doi：10.7499/j.issn.1008-8830.2503023

综述

人工智能在新生儿坏死性小肠结肠炎辅助诊疗中的研究进展

姜齐[1] 综述　　张莉[2] 审校

（1.陕西中医药大学研究生院，陕西咸阳　712046；2.西北妇女儿童医院新生儿科，陕西西安　710000）

［摘要］坏死性小肠结肠炎（necrotizing enterocolitis, NEC）是一种严重威胁新生儿生命的疾病，其发病机制与早产、低出生体重、缺氧、感染、免疫异常等多种因素相关。近年来，人工智能因其优秀的数据处理与诊断能力，在疾病诊断领域得到广泛应用。在NEC辅助诊疗中，人工智能可通过分析临床数据及影像学结果，应用于早期识别、鉴别诊断、治疗决策制定及预后评估等方面，为临床诊疗提供辅助。该文综述近年来人工智能和机器学习算法在NEC辅助诊疗中的应用进展，比较各类算法的特点与侧重点，为其在该领域的进一步应用提供参考。［中国当代儿科杂志，2025，27（10）：1281-1285］

［关键词］坏死性小肠结肠炎；人工智能；机器学习；新生儿

Recent advances in artificial intelligence for auxiliary diagnosis and management of neonatal necrotizing enterocolitis

JIANG Qi, ZHANG Li. Department of Neonatology, Northwest Women's and Children's Hospital, Xi'an 710000, China (Zhang L, Email: sshr_lily@163.com)

Abstract: Necrotizing enterocolitis (NEC) is a life-threatening gastrointestinal disease of neonates with a multifactorial pathogenesis involving prematurity, low birth weight, hypoxia, infection, and immune dysregulation. Owing to its superior data processing and diagnostic capabilities, artificial intelligence (AI) has been increasingly applied to support clinical care. By analyzing clinical and imaging data, AI approaches can aid in early identification, differential diagnosis, treatment decision-making, and prognostic evaluation, thereby complementing clinician judgment. This review summarizes recent advances in the application of AI and machine learning for NEC diagnosis and management, comparing the characteristics and strengths of different algorithms. The aim is to provide a reference for further development and implementation of AI-assisted tools in this field.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2025, 27(10): 1281-1285]

Key words: Necrotizing enterocolitis; Artificial intelligence; Machine learning; Neonate

在全球范围内，新生儿坏死性小肠结肠炎（necrotizing enterocolitis, NEC）是严重威胁新生儿尤其是早产儿生命健康的重要疾病，其在新生儿重症监护病房中的发病率较高[1]。NEC的发病率为2%~5%，主要发生在早产儿中，早产儿的发病率约为8%，极低出生体重儿的发病率为5%~16%[2-3]。NEC的确切病因至今尚未明确，其早期症状与其他胃肠道疾病相似，这增加了诊断的复杂性[4]。医护人员往往依赖影像学检查和密切的临床观察辅助诊断，但即便如此，诊疗过程仍存在困难[5]。由于NEC的早期临床表现缺乏特异性，诊断较复杂，这要求医护人员具备敏锐的评估技能和良好的临床判断能力，以便早期发现异常迹象。NEC的病程迅速且表现多样，使其治疗的时间窗口十分有限。病程的快速进展是导致其病死率高的主要原因之一，因此，及时且有效的治疗

［收稿日期］2025-03-05；［接受日期］2025-07-31
［基金项目］陕西省科技厅重点研发计划项目（2024SF-YBXM-316）；2022重大科学攻关问题和医药技术难题（2022KTZ018）。
［作者简介］姜齐，女，硕士研究生。
［通信作者］张莉，女，主任医师。Email：sshr_lily@163.com。

对提高患儿的生存率至关重要。NEC 患者的预后与 Bell 分期密切相关[6]，Bell 早期患儿通常预后较好，晚期患儿则易出现短肠综合征、肠狭窄、神经发育迟缓等严重并发症，且可能长期影响其生长发育与生活质量[7]。这些后遗症会影响患者的长期健康和生活质量，体现了 NEC 防治的必要性。尽管目前对 NEC 已开展大量研究，但其诊疗仍然具有挑战性，需要进一步研究和探索以改善预防和治疗策略。

