doi：10.7499/j.issn.1008-8830.2508019

新生儿/儿童重症超声专题

《新生儿重症监护室中目标性新生儿超声心动图和心脏监护床旁超声的指南和建议：美国超声心动图学会的最新进展》部分解读

包敏[1] 石琳[2] 王廉一[3]

（1.首都医科大学附属首都儿童医学中心心血管内科心功能室，北京 100020；2.首都医科大学附属首都儿童医学中心心血管内科，北京 100020；3.清华大学第一附属医院心脏中心，北京 100016）

［摘要］目标性新生儿超声心动图（targeted neonatal echocardiography, TNE）是指使用超声心动图有目的地评估新生儿心血管生理状态和血流动力学，以提高新生儿监护室的诊断和治疗水平。新生儿心脏床旁超声（cardiac point-of-care ultrasound, cPOCUS）是一种有限的心血管评估，主要包括导管尖端评估、心包积液的识别，以及在血流动力学不稳定的新生儿中区分低血容量和严重心肌收缩力损伤。《新生儿重症监护室中目标性新生儿超声心动图和心脏监护床旁超声的指南和建议：美国超声心动图学会的最新进展》主要包括5个方面的内容：（1）关于TNE和cPOCUS的目的和基本原理；（2）标准TNE和cPOCUS评估的组成概述；（3）基于疾病和/或临床情景的TNE适应证；（4）TNE和cPOCUS的培训和基于能力的评估要求；（5）质量保证的组成部分。该文主要对该指南的前两部分内容进行解读。 ［中国当代儿科杂志，2026，28（2）：152-160］

［关键词］目标性新生儿超声心动图；血流动力学；床旁超声；解读；新生儿

Selective interpretation of the "Guidelines and recommendations for targeted neonatal echocardiography and cardiac point-of-care ultrasound in the neonatal intensive care unit: an update from the American Society of Echocardiography"

BAO Min, SHI Lin, WANG Lian-Yi. Heart Center, First Hospital of Tsinghua University, Beijing 100016, China (Wang L-Y, Email: lywang@mail.tsinghua.edu.cn)

Abstract: Targeted neonatal echocardiography (TNE) refers to the purposeful use of echocardiography to assess neonatal cardiovascular physiology and hemodynamics, with the aim of improving diagnosis and treatment in the neonatal intensive care unit. Neonatal cardiac point-of-care ultrasound (cPOCUS) is a limited cardiovascular evaluation focused on catheter tip position assessment, identification of pericardial effusion, and differentiation between hypovolemia and severe reduction in myocardial contractility in hemodynamically unstable neonates. The guideline "Guidelines and recommendations for targeted neonatal echocardiography and cardiac point-of-care ultrasound in the neonatal intensive care unit: an update from the American Society of Echocardiography" covers five main areas: (1) purpose and basic principles of TNE and cPOCUS; (2) an overview of the components of a standard TNE and cPOCUS evaluation; (3) disease- and/or clinical scenario-based indications for TNE; (4) training and competency-based assessment requirements for TNE and cPOCUS; and (5) components of quality assurance. This article selectively interprets the first two areas of the guideline. **[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2026, 28(2): 152-160]**

Key words: Targeted neonatal echocardiography; Hemodynamics; Point-of-care ultrasound; Interpretation; Neonate

［收稿日期］2025-08-03；［接受日期］2025-12-04
［基金项目］北京市自然科学基金面上项目（7262009）。
［作者简介］包敏，女，博士，副主任医师。
［通信作者］王廉一，女，主任医师。Email：lywang@mail.tsinghua.edu.cn。

1　目标性新生儿超声心动图的理论基础

长期以来，新生儿（尤其是早产儿）循环功能的临床评估存在局限性，这一问题推动新生儿科医师在过去10年愈发依赖床旁超声心动图技术，以评估患儿的心脏功能与血流动力学状态[1]。在全球范围内，越来越多的新生儿重症监护室（neonatal intensive care units, NICU）已正式建立，并将超声心动图纳入危重新生儿的诊断和管理[2-3]。

本文中术语“目标性新生儿超声心动图（targeted neonatal echocardiography, TNE）”，是由美国超声心动图学会（American Society of Echocardiography）专家组于2011年提出[4]。2024年，美国超声心动图学会发布了《新生儿重症监护室中目标性新生儿超声心动图和心脏监护床旁超声的指南和建议：美国超声心动图学会的最新进展》[5]，该指南聚焦心脏结构基本正常但存在血流动力学紊乱的新生儿群体，由经过专项训练的新生儿科专家全程主导——负责操作、过程监督及结果解读，实现对新生儿心脏功能与血流动力学状态的全面评估。NICU的心脏床旁超声（cardiac point-of-care ultrasound, cPOCUS）尚未明确定义[6]，通常是指对心脏功能、留置导管和致命性心包积液的简短定性评估[7]。本解读的主要目的是深度拆解该指南的核心框架与实践要点，为国内新生儿重症医学领域提供可落地的技术参考与临床决策依据，助力提升我国NICU对该类特殊新生儿心脏功能及血流动力学的精准评估能力，优化诊疗路径与预后效果。

