

血清 IL-6、PCT 水平及中性粒细胞形态学检查在细菌感染性疾病诊断中的价值*

张云,程作旺[△]

济南市章丘区人民医院检验科,山东济南 250200

摘要:目的 探讨白细胞介素(IL)-6、降钙素原(PCT)联合中性粒细胞形态学检查在细菌感染性疾病诊断中的应用价值。方法 选取 2024 年 9 月至 2025 年 9 月该院收治的 113 例重症医学科患者,根据感染情况分为感染组(50 例)和未感染组(63 例),比较两组患者 IL-6、PCT 水平及中性粒细胞形态改变比例。采用 Spearman 相关性检验分析 IL-6、PCT 水平及中性粒细胞形态改变比例与细菌感染性疾病发生的关系,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 IL-6、PCT 水平、中性粒细胞形态改变比例在细菌感染性疾病诊断中的应用价值。结果 感染组 IL-6、PCT 水平、中性粒细胞形态改变比例显著高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。Spearman 相关性分析结果显示,IL-6、PCT 水平及中性粒细胞形态改变比例均与细菌感染性疾病发生呈正相关($r > 0, P < 0.05$)。IL-6、PCT 水平联合中性粒细胞形态评估细菌感染性疾病的曲线下面积(AUC)大于三项单独评估。结论 IL-6、PCT 水平及中性粒细胞形态改变比例与细菌感染性疾病的发生密切相关,三者联合检测具有较高的诊断效能。

关键词:白细胞介素-6; 降钙素原; 中性粒细胞形态; 细菌感染

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2026.16.011

中图法分类号:R446

文章编号:1673-4130(2026)16-1983-04

文献标识码:A

感染性疾病若未得到及时干预,病情可迅速进展为全身性炎症反应综合征,进而发展为脓毒症^[1]。临床实践表明,对感染性疾病早期、准确的诊断是阻断病情恶化、降低病死率的关键环节。目前,传统微生物培养存在培养周期长、阳性率偏低的局限性^[2]。部分常规实验室炎症指标存在敏感性和特异性较差的弊端^[3]。因此,亟须寻找更高效、精准且易于推广的感染性疾病诊断标志物或技术组合。白细胞介素(IL)-6 是感染早期即可升高的敏感指标^[4]。降钙素原(PCT)对细菌感染的诊断具有较高的特异性。中性粒细胞形态学检查具有直观、操作简便、回报快速的独特优势^[5]。尽管 IL-6、PCT 及中性粒细胞形态学检查在感染性疾病诊断中展现出独特优势,但目前尚缺乏针对三者联合应用的系统性研究。理论上,三者从不同维度提供诊断信息,有望形成互补。基于此,本研究将 IL-6、PCT 与中性粒细胞形态学检查相结合,探讨其在细菌感染性疾病诊断中的应用价值,以期临床优化感染早期诊断策略提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2024 年 9 月至 2025 年 9 月本院收治的重症医学科患者 113 例,其中男 69 例,女 44 例,年龄 29~92 岁。根据病原微生物培养鉴定结果,

分为感染组($n=50$)和未感染组($n=63$)。纳入标准:经过留取痰液、尿液、脑脊液、血液等标本行病原微生物培养鉴定检查确诊。排除标准:(1)合并血液系统疾病或恶性肿瘤,或近期使用免疫抑制剂,或严重肝肾功能不全。(2)由于凝固酶阴性葡萄球菌为皮肤定植菌,易造成血培养标本污染,出现以下情况时,考虑血培养标本为污染:①同一次双侧双瓶血标本仅一瓶阳性,24 h 再次复查为阴性;②感染类型与该菌并不相符。本研究为回顾性研究,已经本院伦理委员会审批通过(批准号:2024004),研究遵循《赫尔辛基宣言》要求。

1.2 仪器与试剂 仪器:奥林巴斯-BX53 型荧光显微镜购自奥林巴斯株式会社,BD FACSanto II 流式细胞仪购自碧迪医疗器械(上海)有限公司,化学发光分析仪 MAGLUMI X8 购自深圳市新产业生物医学工程股份有限公司。试剂:六项细胞因子检测试剂盒购自重庆博生特生物技术有限公司,降钙素原检测试剂盒购自深圳市新产业生物医学工程股份有限公司,瑞氏-吉姆萨染色液购自珠海贝索生物技术有限公司。

