜滑动征消失, 出现条码征。在 M 型超声图像上可以观察到这种随呼吸周期交替出现的海岸沙滩征和条码征的临界点 (图 35)^[8-9, 53]。

3.5 胸腔积液 推荐意见 19: 采用床旁超声测量

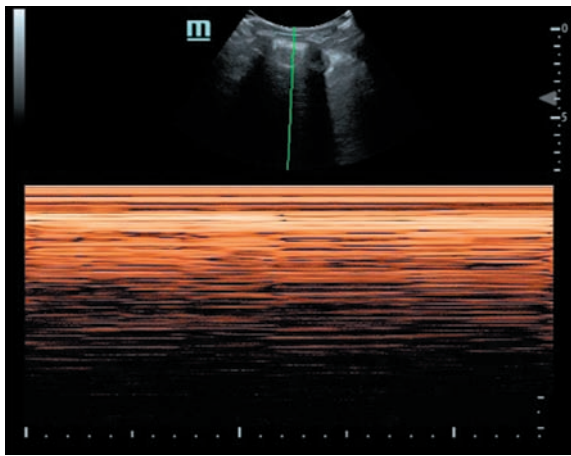


图 34 条码征

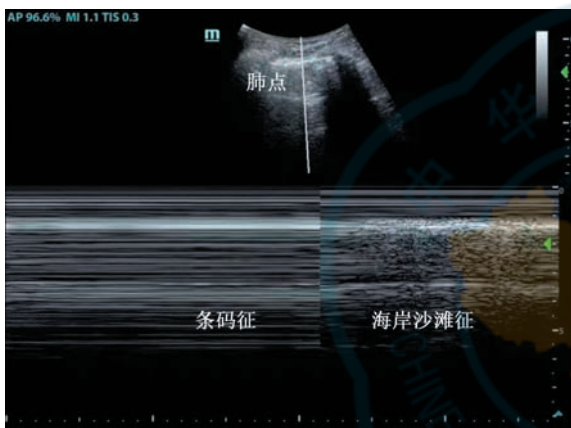


图 35 肺部超声扫查肺点征示意图

膈肌到脏层压缩肺组织间距，定量评估胸腔积液（I类推荐，A级证据）。采用床旁超声协助明确胸腔积液病因和穿刺定位（I类推荐，B级证据）。

3.5.1 游离性胸腔积液超声评估 在二维超声模式下，胸腔积液呈现胸膜壁层与脏层之间的无回声区（图36）^[54-56]。胸腔积液测量与积液量的评估多适用于坐立位患者（表5），仰卧位状态下胸腔积液量的估算仍存在争议。超声探查胸腔积液的灵敏度高，能识别仅3~5 ml的液体，>100 ml的胸腔积液超声诊断的灵敏度达100%^[57-59]。

3.5.2 局限性胸腔积液超声评估 局限性胸腔积液位于胸壁与肺之间，局限于某处，形成大小不等的圆形、卵圆形或半月形无回声区，凸向肺内，与肺野分界清楚，近胸壁侧基底较宽，两端呈锐角（图37）。液体无流动性表现^[56]。

3.5.3 明确胸腔积液病因 急性脓胸多继发于邻近器官感染，超声影像显示液性暗区内有细点状回声或斑点状回声，脓液稠厚时呈密集的回声斑点，改变体位移动不明显，易误诊为肺实变；液性暗区内的纤维蛋白结构呈分隔状或不规则蜂窝状，在液体中浮动（图38）。血性胸腔积液在液

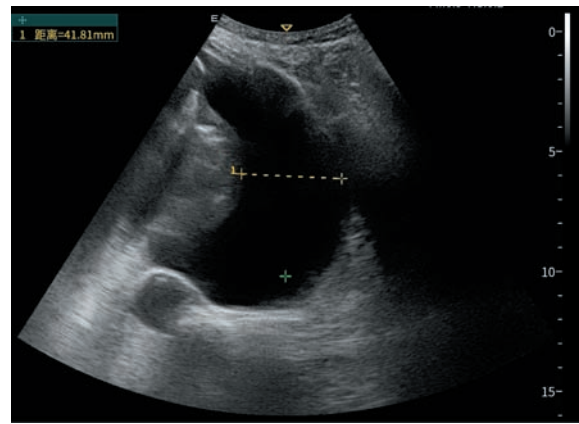


图 36 胸腔积液测量图（二维超声模式）

性暗区内常可见多数点状回声^[56]。

3.5.4 胸腔穿刺超声定位 采用超声探查胸腔积液步骤如下。（1）确定胸腔积液范围：要求超声探查胸腔积液定位时与胸腔穿刺时体位相同。胸腔积液呈三角形时，不测量最深部。（2）探测胸腔积液黏稠度。（3）确定穿刺点和进针方向^[60]。

3.6 肺栓塞 推荐意见 20: 采用床旁超声作为血流动力学不稳定的急性高危肺栓塞的临床初筛手段和再灌注治疗决策依据，典型征象包括肺动脉高压、右心扩大、右心功能代偿或降低（I类推荐，A级证据）。

高危肺栓塞主要表现为3个典型征象。（1）肺动脉高压：RVOT增宽（近端内径>2.9 cm，远端内径>2.3 cm），肺动脉直径>主动脉直径；TRV_{peak}>2.8 m/s，但在急性大面积肺栓塞时，右心室可能来不及代偿产生高速反流，因此压力估测值可能并未显著升高，甚至正常；RVOT AT<105 ms，峰值前移，收缩中期切迹（图39）。（2）右心扩大：右心房收缩末期面积>18 cm²；右心室/左心室基底横径比值>1.0；右心室基底横径>4.2 cm；室间隔左移导致左心室呈“D”字征；右室壁增厚，舒张末期厚度>0.5 cm；下腔静脉增宽，内径>2.1 cm，吸气塌陷率<50%（图40）。（3）右心功能代偿或降低：TAPSE降低<1.7 cm；右心室收缩期峰值速度S'下降<9.5 cm/s；RV FAC<35%（图41）；McConnell征（右心室中部游离壁运动减弱伴心尖运动相对正常，鉴别急性肺栓塞和慢性肺动脉高压时特异度高，灵敏度有限）^[61-68]。

仅有少数肺栓塞病例，经胸超声心动图能够直接看到右心系统或肺动脉血栓，系急性肺栓塞的直接征象。约半数肺栓塞患者可探查到下肢深静脉血栓。肺栓塞主要的肺部超声征象包括：胸

表 5 胸腔积液的超声定量评估 (患者取坐立位)

胸腔积液	测量间距(cm)	估计积液量(ml)	液性区上界	形态
少量	2~3	<500	不超过第6肋	随呼吸体位变动,具有流动性
中量	4~6	500~1 500	不超过第6肋	压迫肺下叶,范围增大,深度加宽
大量	7~8	>1 500	超过第6肋	肺被部分或全部压缩,膈肌下移

