doi：10.7499/j.issn.1008-8830.2507126

新生儿/儿童重症超声专题

新生儿坏死性小肠结肠炎的超声诊断

赵杨勇　综述　　刘庆华　审校

（山东大学附属儿童医院超声科，山东济南　250000）

［摘要］坏死性小肠结肠炎（necrotizing enterocolitis, NEC）是新生儿常见胃肠道危重症，重症患儿预后不良甚至死亡，早期精准诊断对改善预后至关重要。传统腹部X线检查敏感性低，腹部超声作为无创、无辐射的实时成像技术，可早期评估肠壁结构、蠕动及灌注状态，对该病早期诊断具有突出价值。其典型超声表现包括肠壁增厚或变薄、血流灌注异常、肠壁积气、门静脉积气、气腹及复杂性腹水等。超声对这些征象的判断效能优于X线，尤其适用于X线结果不明确或需动态监测的病例，可作为NEC首选影像学检查方法之一。

［中国当代儿科杂志，2026，28（2）：192-198］

［关键词］坏死性小肠结肠炎；超声；X线；新生儿

Ultrasound diagnosis of necrotizing enterocolitis in neonates

ZHAO Yang-Yong, LIU Qing-Hua. Department of Ultrasound, Children's Hospital Affiliated to Shandong University, Jinan 250000, China (Liu Q-H, Email: xr6547@163.com)

Abstract: Necrotizing enterocolitis (NEC) is a common critical gastrointestinal disease in neonates. Severe cases have a poor prognosis and may be fatal. Early and accurate diagnosis is crucial for improving outcomes. Traditional abdominal X-ray has low sensitivity. As a noninvasive, radiation-free real-time imaging technique, abdominal ultrasound can assess intestinal wall structure, peristalsis, and perfusion at an early stage and has outstanding value for early diagnosis. Typical ultrasound findings include intestinal wall thickening or thinning, abnormal blood perfusion, pneumatosis intestinalis, portal venous gas, pneumoperitoneum, and complex ascites. Ultrasound outperforms X-ray in identifying these signs, and it is particularly useful when X-ray findings are inconclusive or when dynamic monitoring is required. It can be considered one of the preferred imaging modalities for NEC.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2026, 28(2): 192-198]

Key words: Necrotizing enterocolitis; Ultrasound; X-ray; Neonate

坏死性小肠结肠炎（necrotizing enterocolitis, NEC）是新生儿常见的肠道疾病，也是新生儿重要死亡原因之一，尤其多见于早产儿和低出生体重儿，发病率约为1‰[1]。体重500~1 500 g的极低出生体重儿发病率为7%~10%[2]，病死率可高达23.5%[3]。其他危险因素包括缺氧缺血性损伤、先天性心脏病、感染及微生物菌群失调等[4]。

NEC的发病机制尚不明确，研究表明可能与机体对肠道微生态失调的免疫反应有关[5]。早产儿由于免疫功能不成熟，体内炎症因子和血管活性分子失衡，易导致肠道黏膜上皮损伤，进而使细菌和毒素侵入肠壁。随着病情进展，细菌产生气体，渗入肠壁并进入门静脉系统[6]。细菌代谢产物及免疫反应引发的炎症级联反应，可导致透壁性微血管功能障碍，最终造成严重肠壁缺血、坏死甚至穿孔[7]。此外，早产儿长期使用抗生素可改变肠道微生物菌群，也可导致NEC的发生[8]。

［收稿日期］2025-07-21；［接受日期］2025-12-13
［基金项目］2023年度山东省医药卫生科技项目（202309021014）。
［作者简介］赵杨勇，男，硕士研究生，主治医师。
［通信作者］刘庆华，女，主任医师。Email：xr6547@163.com。

1 NEC的临床表现

NEC通常发生于出生后第1~2周，极早产儿则可能延迟至第3周后发病[9]。患儿临床症状无特异性，包括喂养不耐受、呕吐、腹泻、血便、嗜睡、呼吸暂停及呼吸衰竭等[9]，其他体征可见腹胀、腹壁红斑或硬结、腹部压痛、体温及血压不稳定、感染性休克等[10]。实验室检查常表现为代谢性酸中毒、血小板减少、血小板活化因子升高、白细胞介素失衡及肿瘤坏死因子-α水平升高等[2]。NEC的临床诊断需结合临床症状、实验室检查及影像学检查结果综合判断。目前已有多项NEC的诊断及临床决策指导标准，包括改良Bell-NEC分级法、佛蒙特牛津网络（Vermont Oxford Network）标准及戈登分类法等[2, 11]，其中改良Bell-NEC分级法为临床主要诊断依据[12]，分为Ⅲ期：Ⅰ期为可疑NEC，全身及胃肠道症状轻微；Ⅱ期为确诊NEC，全身症状及腹部体征渐趋明显，逐渐出现局限性腹膜炎；Ⅲ期为进展NEC，出现严重全身症状、全腹膜炎及肠穿孔。一线治疗采用内科保守方案，包括鼻胃管引流、禁饮食、全胃肠外营养及抗生素应用等。当腹部X线提示气腹，以及内科保守治疗无效、临床症状持续恶化时，需及时行外科手术治疗[11, 13]。近年来，超声结合放射学检查和临床表现用以明确NEC诊断的综合诊断方法逐渐得到临床的认可[14]。