1.3 方法

1.3.1 IL-6、PCT 检测 研究对象均在入院次日清晨空腹状态采集肘部静脉血 5 mL,5 000 r/min 离心

* 基金项目:济南市卫生健康委员会科技发展计划项目(2024308013)。

[△] 通信作者,E-mail:zwcheng95@163.com。

5 min,分离血清备用。使用 BD FACSanto II 流式细胞仪检测 IL-6 水平。采用化学发光法检测 PCT。

1.3.2 细胞形态学检查 本研究以中性粒细胞毒性改变(毒性颗粒、空泡、杜勒小体)及核左移(未成熟中性粒细胞比例增高)为核心观察指标,采用标准化方法对血涂片进行瑞氏-吉姆萨染色后,在油镜下($\times 1\,000$)计数 200 个中性粒细胞,记录中性粒细胞形态改变数量(中性粒细胞形态改变数量=毒性改变中性粒细胞+未成熟中性粒细胞),并计算其占总中性粒细胞的比例[中性粒细胞形态改变比例=(毒性改变中性粒细胞+未成熟中性粒细胞)/200 $\times 100\%$]。

1.4 统计学处理 采用 SPSS22.0 软件进行数据分析。计量资料若符合正态分布,以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;若不符合正态分布,则以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数或百分率表示。采用 Spearman 相关性检验分析 IL-6、PCT 水平及中性粒细胞形态改变比例与细

菌感染性疾病发生的关系。绘制受试者工作特征(ROC)曲线并计算曲线下面积(AUC)分析 IL6、PCT 及中性粒细胞形态改变比例诊断细菌感染性疾病的价值。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 IL-6、PCT 水平、中性粒细胞形态改变比例比较 感染组 IL-6、PCT 水平、中性粒细胞形态改变比例均比对照组高,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 1、图 1。

表 1 两组 IL-6、PCT、中性粒细胞形态比较[$M(P_{25},P_{75})$]				
组别	n	IL-6(pg/mL)	PCT(ng/mL)	中性粒细胞形态改变比例(%)
感染组	50	290.2(134.1,946.2)	4.225(0.720,18.330)	69.0(61.7,79.0)
对照组	63	37.7(20.4,103.3)	0.217(0.081,0.581)	15.0(6.5,43.0)
Z		-6.50	-6.25	-7.53
P		<0.05	<0.05	<0.05