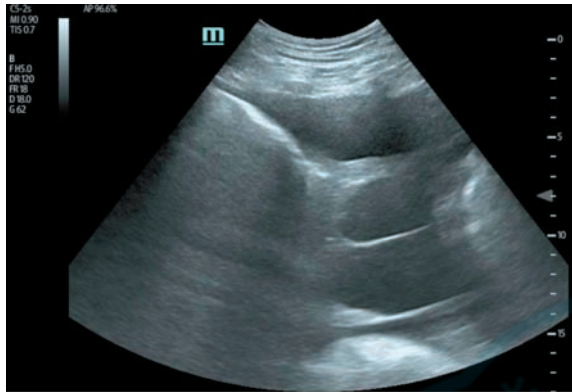
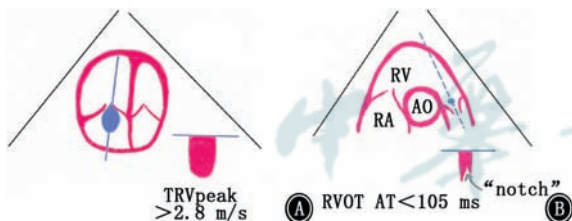


图 37 局限性胸腔积液



图 38 脓胸



注: TRVpeak为三尖瓣反流峰值速度; RVOT AT为右室流出道加速时间; RV为右心室; RA为右心房; AO为主动脉; notch为切迹

图 39 肺动脉压增高超声征象 A: 三尖瓣反流峰值速度增加; B: 右室流出道收缩中期切迹, 右室流出道加速时间降低

膜下肺梗死、胸腔积液和缺乏心源性肺水肿超声征象 [69-72]。

3.7 肺水肿 推荐意见 21: 采用床旁超声协助诊断肺水肿 (I类推荐, A级证据), 评价肺水肿严重程度 (II a类推荐, A级证据), 鉴别肺水肿形成机制 (II b类推荐, A级证据)。

肺水肿是各种病因导致肺血管外间质及肺泡

腔内液体异常积聚的状态。根据发病机制, 分为高静水压性肺水肿和渗透性肺水肿 [73]。超声诊断肺水肿有独特优势, 灵敏度 83%~97%, 特异度 84%~98% [74-77]。

3.7.1 肺水肿超声定性 正常肺部超声呈 A 线征像。当血管外肺水增多即肺泡或肺间质内渗出或液体量增加时, 肺部超声呈现 B 线。肺部超声无 B 线, 可排除肺水肿 [78]。

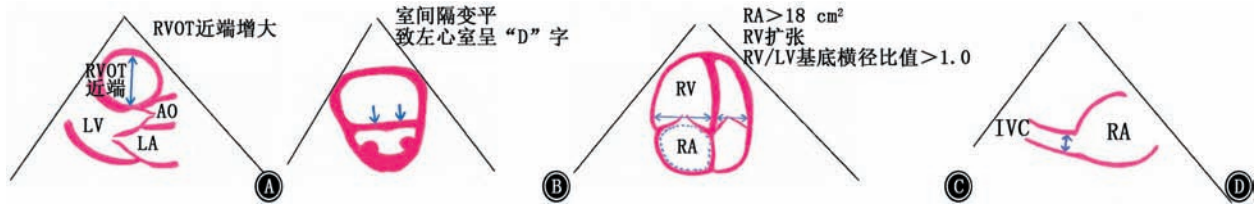
3.7.2 肺水肿严重程度评估 B 线类型可反映肺水肿的严重程度。当肺间质水肿时, 可见 B7 线; 当肺泡性肺水肿时, 可见 B3 线; 当血管外肺水明显增加时可见融合 B 线, 表现为白肺 (图 42) [79-81]。此外, 还可采用半定量方式评价肺水肿严重程度 (表 6)。采用 12 分区法进行肺部超声扫描, 扫描区域如图 43 所示, 将 12 个区域的评分累计, 总分为 0~36 分, 评分越高, 肺水肿程度越严重 [82]。

3.7.3 鉴别高静水压性肺水肿与渗透性肺水肿 高静水压性肺水肿多由心功能不全、容量过负荷导致, 渗透性肺水肿多由肺部感染、ARDS 等导致, 两者超声征象存在差别 (表 7) [83-84], 可通过心肺联合超声探查 B 线分布、胸膜改变和心脏功能进行鉴别 [85-86]。但临床上多数病例并非单一因素导致肺水肿, 可能存在高静水压性肺水肿和渗透性肺水肿并存的情况, 建议结合病史及相关检查, 判断肺水肿形成的主要原因, 再进行治疗。

3.7.4 动态监测肺水肿 肺部超声对动态监测肺水肿有较大的临床意义。通常 B 线越多, 提示血管外肺水越多, 肺水肿越严重。治疗后若肺 B 线之间逐渐分离、B 线总数减少或消失, 提示对治疗反应良好。反之则提示临床治疗效果不佳, 需查找病因并调整治疗 [87]。

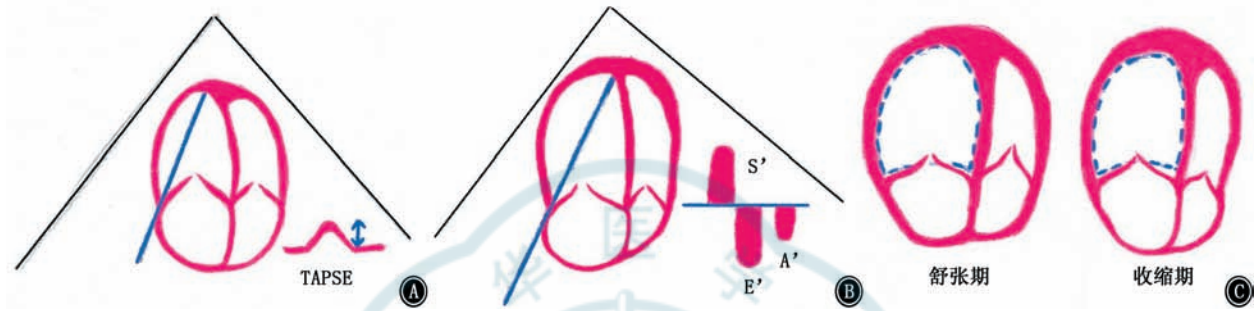
3.8 肺动脉高压 推荐意见 22: 采用床旁超声对中重度肺动脉高压进行筛查 (I类推荐, B级证据), 并评估预后 (I类推荐, C级证据)。不推荐采用超声评估肺动脉压力代替右心导管检查 (III类推荐, C级证据)。

诊断肺动脉高压的金标准是右心导管检查, 诊断分级标准如下: 静息状态下, 海平面 mPAP ≥ 20 mmHg 诊断肺动脉高压; 26 mmHg < mPAP ≤



注：RVOT为右室流出道；AO为主动脉；LV为左心室；LA为左心房；RA为右心房；RV为右心室；IVC为下腔静脉

图40 肺动脉高压致右心扩大超声征象 A：右室流出道增宽；B：室间隔变平/左心室呈“D”形；C：右心室/左心室基底横径比值增大；D：右心房增大，下腔静脉变异率降低