2 NEC的超声检查技术和适应证

超声检查诊断时，应使用高频线阵探头以优化空间分辨率，也可使用低频凸阵探头评估线阵探头无法清晰分辨的较深部位的游离腹腔积液。动态扫查可评估肠道蠕动情况，需对腹部各象限行横切面和矢状面扫查。彩色及频谱多普勒超声可提升肠道灌注情况的评估准确性。同时需评估肝门静脉系统，明确是否存在门静脉积气。2020年欧洲儿科及新生儿重症监护学会提出超声诊断NEC的适应证：（1）用于NEC早期诊断；（2）腹部X线检查结果不明确时，明确NEC诊断；（3）腹部X线检查无气腹表现；（4）评估确诊NEC患儿并发症；（5）评估临床病情恶化时提示需外科干预的特征[15]。

3 NEC的超声表现

超声检查结果已被证实与NEC发病机制密切相关[16]。在NEC初期，肠壁发生炎症和水肿，超声表现为肠壁厚度增加、黏膜回声增强，文献中通常将肠壁厚度>2.5~2.7 mm定义为肠壁增厚[17]（图1）。当出现缺血坏死时，肠壁变薄，通常以厚度<1 mm视为变薄[2]。灰阶模式评估肠道后，需使用彩色多普勒超声进一步评估肠壁及肠系膜血流灌注状态，以判断肠道活性。NEC初期肠壁充血，表现为血流信号增多或环形血流。随病情进展，肠壁变薄、肠腔扩张，肠管缺血坏死导致灌注先减少后消失[18]，提示穿孔风险较高[19]，需立即手术或预示不良预后[20-21]。通过病变肠管与周围正常肠管的对比，可了解灌注改变程度。NEC可导致肠管蠕动减少或消失（<10次/min），因此需动态扫查观察肠管蠕动状况[22]。Yue等[23]研究发现，在极低出生体重儿中，肠系膜上动脉超声检查具有预测NEC的潜力，NEC患儿收缩期/舒张期流速比值（S/D）显著升高，敏感性为52.2%，特异性为92.7%，推测肠系膜上动脉血流与肠道结构和功能完整性相关。其影响因素可能与胎龄、体温、血压、血容量、心功能、感染、动脉导管未闭及血管活性药物应用等有关[24]。

门静脉积气由气体经肠壁静脉进入门静脉系统所致，其无法反映肠壁积气情况，也不能预示不良预后[25]。超声表现为门静脉主干及分支内、肝实质周围出现可移动点状增强回声，提示NEC可能，但其并非外科手术指征[26-27]。肠壁积气最常出现在远端小肠和结肠，可呈单个或散在分布，且数量不定，对NEC诊断具有较高特异性。与肠腔内气体不同，肠壁内气体不随探头按压、患儿活动或肠道蠕动而移动。目前肠壁积气的数量、分布区域与临床严重程度的关联尚不明确[2]。研究表明，肠壁积气无法预测手术风险或死亡结局，因此不应作为内科和外科治疗NEC的区分依据[13]。但是，识别肠壁积气仍具重要意义，因肠壁积气提示需延长抗生素治疗疗程。肠壁积气和门静脉积气均可能在数小时至数天内出现或消失，因此需及时复查。当出现肠壁环状积气或门静脉内大量积气时，需警惕肠坏死可能（图2）。值得注意的是，肠壁积气并非NEC特有，还可见于肠旋转

不良、先天性心脏病、溃疡性结肠炎、哮喘及食物蛋白过敏性直肠结肠炎等疾病[28-29]。

在NEC后期，可出现气腹、局灶性或复杂性腹腔积液等征象，均提示肠穿孔可能[30-31]（图3~4）。超声下，气腹可表现为后方回声衰减的强回声，可出现在多个部位，如肠间隙、腹壁与肝脏前缘之间、腹壁深方。区分气腹和肠腔内气体的关键在于辨别气体位于肠腔内还是腹膜腔非低垂部位。NEC患儿即便尚未发生肠穿孔，超声也可检出游离性或局限性积液；而积液浑浊或出现分隔是肠穿孔最具特异性的超声征象，通常提示肠道内容物外漏。