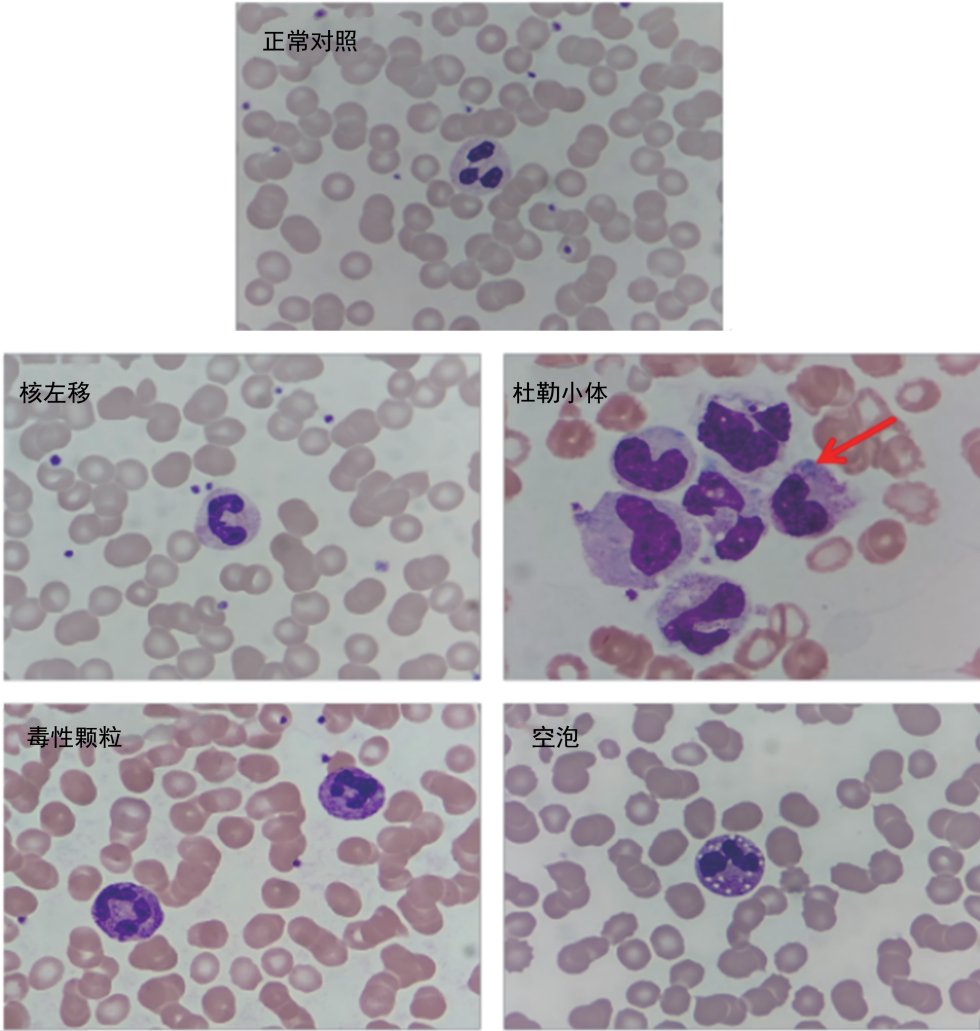


图 1 中性粒细胞形态学改变比例(瑞氏-吉姆萨染色,1 000 $\times$)

2.2 Spearman 相关性分析 IL-6($r=0.615,P<0.001$)、PCT($r=0.591,P<0.001$)、中性粒细胞形态

改变比例($r=0.778,P<0.001$)与细菌感染性疾病均呈正相关。

2.3 IL-6、PCT、中性粒细胞形态对细菌感染性疾病发生的诊断价值 将细菌感染性疾病作为状态变量(发生=1,未发生=0),将 IL-6、PCT、中性粒细胞形态改变比例作为检验变量,绘制 IL-6、PCT、中性粒细

胞形态改变比例及联合检测诊断细菌感染性疾病的 ROC 曲线,结果显示,三者联合诊断的 AUC 均大于 IL-6、PCT、中性粒细胞形态改变比例单独诊断。见表 2、图 2。

表 2 IL-6、PCT 水平、中性粒细胞形态改变比例对细菌感染性疾病发生的诊断价值

项目	AUC	95%CI	截断值	特异度	灵敏度	P
IL-6	0.857	0.784~0.930	77.155 pg/mL	0.83	0.90	<0.05
PCT	0.843	0.769~0.917	0.254 ng/mL	0.54	0.92	<0.05
中性粒细胞形态改变比例	0.952	0.915~0.989	50.5%	0.89	0.92	<0.05
联合检测	0.976	0.951~1.000	—	0.94	0.96	<0.05