注：TAPSE为三尖瓣环收缩期位移；E'为组织多普勒模式下三尖瓣环舒张早期峰值速度；A'为组织多普勒模式下三尖瓣环舒张晚期峰值速度；S'为右心室收缩期峰值速度

图41 右心室收缩功能降低超声征象 A：三尖瓣环收缩期位移降低；B：S'峰值下降；C：右心室面积变化百分数减小

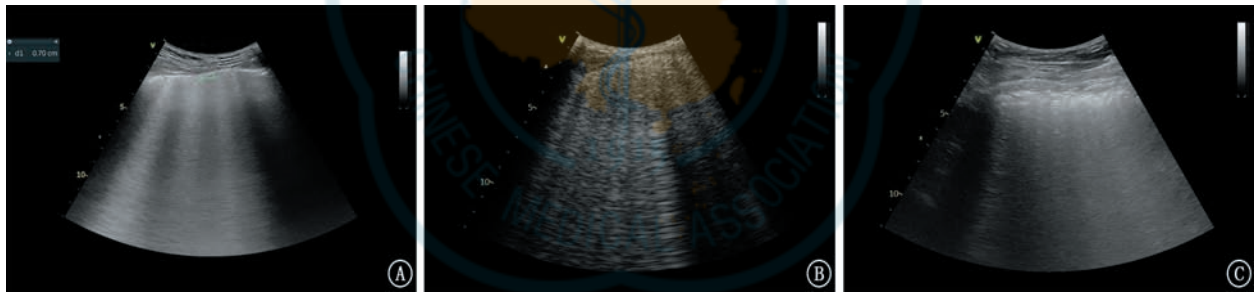
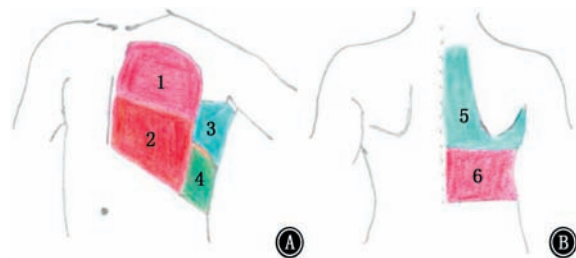


图42 不同严重程度肺水肿时的B线征象 A：B7线，提示肺间质水肿；B：B3线，提示肺泡水肿；C：融合B线，提示血管外肺水明显增加

表6 不同程度肺水肿的肺部超声评分表

通气情况	超声表现	12分区法评分
正常通气	A线、0~2条B线	0分
通气损失	≥3条B线	1分
中度通气损失	多条融合B线	2分
严重通气损失	出现肺实变伴或不伴支气管充气征	3分



注：以胸骨、腋前线、腋后线、脊柱为界，将每侧胸壁分为前、侧、后三区，以乳头水平为界，将每个区域分为上下两区，双侧共12个区

图43 肺部超声扫描的12分区（李丽君绘） A：前胸部；B：后胸部

35 mmHg 为轻度肺动脉高压，35 mmHg < mPAP ≤ 45 mmHg 为中度肺动脉高压，mPAP > 45 mmHg 为重度肺动脉高压^[88-91]。超声作为肺动脉高压首选的无创筛查方法之一，弥补了右心导管检查的不足。研究显示右心大小和功能与肺动脉压力显著相关^[92-97]。

通常拟诊肺动脉高压的超声征象是依据肺动脉高压、右心扩大、右心功能代偿或降低3项超声征象（具体征象详见3.6肺栓塞部分）（图44~46）和TRVpeak，将诊断可能性分为低度、中度和高

表 7 高静水压性肺水肿和渗透性肺水肿超声征象鉴别表

项目	高静水压性肺水肿	渗透性肺水肿
B线数量	多	相对较少
B线高发区域	右腋前第三间隙	不固定
B线分布情况	两肺弥漫性分布	病变部位局灶性分布
胸膜线	增厚,光滑	不规则增厚,连续性中断
胸膜下实变	无	有
胸膜滑动征	正常	消失或减弱
治疗反应	利尿后B线可消失	利尿后B线可消失/不显著
心脏超声	射血分数降低,左房压增高,下腔静脉增宽,变异率降低	射血分数、左房压、下腔静脉均正常

度可能^[28, 88, 96-101]。(1)低度可能肺动脉高压: $TRV_{peak} \leq 2.8$ m/s且无其他超声征象;(2)中度可能肺动脉高压: $TRV_{peak} \leq 2.8$ m/s且满足2项超声征象,或 2.8 m/s $< TRV_{peak} \leq 3.4$ m/s且无其他超声征象;(3)高度可能肺动脉高压: 2.8 m/s $< TRV_{peak} \leq 3.4$ m/s且满足2项超声征象或 $TRV_{peak} > 3.4$ m/s且无其他超声征象。