超声是临床预测NEC预后的重要手段，可对肠道形态、血流分布、蠕动特征及肠道外间接征象进行综合分析。Cuna等[32]的荟萃分析显示，气腹、肠管无蠕动、局灶性或复杂性腹腔积液与手术或死亡密切相关；肠壁变薄或增厚、肠壁回声增强、肠管扩张及肠壁无血流灌注与手术或死亡呈中等程度关联；门静脉积气、肠壁血流增多或单纯性腹水等与不良结局无显著关联。国内亦有学者认为，检出肠壁蠕动消失、肠壁分层消失、肠梗阻、复杂性腹腔积液及腹腔积液深度>18.1 mm时，提示临床预后不良，可为手术时机判断提供重要参考依据[33-34]。

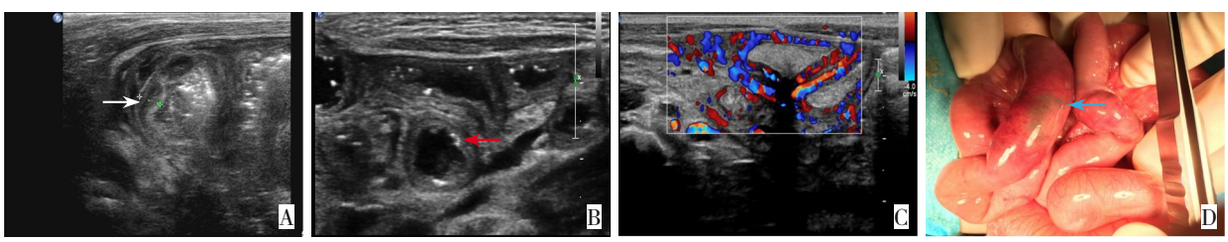


图1　新生儿坏死性小肠结肠炎超声及术中表现　患儿女，生后13 d，因腹胀半天、便血2次就诊。A：部分肠管壁增厚（白色箭头处）；B：增厚肠壁内见点状气体回声（红色箭头处）；C：彩色多普勒血流成像显示肠壁内血流信号丰富；D：术中见局部肠壁呈咖啡斑样坏死（蓝色箭头处）。

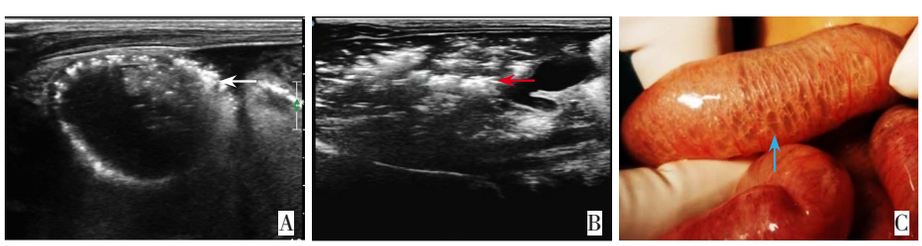


图2　新生儿坏死性小肠结肠炎超声及术中表现　患儿男，28周早产，生后33 d，因生后气促就诊。A：肠壁内见环状气体强回声（白色箭头处）；B：肝门静脉系统内见弥漫性气体强回声（红色箭头处）；C：术中见肠壁内充满密集气泡（蓝色箭头处）。

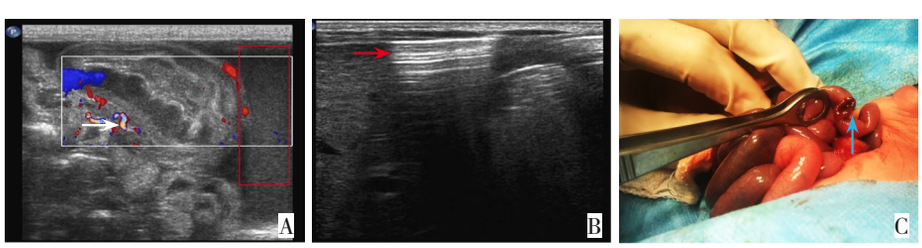


图3　新生儿坏死性小肠结肠炎超声及术中表现　患儿女，30周早产，极低出生体重儿，生后7 d因腹泻就诊。A：彩色多普勒血流成像显示肠壁血流信号明显减少，仅局部见散在点状血流信号（白色箭头处），腹腔肠间隙可见游离无回声区，内透声差（红色方框处）；B：腹腔内肝前缘见游离气体回声（红色箭头处）；C：术中见部分肠管坏死、肠壁呈暗红色，局部伴肠穿孔（蓝色箭头处）。