注:—表示无数据。

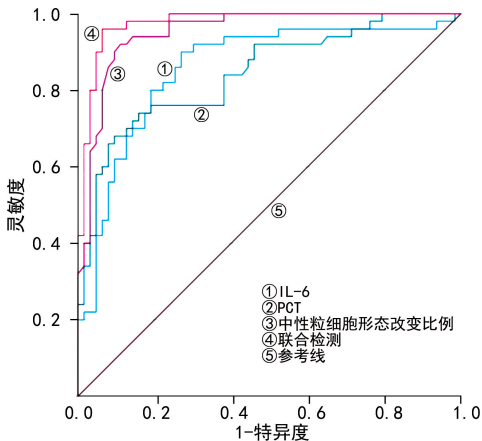


图 2 IL-6、PCT、中性粒细胞形态改变比例诊断细菌感染性疾病发生的 ROC 曲线

3 讨 论

近年来,因抗菌药物的滥用,细菌感染性疾病的发病率日益提升,不仅延长患者的住院时间、增加治疗费用,还严重影响患者的生活质量^[6]。研究显示,细菌感染性疾病若没有得到及时有效的治疗,极有可能发生严重感染,尤其是婴幼儿群体,感染后若未能及时诊断并干预,易进展为感染性休克、多器官功能衰竭等严重并发症^[7-8]。目前,细菌培养仍是诊断感染性疾病的“金标准”,但其培养周期较长,培养阳性率受多种因素影响,易出现假阴性结果^[9-10],导致患者错过最佳治疗时间。若临床医生经验性使用抗菌药物,往往会导致抗菌药物的滥用。因此,寻找快捷、准确的辅助诊断指标对细菌感染性疾病的早期检出具有重要意义。本研究通过分析细菌感染性疾病患者外周血 IL-6、PCT、中性粒细胞形态改变的特点,探讨三者联合检测对细菌感染性疾病的诊断效能,旨在为优化细菌感染性疾病的早期诊断流程、改善患者预后提供科学依据。

IL-6 作为机体最重要的急性时相反应蛋白诱导物之一,不仅是启动与放大炎症反应的关键因子,更是连接天然免疫与适应性免疫的关键桥梁^[11]。IL-6

对老年心力衰竭患者发生肺部感染具有一定预警意义,提示 IL-6 可能有助于细菌性肺炎的预测^[12-13]。IL-6 和 IL-10 与化疗后出现感染的成人淋巴瘤患者的病情严重程度及治疗效果密切相关,可帮助在早期区分革兰阴性和革兰阳性细菌感染^[14]。本研究结果显示,与未感染组相比,感染组患者 IL-6 显著升高($P<0.05$),表明 IL-6 有助于细菌感染性疾病的诊断。ROC 曲线分析结果显示,IL-6 诊断细菌感染性疾病的 AUC 为 0.857,具有较高的诊断价值。Spearman 相关性分析证实,IL-6 水平与细菌感染性疾病发生呈正相关($r=0.615, P<0.05$)。这一结果提示,IL-6 作为早期敏感的炎症标志物,不仅能反映细菌感染的存在,其动态变化还可间接体现感染严重程度及治疗反应,为临床早期识别细菌性感染、评估病情进展提供依据。

PCT 是降钙素超家族中的重要肽类成员之一,在健康人群血清中 PCT 水平极低^[15]。然而,当发生细菌感染时,外周血中 PCT 水平急剧上升,并与感染程度成正比^[16]。在细菌感染性肺炎、早产儿细菌感染性疾病中,PCT 可作为早期诊断指标并指导抗菌药物的使用^[17-18]。本研究结果发现,感染组患者血清 PCT 水平显著高于未感染组($P<0.05$)。Spearman 相关性分析证实,PCT 水平与细菌感染性疾病的发生呈正相关($r=0.591, P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,PCT 诊断细菌感染性疾病的 AUC 为 0.843,提示 PCT 是诊断细菌感染性疾病的高敏指标。

中性粒细胞形态学检查对感染性疾病的诊断具有直观、快速的特点,本研究通过系统观察中性粒细胞形态学改变(核左移、毒性颗粒、空泡、杜勒小体),旨在挖掘中性粒细胞形态学改变与细菌性感染的关系。本研究结果显示,细菌感染组中性粒细胞形态改变比例显著高于未感染组,差异有统计学意义($P<0.05$)。通过 Spearman 相关性检验分析揭示,中性粒细胞形态改变比例与细菌感染性疾病呈正相关($r=$

0.778, $P < 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,中性粒细胞形态改变比例诊断细菌感染的 AUC 为 0.952。这一结果与中性粒细胞的生物学特性及细菌感染的病理机制高度吻合。本研究通过定量分析中性粒细胞形态改变比例,不仅验证了其作为细菌感染的可靠性,更提示该指标可用于辅助判断感染严重程度及预后。

本研究系统评估了 IL-6、PCT 水平与中性粒细胞形态改变比例联合的诊断价值,结果显示 IL-6、PCT、中性粒细胞形态学联合检测的 AUC 均高于单独诊断,表明三者具有显著的互补效应。这种多维度联合策略与当前精准医疗的理念相符,有助于在微生物结果回报前快速甄别细菌感染,减少经验性抗菌药物的过度使用。因此,建议临床联合检测 IL-6、PCT 水平及中性粒细胞形态改变比例对细菌感染的疾病进行诊断,以提高诊断准确性、及时性。

综上所述,IL-6、PCT、中性粒细胞形态学检查在细菌感染的疾病患者中呈高表达,且与疾病的发生密切相关,通过三者联合检测显著提高了诊断效能,能有效优化临床决策流程,为感染性疾病的早期诊断和治疗提供参考。

参考文献

[1] Rudd K E, Johnson S C, Agesa K M, et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990-2017: analysis for the Global Burden of Disease Study[J]. *Lancet*, 2020, 395(10219): 200-211.

