

• 综 述 • DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2026. 11. 019

社区获得性肺炎相关生物标志物研究进展*

徐 白,张镓月,王紫微 综述,桑国耀[△]审校
新疆医科大学第一附属医院医学检验中心,新疆乌鲁木齐 830000

摘 要:社区获得性肺炎(CAP)在老年人群中具有较高的发病率和病死率,早期诊断与准确评估病情对改善患者预后至关重要。该文在总结近年文献的基础上,系统分析了典型生物标志物(C 反应蛋白、降钙素原、细胞因子)与新型生物标志物(生长刺激表达基因 2 蛋白、中区域前肾上腺髓质素、铁调素、铁蛋白、中性粒细胞与淋巴细胞比值、维生素 D 等)在 CAP 病情评估、诊断及疗效判断中的应用研究进展,阐述了单一标志物在灵敏度、特异度及诊断效能方面的局限,以及多种标志物联合检测或与临床评分系统联合应用在提升 CAP 诊断效能、预后评估能力及疗效监测中的研究现状。现有研究尚存在样本量小、混杂因素控制不足及缺乏前瞻性验证等局限性,未来应建立多标志物联合检测的标准化流程、开发融合临床评分与动态生物标志物的预测模型,以及开展大规模多中心临床研究,以期 CAP 的临床精准诊疗提供理论依据。

关键词:社区获得性肺炎; 生物标志物; 诊断; 急性生理学与慢性健康状况评价Ⅱ评分; 预后
中图法分类号:R446. 1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2026)11-1557-07

Advances in the study of biomarkers for community-acquired pneumonia*

XU Bai ,ZHANG Puyue ,WANG Ziwei ,SANG Guoyao[△]
Medical Laboratory Center ,the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical
University ,Urumqi ,Xinjiang 830000 ,China

Abstract:Community-acquired pneumonia (CAP) has high morbidity and mortality in the elderly. Early diagnosis and accurate evaluation of the condition are essential to improve the prognosis of patients. Based on the summary of recent literature, this article systematically analyzes the application research progress of classical biomarkers (C reactive protein, procalcitonin, cytokines) and new biomarkers (growth stimulation expression gene 2 protein, mid-regional pro-adrenomedullin, hepcidin, ferritin, neutrophil-lymphocyte ratio, vitamin D, etc.) in the evaluation, diagnosis and efficacy evaluation of CAP. The limitations of single marker in sensitivity, specificity and diagnostic efficacy, and the research status of combined detection of multiple markers or combined with clinical scoring systems in improving the diagnostic efficacy, prognosis evaluation ability and efficacy monitoring of CAP are described. Existing studies still have limitations such as small sample size, insufficient control of confounding factors, and lack of prospective validation. In the future, it is necessary to establish a standardized process of multi-marker combined detection, develop a prediction model integrating clinical scores and dynamic biomarkers, and carry out large-scale multi-center clinical studies, in order to provide theoretical basis for the clinical precision diagnosis and treatment of CAP.

Key words: community-acquired pneumonia; biomarker; diagnosis; acute physiology and chronic health evaluation Ⅱ score; prognosis

社区获得性肺炎(CAP)是一种全球常见的感染性疾病,可累及各年龄人群,在老年人(≥ 65 岁)中CAP发病率和病死率均较高^[1-4]。老年人及合并基础肺部疾病、吸烟或免疫抑制状态的患者,发生CAP及其并发症(如脓毒症、急性呼吸窘迫综合征甚至死亡)的风险显著增加^[2]。有研究表明,老年重症CAP患者的病死率 $> 30\%$,而需机械通气者的病死率更高^[5]。随着全球人口老龄化的加剧,老年CAP正成为一个严峻的公共卫生挑战^[6]。因此,实现CAP早期诊断、准确分型及病情评估对老年CAP治疗策略的选择、预后判断和患者管理等方面起到至关重要的作用。在多种评估工具及方法中,生物标志物在CAP

* 基金项目:省部共建中亚高发病成因与防治国家重点实验室开放课题(SKL-HIDCA-2023-25);新疆维吾尔自治区科技支疆项目(2022E02061)。

[△] 通信作者, E-mail: 34182726@qq. com。

引用格式:徐白,张镓月,王紫微,等. 社区获得性肺炎相关生物标志物研究进展[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(11): 1557-1562.