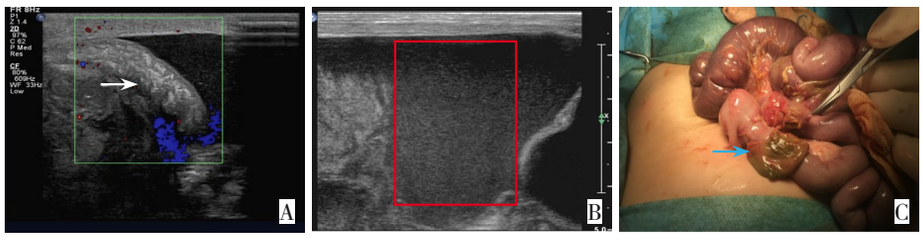


图4　新生儿坏死性小肠结肠炎超声及术中表现　患儿男，30^{+3}周早产，生后20 d，因腹胀5 d、便血3 d就诊。A：彩色多普勒血流成像显示肠壁血流信号缺失（白色箭头处）；B：腹腔肠间隙见游离无回声区，内透声差，可见密集点状回声（红色方框处）；C：术中见肠壁广泛性坏死（蓝色箭头处）。

4　NEC与食物蛋白过敏性直肠结肠炎的鉴别

食物蛋白诱导性直肠结肠炎（food protein-induced proctocolitis, FPIPC）是非IgE介导食物过敏相关胃肠道疾病的一部分，由远端乙状结肠和直肠炎症引发，其特征为黏膜水肿、糜烂，上皮和/或固有层嗜酸性粒细胞浸润[35]。该病多发生于出生后前3个月，表现为便血或潜血，较少伴半成形粪便和黏液；部分患儿慢性出血时可能出现轻度贫血。在早产儿中可出现呕吐、腹胀、腹泻、脱水甚至休克等症状[36]。牛奶蛋白是引发FPIPC最常见的过敏原，可通过口服食物激发试验进行诊断，主要通过脱离过敏原治疗。NEC诊断主要依据临床特征及病程。与FPIPC相比，NEC患儿血清降钙素原水平升高，嗜酸性粒细胞计数降低。超声表现上，两者均可出现肠壁积气、门静脉积气及肠壁增厚，但NEC患儿肠道黏膜损伤更严重，更易合并肠道蠕动减慢和腹腔积液；FPIPC患儿肠道黏膜损伤较轻，极少影响肠蠕动或形成腹腔积液，且合并其他超声征象较少[37-38]。

5　超声诊断NEC相比X线的优势

腹部X线检查被认为是评估NEC的金标准或一线影像学检查[9]。其征象包括固定扩张肠袢、肠壁积气、游离腹腔气体及门静脉积气等。文献报道，X线检查总体特异性为92%~100%，但敏感性仅13%~25%，提示大量NEC病例可能无法被X线检查及时发现[11]。同时，重复电离辐射暴露可能对新生儿造成损害，因此可采用超声作为替代检查手段，以减少对患儿的辐射暴露损害[39]。与X线检查相比，超声对肠管组织形态变化的观察更细致全面，有助于明确NEC分期诊断，对于评估NEC的极早期征象（如肠壁增厚、灌注异常等）更具优势[40-41]。同样，超声在诊断肠穿孔中亦优于X线，即使X线未显示气腹，肠穿孔仍可能发生[42]，尤其在疑似穿孔未确诊病例中，超声对气腹、复杂性腹腔积液等肠穿孔相关征象的评估更敏感[43]。Kim等[44]研究发现，复杂性或局灶性腹腔积液、肠道血流灌注缺失是诊断肠道穿孔的可靠依据，且X线发现气腹的时间较超声发现复杂性或局灶性腹腔积液平均延迟4.4 d，提示超声对气腹出现前NEC穿孔早期阶段的诊断具有价值。国内有学者的研究得出类似结论，超声对早期NEC肠壁增厚/肠间隙增宽、腹腔积液、肠粘连及肠腔狭窄的检出率分别为100.00%、6.45%、9.52%、7.94%，显著高于X线的92.06%、0%、0%、0%；对晚期NEC腹腔积液、肠粘连及肠腔狭窄的检出率分别为54.55%、22.73%、18.18%，亦显著高于X线的0%、0%、0%[45]。