1.1　NICU中TNE的基本原理

全身灌注的临床指标，如心率、血压（blood pressure, BP）、毛细血管再充盈时间、尿量、乳酸等，其可靠性仍存疑[8]。超声心动图可估测心输出量［左心室输出量（left ventricle output, LVO）和右心室输出量（right ventricle output, RVO）］。早期儿科超声心动图的准确性有差异，不一致率达30%。近年来，由于评估和测量更加严谨，其与磁共振成像对新生儿心输出量的评估相关性更高[9]。

在相关血流动力学的病例中，使用TNE后近40%的病例的治疗策略得到了调整，而且对于急性肺动脉高压和全身性低血压或休克等危重症，这一比例更是超过80%[10]。在患有动脉导管未闭（patent ductus arteriosus, PDA）的早产儿中，TNE通常被用于更精准地识别具有血流动力学意义的分流，进而预测不良临床结局[11]。此外，也可用于指导药物治疗疗程的调整[12]，并为实施预防性干预治疗（经导管封堵器封堵或手术结扎）以避免临床恶性后果提供依据[13]。此外，即时TNE可助力心脏压塞等致命并发症及心脏结构性评估[14]，其参与的全面评估还能加快危重新生儿的恢复[15]。

总之，TNE作为一种重要的新生儿心血管评估临床辅助手段，既可以补充血流动力学信息，也可以提供新的生理学机制，这一技术正日益受到重视[16]。

1.2　反映血流动力学变化的新生儿心血管生理学

新生儿需经复杂的心肺发育完成从胎儿到出生后循环的过渡，包括肺容量、心脏负荷和生理分流等变化[17]。分娩相关应激和血管收缩物质激活升高全身血管阻力，而肺泡复张、氧浓度升高等因素调节肺血管舒张[18]。静脉导管、卵圆孔、动脉导管等胎儿分流的血流变化是过渡的关键生理决定因素[17]。肺扩张时肺血管阻力（pulmonary vascular resistance, PVR）下降，动脉导管血流逆转，触发血管介质向促血管扩张转变，进一步降低PVR，最终形成左向右分流。氧饱和度升高和前列腺素水平下降，共同促进了动脉导管闭合。足月儿48 h内可实现功能性闭合，14~21 d完成解剖学闭合。此外，RVO增加和左向右PDA分流增加肺血流量，使左心房压力升高，限制卵圆孔分流。

对于早产儿来说，这一过渡过程更为复杂，且面临更高的血流动力学风险[19]。早产儿心肌因收缩机制发育不全、钙离子调节系统不成熟等因素，导致心肌的舒张功能和顺应性较低，对后负荷骤增的耐受性差，还缺乏应对前负荷减少的储备能力[20]。加之，肺部疾病引发的PVR生理性下降延迟、心脏输出量不足及胎儿分流持续存在，易引发过渡过程中的适应不良[21]。

1.3　NICU中TNE的适应证

表1中列出了需进行新生儿血流动力学评估及TNE应用的典型病理状态、提示性临床关注问题，以及评估的具体目标。需注意，若提示可能存在先天性心脏病，或先天性膈疝、21三体综合征，患儿必须接受由儿科心脏病专家及时、全面的超声心动图检查。此外，新生儿科医生首次进行心脏评估时，研究方案应包括图像和视图获取，以确认心脏结构及连接是否正常。如果发现任何异常，应及时由儿科心脏病专家进行检查。