[2] Liu C, Song X, Liu J, et al. Consistency between metagenomic next-generation sequencing versus traditional microbiological tests for infective disease: systemic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2025, 29(1): 55.

[3] 冯欢欢, 刘晓亮. 外周血白细胞、C 反应蛋白、降钙素原联合检测在新生儿感染性疾病诊断中的价值研究[J]. *陕西医学杂志*, 2019, 48(12): 1729-1731.

[4] Alansari A N, Zaazouee M S, Elshanbary A A, et al. Diagnostic accuracy of interleukin-6 (IL-6) as a significant biomarker in late-onset neonatal sepsis: an updated systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Pediatr*, 2025, 184(9): 587.

[5] Zhang Y, Zheng J, Ma C, et al. Green inclusions in peripheral blood neutrophils of a patient with *Pandora* apista bacteraemia[J]. *Br J Haematol*, 2023, 200(4): 397.

[6] Xuan J, Feng W, Wang J, et al. Antimicrobial peptides for combating drug-resistant bacterial infections[J]. *Drug Re-*

sist Updat, 2023, 68: 100954.

[7] 徐舒敏, 肖木洲, 吴芝兰, 等. D-DI、FDP 及降钙素原在不同细菌感染引起的脓毒血症中的诊断价值[J]. *热带医学杂志*, 2020, 20(8): 1090-1092.

[8] 于峰. 血清降钙素原检测在儿科感染性疾病中的应用价值分析[J]. *中国现代药物应用*, 2023, 17(15): 76-78.

[9] Sanches B, Guerreiro R, Diogo J, et al. A era da multirresistência: incidência em Dez anos Numa Unidade de cuidados intensivos neonatais[J]. *Acta Med Port*, 2020, 33(3): 183-190.

[10] Żródlowski T, Sobonska J, Salamon D, et al. Classical microbiological diagnostics of bacteremia: are the negative results really negative? What is the laboratory result telling us about the "gold standard"? [J]. *Microorganisms*, 2020, 8(3): 346.

[11] Bao X, Wang Q, Geng H, et al. Correlation of prognostic values of IL-6 and PCT levels with the severity of pneumonia caused by *Mycoplasma pneumoniae* in children[J]. *Pak J Med Sci*, 2025, 41(5): 1305-1310.

[12] Nugent N R, Brick L, Armey M F, et al. Benefits of Yoga on IL-6: findings from a randomized controlled trial of Yoga for depression[J]. *Behav Med*, 2021, 47(1): 21-30.

[13] 贾向红, 刘亚博, 孟玉娟, 等. 老年心力衰竭合并肺部感染病人病原菌分布、血清 MMPs、NT-proBNP、IL-6 及 PCT 水平变化[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2022, 20(20): 3762-3765.

[14] Zhu Q, Li H, Zheng S, et al. IL-6 and IL-10 are associated with gram-negative and gram-positive bacteria infection in lymphoma[J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 856039.

[15] Whicher J, Bienvenu J, Monneret G. Procalcitonin as an acute phase marker[J]. *Ann Clin Biochem*, 2001, 38(Pt 5): 483-493.

[16] Kylänpää-Bäck M L, Takala A, Kemppainen E A, et al. Procalcitonin, soluble interleukin-2 receptor, and soluble E-selectin in predicting the severity of acute pancreatitis[J]. *Crit Care Med*, 2001, 29(1): 63-69.

[17] Zhou Y Z, Teng X B, Han M F, et al. The value of PCT, IL-6, and CRP in the early diagnosis and evaluation of COVID-19[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2021, 25(2): 1097-1100.

[18] 许佰专, 肖建佳, 刘锦婷. 降钙素原和超敏 C 反应蛋白联合检测对早产儿细菌感染的早期诊断及抗菌药物应用分析[J]. *海峡药学*, 2020, 32(4): 124-125.

(收稿日期: 2025-10-24 修回日期: 2026-03-12)