此外，长时间使用抗生素与更高的NEC发病率及死亡风险相关，该现象在早产儿中更为常见[46]。在X线检查结果不确定、临床怀疑程度较低的情况下，超声检查有助于排除肠道缺血，缩短抗生素疗程，更早恢复喂养，同时对其他可能存在的疾病进行排查[13, 18]。综上，当临床症状及X线检查结果缺乏特异性，或临床症状与影像学检查结果不相符时，超声检查可发挥关键作用。

6　超声诊断NEC的局限性

研究表明，超声诊断NEC的特异性为91%~100%，敏感性仅70%，提示仅依靠腹部超声而不结合临床特征仍存在漏诊可能。因此，临床高度怀疑NEC时，即使超声检查结果阴性也不应排除该病的可能性[47]。肠道气体产生的声影会限制超声对深部结构的评估，部分患儿无法耐受增加探头压力以排除视野内肠道气体干扰。许多早产儿接受高频通气，评估肠道灌注和蠕动情况时可能

产生振动伪影。此外，NEC也可见于伴有多种合并症的早产儿，如先天性心脏病、支气管肺发育不良、缺氧缺血性脑损伤及全身性败血症等，这些疾病也会影响肠道血流灌注情况。例如，当患儿心输出量较低或使用血管收缩药物时，也可能出现肠道血流灌注减少，但这并不说明一定存在原发性肠道病变[48]。彩色多普勒超声在检测微血管方面存在局限性，无多普勒信号的变薄肠壁可能仍具有活性，不可简单将其等同于缺血肠道。近年来发现，超声造影可作为评估肠道灌注及判断预后的有效辅助手段，但其作用尚未完全证实[49]。超声造影在肠壁损伤初期表现为高增强，当肠壁出现缺血时则表现为低增强或无增强。与彩色多普勒超声相比，超声造影对血流减少的敏感性更高[50]。同时，高频振荡通气时，超声造影对肠壁的评估效果优于彩色多普勒超声。这是因为外部振动源会导致多普勒信号衰减，而超声造影受运动干扰相对较小，信号不易衰减，可清晰显示肠壁微血管血流增强情况，对彩色多普勒超声起到补充作用[50]。但目前新生儿肠道血管潜在受损时使用造影剂的安全性和有效性仍需进一步研究验证。微血管成像等技术对微血管血流的敏感性高于常规彩色多普勒超声，可辅助评估肠壁血流情况。但该技术对运动高度敏感，最适用于蠕动减弱至消失的肠段，肠壁明显变薄时也不利于评估。

综上所述，NEC是新生儿期常见的严重肠道疾病，具有较高的发病率和病死率。腹部超声是一种能提供实时反馈、无创、无辐射的检查手段，安全且易于操作。超声表现可能早于临床体征和症状出现，因此超声检查在疾病早期发现和治疗方面起重要作用。此外，腹部超声对许多特征的检出优于X线检查，例如肠壁完整性、肠壁及肠系膜血流灌注情况、肠壁积气、门静脉积气、肠道蠕动情况及腹腔积液及其性质等。同时，超声检查还有助于判断疾病预后及干预时机，从而降低病死率，改善临床结局，因此可将其作为诊断NEC的首选影像学检查手段。

作者贡献声明：赵杨勇负责资料收集、文章撰写；刘庆华负责论文修改、审阅。

利益冲突声明：所有作者声明无利益冲突。

［参　考　文　献］

[1] Hu X, Liang H, Li F, et al. Necrotizing enterocolitis: current understanding of the prevention and management[J]. Pediatr Surg Int, 2024, 40(1): 32. PMID: 38196049. PMCID: PMC10776729. DOI: 10.1007/s00383-023-05619-3.

[2] Hwang M, Tierradentro-García LO, Dennis RA, et al. The role of ultrasound in necrotizing enterocolitis[J]. Pediatr Radiol, 2022, 52(4): 702-715. PMID: 34654968. DOI: 10.1007/s00247-021-05187-5.

[3] Roberts AG, Younge N, Greenberg RG. Neonatal necrotizing enterocolitis: an update on pathophysiology, treatment, and prevention[J]. Paediatr Drugs, 2024, 26(3): 259-275. PMID: 38564081. DOI: 10.1007/s40272-024-00626-w.

[4] Duchon J, Barbian ME, Denning PW. Necrotizing enterocolitis [J]. Clin Perinatol, 2021, 48(2): 229-250. PMID: 34030811. DOI: 10.1016/j.clp.2021.03.002.

[5] Cai X, Liebe HL, Golubkova A, et al. A review of the diagnosis and treatment of necrotizing enterocolitis[J]. Curr Pediatr Rev, 2023, 19(3): 285-295. PMID: 35929629. DOI: 10.2174/1573396318666220805110947.