表 1　NICU 使用目标性新生儿超声心动图对患儿进行血流动力学评估的典型病理状态和相关临床问题

病理状态	提示临床关注问题	具体目标
早产儿动脉导管未闭	● 杂音 ● 脉搏明显，前胸壁活动度大 ● 脉压宽 ● 过渡期间低血压和/或代谢性酸中毒 ● 通气恶化和氧合效能降低 ● 肺出血 ● 筛查高危患者（胎龄小于 27 周）临床无症状的大型动脉导管未闭	1．确认诊断 2．评估动脉导管未闭大小、分流方向，以及分流方式 3．评估分流大小的其他迹象
早产儿过渡期低血流状态	● 代谢性酸中毒 ● 乳酸升高 ● 排尿量差 ● 低血压 ● 低脑氧饱和度（近红外光谱学）	评估心室容积、收缩功能和心输出量
急性肺动脉高压	● 急性缺氧性呼吸衰竭 ● 导管前氧饱和度比导管后氧饱和度高 7%~10%	1．确认诊断并评估疾病严重程度 2．心室功能和心输出量 3．分流存在和分流特点 4．连续评估以监测进展
休克	● 低血压 ● 代谢性酸中毒 ● 乳酸性酸中毒 ● 少尿 ● 低血压（热休克）或高血压（冷休克） ● 毛细血管充盈时间延长	评估心室容积、收缩功能和心输出量
围产期窒息婴儿	● 明显围产期损伤证据的婴儿早期常规评估 ● 肌钙蛋白升高 ● 休克和/或急性肺动脉高压体征 ● 低脑氧饱和度	1．评估双心室收缩功能和心输出量 2．相关的休克和急性肺动脉高压
慢性肺动脉高压	● 胎龄<36 周高危早产儿的常规评估检查：中度到重度慢性肺病、胎龄偏小、既往有急性肺高压病史、羊水过少 ● 对于中度到重度慢性肺病的早产儿，表现出明显的肺血管体征：频繁低氧血症发作、意外恶化或呼吸情况缺乏预期改善	1．确认诊断并评估严重程度 2．评估右心室大小和收缩功能 3．评估是否存在左向右分流 4．排除肺静脉疾病/狭窄
膈疝	● 急性低氧性呼吸衰竭 ● 建议进行常规早期评估，以确定是否为正常解剖，鉴别肺动脉高压与左心室表型	1．评估双心室收缩性能和心输出量 2．评估肺动脉与静脉高压 3．评估肺动脉高压的严重程度
心包/胸腔积液	● 有中心静脉导管时突发意外心肺恶化	确认或排除诊断

1.4　NICU 中 cPOCUS 的适应证

床旁超声可评估其他器官或辅助有创手术[22]。所有使用超声的临床医生都需明确自身培训的局限性，必要时应求助于经验丰富者。新生儿可能存在未确诊的严重先天性心脏病和/或复杂的心肺血流动力学状态，需要详细的 TNE 评估，并由经验丰富者解读其结果的生理学意义。表 2 描述了 cPOCUS 检查的潜在应用价值，能及时辅助临床决策。cPOCUS 不应作为先天性心脏病的筛查工具使用，若检查中发现或怀疑存在解剖结构异常，应立即转诊至儿科心脏病专家。

表2　NICU 中使用床旁超声进行的重点评估

适应证	对决策的潜在影响	陷阱
中心导管尖端位置评估	● 确保导管头端位于中心位置，在右心房内不要太深或更远区域，并协助重新实时定位 ● 确保脐静脉导管不在肝内，避免诊断延迟，需要放射线复查	● 在新生儿中，实际导管头端可能难以识别 ● 伪影可能被误认为是导管
识别积液 ● 突发性休克（中心静脉导管并发症） ● 辅助管理出生时胎儿水肿	● 立即识别或排除心包/胸腔积液作为休克的原因，并协助实施特定治疗（如根据需要停止输液、紧急心包穿刺或胸腔穿刺） ● 存在多个部位积液的新生儿，确定最急需引流的位置，以帮助复苏工作	● 必须了解如何在不同部位最佳地排出液体
疑似低血容量	● 对心腔充盈不足进行定性识别，可指导容量复苏 ● 如果影响静脉回流，则有助于决定是否改变呼吸机策略	● 胎儿分流可能使容量状态的评估更加复杂化 ● 下腔直径和塌陷率以及容量变化之间的关系在新生儿中尚未明确，特别是在使用有创通气时
疑似灌注不足状态 ● 低血压 ● 乳酸性酸中毒 ● 代谢性酸中毒	● 定性结果，如严重受损的心肌收缩功能、过度收缩的心肌功能（例如脓毒症中的血管舒张生理学机制）可能有助于临床决策（如改变通气策略、正性肌力药与血管加压药以及剂量调整）。左心室短轴缩短率可能在一些中心被使用	● 范围受限于确认正常心脏解剖结构的需要，特别是出生后最初几周 ● 目标性新生儿超声心动图用于明确具体的病理生理机制、肺循环和体循环血流动力学之间的相互作用和分流情况

2　TNE 的实际操作方面

所有 TNE 评估必须是全面的。此外，心脏功能的定性评估应仅限于危重症或紧急情况。下文具体描述了所有标准 TNE 检查中应进行的图像和测量要求（表 3~8）。

2.1　左心室收缩功能

测量左心室射血分数有 3 种方法，其准确性主要受到左心室形态几何假设的影响。M 型超声成像因几何假设存在偏差而不被列为首选方案。面积–长度法假设心室基底部呈圆柱形，心尖为椭球体。Simpson 双平面法假设左心室为圆锥形。后二者测量时均需描记心内膜–血池界面（含乳头肌等），在右心压升高的过渡期，这些假设可能不适用。见表 3。

为获得最佳图像获取效果，应尽可能减小左心室心尖在舒张末期的位移。收缩期左心室的顶端显著向基底部偏移，则表明图像出现缩短。正常射血分数通常认为在 55% 至 70% 之间。短轴缩短率的正常范围为 30%~45%（表 3）。