早期诊断、严重程度评估及治疗决策中发挥关键作用。本文围绕近年来典型生物标志物及具有代表性的新型生物标志物,综述其在 CAP 病情评估、诊断及治疗效果判断中的应用,以期为 CAP 的临床研究提供理论依据。

1 典型生物标志物

1.1 C 反应蛋白(CRP) CRP 是一种由肝脏合成的急性期反应蛋白,其水平在发生感染或组织损伤等情况下显著升高。CRP 对细菌性感染较为敏感,而在病毒性肺炎中其水平通常较低,是监测肺炎进展的敏感指标之一,CRP 持续高水平或水平进一步升高通常提示抗菌治疗失败或出现并发症(如脓胸、脓毒症)^[7-8]。作为 CAP 诊断推荐的实验室指标,有研究表明,在老年 CAP 早期诊断中,CRP 比降钙素原(PCT)和白细胞介素(IL)-6 灵敏度高^[9],但其特异度较低,需联合其他指标以提高诊断效能。CRP 在评估 CAP 严重程度及临床预后方面亦具有价值,有研究表明,CRP 与肺炎严重指数(PSI)评分和急性生理学与慢性健康状况评价 II (APACHE II) 评分均呈正相关,且 CRP 单独检测对重症 CAP 患者死亡具有一定预测能力^[10-11]。血清 CRP 水平也可作为 CURB-65 标准中决定 CAP 患者是否需入住重症监护病房(ICU)的参考依据^[12]。治疗方面,动态监测 CRP 水平(特别是治疗第 3 天的水平)有助于预测治疗效果,并为抗菌药物的具体使用时间提供指导^[13]。CRP 作为 CAP 诊断中不可或缺的指标,但鉴于其特异度方面的局限,需与其他指标联合检测。

1.2 PCT PCT 主要由甲状腺 C 细胞产生,是降钙素的前体肽^[14]。在健康人中其水平极低(<0.05 ng/mL),但机体发生细菌感染或全身性炎症反应时,多种组织(如肝、肺、脂肪)可大量合成并释放 PCT 进入血液。PCT 可用于鉴别细菌性 CAP 与病毒性或非感染性炎症所致 CAP。一项系统评价与 Meta 分析指出,PCT 在区分细菌性肺炎与病毒性肺炎中具有较高灵敏度,但其准确性受基础疾病影响,老年患者常合并慢性疾病(如心血管疾病、糖尿病),可能降低其诊断特异度^[15-16]。PCT 对评估肺炎严重程度及预后具有重要价值,有研究表明,老年 CAP 患者入院时 PCT 水平可有效预测疾病严重程度,高水平 PCT(>0.5 μ g/L)与更高并发症发生率相关^[17-18]。联合肺炎严重程度评分(CURB-65 评分)可提高预测 CAP 患者是否需要入住 ICU 的准确性与灵敏度,从而辅助临床病情评估^[19]。早期高 PCT 水平与 ≥ 85 岁 CAP 患者的院内病死率呈正相关,连续监测 PCT 水平可动态预测患者恢复情况^[20]。治疗中,基于 PCT 动态监测可指导抗菌药物使用,在不影响疗效的前提下可减少不必要的药物使用^[21]。PCT 在鉴别细菌感染所致的 CAP 更具优势,检测 PCT 有助于评估 CAP 患者