[6] Monzon N, Kasahara EM, Gunasekaran A, et al. Impact of neonatal nutrition on necrotizing enterocolitis[J]. Semin Pediatr Surg, 2023, 32(3): 151305. PMID: 37257267. PMCID: PMC10750299. DOI: 10.1016/j.sempedsurg.2023.151305.

[7] Martin CA, Markel TA. Preface: necrotizing enterocolitis[J]. Semin Pediatr Surg, 2023, 32(3): 151303. PMID: 37279638. DOI: 10.1016/j.sempedsurg.2023.151303.

[8] Raba AA, O'Sullivan A, Miletin J. Pathogenesis of necrotising enterocolitis: the impact of the altered gut microbiota and antibiotic exposure in preterm infants[J]. Acta Paediatr, 2021, 110(2): 433-440. PMID: 32876963. DOI: 10.1111/apa.15559.

[9] Kim JH, Sampath V, Canvasser J. Challenges in diagnosing necrotizing enterocolitis[J]. Pediatr Res, 2020, 88(Suppl 1): 16-20. PMID: 32855507. DOI: 10.1038/s41390-020-1090-4.

[10] Rausch LA, Hanna DN, Patel A, et al. Review of necrotizing enterocolitis and spontaneous intestinal perforation clinical presentation, treatment, and outcomes[J]. Clin Perinatol, 2022, 49(4): 955-964. PMID: 36328610. DOI: 10.1016/j.clp.2022.07.005.

[11] van Druten J, Khashu M, Chan SS, et al. Abdominal ultrasound should become part of standard care for early diagnosis and management of necrotising enterocolitis: a narrative review[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2019, 104(5): F551-F559. PMID: 31079066. DOI: 10.1136/archdischild-2018-316263.

[12] 中国医师协会新生儿科医师分会循证专业委员会. 新生儿坏死性小肠结肠炎临床诊疗指南（2020）[J]. 中国当代儿科杂志, 2021, 23(1): 1-11. PMID: 33476530. PMCID: PMC7818154. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2011145.

[13] Lazow SP, Tracy SA, Staffa SJ, et al. Abdominal ultrasound findings contribute to a multivariable predictive risk score for surgical necrotizing enterocolitis: a pilot study[J]. Am J Surg, 2021, 222(5): 1034-1039. PMID: 33958200.

DOI: 10.1016/j.amjsurg.2021.04.025.

[14] Cuna A, Chan S, Jones J, et al. Feasibility and acceptability of a diagnostic randomized clinical trial of bowel ultrasound in infants with suspected necrotizing enterocolitis[J]. Eur J Pediatr, 2022, 181(8): 3211-3215. PMID: 35713688. PMCID: PMC9203774. DOI: 10.1007/s00431-022-04526-4.

[15] 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.

[16] Chetan C, Garegrat R, Hazarika J, et al. Point-of-care ultrasound to diagnose and monitor the course of necrotizing enterocolitis [J]. Newborn (Clarksville), 2023, 2(3): 203-213. PMID: 37974931. PMCID: PMC10653205.
DOI: 10.5005/jp-journals-11002-0070.

[17] Mishra V, Cuna A, Singh R, et al. Imaging for diagnosis and assessment of necrotizing enterocolitis[J]. Newborn (Clarksville), 2022, 1(1): 182-189. PMID: 36864828. PMCID: PMC9976546. DOI: 10.5005/jp-journals-11002-0002.

[18] Alexander KM, Chan SS, Opfer E, et al. Implementation of bowel ultrasound practice for the diagnosis and management of necrotising enterocolitis[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2021, 106(1): 96-103. PMID: 32398270. PMCID: PMC7788207. DOI: 10.1136/archdischild-2019-318382.

[19] Hu Y, Jia L, Wang Y, et al. Diagnostic efficacy of high-frequency ultrasound and X-ray contrast enema in colonic strictures after necrotizing enterocolitis: a retrospective study[J]. Pediatr Surg Int, 2022, 39(1): 56. PMID: 36542173.
DOI: 10.1007/s00383-022-05278-w.

[20] Chen J, Mu F, Gao K, et al. Value of abdominal ultrasonography in predicting intestinal resection for premature infants with necrotizing enterocolitis[J]. BMC Gastroenterol, 2022, 22(1): 524. PMID: 36526960. PMCID: PMC9758908.
DOI: 10.1186/s12876-022-02607-0.