推荐意见：采用面积–长度法或 Simpson 双平面法测量左心室射血分数。

2.2　左心室舒张功能和左心房负荷

脉冲波多普勒可测左心房与左心室之间的相对压力阶差及左心充盈信息。肺动脉高压、低肺血流量时，肺静脉的峰值流速可能较低；而在大容量 PDA 分流时，肺静脉 A 波显著增强且舒张期波明显（表 3）。肺静脉 A 波倒置可能正常，但若结合其他左心室舒张功能障碍指标，其持续时间和幅度（相对于二尖瓣 A 波）可能提示左心室顺应性差，导致心房收缩期逆流。多数足月儿和早产儿的二尖瓣 E/A 比值<1，与发育的心室顺应性改变相关（表 3）。二尖瓣 E 波速度较高（或二尖瓣 E>A）可能提示左心房压力负荷或容量负荷较高。

等容舒张期（isovolumetric relaxation time，IVRT）由心房腔室间的压力梯度决定，用于估算左心房压力克服左心室压力、开启二尖瓣并启动充盈的时间（表 3）。IVRT 缩短提示左房压力增高（如具有血流动力学意义的 PDA），或左室弹性增强，反之亦然。容量负荷（如具有血流动力学意义的 PDA）或压力负荷（如左心室舒张末期压升高）可通过左房与主动脉根部尺寸的比值来量化（表 3）。

推荐意见：所有标准 TNE 研究均应纳入二尖瓣血流（舒张早期充盈速度/舒张晚期充盈速度、IVRT）和左心房大小的测量，可考虑测量肺静脉速度。

2.3　体循环血流

无分流时，体循环血量可通过 LVO 公式计算（表 4）。测量需保证超声探头与主动脉血流的夹角

近零度（<20°）。样本取样点位于主动脉瓣环中点，左心室流出道直径测量位置需与之对应。当合并血流动力学意义的PDA时，LVO已无法可靠反映体循环血量，需用替代方法。降主动脉舒张期血流逆转是心脏磁共振成像评估PDA分流体积的最佳预测指标。PDA直径或左心房/主动脉根部比值表现欠佳[23]（表4）。腹腔干、肠系膜上动脉及大脑中动脉舒张期血流逆转同样具有血流动力学意义（表4）。当存在器官终末期病变时，无逆转现象，需谨慎解读。

推荐意见：应常规测量LVO。若存在血流动力学意义的动脉导管，需通过影像学检查确定中心（降主动脉）和外周动脉（腹腔干、肠系膜上动脉、大脑中动脉）的舒张期血流方向。

2.4 右心室收缩功能评估

由于右心室结构的几何限制，二维超声心动图无法估算容积，需用其他指标替代射血分数。面积变化分数可在右心室聚焦的四腔或三腔切面中测量[24]。三尖瓣环收缩期位移（tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE）是反映RV射血分数的纵向功能指标，并已经建立了胎儿的标准数据[25]，与预后不良相关的阈值也已建立（例如肺动脉高压、缺氧性缺血性脑病）[26]。见表5。

RVO可在短轴或长轴平面测量，但速度时间积分和瓣环尺寸都应在同一平面内进行测量，并尽量减小入射角度，确保取样容积位于肺动脉瓣环正中位置（表5）。右心室的舒张功能可通过三尖瓣E/A比值或多普勒组织成像进行评估，但相关标准数据仍较为有限。

推荐意见：应客观测量RV收缩功能，包括TAPSE、RVFAC和RVO。

2.5 肺动脉血流动力学评估

平均肺动脉压（pulmonary artery pressure, PAP）依据改良的伯努利方程测定（表6）。需要注意的是，不存在三尖瓣或肺动脉瓣反流不代表PAP正常。右心室收缩功能障碍时，由三尖瓣反流估算的右室收缩压数值可能低于预期值。

PDA分流方向可作为评估大血管水平体循环与肺循环相对压力的可靠指标。偏心指数（eccentricity index, EI）可量化右心室压力负荷。收缩期EI为乳头肌短轴水平左心室前后径与左右径比值（表6）。正常时左心室横截面呈圆形，即EI=1[27]。对于轻度至中度肺动脉高压患者，主观评估室间隔运动低平可靠性较低，推荐客观评估[28]。

PVR可辅助判断PAP升高是否与肺血管疾病相关。肺动脉加速时间（pulmonary artery acceleration time, PAAT）与右心室射血时间（right ventricle ejection time, RVET）的关系可作为PVR的替代指标（PVR指数，表6）。PAAT/RVET<0.25时（或RVET/PAAT>4.0），提示PVR可能升高[24]。

推荐意见：所有标准TNE研究均应包含三尖瓣反流和/或二尖瓣反流的连续波多普勒、收缩期EI及肺动脉多普勒波形的PVR指数与切迹评估。

2.6 分流评估

高位胸骨旁切面从主动脉弓向肺动脉分支扫描时，可完整呈现PDA的全长结构（表7）。分流方向分为左向右（主动脉至肺动脉）、右向左（肺动脉至主动脉）及双向分流，双向分流需进一步明确主要流向：收缩期血流60%呈右向左时，提示PAP高于体循环压力。分支肺动脉舒张期速度也可用于评估分流情况[23]。见表7。