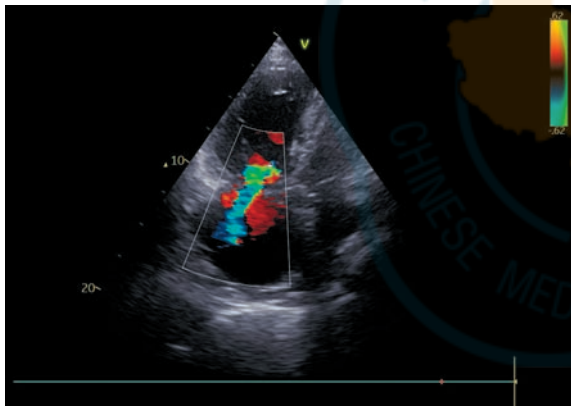


图 44 超声心动图显示三尖瓣反流

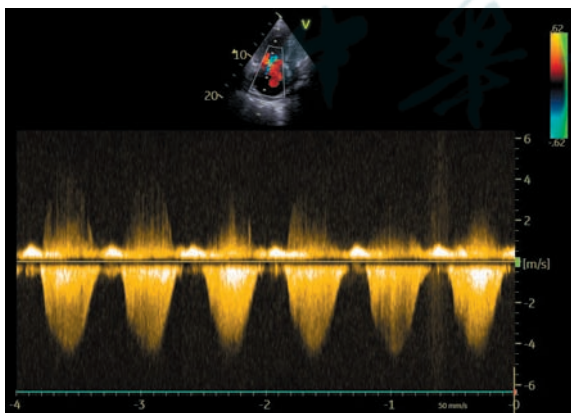


图 45 超声心动图显示三尖瓣反流峰值速度

经胸超声心动图无法可靠检测出轻度、无症状肺动脉高压,经食道超声心动图在评估肺动脉高压方面比经胸超声心动图更有价值^[92-97]。

3.9 肺心病 推荐意见 23: 采用床旁超声对肺心病进行诊断与评估(I类推荐, A级证据),并对

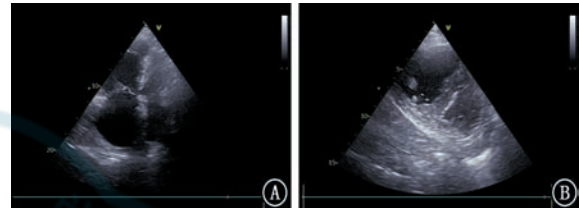


图 46 超声心动图显示右心扩大,室间隔向左心室偏移,左心室呈“D”字征 A: 心尖四腔心切面右心扩大; B: 胸骨旁短轴切面右心扩大

急性肺心病和慢性肺心病进行鉴别(II a类推荐, C级证据)。

与左心系统比较,临床有关右心系统超声测量的数据缺乏多中心、大样本循证医学证据,尚无公认测值。此外,右心室形态不规则,单一切面测量无法准确反映右心室面积和功能^[28, 98-99]。肺心病主要超声征象为右心扩大(详见3.6肺栓塞部分)、右室壁增厚(右心室舒张末期游离壁厚度)、室间隔肥厚或形态异常^[98, 100-103]。其中,右心室舒张末期游离壁厚度 > 5 mm是急慢性肺心病的关键鉴别要点。

此外,肺心病超声征象还包括右心室收缩功能下降和舒张功能异常(详见2.4.2右心室收缩功能超声评估和2.4.3右心室舒张功能超声评估部分)。右心室压力负荷过重征象包括室间隔运动异常(左心短轴舒张期“D”字征、右心收缩期矛盾运动)和肺动脉高压征象(急性肺心病 $TRV_{peak} \leq 3.4$ m/s, 三尖瓣反流压力梯度 ≤ 46 mmHg, RVOT AT $\leq 60 \sim 80$ ms;慢性肺心病 $TRV_{peak} > 3.4$ m/s, 三尖瓣反流压力梯度 > 46 mmHg, RVOT AT < 105 ms)。其中60/60征(三尖瓣反流压力梯度 < 60 mmHg或 $TRV_{peak} < 3.4$ m/s和RVOT AT < 60 ms)和McConnell征均提示急性肺心病^[102-105]。

急性肺心病常见于肺栓塞、ARDS等引起肺动脉压力急剧增加,右心室扩大甚至衰竭,慢性肺心病多见于慢性呼吸系统疾病继发肺动脉

高压^[98, 101]。

3.10 间质性肺疾病 (interstitial lung disease, ILD) 推荐意见 24: 采用床旁超声辅助诊断和评估 ILD, 采用 LUS-14 分区法评估 ILD 严重程度 (I 类推荐, B 级证据)。

ILD 的肺部超声征象主要为弥漫性 B 线和不规则胸膜线 (图 47), 以及膈肌厚度和运动幅度降低^[106-107]。肺部超声在 ILD 的诊断中表现出较高的特异度和灵敏度^[106]。

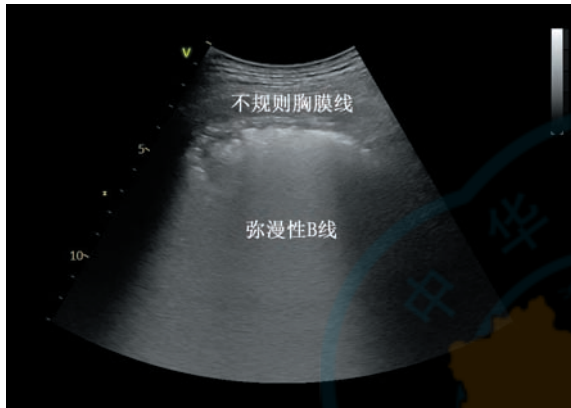


图 47 间质性肺疾病肺部超声显示弥漫性 B 线和不规则胸膜线

3.10.1 肺 B 线 超声探查下 ILD 的 B 线总数与肺纤维化程度呈正相关^[108-110]。meta 分析显示将 B 线作为诊断 ILD 的 LUS 指标, 特异度和灵敏度分别为 0.61 和 0.93^[111]。其中 14 个肋间隙分区法在临床使用更为广泛 (LUS-14)^[110], 但半定量标准尚未统一。

3.10.2 胸膜线 ILD 的胸膜线表现为局灶性增厚、不规则, 系胸膜下纤维瘢痕所致。胸膜线厚度、胸膜下结节和肺纤维化程度能够早期预测肺纤维化改变, 胸膜厚度 2.4 mm 是轻度纤维化的临界值, 灵敏度和特异度分别为 0.958 和 0.994^[112]。

3.10.3 膈肌 通过床旁超声评估 ILD 患者膈肌厚度和运动评价肺功能^[113]。

4 总结

综上, 床旁超声作为呼吸系统疾病诊断与评估的重要床旁辅助技术, 凭借便携、无创、实时和可动态监测的独特优势, 在急危重症快速筛查、有创操作精准引导等方面发挥着不可替代的临床价值, 已成为呼吸系统疾病临床诊疗体系的重要组成部分。但本共识亦明确, 床旁超声存在对肺深部及中央型病变、中下段气道病变显示能力有限、诊断准确性受操作者水平和患者自身条件影响显著、部分疾病鉴别诊断及量化评估能力不足

等局限性, 无法完全替代胸部 CT、肺动脉 CT 血管造影、支气管镜等传统金标准检查。此外, 本共识主要适用于成人呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估, 对儿童等特殊人群尚不适用。在临床实践中, 应严格遵循本共识推荐的适用人群, 充分认识床旁超声的适用范围与局限性, 坚持“临床症状-实验室检查-床旁超声-传统影像学/有创检查”相结合的综合诊断思路, 精准发挥床旁超声的优势, 避免单独依靠床旁超声做出确诊性结论, 以进一步提升呼吸系统疾病诊疗的精准性与安全性, 更好地服务于临床决策与患者管理。

呼吸系统疾病床旁超声诊断与评估专家共识编委会

指导专家: 李丽君 (西安交通大学第二附属医院), 梁宗安 (四川大学华西医院), 解立新 (解放军总医院), 詹庆元 (中日友好医院), 周琦 (西安交通大学第二附属医院), 朱天刚 (北京大学人民医院)

执笔人: 方萍 (西安交通大学第二附属医院), 李丽君 (西安交通大学第二附属医院)