1　人工智能在 NEC 辅助诊疗中的进展

近年来，人工智能在新生儿医学领域的应用日益广泛，特别是在复杂疾病的辅助诊断方面展现出独特优势[8-9]。新生儿医学中，人工智能应用主要包括早产儿并发症风险预测、呼吸支持优化、感染早期识别及影像学辅助诊断等方面[10-11]。面对 NEC 诊疗的困境，人工智能技术为临床实践提供了新思路[12-13]。在 NEC 领域，人工智能已显示出显著潜力，能够通过整合临床数据、实验室指标、影像学特征等多维信息，构建早期预警模型[14]。人工智能在 NEC 辅助诊疗中的应用主要体现在 3 个关键环节：早期诊断、治疗决策和预后评估。在早期诊断方面，基于机器学习的风险评估系统可提前 12~24 h 识别高危患儿，远早于传统诊断方法[15]。系统通过分析生命体征、喂养耐受性、实验室指标等动态数据，能够识别传统方法难以发现的早期预警信号[16]。在治疗决策方面，人工智能算法不仅能自动分析腹部 X 线片和超声图像[17]，提高诊断准确性，还能整合患儿个体特征、疾病严重程度及治疗反应，为临床医生提供个性化治疗建议[18]。在预后评估方面，机器学习模型通过分析疾病特征、治疗反应及并发症发生情况，可更准确地预测短期和长期预后，包括肠道功能恢复、生长发育和神经发育结局[19]。这些应用不仅提高了 NEC 诊疗的精准性，也为临床决策提供了客观依据。本研究系统总结了人工智能在 NEC 辅助诊疗中的应用现状及未来发展方向，旨在为临床决策提供参考。

2　人工智能在 NEC 辅助诊疗中的应用

2.1　人工智能在 NEC 早期识别中的应用

NEC 的早期临床表现通常不典型，增加了早期诊断的难度。临床中，医护人员会使用超声检查进行影像学诊断，有时结合腹部 X 线片检查以提高诊断的准确性[20]。但这些影像学方法通常只能在疾病已发作后做出诊断，无法实现早期识别。更早的识别有助于医生及时制定正确的治疗决策，从而改善患儿预后。因此，探索更敏感、特异性更高的早期识别方法，对提高 NEC 的诊疗效果至关重要[21]。

Song 等[22] 提出了结合岭回归（ridge regression）和 Q 学习（Q-learning）的蜂群优化算法（ridge regression and Q-learning based bee swarm optimization）预测框架，用于 NEC 早期诊断和高危婴儿识别。该框架通过分析围产期、临床及实验室数据，实现了 NEC 的自动分类和风险预测，并筛选出关键预测因子。尽管研究显示出积极结果，但特征数量与样本量不平衡可能影响分类器性能，未来需扩大样本量、验证模型在不同人群中的适用性，并简化模型以促进临床应用。

Lin 等[23] 采用基于神经网络的多实例学习架构，通过分析 261 例高危早产儿的 3 595 份粪便样本，实现了 NEC 的早期预测。该模型可在 NEC 发病前平均 8 d 做出预测，灵敏度达 86%，特异性达 90%。研究不仅验证了机器学习在 NEC 早期识别中的优势，还识别出与 NEC 相关的特征性细菌群，为发病机制研究提供了新思路。然而，多实例学习架构的复杂性限制了模型的可解释性，影响其临床推广应用。

Hooven 等[24] 通过多中心研究，分析了 161 例早产儿的 2 895 份粪便样本，成功预测了 45 例 NEC 病例。研究采用数据归一化和分层选择方法，结合微生物组数据和临床症状，在 NEC 发病前 24 h 内实现了 75% 以上的预测准确率，模型的受试者操作特征曲线下面积（area under the curve, AUC）达 0.9。然而，大量数据特征增加了模型解释的难度，影响关键预测因子的识别。

尽管现有研究在 NEC 早期预测方面取得了显著进展，但模型的临床应用仍面临挑战。未来研究应通过大规模多中心验证提高模型在不同人群中的适用性，同时优化算法结构以提升计算效率和可解释性，并简化模型设计以促进临床转化。这些改进将有助于将预测技术转化为实用的诊断工具，为临床决策提供支持，最终改善患儿的长期结局。