新生儿心房交通十分常见，剑突下切面是观察其大小和分流方向的最佳选择。心房分流方向主要反映心房与心室的顺应性，不能单独判断肺动脉与体循环压力的关系[29]。

推荐意见：所有标准TNE均应评估分流的存在及方向；PDA评估需包含左心房容量负荷与体循环血量的测量。

2.7 其他注意事项

对中心静脉导管进行TNE评估至关重要，旨在早期识别并预防血栓形成及心包填塞等危及生命的并发症。

推荐意见：所有标准TNE均应评估中心静脉导管位置、排除心包积液、监测血栓和/或赘生物等潜在并发症（表8）。

表3　目标性新生儿超声心动图中左心室收缩及舒张功能的测量

测量	切面	测量性能	其他
左心室收缩功能			
面积长度法	心尖和胸骨旁左室短轴切面	● 用长轴长度（*L*）和短轴切面乳头肌水平截面积（*A*）	● 假设基底=圆柱形心尖=椭球体
Simpson双平面法（正常：55%~70%）	LV聚焦的心尖四腔/心尖两腔切面可最大化左心室面积，并确保清晰心内膜边界	● 收缩期和舒张末期追踪心内膜–血池交界 ● 描记时排除乳头肌并保持MV关闭 ● 近MV平面用直线连接MV瓣环铰链点闭合描记线	● 心电图辅助识别舒张期末可靠，识别收缩期末欠佳，2 D评估腔室大小取最小值为宜
短轴缩短率（正常：30%~45%）	PLAX或PSAX	● PLAX左心室或PSAX视图在2 D或M模式下直线测量的内径 ● M模式成像：应在MV瓣尖水平测量 ● 2 D：应在MV瓣尖水平上从PSAX或PLAX视图中获取测量值	● 心电图可以帮助识别收缩末期和舒张末期 ● M模式：左心室后壁的心肌边界收缩期最大斜率线可为卡尺测量位置
左心室舒张功能/LA负荷			
肺静脉S、D和A波速度	心尖四腔	● 取样线对齐右下肺静脉，平行血流	● 静脉扩张可能影响血流速度（尤其慢性分流时）
二尖瓣E、A和E/A（与胎龄相关）	心尖四腔	● 二尖瓣瓣尖水平放置频谱多普勒 ● 估算早期E波和晚期A波速度比	● E波与A波融合无法识别时，不进行测量
IVRT	心尖四腔	● 前倾或轻微顺时针旋转探头可显示左心室流出道 ● 取样容积置于左心室流入道与流出道交叉处	● 提高扫描速度以放大波形，以方便IVRT测量
LA/Ao比值（正常：<1.5）	PLAX	● 从舒张期Ao的前缘到LA前缘测量，确保能看见两个瓣叶	● 单独用作PDA标志物时性能较差

注：［LA］左心房；［Ao］主动脉；［MV］二尖瓣；［LV］左心室；［PDA］动脉导管未闭；［IVRT］等容舒张期；［PLAX］胸骨旁长轴［PSAX］胸骨旁短轴。

表4　体循环血流评估方法

测量	切面	测量要点	其他
LVO［正常：150~300 mL/（min·kg）］	心尖五腔、PLAX	● 脉冲多普勒取样容积位于主动脉瓣环水平测量速度时间积分 ● 瓣环测量为两铰链点间的距离	● 入射角尽量接近0，不进行角度校正
主动脉舒张期血流（正常：整个舒张期无血流）	胸骨上窝切面或者腹部切面	● 主动脉弓图像：使用彩色多普勒识别DAo（标尺：60~70 cm/s） ● 在横膈膜水平DAo行频谱多普勒检查 ● 将“低速抑制”降低至<0.1 m/s以显示更低速血流	● 导管后DAo和腹主动脉舒张期血流逆流提示有重要血流动力学意义的PDA ● 新生儿中，此现象极少为主动脉瓣关闭不全所致 ● 顺行血流可能提示主动脉弓中断或缩窄 ● 导管前弓的逆行性血流可能提示Galen脑静脉畸形或严重左心室疾病 ● 首选胸骨上窝切面，因为更易于与血流方向平行对齐
腹腔动脉和SMA舒张期血流（正常：整个过程顺行血流）	剑突下长轴切面	● 长轴探查腹部识别腹腔干 ● 频谱多普勒取样线位于近端腹腔动脉或SMA内	● 入射角尽可能接近0，不进行角度校正 ● SMA测量中，角度不准确较为常见