病情,但其准确性易受一些基础疾病的影响,在抗菌药物的使用上起到了积极的作用。

1.3 细胞因子 CAP 是病原体感染引发的肺部免疫炎症反应,细胞因子[如 IL-6、IL-10、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)]作为关键免疫调节介质,参与病原清除、炎症调控及肺组织损伤过程。促炎性细胞因子 IL-6 可诱导 T 淋巴细胞增殖,激活中性粒细胞并释放超氧化物,促进体液免疫和自然杀伤细胞溶解,还能刺激肝脏分泌急性时相反应蛋白,从而启动炎症反应^[22]。抗炎性细胞因子 IL-10 能激活非特异性和特异性免疫分子,通过调节过度炎症反应以减轻组织损伤,但过度抑制可能削弱宿主防御^[23]。二者平衡状态与疾病严重程度和预后密切相关。有研究表明,CAP 患者 IL-6 和 IL-10 水平均高于健康人,其中 IL-6 在辅助诊断老年非重症 CAP 中特异度最高(77.142%)^[24]。老年重症肺炎患者血清 IL-6 水平与 CURB-65 评分、A-PACHE II 评分均呈正相关($P<0.01$),血清 IL-6 在评估病情严重程度方面优于单独评分系统,同时 IL-6 水平升高提示患者 28 d 病死率增加^[25]。在区分病原体方面,病毒感染患者 IL-10 水平高于非典型病原体(如支原体)感染患者,而细菌性 CAP 以 IL-6 水平升高为主。因此,动态监测 IL-6 水平还可用于评估抗菌药物治疗效果。多种细胞因子的检测有助于 CAP 的病因判断和病情严重程度的评估,联合 CAP 相关评分系统可提高其评估效能。

2 新型生物标志物

除了上述 CRP、PCT 等经典标志物在 CAP 管理中发挥着重要作用外,近年来,一系列新型标志物的发现与应用,为 CAP 的精准治疗提供了新的视角。

2.1 生长刺激表达基因 2 蛋白(ST2) ST2 是 IL-1 受体家族成员,存在跨膜 ST2(ST2L)和可溶性 ST2(sST2)2 种亚型^[26]。sST2 作为 IL-33 的诱饵受体,通过竞争性结合 IL-33 阻断 IL-33 与 ST2L 相互作用,阻断 IL-33/ST2L 信号通路,从而抑制该通路的保护作用^[27],加剧组织损伤。sST2 主要在肺泡上皮细胞、成纤维细胞和免疫细胞中表达^[28],肺部感染通过病原相关分子模式激活肺泡上皮细胞释放 sST2^[29]。有研究表明,sST2 >210 ng/mL 的 CAP 患者病死率为 54.8%,ICU 入住率为 48.4%,而 sST2 <82.2 ng/mL 的 CAP 患者病死率仅为 3.0%^[30],sST2 水平可用以区分 CAP 风险组。住院 CAP 患者基线 sST2 水平与短期临床稳定性呈负相关^[28]。随机生存森林模型证实,整合 sST2 的预测模型对 30 d 生存率的预测效能(曲线下面积提升至 0.89)优于 CURB-65 评分等传统指标^[28]。对 CAP 患者进行 sST2 的动态监测,sST2 水平未下降者预后较差^[31-32]。因此,检测 sST2 水平有助于区分 CAP 风险组,在 30 d 生存率的预测方面优于传统指标,但 sST2 水平在其他疾病(如心力

衰竭等)中也会升高,故需要排除其他疾病导致的升高。

2.2 中区域前肾上腺髓质素(MR-proADM) 肾上腺髓质素(ADM)是一种多肽激素^[33],在全身广泛合成,属于降钙素基因相关肽超家族成员,其主要功能是血管舒张和维持内皮屏障完整性,除此之外还具有强心、支气管扩张、利尿、抗氧化、促血管生成、抗细胞凋亡、抗纤维化、免疫调节及抗菌的作用,因其作用广泛,所以在多种疾病的诊断、严重程度评估、指导治疗方面有重要的生物价值。但 ADM 的半衰期短,难以直接检测,MR-proADM 是 ADM 在加工过程中的衍生产物,能按比例反映 ADM 水平和活性,并且在无临床变化的情况下可保持 75 d 稳定性,作为 ADM 的替代生物标志物可以准确反映血液中 ADM 的水平^[34-35]。有研究表明,CAP 患者 MR-proADM 水平与 PSI 评分($r=0.379, P<0.001$)和 CURB-65 评分($r=0.230, P=0.007$)呈正相关^[36],联合 PSI、CURB-65 评分系统可增强预后评估准确性^[37]。有研究表明,细菌性 CAP 患者 MR-proADM 水平高于病毒性感染(局部细菌感染:1.2~1.9 nmol/L;脓毒症/休克: ≥ 3.7 nmol/L),联合 PCT 可辅助鉴别感染类型,指导抗菌药物合理使用^[36,38]。动态监测 MR-proADM 水平可反映病情进展。MR-proADM 水平升高与 CAP 患者不良预后[包括短期和长期(1 年)病死率增加、并发症风险上升]高度相关,同时在评估患者是否需入住 ICU 方面有重要的预测能力^[37-40],在预测重症 CAP 方面优于 PCT^[39],且其预测能力不受不同病因影响^[37]。因此,MR-proADM 是一种有前景的生物标志物,在 CAP 患者的风险评估、预后预测和治疗决策中具有重要的临床应用价值,其能提供独立于病因的预后信息,并能增强现有临床评分的预测能力,从而有助于更精准地管理 CAP 患者。