2.2　人工智能在 NEC 鉴别诊断中的应用

NEC 和自发性肠穿孔（spontaneous intestinal

perforation, SIP）是两种不同的急性胃肠疾病，尽管病因和病理机制存在差异，但早期临床表现存在相似之处，因此需要进行鉴别诊断[25]。准确区分二者对采取适当的治疗策略和改善患儿预后至关重要。

Son 等[26]利用前瞻性网络登记的极低出生体重婴儿数据，开发了人工神经网络（artificial neural network）模型用于早产儿肠穿孔预测。该研究纳入 521 例 NEC 相关的肠穿孔和 208 例 SIP 病例，通过分析 54 个变量构建了 3 个预测模型。结果显示，模型在预测 NEC 相关的肠穿孔和 SIP 方面表现优异，AUC 分别为 1.000 和 0.936。但由于样本量有限且数据来源单一，模型的泛化能力有待进一步验证。

Lure 等[27]开发了一种预测分析工具，利用明确诊断的标记数据集进行训练。该算法在无诊断的情况下提取特征和模式，最终成功实现了 NEC 和 SIP 的鉴别诊断。同时，该模型能有效区分腹部 X 线片检查正常者和 NEC 患者，具有高特异性，并在一定程度上可预测 NEC。其中，随机森林模型的平均受试者操作特征 AUC 为 0.98。然而，该模型存在局限性：添加更多变量（如出生和住院数据）未提高预测能力，且样本量较少和单中心研究的设计限制了其普适性。

Irles 等[28]构建了人工神经网络模型，用于预测 NEC 相关肠穿孔。该研究通过分析 3 组新生儿数据，发现动脉血气指标（动脉血二氧化碳分压和碳酸氢根离子）、小于胎龄儿及人工通气是预测肠穿孔的关键因素。模型预测结果与实验数据高度一致，相关系数 R>0.97，决定系数 R^2>0.97。然而，该研究样本来源单一，未来需纳入更多中心数据，并结合出生后第 3 天和第 7 天的临床指标进一步验证。

通过人工智能技术，NEC 和 SIP 的鉴别诊断研究已取得一定进展，有助于提高早期识别和治疗的准确性。这些研究表明，选择合适的算法和扩大数据集对提升模型精度、促进临床推广应用至关重要，有望为新生儿疾病的精准诊疗提供支持。

2.3 人工智能在 NEC 治疗决策中的应用

在 NEC 的治疗过程中，及时、准确的治疗决策至关重要，尤其是关于手术干预的选择[29]。NEC 早期的医疗干预主要包括胃肠减压、禁食、使用广谱抗生素及静脉营养支持等支持性治疗[30]。这些措施可减轻肠道压力、抑制感染、改善营养状况，有助于控制病情进展[31]。然而，对于病情严重、存在穿孔或坏死的患儿，手术治疗成为必要手段。

为提升手术干预的决策准确性，Qi 等[32]开发了一种基于多模态数据的算法，用于识别 NEC 患者的手术适应证。该研究分析了 45 例 NEC 新生儿的临床和影像数据，通过共享空间映射与超图约束提取高阶特征，并使用邻接矩阵正则化以优化特征矩阵。模型采用随机森林、支持向量机和逻辑回归进行二元分类，预测需要手术的患者，AUC 达 0.8，表现出一定的预测精度。然而，该模型在 NEC 风险分层方面仍有不足，且样本量有限，影响其推广性。未来可通过简化模型并加入更多动态参数，以提升临床适用性和预测准确性。

Gao 等[33]开发了基于多模态人工智能系统的工具，利用机器学习和深度学习模型预测 NEC 手术时机。该研究分析了 1 992 个腹部 X 线图像和临床参数，结合 LightGBM（Light Gradient Boosting Machine）分类器与放射组学特征，识别出心率、血红蛋白、中性粒细胞百分比、C 反应蛋白、孕龄、肠鸣音减弱、腹部压痛、嗜睡及呼吸功能等关键预测因素。系统总体准确度达 0.96，与优秀临床医生相当。但由于样本量限制，其真实性能仍需进一步验证。

综上所述，人工智能为 NEC 治疗决策提供了有力支持，能够辅助临床医生做出更精确、个性化的治疗选择，同时提高整体诊疗效率。未来的改进和更大规模的验证研究将进一步提升这些模型的应用潜力和临床可靠性。