注：［LVO］左心室输出量；［PLAX］胸骨旁长轴；［DAo］降主动脉；［PDA］动脉导管未闭；［SMA］肠系膜上动脉。

表5　右心室功能评估

测量	切面	测量要点	其他
右心室FAC（正常：三腔心≥35%；四腔心≥35%）	右心室聚焦的三腔心或四腔心	● 采用以右心室为中心的切面以最大化显示区域 ● 图像清晰时，于收缩末期和舒张末期描记心内膜–血池界面（即致密心肌与心腔之间的界面） ● 心内膜边界定义：需排除小梁，近三尖瓣平面时连接三尖瓣瓣环铰链点闭合轮廓	● 由于右心室小梁或乳头肌的存在，识别心内膜–血液池界面具有挑战性
TAPSE（与胎龄相关）	右心室聚焦的四腔心	● DTI增强M型模式（需要时缩小扇形），保证帧频>200帧/s ● 取样线穿过心尖和三尖瓣环侧壁，光标垂直三尖瓣瓣环	● 测量应从“前缘到前缘”或“外缘到外缘”进行 ● TAPSE计算为舒张末期到收缩末期的差值
RVO［正常：150~300 mL/（min·kg）］	PLAX或PSAX	● 缩小肺动脉的彩色取样框 ● 取样线置于肺动脉瓣环水平 ● 以收缩末期瓣膜铰链点间距评估肺动脉瓣直径	● 入射角尽可能接近0度 ● 肺动脉瓣应在整个心动周期内清晰可见 ● VTI和瓣环测量在同一切面或同一水平

注：［FAC］面积变化分数；［PLAX］胸骨旁长轴；［VTI］速度时间积分；［TAPSE］三尖瓣环收缩期位移；［RVO］右心室输出量；［DTI］组织多普勒成像。

表6　肺动脉血流动力学评估

测量	切面	测量要点	其他
PAP（肺动脉瓣反流）	PLAX或PSAX	● 连续多普勒测量肺动脉瓣反流	● 肺动脉瓣反流速度可以用于计算PAP
右心室收缩压（三尖瓣反流）	多个切面	● 连续多普勒测量三尖瓣反流 ● 从完整的多普勒频谱中测量三尖瓣反流的峰值速度	● 右室收缩功能降低时，可能会出现假性低三尖瓣反流速度
收缩性EI（正常：≤1.3）	PSAX	● 乳头肌水平测量收缩末期左室左右径与前后径的比值，定量评估“室间隔变平”	● 确保右心室覆盖左心室 ● 通过光滑界面区分心室壁与乳头肌
PVR指数RVET/PAAT（正常<4）或PAAT/RVET（正常<0.25）	PLAX或PSAX	● 当肺动脉瓣膜开放时，频谱多普勒取样框位于肺动脉瓣尖处测量峰值速度 ● 当多普勒速度频谱呈圆钝状态，峰值难以辨认，需测至峰值最早部分而非峰值中点	● PDA分流存在时RVET估算具有挑战性，由于收缩末期多普勒重叠

注：［PAP］肺动脉压力；［PSAX］胸骨旁短轴；［PLAX］胸骨旁长轴；［PDA］动脉导管未闭；［EI］偏心指数；［PVR］肺动脉阻力；［RVET］右心室射血时间；［PAAT］肺动脉加速时间。

表7　PDA评估方法

测量	切面	测量要点	其他
PDA直径	胸骨上窝/高位胸骨旁	● 探头置于12点钟位置，成像主肺动脉和降主动脉显示PDA全长 ● 心动周期中，分流达到峰值，测量导管最窄处（通常近肺动脉端）的直径	● 对于机械通气新生儿，高位胸骨旁视图图像质量欠佳，可从分支PA视图向后倾斜获得低位胸骨旁视图
PDA多普勒	胸骨上窝/高位胸骨旁	● 将取样框置于PDA的肺动脉端（最窄处远端）。峰值速度<2 m/s时使用脉冲波多普勒，若超脉冲多普勒限度则使用连续多普勒 ● 测量压力阶差：对PDA进行VTI描记，获取收缩峰值压力阶差和平均压力阶差	● 使用连续多普勒时，确保将多普勒波束置于PDA的最窄处，并与血流方向平行
PA分支速度（正常：舒张速度<0.3 m/s）	高位胸骨旁	● 窄窗显示PA，探头前倾，显示分支PA ● 将取样框置于近端PA分支内	● 左PA通常更容易平行多普勒声束方向，因此是探查的首选部位