2.3 铁调素 铁调素是由肝脏合成的一种调节铁代谢的关键激素。在感染和炎症状态下其表达上调,促使铁向细胞内转移,限制病原体对铁的利用来进行生长繁殖,发挥抗菌作用^[41]。然而,过量的铁调素可能导致铁利用障碍和贫血,影响患者预后^[42],其在 CAP 中具有双重作用。铁调素可作为 CAP 预后的预测指标,有研究表明,入院时铁调素和铁蛋白水平较高患者 5 年总生存率较好,其中铁调素差异更为显著^[42]。不同病原体感染可引起铁调素水平差异,如新型冠状病毒感染患者中铁调素中位数(IQR)为 143.8(100.7, 180.7) ng/mL 高于细菌感染组的 78.8(40.1, 125.4) ng/mL 或流感感染组的 53.5(25.2, 125.8) ng/mL^[43],反映宿主对不同病原体的免疫反应差异。又因铁调素在 CAP 中具有双重作用,既是机体对抗感染的防御机制,也可能加剧炎症反应和导致铁利用障碍,目前更多的研究探索主要在 CAP 的治

疗方面,例如使用铁调素抑制剂来降低铁调素水平,从而减轻炎症反应和改善患者预后。

2.4 铁蛋白 铁蛋白是重要的铁储存蛋白和急性时相反应蛋白,参与铁代谢调节及抗氧化损伤^[44]。CAP 患者铁蛋白水平升高与炎症反应相关,是评估疾病严重程度指标之一^[45-46]。有研究表明,CAP 患者的铁蛋白水平与患者发热持续时间和 CURB-65 评分均呈正相关^[46]。当血浆铁蛋白 $>4\ 420$ ng/mL 提示可能并发巨噬细胞活化样综合征,ICU 病死率升高^[45]。铁蛋白也是 CAP 患者预后的潜在预测指标^[44,47-48],其预测 CAP 患者 28 d 病死率的优于白细胞计数(WBC)、CRP 和 PCT;与序贯器官衰竭(SOFA)评分或 CURB-65 评分联合后可提高其预测价值^[48]。铁蛋白能反映 CAP 患者病情严重程度,其水平的高低与发热时间、疾病严重程度正相关,极高水平的铁蛋白提示患者可能发展为重症且病死率升高。

2.5 中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR) NLR 是基于血常规计算的炎症标志物,反映机体炎症与免疫状态,已广泛应用于心血管疾病、肿瘤、感染和自身免疫性疾病等的预后评估^[49-51]。作为一种简便、经济且易于获得的指标,NLR 在 CAP 临床管理中具有潜在价值^[52-53]。诊断方面,NLR 有助鉴别 CAP 与肺结核等疾病^[54];病情评估中,NLR 与老年住院 CAP 患者疾病严重程度相关,高水平 NLR 提示 CAP 患者病情较重^[55];NLR 入院水平可预测 CAP 患者 30 d 病死率^[56]。动态监测显示,CAP 患者第 4 天 NLR 及其增量变化是 30 d 病死率的独立预测因子^[57]。连续监测 NLR 可用于评估早期治疗反应,指导临床调整治疗方案。NLR 可用于评估疾病严重程度、预测预后和辅助临床决策,未来的研究应进一步探讨 NLR 在 CAP 中的其他作用,并确定最佳截断值。