2.4 人工智能在 NEC 预后评估中的应用

NEC 的预后因患者具体情况而异，通常取决于多个因素。通过对 NEC 患者进行全面的预后评估，临床医生能够更深入地理解疾病进展，制定针对性治疗方案，从而提高患者生存率和生活质量。

Sylvester 等[34]建立了基于临床参数和生物标志物的预后算法，用于综合评估 NEC 预后。该研究分析了内科 NEC 和外科 NEC 患者的性别、胎龄及出生体重等临床资料，并通过尿液样本分析发现了一组具有预测价值的肽类生物标志物。最终开发的集成模型结合了临床参数和生物标志物，显著提高了预测准确性，其中临床参数模型和生物标志物模型的 AUC 分别为 0.817 和 0.856。该研究为 NEC 预后评估提供了新思路，有助于改善临

床管理并指导新疗法开发。

Ji 等[19]采用广义线性混合效应模型（generalized linear mixed-effects model）和线性判别分析（linear discriminant analysis）算法，分析 27 项临床特征数据以预测 NEC 进展风险。研究发现，代谢性酸中毒（pH 值）和门静脉积气是主要的预测因素。尽管模型的 AUC 评分较高，但在风险分层方面存在局限性：18.9% 的内科 NEC 患者和 57.1% 的手术 NEC 患者未能明确分类，且当临床特征少于 7 个时，模型性能显著下降。该模型虽可用于预后评估，但与临床判断的一致性仍需提高。

人工智能在 NEC 预后评估中，通过增强数据分析、提高预测准确性、实现个性化医疗等方式，显著改善了临床管理和患者结局。随着技术的不断进步，人工智能在该领域的应用潜力将持续扩大。

3 小结

本文探讨了人工智能在 NEC 辅助诊疗中的应用，这些技术有望在 NEC 的早期识别、鉴别诊断、治疗决策和预后评估方面改善诊疗流程，随着算法的不断优化和高质量数据的增加，将为 NEC 的辅助诊疗提供更为有效的工具。然而，目前关于 NEC 辅助诊疗中应用人工智能的文献较少，这限制了本文纳入文献数量；同时，单中心研究和不一致的数据收集标准导致数据质量和数量不足，进一步降低了研究结果的普适性，凸显了数据集匮乏的关键问题。通过加强数据共享和跨机构合作，有望建立更大规模、更具代表性的数据集，从而提升人工智能算法在 NEC 辅助诊疗中的性能和泛化能力，使其应用更为精准可靠。随着技术进步和数据积累，人工智能在 NEC 辅助诊疗中将发挥越来越重要的作用，为新生儿健康提供更有效的支持。

作者贡献声明：姜齐负责参考文献的检索、搜集及文章撰写；张莉负责文章审校。

利益冲突声明：所有作者均声明无利益冲突。

［参 考 文 献］

[1] 马乐, 唐小晶, 王义. 基于血流动力学监测的乌司他丁在新生儿坏死性小肠结肠炎的临床研究[J]. 中国实用儿科杂志, 2023, 38(2): 119-124. DOI: 10.19538/j.ek2023020609.

[2] Battersby C, Santhalingam T, Costeloe K, et al. Incidence of neonatal necrotising enterocolitis in high-income countries: a systematic review[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2018, 103(2): F182-F189. PMID: 29317459. DOI: 10.1136/archdischild-2017-313880.

[3] 邓智月, 徐凤丹, 何晓光, 等. 贫血与新生儿坏死性小肠结肠炎发病关系的研究进展[J]. 中国当代儿科杂志, 2024, 26(6): 646-651. PMID: 38926383. PMCID: PMC11562064. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2312089.

[4] Gordon P, Christensen R, Weitkamp JH, et al. Mapping the new world of necrotizing enterocolitis (NEC): review and opinion[J]. EJ Neonatol Res, 2012, 2(4): 145-172. PMID: 23730536. PMCID: PMC3666872.

[5] Wang K, Tao G, Sun Z, et al. Recent potential noninvasive biomarkers in necrotizing enterocolitis[J]. Gastroenterol Res Pract, 2019, 2019: 8413698. PMID: 31178908. PMCID: PMC6501130. DOI: 10.1155/2019/8413698.