注：［PDA］动脉导管未闭；［PA］肺动脉；［VTI］速度时间积分。

表8　其他要素评估

测量	切面	测量要点	其他
UVC位置	剑突下改良的PSAX	● 在静脉导管的长轴切面识别UVC及尖端位置	● 下腔静脉瓣表现为下腔静脉和右心房交界处的回声褶皱，其可能被误认为静脉置管
上肢PICC位置	矢状面高位胸骨旁切面	● 采用从中心到外围的顺序评估 ● 先扫查右心腔，再查上腔静脉，最后查锁骨下静脉和无名静脉	● PICC导管头端识别困难时，可注射少量生理盐水观察是否流出，以确定导管头端位置的可靠方法
心包积液/心包填塞	多个切面	● 心包积液可呈环形（大量）或局灶性（少量） ● 单侧/局限性积液也可能位于胸膜腔或腹腔 ● 张力性气胸可导致心包填塞而无心包积液	● 当心包内压力超过右心房压力时，即发生心脏压塞。右心房在心室收缩期塌陷（这反映了心房充盈减少）是心脏压塞最早的超声心动图征象
血栓/赘生物	多个切面	● 需从至少两个不同平面连续扫描可疑回声灶	● 心腔内回声灶常见，应与邻近的心内膜/心肌相鉴别 ● 带蒂或可移动的回声灶高度提示血栓或赘生物

注：［UVC］脐静脉导管；［PSAX］胸骨旁短轴；［PICC］经外周静脉穿刺的中心静脉导管。

作者贡献声明：包敏负责解读内容撰写；王廉一负责学术审阅、修订以及核心要点拆解与分析；石琳负责指南筛选与背景梳理、质量把控。

利益冲突声明：所有作者均声明不存在与本指南解读相关的直接或间接利益冲突。

［参　考　文　献］

[1] Nguyen J, Amirnovin R, Ramanathan R, et al. The state of point-of-care ultrasonography use and training in neonatal-perinatal medicine and pediatric critical care medicine fellowship programs[J]. J Perinatol, 2016, 36(11): 972-976. PMID: 27513327. DOI: 10.1038/jp.2016.126.

[2] Giesinger RE, Stanford AH, Rios DR, et al. Targeted neonatal echocardiography in the United States of America: the contemporary perspective and challenges to implementation[J]. Pediatr Res, 2019, 85(7): 919-921. PMID: 30776791. DOI: 10.1038/s41390-019-0338-3.

[3] Corsini I, Ficial B, Fiocchi S, et al. Neonatologist performed echocardiography (NPE) in Italian neonatal intensive care units: a national survey[J]. Ital J Pediatr, 2019, 45(1): 131. PMID: 31640752. PMCID: PMC6805655. DOI: 10.1186/s13052-019-0721-z.

[4] Mertens L, Seri I, Marek J, et al. Targeted neonatal echocardiography in the neonatal intensive care unit: practice guidelines and recommendations for training[J]. Eur J Echocardiogr, 2011, 12(10): 715-736. PMID: 21998460. DOI: 10.1093/ejechocard/jer181.

[5] McNamara PJ, Jain A, El-Khuffash A, et al. Guidelines and recommendations for targeted neonatal echocardiography and cardiac point-of-care ultrasound in the neonatal intensive care unit: an update from the American Society of Echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2024, 37(2): 171-215. PMID: 38309835. DOI: 10.1016/j.echo.2023.11.016.

[6] Singh Y, Tissot C, Fraga MV, et al. International evidence-based guidelines on point of care ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC) [J]. Crit Care, 2020, 24(1): 65. PMID: 32093763. PMCID: PMC7041196. DOI: 10.1186/s13054-020-2787-9.

[7] Shefrin AE, Warkentine F, Constantine E, et al. Consensus core point-of-care ultrasound applications for pediatric emergency medicine training[J]. AEM Educ Train, 2019, 3(3): 251-258. PMID: 31360818. PMCID: PMC6637013. DOI: 10.1002/aet2.10332.

[8] Egan JR, Festa M, Cole AD, et al. Clinical assessment of cardiac performance in infants and children following cardiac surgery[J]. Intensive Care Med, 2005, 31(4): 568-573. PMID: 15711976. DOI: 10.1007/s00134-005-2569-5.

[9] Ficial B, Finnemore AE, Cox DJ, et al. Validation study of the accuracy of echocardiographic measurements of systemic blood flow volume in newborn infants[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2013, 26(12): 1365-1371. PMID: 24075229. PMCID: PMC3852205. DOI: 10.1016/j.echo.2013.08.019.

[10] Negreiros Figueira SDA, de Oliveira AC, Zamith MM, et al. Echocardiography performed by the neonatologist: the impact on the clinical management[J]. Pediatr Res, 2023, 94(2): 724-729. PMID: 36807613. DOI: 10.1038/s41390-023-02526-0.

[11] van Laere D, van Overmeire B, Gupta S, et al. Application of NPE in the assessment of a patent ductus arteriosus[J]. Pediatr Res, 2018, 84(Suppl 1): 46-56. PMID: 30072803. PMCID: PMC6257219. DOI: 10.1038/s41390-018-0077-x.

[12] Bravo MC, Cabañas F, Riera J, et al. Randomised controlled clinical trial of standard versus echocardiographically guided ibuprofen treatment for patent ductus arteriosus in preterm infants: a pilot study[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2014, 27(9): 904-909. PMID: 24047189.

DOI: 10.3109/14767058.2013.846312.