2.6 维生素 D 维生素 D 在人体中的作用不仅限于调节钙磷代谢和维护骨骼健康,其在免疫调节和抗感染方面也扮演着关键角色^[58]。其活性形式 1,25-二羟维生素 D₃ 能与维生素 D 受体结合,促进抗菌肽的表达,增强机体的抗感染能力,维生素 D 水平较低的 CAP 患者,其病情严重程度、病死率均高于维生素 D 水平正常的患者^[59]。此外,有研究表明,维生素 D 水平与老年 CAP 患者的 CURB-65 评分呈负相关,表明维生素 D 水平越低,患者的病情越严重^[60]。因此,维生素 D 水平是评估 CAP 患者病情及预后的一个重要标志物,尽管已有研究支持维生素 D 补充剂在某些情况下对 CAP 的潜在益处,但仍需更多的临床研究来明确其在 CAP 预防和治疗中的具体作用。

3 总结与展望

综上所述,CRP、PCT 和 IL-6 对 CAP 具有诊断价值,其中 PCT 有助于鉴别细菌型 CAP,CRP 在 CAP 的早期诊断中具有较高的灵敏度,IL-6 在非重

症 CAP 诊断中具有较高的特异度,传统的生物标志物在 CAP 的诊断中起到了不可或缺的作用。新型生物标志物 MR-proADM 联合 PCT 可辅助鉴别 CAP 感染类型,铁蛋白、维生素 D 在 CAP 中预后评估等方面也起到了积极的作用。此外,近年来诸如血浆 D-二聚体及全血细胞计数衍生的炎症指数[衍生中性粒细胞与淋巴细胞比值、单核细胞与淋巴细胞比值、中性粒细胞-单核细胞与淋巴细胞比值]也在 CAP 辅助诊断、病情评估、治疗决策及预后预测中展现出潜力。然而,目前的生物标志物的临床应用仍面临诸多挑战,如:(1)单项指标的灵敏度、特异度有待提高;(2)诊断效能有限,常需联合检测;(3)检测方法标准化不足,不同检测系统存在差异;(4)易受合并疾病的干扰,影响结果判读;(5)多中心联合研究较少,代表群体受限。为应对上述挑战,未来可从以下方面着手:(1)联合检测提升诊断效能,例如 PCT、细胞因子、铁调素、MR-proADM 与 NLR 等联合用于鉴别 CAP 感染类型;(2)整合指标与评分系统优化严重程度分层,在评估病情严重程度方面,可结合 CRP、PCT、细胞因子、铁蛋白、维生素 D、sST2 等指标,并联合 CURB-65 评分等临床评分系统,实现更准确的风险分层;(3)构建多指标预后预测模型,整合 PCT、sST2、NLR、MR-proADM 等以提升对短期及长期预后的预测能力;(4)建立基于生物标志物的疗效评估体系,综合运用 CRP、PCT、NLR 及细胞因子等动态监测指标,辅助临床及时调整治疗方案。

未来需开展多中心临床研究,验证上述策略的有效性,并将研究成果转化为临床实践,以期更好地服务于 CAP 的诊断、治疗与全程管理。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。
作者贡献 徐白:文章构思、文献检索、文章撰写;张镓月、王紫微:文献检索、文献整理;桑国耀:审核、协助修改文章。

参考文献

[1] CILLÓNIZ C, RODRÍGUEZ-HURTADO D, TORRES A. Characteristics and management of community-acquired pneumonia in the era of global aging[J]. Med Sci (Basel), 2018, 6(2): 35.
[2] REYES L F, MORRIS A C, SERRANO-MAYORGA C, et al. Community-acquired pneumonia[J]. Lancet, 2025, 406(10517): 2371-2388.
[3] MARUYAMA T K A, GABAZZA E C, MORSER J, et al. Community-acquired pneumonia and nursing home-acquired pneumonia in the very elderly patients[J]. Respir Med, 2010, 104(4): 584-592.
[4] ALMIRALL J, SERRA-PRAT M, BOLÍBAR I,