编写专家 (按姓氏汉语拼音排序): 陈丽萍 (西安交通大学第二附属医院新疆医院), 陈淑靖 (复旦大学中山医院), 代冰 (中国医科大学第一附属医院), 邓文静 (西安交通大学第二附属医院), 董玉 (西安交通大学附属西安市中心医院), 樊娜 (西安交通大学第二附属医院), 方萍 (西安交通大学第二附属医院), 冯莹莹 (中日友好医院), 高丽 (内蒙古自治区人民医院), 高彦霞 (西安交通大学第二附属医院), 韩利红 (西安交通大学第二附属医院洛阳医院), 李斌 (兰州大学第一医院), 李丽君 (西安交通大学第二附属医院), 李琦 (陆军军医大学第一附属医院), 李亚清 (海南省人民医院), 黎毅敏 (广州医科大学第一附属医院), 梁宗安 (四川大学华西医院), 刘志燕 (西北大学附属西安市第三医院), 潘蕾 (空军军医大学第二附属医院), 潘频华 (中南大学湘雅医院), 苏冬菊 (哈尔滨医科大学第二附属医院), 孙兵 (首都医科大学附属朝阳医院), 孙蕾 (西安交通大学第二附属医院), 宋立强 (空军军医大学第一附属医院), 宋元林 (复旦大学中山医院), 尚游 (华中科技大学附属协和医院), 谭海 (宁夏医科大学总医院), 王春亚 (西安交通大学第二附属医院), 王导新 (重庆医科大学第二附属医院), 魏霞 (西安市第九医院), 吴海鹰 (昆明医科大学第一附属医院), 巫艳彬 (广西医科大学第一附属医院), 解立新 (解放军总医院), 徐思成 (新疆医科大学第一附属医院), 许雪侠 (青海省人民医院), 杨光飞 (宁夏医科大学总医院), 阎锡新 (河北医科大学第二医院), 杨拴盈 (西安交通大学第二附属医院), 张茂 (浙江大学第二附属医院), 詹庆元 (中日友好医院), 周琦 (西安交通大学第二附属医院), 朱天刚 (北京大学人民医院)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 詹庆元, 冯莹莹. 重症超声——危重症患者动态监测的新手段[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2019, 42(9): 645-648. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2019.09.002.
- [2] 王臻. 多器官床旁即时超声在新型冠状病毒肺炎中的应用: 国际专家共识[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2021, 20(2):

- 77-84. DOI:10.7507/1671-6205.202102011.
- [3] 张丹. 肺超声检查的应用与进展[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2018, 15(7):486-489. DOI:10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2018.07.002.
- [4] 河北省医学会超声分会, 河北省医师协会超声医师分会, 河北省超声医学质量管理与控制中心, 等. 急性呼吸困难床旁肺超声诊断规范专家建议[J]. 疑难病杂志, 2024, 23(3):257-265. DOI:10.3969/j.issn.1671-6450.2024.03.001.
- [5] Scali MC, Ciampi Q, Picano E, et al. Quality control of B-lines analysis in stress Echo 2020[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2018, 16(1):20. DOI:10.1186/s12947-018-0138-7.
- [6] 李丽君. 床旁超声监测[M]. 北京:人民卫生出版社, 2019.
- [7] Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol[J]. *Chest*, 2008, 134(1):117-125. DOI:10.1378/chest.07-2800.
- [8] Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill[J]. *Chest*, 2015, 147(6):1659-1670. DOI:10.1378/chest.14-1313.
- [9] Mongodi S, Cortegiani A, Alonso-Ojembarrena A, et al. ESICM-ESPIC international expert consensus on quantitative lung ultrasound in intensive care[J]. *Intensive Care Med*, 2025, 51(6):1022-1049. DOI:10.1007/s00134-025-07932-y.
- [10] 王小亭, 刘大为, 张宏民, 等. 改良床旁肺部超声评估方案对重症患者肺实变和肺不张的诊断价值[J]. 中华内科杂志, 2012, 51(12):948-951. DOI:10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2012.12.006.
- [11] 赵华, 王小亭, 刘大为, 等. 重症超声快速诊断方案在急性呼吸衰竭病因诊断中的作用[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(47):3843-3847. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.47.010.
- [12] Islam M, Levitus M, Eisen L, et al. Lung ultrasound for the diagnosis and management of acute respiratory failure[J]. *Lung*, 2020, 198(1):1-11. DOI:10.1007/s00408-019-00309-1.
- [13] Ganapathiraju M, Paulson CL, Greenberg MR, et al. BEE FIRST: a standardized point-of-care ultrasound approach to a patient with dyspnea[J]. *Radiol Case Rep*, 2022, 17(4):1211-1214. DOI:10.1016/j.radcr.2022.01.004.
- [14] Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23(7):685-713. DOI:10.1016/j.echo.2010.05.010.
- [15] Zaidi A, Knight DS, Augustine DX, et al. Echocardiographic assessment of the right heart in adults: a practical guideline from the British Society of Echocardiography[J]. *Echo Res Pract*, 2020, 7(1):G19-G41. DOI:10.1530/ERP-19-0051.
- [16] 浙江省超声医学工程学会超声心动图专业委员会, 浙江省医学会超声医学分会. 成人右心超声心动图评估浙江实践指南与共识(一)[J]. 心电与循环, 2023, 42(1):1-10. DOI:10.12124/j.issn.2095-3933.2023.1.2022-5341.
- [17] Zhang Z, Xu X, Ye S, et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(5):845-853. DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010.
- [18] Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, et al. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2017, 18(12):1301-1310. DOI:10.1093/ehjci/jex244.
- [19] Levitov A, Frankel HL, Blaivas M, et al. Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients-part II: cardiac ultrasonography[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(6):1206-1227. DOI:10.1097/CCM.0000000000001847.
- [20] 王小亭, 刘大为, 于凯江, 等. 中国重症超声专家共识[J]. 临床荟萃, 2017, 32(5):369-383. DOI:10.3969/j.issn.1004-583X.2017.05.001.
- [21] Harkness A, Ring L, Augustine DX, et al. Normal reference intervals for cardiac dimensions and function for use in echocardiographic practice: a guideline from the British Society of Echocardiography[J]. *Echo Res Pract*, 2020, 7(1):X1. DOI:10.1530/ERP-19-0050.
- [22] Li Q, Zhang Y, Cui X, et al. Optimal combination of right ventricular functional parameters using echocardiography in pulmonary arterial hypertension[J]. *ESC Heart Fail*, 2024, 11(5):2694-2706. DOI:10.1002/ehf2.14752.
- [23] Hsia BC, Lai A, Singh S, et al. Validation of American Society of Echocardiography guideline-recommended parameters of right ventricular dysfunction using artificial intelligence compared with cardiac magnetic resonance imaging[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2023, 36(9):967-977. DOI:10.1016/j.echo.2023.05.015.
- [24] 李庆, 李建美, 张宇清. 急性右心衰竭诊治进展[J]. 中华心力衰竭和心肌病杂志, 2020, 4(2):139-144. DOI:10.3760/cma.j.cn.ZHXL SJHXJB-2018-1128-00125.
- [25] Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB, et al. A simple method for noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 41(6):1021-1027. DOI:10.1016/s0735-1097(02)02973-x.
- [26] Abbas AE, Franey LM, Marwick T, et al. SJ. Noninvasive assessment of pulmonary vascular resistance by Doppler echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(10):1170-1177. DOI:10.1016/j.echo.2013.06.003.
- [27] Jumatate R, Ingvarsson A, Smith GJ, et al. Right ventricular stroke work index by echocardiography in adult patients with pulmonary arterial hypertension[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1):219. DOI:10.1186/s12872-021-02037-y.
- [28] Miotti C, Papa S, Manzi G, et al. The growing role of