[6] 王惠萍, 王莉, 高琼, 等. 极低出生体重坏死性小肠结肠炎患儿体格及神经发育的研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2023, 31(1): 96-100. DOI: 10.11852/zgetbjzz2022-0621.

[7] 王姗姗, 蔡金洋, 史爱武, 等. 肠道微生物稳态对坏死性小肠结肠炎新生大鼠模型造血系统的影响[J]. 中国当代儿科杂志, 2023, 25(8): 855-863. PMID: 37668035. PMCID: PMC10484087. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2301082.

[8] Zhou J, Xie Y, Liu Y, et al. Interpretable machine learning model for early prediction of disseminated intravascular coagulation in critically ill children[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 11217. PMID: 40175405. PMCID: PMC11965335. DOI: 10.1038/s41598-025-91434-w.

[9] Ahmadzadeh E, Kim J, Lee J, et al. Early prediction of intraventricular hemorrhage in very low birth weight infants using deep neural networks with attention in low-resource settings[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 10102. PMID: 40128228. PMCID: PMC11933458. DOI: 10.1038/s41598-025-90901-8.

[10] McAdams RM, Kaur R, Sun Y, et al. Predicting clinical outcomes using artificial intelligence and machine learning in neonatal intensive care units: a systematic review[J]. J Perinatol, 2022, 42(12): 1561-1575. PMID: 35562414. DOI: 10.1038/s41372-022-01392-8.

[11] Conte L, Amodeo I, De Nunzio G, et al. A machine learning approach to predict mortality and neonatal persistent pulmonary hypertension in newborns with congenital diaphragmatic hernia. A retrospective observational cohort study[J]. Eur J Pediatr, 2025, 184(4): 238. PMID: 40067512. PMCID: PMC11897082. DOI: 10.1007/s00431-025-06073-0.

[12] 杨启越, 张新华, 贾晓云, 等. 新生儿坏死性小肠结肠炎相关因素研究[J]. 中华流行病学杂志, 2025, 46(3): 492-498. PMID: 40113402. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20240826-00526.

[13] Cho H, Lee EH, Lee KS, et al. Machine learning-based risk factor analysis of necrotizing enterocolitis in very low birth weight infants[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 21407. PMID: 36496465. PMCID: PMC9741654. DOI: 10.1038/s41598-022-25746-6.

[14] Leiva T, Lueschow S, Burge K, et al. Biomarkers of necrotizing

enterocolitis in the era of machine learning and omics[J]. Semin Perinatol, 2023, 47(1): 151693. PMID: 36604292. PMCID: PMC9975050. DOI: 10.1016/j.semperi.2022.151693.

[15] Kim SH, Oh YJ, Son J, et al. Machine learning-based analysis for prediction of surgical necrotizing enterocolitis in very low birth weight infants using perinatal factors: a nationwide cohort study[J]. Eur J Pediatr, 2024, 183(6): 2743-2751. PMID: 38554173. PMCID: PMC11098869. DOI: 10.1007/s00431-024-05505-7.

[16] Sitek A, Seliga-Siwecka J, Płotka S, et al. Artificial intelligence in the diagnosis of necrotising enterocolitis in newborns[J]. Pediatr Res, 2023, 93(2): 376-381. PMID: 36195629. DOI: 10.1038/s41390-022-02322-2.

[17] Li Y, Wu K, Yang H, et al. Surgical prediction of neonatal necrotizing enterocolitis based on radiomics and clinical information[J]. Abdom Radiol (NY), 2024, 49(4): 1020-1030. PMID: 38285178. DOI: 10.1007/s00261-023-04157-9.

[18] Weller JH, Scheese D, Tragesser C, et al. Artificial intelligence vs. doctors: diagnosing necrotizing enterocolitis on abdominal radiographs[J]. J Pediatr Surg, 2024, 59(10): 161592. PMID: 38955625. PMCID: PMC11401766. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2024.06.001.

[19] Ji J, Ling XB, Zhao Y, et al. A data-driven algorithm integrating clinical and laboratory features for the diagnosis and prognosis of necrotizing enterocolitis[J]. PLoS One, 2014, 9(2): e89860. PMID: 24587080. PMCID: PMC3938509. DOI: 10.1371/journal.pone.0089860.