et al. Risk factors for community-acquired pneumonia in adults: a systematic review of observational studies [J]. Respiration, 2017, 94(3): 299-311.
[5] WEI C, WANG X Y, HE D X, et al. Clinical profile analysis and nomogram for predicting in-hospital mortality among elderly severe community-acquired pneumonia patients: a retrospective cohort study [J]. BMC Pulm Med, 2024, 24(1): 38.
[6] VILA-CORCOLES A, OCHOA-GONDAR O, RODRIGUEZ-BLANCO T, et al. Epidemiology of community-acquired pneumonia in older adults: a population-based study [J]. Respir Med, 2009, 103(2): 309-316.
[7] 中华医学会, 中华医学会杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 成人社区获得性肺炎基层诊疗指南(2018 年) [J]. 中华全科医师杂志, 2019, 18(2): 117-126.
[8] 吴洁, 彭扬洋, 朱功民, 等. 血清 Th1/Th2 型细胞因子、PCT、CRP 联合检测在老年社区获得性肺炎辅助诊断中的价值 [J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41(21): 2566-2569.
[9] 方威, 张泽文, 邱进锋, 等. 血清炎症指标联合评估社区获得性肺炎严重程度的价值 [J]. 重庆医学, 2021, 50(19): 3310-3313.
[10] 焦何青, 程东军, 李翔, 等. 血清 sTREM-1、NGAL、IL-6 和 CRP 联合检测对重症社区获得性肺炎患者死亡的预测价值 [J]. 检验医学与临床, 2025, 22(5): 651-656.
[11] BHANDARI R, BAHADUR A P, KUMAR S M N, et al. Association between serum CRP level and CURB-65 score in community acquired pneumonia patients [J]. Dinkum J Med Innov, 2024, 3(9): 656-669.
[12] TARAŞ R, MAHLER B, BÄLGRÄDEAN M, et al. The role of mannose-binding lectin and inflammatory markers in establishing the course and prognosis of community-acquired pneumonia in children [J]. Children (Basel), 2023, 10(11): 1744.
[13] XU H, D C A, ZHOU L. Diagnostic and prognostic value of PCT and RDW in premature infants with septicemia [J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(7): e35725.
[14] KAMAT I S, RAMACHANDRAN V, ESWARAN H, et al. Procalcitonin to distinguish viral from bacterial pneumonia: a systematic review