[13] Ting JY, Resende M, More K, et al. Predictors of respiratory instability in neonates undergoing patient ductus arteriosus ligation after the introduction of targeted milrinone treatment[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2016, 152(2): 498-504. PMID: 27174516. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.03.085.

[14] de Boode WP, Singh Y, Molnar Z, et al. Application of neonatologist performed echocardiography in the assessment and management of persistent pulmonary hypertension of the newborn[J]. Pediatr Res, 2018, 84(Suppl 1): 68-77. PMID: 30072805. PMCID: PMC6257221.
DOI: 10.1038/s41390-018-0082-0.

[15] Aggarwal S, Shanti C, Agarwal P, et al. Echocardiographic measures of ventricular-vascular interactions in congenital diaphragmatic hernia[J]. Early Hum Dev, 2022, 165: 105534. PMID: 35065414. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2021.105534.

[16] Groves AM, Singh Y, Dempsey E, et al. Introduction to neonatologist-performed echocardiography[J]. Pediatr Res, 2018, 84(Suppl 1): 1-12. PMID: 30072808. PMCID: PMC6257222. DOI: 10.1038/s41390-018-0076-y.

[17] Rios DR, Bhattacharya S, Levy PT, et al. Circulatory insufficiency and hypotension related to the ductus arteriosus in neonates[J]. Front Pediatr, 2018, 6: 62. PMID: 29600242. PMCID: PMC5863525. DOI: 10.3389/fped.2018.00062.

[18] Lakshminrusimha S, Steinhorn RH. Pulmonary vascular biology during neonatal transition[J]. Clin Perinatol, 1999, 26(3): 601-619. PMID: 10494467. DOI: 10.1016/S0095-5108(18)30039-3.

[19] Giesinger RE, McNamara PJ. Hemodynamic instability in the critically ill neonate: an approach to cardiovascular support based on disease pathophysiology[J]. Semin Perinatol, 2016, 40 (3): 174-188. PMID: 26778235.
DOI: 10.1053/j.semperi.2015.12.005.

[20] Bussmann N, Breatnach C, Levy PT, et al. Early diastolic dysfunction and respiratory morbidity in premature infants: an observational study[J]. J Perinatol, 2018, 38(9): 1205-1211. PMID: 29887608. DOI: 10.1038/s41372-018-0147-2.

[21] Jain A, McNamara PJ. Persistent pulmonary hypertension of the newborn: advances in diagnosis and treatment[J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2015, 20(4): 262-271. PMID: 25843770.
DOI: 10.1016/j.siny.2015.03.001.

[22] Miller LE, Stoller JZ, Fraga MV. Point-of-care ultrasound in the neonatal ICU[J]. Curr Opin Pediatr, 2020, 32(2): 216-227. PMID: 31851056. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000863.

[23] Broadhouse KM, Price AN, Durighel G, et al. Assessment of PDA shunt and systemic blood flow in newborns using cardiac MRI[J]. NMR Biomed, 2013, 26(9): 1135-1141. PMID: 23412748. DOI: 10.1002/nbm.2927.

[24] Jain A, Mohamed A, El-Khuffash A, et al. A comprehensive echocardiographic protocol for assessing neonatal right ventricular dimensions and function in the transitional period: normative data and Z scores[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27 (12): 1293-1304. PMID: 25260435.
DOI: 10.1016/j.echo.2014.08.018.

[25] Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, et al. Systolic right ventricular function in preterm and term neonates: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 258 patients and calculation of Z-score values[J]. Neonatology, 2011, 100(1): 85-92. PMID: 21273793.
DOI: 10.1159/000322006.

[26] Giesinger RE, El Shahed AI, Castaldo MP, et al. Impaired right ventricular performance is associated with adverse outcome after hypoxic ischemic encephalopathy[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 200(10): 1294-1305. PMID: 31251076.
DOI: 10.1164/rccm.201903-0583OC.

[27] Ryan T, Petrovic O, Dillon JC, et al. An echocardiographic index for separation of right ventricular volume and pressure overload [J]. J Am Coll Cardiol, 1985, 5(4): 918-927. PMID: 3973294. DOI: 10.1016/s0735-1097(85)80433-2.

[28] Smith A, Purna JR, Castaldo MP, et al. Accuracy and reliability of qualitative echocardiography assessment of right ventricular size and function in neonates[J]. Echocardiography, 2019, 36(7): 1346-1352. PMID: 31246348. PMCID: PMC6685067.
DOI: 10.1111/echo.14409.

[29] Kupferschmid C, Lang D. The valve of the foramen ovale in interatrial right-to-left shunt: echocardiographic cineangiocardiographic and hemodynamic observations[J]. Am J Cardiol, 1983, 51(9): 1489-1494. PMID: 6846182.
DOI: 10.1016/0002-9149(83)90662-8.

（本文编辑：邓芳明）

（©《中国当代儿科杂志》编辑部，开放获取CC BY-NC-ND 4.0协议）
（© Editorial Office of *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*. OA under CC BY-NC-ND 4.0 license）