[20] 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.

[21] 李振宇. 基于机器学习算法的早产儿坏死性小肠结肠炎预测模型的建立[D]. 长春: 吉林大学, 2022.

[22] Song J, Li Z, Yao G, et al. Framework for feature selection of predicting the diagnosis and prognosis of necrotizing enterocolitis[J]. PLoS One, 2022, 17(8): e0273383. PMID: 35984833. PMCID: PMC9390903. DOI: 10.1371/journal.pone.0273383.

[23] Lin YC, Salleb-Aouissi A, Hooven TA. Interpretable prediction of necrotizing enterocolitis from machine learning analysis of premature infant stool microbiota[J]. BMC Bioinformatics, 2022, 23(1): 104. PMID: 35337258. PMCID: PMC8953333. DOI: 10.1186/s12859-022-04618-w.

[24] Hooven TA, Lin AYC, Salleb-Aouissi A. Multiple instance learning for predicting necrotizing enterocolitis in premature infants using microbiome data[J]. Proc ACM Conf Health Inference Learn (2020), 2020, 2020: 99-109. PMID: 34318306. PMCID: PMC8313028. DOI: 10.1145/3368555.3384466.

[25] Caplan MS, Underwood MA, Modi N, et al. Necrotizing enterocolitis: using regulatory science and drug development to improve outcomes[J]. J Pediatr, 2019, 212: 208-215.e1. PMID: 31235383. DOI: 10.1016/j.jpeds.2019.05.032.

[26] Son J, Kim D, Na JY, et al. Development of artificial neural networks for early prediction of intestinal perforation in preterm infants[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 12112. PMID: 35840701. PMCID: PMC9287325. DOI: 10.1038/s41598-022-16273-5.

[27] Lure AC, Du X, Black EW, et al. Using machine learning analysis to assist in differentiating between necrotizing enterocolitis and spontaneous intestinal perforation: a novel predictive analytic tool[J]. J Pediatr Surg, 2021, 56(10): 1703-1710. PMID: 33342603. PMCID: PMC12087352. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2020.11.008.

[28] Irles C, González-Pérez G, Carrera Muiños S, et al. Estimation of neonatal intestinal perforation associated with necrotizing enterocolitis by machine learning reveals new key factors[J]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15(11): 2509. PMID: 30423965. PMCID: PMC6267340. DOI: 10.3390/ijerph15112509.

[29] 杜京斌, 黄金狮. 新生儿坏死性小肠结肠炎的外科手术治疗现状[J]. 中国实用儿科杂志, 2024, 39(5): 334-338. DOI: 10.19538/j.ek2024050604.

[30] Gephart SM, McGrath JM, Effken JA, et al. Necrotizing enterocolitis risk: state of the science[J]. Adv Neonatal Care, 2012, 12(2): 77-87; quiz 88-89. PMID: 22469959. PMCID: PMC3357630. DOI: 10.1097/ANC.0b013e31824cee94.

[31] Walsh MC, Kliegman RM. Necrotizing enterocolitis: treatment based on staging criteria[J]. Pediatr Clin North Am, 1986, 33(1): 179-201. PMID: 3081865. PMCID: PMC7131118. DOI: 10.1016/s0031-3955(16)34975-6.

[32] Qi G, Huang S, Lai D, et al. An improved joint non-negative matrix factorization for identifying surgical treatment timing of neonatal necrotizing enterocolitis[J]. Bosn J Basic Med Sci, 2022, 22(6): 972-981. PMID: 35575464. PMCID: PMC9589314. DOI: 10.17305/bjbms.2022.7046.

[33] Gao W, Pei Y, Liang H, et al. Multimodal AI system for the rapid diagnosis and surgical prediction of necrotizing enterocolitis[J]. IEEE Access, 2021, 9: 51050-51064. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3069191.

[34] Sylvester KG, Ling XB, Liu GY, et al. A novel urine peptide biomarker-based algorithm for the prognosis of necrotising enterocolitis in human infants[J]. Gut, 2014, 63(8): 1284-1292. PMID: 24048736. PMCID: PMC4161026. DOI: 10.1136/gutjnl-2013-305130.

（本文编辑：杨丹）

（版权所有©2025 中国当代儿科杂志）