- and Meta-analysis[J]. Clin Infect Dis, 2020, 70 (3):538-542.
- [15] TANG Y, LI Y, SUN J, et al. Selection of an optimal combination panel to better triage COVID-19 hospitalized patients [J]. J Inflamm Res, 2020:773-787.
- [16] HEPPNER H J, BERTSCH T, ALBER B, et al. Procalcitonin: inflammatory biomarker for assessing the severity of community-acquired pneumonia-a clinical observation in geriatric patients[J]. Gerontology, 2010, 56(4):385-389.
- [17] SCHUETZ P, SUTER-WIDMER I, CHAUDRI A, et al. Prognostic value of procalcitonin in community-acquired pneumonia[J]. Eur Respir J, 2011, 37(2):384-392.
- [18] LIU J X, ZHANG Q, BAI J S, et al. Procalcitonin (PCT) improves the accuracy and sensitivity of CURB-65 score in predicting CAP patients admission to ICU[J]. Clin Lab, 2023, 69 (1):2-6.
- [19] COVINO M, PICCIONI A, BONADIA N, et al. Early procalcitonin determination in the emergency department and clinical outcome of community-acquired pneumonia in old and oldest old patients[J]. Eur J Intern Med, 2020, 79:51-57.
- [20] 张莹. 血清降钙素原连续监测指导社区获得性肺炎抗生素应用的临床价值[J]. 首都食品与医药, 2021, 28(13):28-29.
- [21] OBAJI M U, OLI A N, UGWU M C. The roles of IL-6, IL-8, and TNF- α in pediatric immune defense and infection severity[J]. OBM Genetics, 2025, 9(2):1-28.
- [22] BRANDS X, HAAK B W, KLARENBECK A M, et al. Concurrent immune suppression and hyperinflammation in patients with community-acquired pneumonia [J]. Front Immunol, 2020, 11:796.
- [23] 徐小婕, 李珍, 王红红, 等. NLR、PLR、IL-6、IL-10 在老年非重症社区获得性肺炎诊断中的应用价值[J]. 新疆医学, 2025, 55(1):64-67.
- [24] 贺永梅, 张娅惠, 张依. 血清白细胞介素-6、白细胞介素-8、血管生成素-2 水平对老年重症肺炎患者预后的评估价值[J]. 中国临床医生杂志, 2023, 51(12):1413-1417.
- [25] PUSCEDDU I, DIEPLINGER B, MUELLER T. ST2 and the ST2/IL-33 signalling pathway-biochemistry and pathophysiology in animal models and humans[J]. Clin Chim Acta, 2019, 495:493-500.
- [26] CHEN C, LI J H, ROSSI L, et al. Prognostic role of serum soluble ST2 of advanced breast cancer patients: a retrospective cohort study [J]. Transl Cancer Res, 2023, 12 (8): 2128-2137.
- [27] ZENG Y F, XUE M S, ZHANG T, et al. Soluble form of suppression of tumorigenicity-2 predicts clinical stability of inpatients with community-acquired pneumonia [J]. Exp Biol Med (Maywood), 2021, 246(21):2297-2306.
- [28] LABAR A, BAIN W, SHAH F, et al. Plasma levels of soluble suppression of tumorigenicity-2 (sST2) are associated with markers of injury, severity of illness, and outcomes in mechanically ventilated patients[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2022, 205:A3432.
- [29] ARNALDOS-CARRILLO M, NOGUERAVE-LASCO J A, MARTÍNEZ-ARDIL I M, et al. Value of increased soluble suppressor tumorigenicity biomarker 2 (sST2) on admission as an indicator of severity in patients with COVID-19[J]. Med Clin (Barc), 2023, 161(5):185-191.
- [30] SÁNCHEZ-MARTELES M, RUBIO-GRACIA J, PEÑA-FRESNEDA N, et al. Early measurement of blood sST2 is a good predictor of death and poor outcomes in patients admitted for COVID-19 infection[J]. J Clin Med, 2021, 10 (16):3534.
- [31] DIEPLINGER B, EGGER M, KOEHLER W, et al. Prognostic value of soluble ST2 in an unselected cohort of patients admitted to an intensive care unit-the linz intensive care unit (LICU) study[J]. Clin Chim Acta, 2012, 413 (5/6):587-593.
- [32] FISCHER J-P, ELS-HEINDL S, BECK-SICKINGER A G. Adrenomedullin-current perspective on a peptide hormone with significant therapeutic potential[J]. Peptides, 2020, 131: 170347.
- [33] SPOTO S, BASILI S, CANGEMI R, et al. A focus on the pathophysiology of adrenomedullin expression: endothelitis and organ damage in severe viral and bacterial infections[J]. Cells, 2024, 13(11):892.
- [34] KAUFMANN P, ILINA Y, PRESS M, et al. Sandwich immunoassay for adrenomedullin