[21] Le Cacheux C, Daneman A, Pierro A, et al. Association of new sonographic features with outcome in neonates with necrotizing enterocolitis[J]. Pediatr Radiol, 2023, 53(9): 1894-1902. PMID: 37079037. DOI: 10.1007/s00247-023-05641-6.

[22] Kallis MP, Roberts B, Aronowitz D, et al. Utilizing ultrasound in suspected necrotizing enterocolitis with equivocal radiographic findings[J]. BMC Pediatr, 2023, 23(1): 134. PMID: 36959616. PMCID: PMC10037779. DOI: 10.1186/s12887-023-03932-3.

[23] Yue G, Wang J, Yang S, et al. Prediction of necrotizing enterocolitis in very low birth weight infants by superior mesenteric artery ultrasound of postnatal day 1: a nested prospective study[J]. Front Pediatr, 2023, 10: 1102238. PMID: 36727003. PMCID: PMC9885174.
DOI: 10.3389/fped.2022.1102238.

[24] Ionov OV, Sharafutdinova DR, Sugak AB, et al. Efficacy of bowel ultrasound to diagnose necrotizing enterocolitis in extremely low birthweight infants[J]. J Neonatal Perinatal Med, 2024, 17(4): 527-534. PMID: 38788096.
DOI: 10.3233/NPM-230201.

[25] Lazow SP, Tracy SA, Estroff JA, et al. A role for abdominal ultrasound in discriminating suspected necrotizing enterocolitis in congenital heart disease patients[J]. Pediatr Surg Int, 2022, 38 (2): 225-233. PMID: 34581859. PMCID: PMC8477364.
DOI: 10.1007/s00383-021-05025-7.

[26] Chen SH, Wang PY, Lee MC, et al. Point-of-care ultrasound assists in diagnosis of necrotizing enterocolitis in a newborn[J]. Indian J Pediatr, 2024, 91(1): 84-85. PMID: 37209234.
DOI: 10.1007/s12098-023-04624-7.

[27] Lin PC, Lin CY, Chang HY. Sonographic diagnosis of portal venous gas in necrotizing enterocolitis[J]. Pediatr Neonatol, 2022, 63(1): 93-94. PMID: 34625395.
DOI: 10.1016/j.pedneo.2021.06.019.

[28] Fukuta A, Nagata K, Tamaki A, et al. Necrotizing enterocolitis associated with food protein-induced enterocolitis syndrome: a case report[J]. Int J Surg Case Rep, 2023, 103: 107885. PMID: 36640465. PMCID: PMC9845994.
DOI: 10.1016/j.ijscr.2023.107885.

[29] Cheong CY, Ong GY, Chor YK. Bedside ultrasound detection of systemic air embolism secondary to fulminant necrotizing enterocolitis in a neonate with congenital heart disease: a case report[J]. Cureus, 2022, 14(3): e22970. PMID: 35415053. PMCID: PMC8994051. DOI: 10.7759/cureus.22970.

[30] Chen Q, Yao W, Xu F, et al. Application of abdominal ultrasonography in surgical necrotizing enterocolitis: a retrospective study[J]. Front Microbiol, 2023, 14: 1211846. PMID: 37346747. PMCID: PMC10281645.
DOI: 10.3389/fmicb.2023.1211846.

[31] Sosa PA, Firnberg M, Tsung JW. Point-of-care ultrasound evaluation of suspected necrotizing enterocolitis in the ED[J]. Am J Emerg Med, 2024, 76: 270.e1-270.e4. PMID: 38143158. DOI: 10.1016/j.ajem.2023.12.032.

[32] Cuna AC, Reddy N, Robinson AL, et al. Bowel ultrasound for predicting surgical management of necrotizing enterocolitis: a systematic review and meta-analysis[J]. Pediatr Radiol, 2018, 48 (5): 658-666. PMID: 29260286. PMCID: PMC5895673.
DOI: 10.1007/s00247-017-4056-x.

[33] 蒋丹华, 欧作强, 刘萍萍, 等. 高频肠道超声评估新生儿坏死性小肠结肠炎[J]. 中国医学影像技术, 2023, 39(5): 696-699. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2023.05.011.

[34] 马亚, 王峥嵘, 刘琴, 等. 超声检查对新生儿坏死性小肠结肠炎手术决策的意义探讨[J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(4): 325-330. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202111057-006.

[35] D'Auria E, Cavigioli F, Acunzo M, et al. Food-protein-induced proctocolitis in pre-term newborns with bloody stools in a neonatal intensive care unit[J]. Nutrients, 2024, 16(17): 3036. PMID: 39275351. PMCID: PMC11397602.
DOI: 10.3390/nu16173036.