- echocardiography in pulmonary arterial hypertension risk stratification; the missing piece[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(4): 619. DOI:10.3390/jcm10040619.
- [29] Zaidi A, Oxborough D, Augustine DX, et al. Echocardiographic assessment of the tricuspid and pulmonary valves: a practical guideline from the British Society of Echocardiography [J]. *Echo Res Pract*, 2020, 7(4): G95-G122. DOI:10.1530/ERP-20-0033.
- [30] Nyberg J, Jakobsen EO, Østvik A, et al. Echocardiographic reference ranges of global longitudinal strain for all cardiac chambers using guideline-directed dedicated views[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2023, 16(12): 1516-1531. DOI: 10.1016/j.jcmg.2023.08.011.
- [31] 靳文英,王之龙,朱天刚. 肺动脉高压的心脏超声评估[J]. *中华全科医师杂志*, 2019, 18(12): 1196-1198. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2019.12.021.
- [32] Lin J, Bellinger R, Shedd A, et al. Point-of-care ultrasound in airway evaluation and management: a comprehensive review [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13(9): 1541. DOI:10.3390/diagnostics13091541.
- [33] 吴庆达,郑镇伟,刘彬,等. 超声在气道管理中的应用进展[J]. *临床麻醉学杂志*, 2023, 39(12): 1309-1313. DOI: 10.12089/jca.2023.12.014.
- [34] You-Ten KE, Siddiqui N, Teoh WH, et al. Point-of-care ultrasound (POCUS) of the upper airway[J]. *Can J Anaesth*, 2018, 65(4): 473-484. DOI: 10.1007/s12630-018-1064-8.
- [35] 桂敏,陶坤明,陆智杰. 床旁即时超声技术在上气道管理中的应用进展[J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2021, 42(3): 295-301. DOI:10.3760/cma.j.cn321761-20201123-00242.
- [36] Wang X, Wang Y, Zheng ZW, et al. Ultrasound measurements for evaluation of changes in upper airway during anaesthesia induction and prediction difficult laryngoscopy: a prospective observational study[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 18564. DOI: 10.1038/s41598-022-21695-2.
- [37] Carsetti A, Sorbello M, Adrario E, et al. Airway ultrasound as predictor of difficult direct laryngoscopy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Anesth Analg*, 2022, 134(4): 740-750. DOI:10.1213/ANE.0000000000005839.
- [38] Sen M, Gunalp M, Oguz AB, et al. Role of ultrasonography in upper airway assessment: a comparison with computerized tomography measurements[J]. *Am J Emerg Med*, 2023, 74: 21-26. DOI:10.1016/j.ajem.2023.09.013.
- [39] Diaz-Tormo C, Rodriguez-Martinez E, Galarza L. Airway ultrasound in critically ill patients: a narrative review [J]. *J Ultrasound Med*, 2022, 41(6): 1317-1327. DOI: 10.1002/jum.15817.
- [40] Sartini S, Ferrari L, Cutuli O, et al. The role of pocus in acute respiratory failure: a narrative review on airway and breathing assessment[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(3): 750. DOI:10.3390/jcm13030750.
- [41] Tsai WW, Hung KC, Huang YT, et al. Diagnostic efficacy of sonographic measurement of laryngeal air column width difference for predicting the risk of post-extubation stridor: a meta-analysis of observational studies [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10: 1109681. DOI: 10.3389/fmed.2023.1109681.
- [42] Hassan M, Griffiths S, Probyn B, et al. Thoracic ultrasound in guiding management of respiratory disease [J]. *Expert Rev Respir Med*, 2024, 18(8): 611-630. DOI: 10.1080/17476348.2024.2387785.
- [43] Haskins SC, Bronshteyn Y, Perlas A, et al. American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine expert panel recommendations on point-of-care ultrasound education and training for regional anesthesiologists and pain physicians-part I: clinical indications [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, 46(12): 1031-1047. DOI:10.1136/rapm-2021-102560.
- [44] Dietrich CF, Görg C, Horn R, et al. Ultrasound of the lung [J]. *Ultraschall Med*, 2023, 44(6): 582-599. DOI:10.1055/a-2010-7282.
- [45] Zhang Z, Guo L, Wang H, et al. Diagnostic accuracy of lung ultrasound to predict weaning outcome: a systematic review and meta-analysis [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2024, 11: 1486636. DOI:10.3389/fmed.2024.1486636.
- [46] 张红玲,尚游. 床旁超声在急性呼吸窘迫综合征诊疗中的作用[J]. *中华医学杂志*, 2024, 104(15): 1225-1229. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20230906-00407.
- [47] Arbelot C, Ferrari F, Bouhemad B, et al. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2008, 14(1): 70-74. DOI: 10.1097/MCC.0b013e3282f43d05.
- [48] Corradi F, Brusasco C, Pelosi P. Chest ultrasound in acute respiratory distress syndrome [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2014, 20(1): 98-103. DOI:10.1097/MCC.0000000000000042.
- [49] Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound [J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38(4): 577-591. DOI:10.1007/s00134-012-2513-4.
- [50] ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition [J]. *JAMA*, 2012, 307(23): 2526-2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.
- [51] Matthay MA, Arabi Y, Arroliga AC, et al. A new global definition of acute respiratory distress syndrome [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2024, 209(1): 37-47. DOI: 10.1164/rccm.202303-0558WS.
- [52] Robba C, Wong A, Poole D, et al. Basic ultrasound head-to-toe skills for intensivists in the general and neuro intensive care unit population: consensus and expert recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine [J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47(12): 1347-1367. DOI:10.1007/s00134-021-06486-z.
- [53] Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, et al. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax [J]. *Intensive Care Med*, 2000, 26(10): 1434-1440. DOI: 10.1007/s001340000627.
- [54] 中华医学会呼吸病学分会胸膜与纵隔疾病学组(筹). 胸腔积液诊断的中国专家共识[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2022, 45(11): 1080-1096. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20220511-