[36] Florquin M, Eerdekens A. What is known about cow's milk protein allergy in preterm infants?[J]. Breastfeed Med, 2023, 18 (10): 767-778. PMID: 37856666. DOI: 10.1089/bfm.2023.0122.

[37] D'Auria E, Cocchi I, Monti G, et al. Food protein-induced enterocolitis syndrome in preterm newborns[J]. Pediatr Allergy Immunol, 2022, 33(1): e13676. PMID: 34626141. DOI: 10.1111/pai.13676.

[38] 胡娅, 华子瑜, 韦红, 等. 新生儿腹部超声门静脉积气征阳性的病例对照研究[J]. 中国循证儿科杂志, 2021, 16(3): 214-217. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2021.03.008.

[39] Oulego-Erroz I, Rodríguez-Fanjul J, Terroba-Seara S, et al. Bedside ultrasound for early diagnosis of necrotizing enterocolitis: a pilot study[J]. Am J Perinatol, 2024, 41(S 01): e630-e640. PMID: 35973795. DOI: 10.1055/a-1925-1797.

[40] 刘娜, 刘婷, 黄丽丽, 等. 高频超声与X线对新生儿坏死性小肠结肠炎分期诊断价值比较研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2023, 34(1): 37-40, 45. DOI: 10.12117/jccmi.2023.01.009.

[41] Tracy SA, Lazow SP, Castro-Aragon IM, et al. Is abdominal sonography a useful adjunct to abdominal radiography in evaluating neonates with suspected necrotizing enterocolitis?[J]. J Am Coll Surg, 2020, 230(6): 903-911. e2. PMID: 32081753. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2020.01.027.

[42] Elsayed Y, Louis D, Hinton M, et al. A novel integrated clinical-biochemical-radiological and sonographic classification of necrotizing enterocolitis[J]. Am J Perinatol, 2024, 41(S 01): e3401-e3412. PMID: 38211608. DOI: 10.1055/s-0043-1778666.

[43] Ahle M, Ringertz HG, Rubesova E. The role of imaging in the management of necrotising enterocolitis: a multispecialist survey and a review of the literature[J]. Eur Radiol, 2018, 28(9): 3621-3631. PMID: 29582131. PMCID: PMC6096607. DOI: 10.1007/s00330-018-5362-x.

[44] Kim MK, Jeon TY, Kim K, et al. Clinical outcome of ultrasound-detected perforated necrotizing enterocolitis without radiographic pneumoperitoneum in very preterm infants[J]. J Clin Med, 2023, 12(5): 1805. PMID: 36902593. PMCID: PMC10003522. DOI: 10.3390/jcm12051805.

[45] 杨怡, 谢承, 黄圣余, 等. 床旁高频超声与X线平片在新生儿坏死性小肠结肠炎中的诊断价值对比[J]. 中国现代药物应用, 2024, 18(23): 63-66. DOI: 10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2024.23.017.

[46] Garg PM, Paschal JL, Ansari MAY, et al. Clinical outcomes and gestational age based prediction of pneumatosis intestinalis in preterm infants with necrotizing enterocolitis[J]. J Neonatal Perinatal Med, 2022, 15(4): 803-812. PMID: 35811540. PMCID: PMC10311076. DOI: 10.3233/NPM-210971.

[47] Janssen Lok M, Miyake H, Hock A, et al. Value of abdominal ultrasound in management of necrotizing enterocolitis: a systematic review and meta-analysis[J]. Pediatr Surg Int, 2018, 34(6): 589-612. PMID: 29721677. DOI: 10.1007/s00383-018-4259-8.

[48] Chan B, Gordon S, Yang M, et al. Abdominal ultrasound assists the diagnosis and management of necrotizing enterocolitis[J]. Adv Neonatal Care, 2021, 21(5): 365-370. PMID: 34469367. DOI: 10.1097/ANC.0000000000000919.

[49] Al-Hamad S, Hackam DJ, Goldstein SD, et al. Contrast-enhanced ultrasound and near-infrared spectroscopy of the neonatal bowel: novel, bedside, noninvasive, and radiation-free imaging for early detection of necrotizing enterocolitis[J]. Am J Perinatol, 2018, 35(14): 1358-1365. PMID: 29852509. DOI: 10.1055/s-0038-1655768.

[50] Gokli A, Dillman JR, Humphries PD, et al. Contrast-enhanced ultrasound of the pediatric bowel[J]. Pediatr Radiol, 2021, 51(12): 2214-2228. PMID: 33978797. PMCID: PMC8113288. DOI: 10.1007/s00247-020-04868-x.

（本文编辑：杨丹）

（©《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）