- 00403.
- [55] 中华医学会结核病学分会超声专业委员会, 中国医师协会介入医师分会超声介入专业委员会. 结核性胸膜炎超声诊断、分型及介入治疗专家共识(2022年版)[J]. 中国防痨杂志, 2022, 44(9): 880-897. DOI: 10.19982/j.issn.1000-6621.20220257.
- [56] Thakur CS, Sharma Thakur YK, Makhaik S, et al. Transthoracic ultrasound as an assessment tool for pleural effusion, pleural adhesion, and pleural thickening in patients undergoing thoracoscopy[J]. Pol J Radiol, 2025, 90:e74-e83. DOI:10.5114/pjr/199775.
- [57] Cucciolini G, Corradi F, Marrucci E, et al. Basic lung ultrasound and clinical applications in general medicine [J]. Med Clin North Am, 2025, 109(1): 11-30. DOI: 10.1016/j.mcna.2024.07.006.
- [58] Kalokairinou-Motogna M, Maratou K, Paianid I, et al. Application of color Doppler ultrasound in the study of small pleural effusion[J]. Med Ultrason, 2010, 12(1): 12-16.
- [59] Demi L, Wolfram F, Klersy C, et al. New international guidelines and consensus on the use of lung ultrasound[J]. J Ultrasound Med, 2023, 42(2): 309-344. DOI: 10.1002/jum.16088.
- [60] Godfrey M, Puchalski J. Pleural effusions in the critically ill and "at-bleeding-risk" population[J]. Clin Chest Med, 2021, 42(4): 677-686. DOI: 10.1016/j.ccm.2021.08.012.
- [61] Valerio L, Mavromanolis AC, Barco S, et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension and impairment after pulmonary embolism: the FOCUS study [J]. Eur Heart J, 2022, 43(36): 3387-3398. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac206.
- [62] Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS)[J]. Eur Heart J, 2020, 41(4): 543-603. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz405.
- [63] Alerhand S, Sundaram T, Gottlieb M. What are the echocardiographic findings of acute right ventricular strain that suggest pulmonary embolism? [J]. Anaesth Crit Care Pain Med, 2021, 40(2): 100852. DOI: 10.1016/j.acepm.2021.100852.
- [64] Okoli ML, Rao P, Kavuma S, et al. POCUS for thrombus: emphasizing the importance of initial point-of-care ultrasound in the management of pulmonary thromboembolism [J]. Cureus, 2024, 16(4): e58272. DOI: 10.7759/cureus.58272.
- [65] Falster C, Mørkenborg MD, Thrane M, et al. Utility of ultrasound in the diagnostic work-up of suspected pulmonary embolism: an open-label multicentre randomized controlled trial (the PRIME study) [J]. Lancet Reg Health Eur, 2024, 42: 100941. DOI: 10.1016/j.lanepe.2024.100941.
- [66] Du Y, Yang A, Wang X. Accuracy of transthoracic lung ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: an updated systematic review and meta-analysis [J]. Thromb Res, 2024, 241: 109112. DOI: 10.1016/j.thromres.2024.109112.
- [67] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组, 中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会, 全国肺栓塞与肺血管病防治协作组. 肺血栓栓塞症诊治与预防指南 [J]. 中华医学杂志, 2018, 98(14): 1060-1087. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.14.007.
- [68] Cohen DM, Winter M, Lindenauer PK, et al. Echocardiogram in the evaluation of hemodynamically stable acute pulmonary embolism: national practices and clinical outcomes [J]. Ann Am Thorac Soc, 2018, 15(5): 581-588. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201707-577OC.
- [69] Falster C, Jacobsen N, Coman KE, et al. Diagnostic accuracy of focused deep venous, lung, cardiac and multiorgan ultrasound in suspected pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis [J]. Thorax, 2022, 77(7): 679-689. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2021-216838.
- [70] Cao J, Sun J, Wang Y, et al. Diagnostic accuracy of cardiopulmonary ultrasound for pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis [J]. Echocardiography, 2022, 39(2): 185-193. DOI: 10.1111/echo.15280.
- [71] Cascón-Hernández J, Álvarez Álvarez P, Martínez-Menéndez J. Lobar pulmonary embolism diagnosed during endobronchial ultrasound [J]. Open Respir Arch, 2024, 6(2): 100298. DOI: 10.1016/j.opresp.2024.100298.
- [72] Channick CL, Channick RN. Use of endobronchial ultrasound for bedside diagnosis of acute pulmonary embolism in a critically ill patient [J]. Chest, 2019, 155(3): 651-652. DOI: 10.1016/j.chest.2018.11.013.
- [73] Ware LB, Matthay MA. Clinical practice. Acute pulmonary edema [J]. N Engl J Med, 2005, 353(26): 2788-2796. DOI: 10.1056/NEJMc052699.
- [74] Ghauri SK, Mustafa KJ, Javaeed A, et al. Accuracy of lung ultrasound and chest X-rays in diagnosing acute pulmonary oedema in patients presenting with acute dyspnoea in emergency department [J]. J Pak Med Assoc, 2021, 71(10): 2423-2425. DOI: 10.47391/JPMA.03-453.
- [75] Jeffers K, Keim SM, Long B, et al. What is the utility of point-of-care ultrasound for diagnosing pulmonary edema? [J]. J Emerg Med, 2025, 77: 21-29. DOI: 10.1016/j.jemermed.2025.07.024.
- [76] Lindow T, Quadrelli S, Ugander M. Noninvasive imaging methods for quantification of pulmonary edema and congestion: a systematic review [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2023, 16(11): 1469-1484. DOI: 10.1016/j.jcmg.2023.06.023.
- [77] Kwon H, Jo YH, Lee JH, et al. Monitoring of pulmonary edema using ultrasound radiofrequency signal [J]. Shock, 2023, 59(1): 118-124. DOI: 10.1097/SHK.0000000000002048.
- [78] Al Deeb M, Barbic S, Featherstone R, et al. Point-of-care ultrasonography for the diagnosis of acute cardiogenic pulmonary edema in patients presenting with acute dyspnea: a systematic review and meta-analysis [J]. Acad Emerg Med, 2014, 21(8): 843-852. DOI: 10.1111/acem.12435.
- [79] Assaad S, Kratzert WB, Shelley B, et al. Assessment of pulmonary edema: principles and practice [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2018, 32(2): 901-914. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.08.028.

- [80] Guo G, Zhang XF, Liu J, et al. Lung ultrasound to quantitatively evaluate extravascular lung water content and its clinical significance [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2022, 35(15): 2904-2914. DOI: 10.1080/14767058.2020.1812057.
- [81] Michard F. Lung water assessment: from gravimetry to wearables [J]. *J Clin Monit Comput*, 2019, 33(1): 1-4. DOI: 10.1007/s10877-018-0154-z.
- [82] Mongodi S, De Luca D, Colombo A, et al. Quantitative lung ultrasound: technical aspects and clinical applications [J]. *Anesthesiology*, 2021, 134(6): 949-965. DOI: 10.1097/ALN.0000000000003757.
- [83] Singh AK, Mayo PH, Koenig S, et al. The use of M-mode ultrasonography to differentiate the causes of B lines [J]. *Chest*, 2018, 153(3): 689-696. DOI: 10.1016/j.chest.2017.10.019.
- [84] Heldeweg MLA, Smit MR, Kramer-Elliott SR, et al. Lung ultrasound signs to diagnose and discriminate interstitial syndromes in ICU patients: a diagnostic accuracy study in two cohorts [J]. *Crit Care Med*, 2022, 50(11): 1607-1617. DOI: 10.1097/CCM.0000000000005620.
- [85] Blanco PA, Cianciulli TF. Pulmonary edema assessed by ultrasound: impact in cardiology and intensive care practice [J]. *Echocardiography*, 2016, 33(5): 778-787. DOI: 10.1111/echo.13182.
- [86] Argaiz ER, Koratala A, Reisinger N. Comprehensive assessment of fluid status by point-of-care ultrasonography [J]. *Kidney360*, 2021, 2(8): 1326-1338. DOI: 10.34067/KID.0006482020.
- [87] Gargani L, Pang PS, Frassi F, et al. Persistent pulmonary congestion before discharge predicts rehospitalization in heart failure: a lung ultrasound study [J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2015, 13:40. DOI: 10.1186/s12947-015-0033-4.
- [88] Expert Panel on Thoracic Imaging, Sirajuddin A, Mirmomen SM, et al. ACR Appropriateness Criteria® suspected pulmonary hypertension: 2022 update [J]. *J Am Coll Radiol*, 2022, 19(11S): S502-S512. DOI: 10.1016/j.jacr.2022.09.018.
- [89] Rosenkranz S, Delcroix M, Giannakoulas G, et al. The 'Ten Commandments' of the 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension [J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(10): 792-793. DOI: 10.1093/eurheartj/ehad018.
- [90] Mandras SA, Mehta HS, Vaidya A. Pulmonary hypertension: a brief guide for clinicians [J]. *Mayo Clin Proc*, 2020, 95(9): 1978-1988. DOI: 10.1016/j.mayocp.2020.04.039.
- [91] 张文美, 郭伟, 张萌, 等. 2022年ESC/ERS肺动脉高压指南血流动力学诊断标准修订对肺动脉高压诊断的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2024, 104(42): 3903-3909. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20240603-01254.
- [92] Galie N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the joint task force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(1): 67-119. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv317.
- [93] Kanwar MK, Tedford RJ, Thenappan T, et al. Elevated pulmonary pressure noted on echocardiogram: a simplified approach to next steps [J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(7): e017684. DOI: 10.1161/JAHA.120.017684.
- [94] Avriel A, Bar Lavie Shay A, Hershko Klement A, et al. Point-of-care ultrasonography in a pulmonary hypertension clinic: a randomized pilot study [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(5): 1752. DOI: 10.3390/jcm12051752.
- [95] Ke D, Tso M, Johri AM. The application of point of care ultrasound to screen for pulmonary hypertension: a narrative review [J]. *POCUS J*, 2024, 9(1): 109-116. DOI: 10.24908/pocus.v9i1.17494.
- [96] Celestin BE, Bagherzadeh SP, Ichimura K, et al. Identifying consistent echocardiographic thresholds for risk stratification in pulmonary arterial hypertension [J]. *Pulm Circ*, 2024, 14(2): e12361. DOI: 10.1002/pul2.12361.
- [97] Evaldsson AW, Lindholm A, Jumatate R, et al. Right ventricular function parameters in pulmonary hypertension: echocardiography vs. cardiac magnetic resonance [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 259. DOI: 10.1186/s12872-020-01548-4.
- [98] Aubry A, Paternot A, Vieillard-Baron A. Cor pulmonale [J]. *Rev Mal Respir*, 2020, 37(3): 257-266. DOI: 10.1016/j.rmr.2019.10.012.
- [99] Kostura M, Smalley C, Koyfman A, et al. Right heart failure: a narrative review for emergency clinicians [J]. *Am J Emerg Med*, 2022, 58: 106-113. DOI: 10.1016/j.ajem.2022.05.030.
- [100] Lattanzio M, Scelsi L, Golino M, et al. Assessment of right ventricle in pulmonary arterial hypertension with three-dimensional echocardiography and cardiovascular magnetic resonance [J]. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*, 2021, 22(12): 929-936. DOI: 10.2459/JCM.0000000000001250.
- [101] Mandoli GE, De Carli G, Pastore MC, et al. Right cardiac involvement in lung diseases: a multimodality approach from diagnosis to prognostication [J]. *J Intern Med*, 2021, 289(4): 440-449. DOI: 10.1111/joim.13179.
- [102] Mandoli GE, Sciacaluga C, Bandera F, et al. Cor pulmonale: the role of traditional and advanced echocardiography in the acute and chronic settings [J]. *Heart Fail Rev*, 2021, 26(2): 263-275. DOI: 10.1007/s10741-020-10014-4.
- [103] Alerhand S, Adrian RJ. What echocardiographic findings differentiate acute pulmonary embolism and chronic pulmonary hypertension? [J]. *Am J Emerg Med*, 2023, 72: 72-84. DOI: 10.1016/j.ajem.2023.07.011.
- [104] Palazzuoli A, Cartocci A, Pirrotta F, et al. Usefulness of combined ultrasound assessment of E/e' ratio, pulmonary pressure, and cava vein status in patients with acute heart failure [J]. *Am J Cardiol*, 2024, 213: 36-44. DOI: 10.1016/j.



amjcard. 2023. 12. 001.

[105] 袁婷,姚尚龙,尚游. 超声在急性呼吸窘迫综合征合并急性肺源性心脏病诊断和治疗中的应用[J]. 中华危重病急救医学, 2016, 28(6): 573-576. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-4352. 2016. 06. 021.

[106] Banerjee S, Sanjan G, Sivaramkrishnan P, et al. Utility of lung ultrasound as a screening tool in patients with clinical suspicion of interstitial lung disease [J]. J Clin Ultrasound, 2025, 53(9):2006-2014. DOI:10. 1002/jcu. 70003.

[107] Shah DJ, Esposito A, Pitaktong A, et al. Thoracic ultrasound in interstitial lung disease [J]. Breathe (Sheff), 2025, 21(2): 240170. DOI:10. 1183/20734735. 0170-2024.

[108] 朱维维,李一丹,李虹,等. 心肺联合超声评估间质性肺疾病严重程度与临床参数之间的关系[J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(7): 569-575. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1004-4477. 2017. 07. 004.

[109] Manolescu D, Oancea C, Timar B, et al. Ultrasound mapping of lung changes in idiopathic pulmonary fibrosis [J]. Clin Respir J, 2020, 14(1):54-63. DOI: 10. 1111/crj. 13101.

[110] 吴冠楠,陈晨,顾晓凌,等. 间质性肺疾病的影像学评估:肺部超声能做什么?[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2024, 47(2): 172-177. DOI:10. 3760/cma. j. cn112147-20230823-00100.

[111] 黄向红,黄小莉. 经胸肺超声与CT对间质性肺疾病的诊断一致性初步探讨[J]. 中国超声医学杂志, 2016, 32(5):410-413. DOI:10. 3969/j. issn. 1002-0101. 2016. 05. 009.

[112] Sperandeo M, De Cata A, Molinaro F, et al. Ultrasound signs of pulmonary fibrosis in systemic sclerosis as timely indicators for chest computed tomography [J]. Scand J Rheumatol, 2015, 44(5):389-398. DOI: 10. 3109/03009742. 2015. 1011228.

[113] Santana PV, Prina E, Albuquerque AL, et al. Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging [J]. J Bras Pneumol, 2016, 42(2): 88-94. DOI: 10. 1590/S1806-37562015000000266.

(收稿日期:2025-11-17)
(本文编辑:段思琦)