- precursor and its practical application[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):28091.
- [35] 张黎黎, 杨敏, 石娅妮, 等. MR-proADM 作为社区获得性肺炎预后生物标志物的临床分析[J/CD]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2023, 16(5):706-708.
- [36] BELLO S, LASIERRA A B, MINCHOLÉ E, et al. Prognostic power of proadrenomedullin in community-acquired pneumonia is Independent of aetiology[J]. *Eur Respir J*, 2012, 39(5):1144-1155.
- [37] 张莹, 张倩春, 姜瑜. 血清 pro-ADM、pro-AVP/CPP 动态监测评估 ICU 重症社区获得性肺炎患者预后价值分析[J]. *实验与检验医学*, 2020, 38(6):1153-1158.
- [38] LEGRAMANTE J M, MASTROPASQUA M, SU-SI B, et al. Prognostic performance of MR-pro-adrenomedullin in patients with community acquired pneumonia in the emergency department compared to clinical severity scores PSI and CURB[J]. *PLoS One*, 2017, 12(11):e0187702.
- [39] SPOTO S, LEGRAMANTE J M, MINIERI M, et al. How biomarkers can improve pneumonia diagnosis and prognosis: procalcitonin and mid-regional-pro-adrenomedullin[J]. *Biomark Med*, 2020, 14(7):549-562.
- [40] OPPEN K, UELAND T, SILJAN W W, et al. Hepcidin and ferritin predict microbial etiology in community-acquired pneumonia[J]. *Open Forum Infect Dis*, 2021, 8(4):ofab082.
- [41] OPPEN K, UELAND T, MICHELSEN A E, et al. Hepcidin predicts 5-year mortality after community-acquired pneumonia[J]. *Infect Dis (Auckl)*, 2022, 54(6):403-409.
- [42] HEGELUND M H, GLENTHØJ A, RYRSØ C K, et al. Biomarkers for iron metabolism among patients hospitalized with community-acquired pneumonia caused by infection with SARS-CoV-2, bacteria, and influenza[J]. *APMIS*, 2022, 130(9):590-596.
- [43] XU J, HAN M F, MA K S, et al. Longitudinal relationships between serum ferritin and prognosis among severe community-acquired pneumonia patients[J]. *Front Pharmacol*, 2025, 16:1556185.
- [44] BRANDS X, DE VRIES F M C, UHEL F, et al. Plasma ferritin as marker of macrophage activation-like syndrome in critically ill patients with community-acquired pneumonia[J]. *Crit Care Med*, 2021, 49(11):1901-1911.
- [45] AKL Y, ELKOMY A, IBRAHIM E K. Acute phase reactants in non-COVID-19 community-acquired pneumonia[J]. *Egypt J Bronchol*, 2023, 17(1):57.
- [46] 戴永利, 郭林梅, 赵晓云, 等. 动态监测社区获得性肺炎患儿血清铁蛋白水平变化及其临床意义[J]. *西北国防医学杂志*, 2021, 42(3):173-177.
- [47] ZHANG X Q, SHANG N, ZHANG D, et al. The independent predictive value of admission serum ferritin concentration for prognosis in elderly patients with community-acquired pneumonia in the emergency department[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2024, 14:1505207.
- [48] ANDROSOVA A, ORLOVA R, IVANOVA A, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), derived neutrophil-to-lymphocyte ratio(dNLR) and lymphocytes counts as a possible prognostic factor in neuroendocrine tumors of the gastrointestinal tract[J]. *J Clin Oncol*, 2022, 40(16_suppl):e16207.
- [49] LI X H, SHANG H X, TANG Q, et al. Relationship between neutrophil lymphocyte ratio and red blood cell distribution width and respiratory failure in COPD patients[J]. *Medicine (Madr)*, 2024, 103(24):e38512.
- [50] VAKHSHOORI M, NEMATİ S, SABOUIHI S, et al. Neutrophil to lymphocyte ratio (NLR) prognostic effects on heart failure; a systematic review and Meta-analysis[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2023, 23(1):555.
- [51] ZHOU H M, ZHU X L, ZHANG Y, et al. The incremental value of aspartate aminotransferase/alanine aminotransferase ratio combined with CURB-65 in predicting treatment outcomes in hospitalized adult community-acquired pneumonia patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *BMC Pulm Med*, 2025, 25(1):26.
- [52] AFIAH N, HANDAYANI I, KADIR N A. Analysis of neutrophil/lymphocyte ratio and culture results on clinical severity of patients with CAP[J]. *Indon J Clin Pathol Med Lab*, 2023, 29(2):189-193.
- [53] ABROL R, AHMED S, KHANDURI R. Neutrophil-to-lymphocyte ratio in community-acquired pneumonia; diagnostic potential and its limitations in the COVID Era[J]. *J Family Med Prim Care*, 2024, 13(8):3179-3183. (下转第 1570 页)

• 综 述 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.11.020

焦虑症的神经机制与精准治疗研究进展^{*}罗 宇¹, 马玉娟¹, 蒋 娟², 赵新民²综述, 高 芳^{3△}审校
重庆市精神卫生中心: 1. 门诊部; 2. 老年科; 3. 科教科, 重庆 401147

摘 要:随着社会压力增加, 焦虑症患病率持续上升, 已成为严重影响个人生活质量与社会功能的精神障碍, 给患者家庭和社会带来沉重负担, 深入研究其诊疗方法成为精神医学领域重点课题。该文从流行病学特征、诊断方法、发病机制及治疗策略 4 个维度展开, 梳理焦虑症全球患病率的区域、性别与年龄差异, 分析基于临床症状、精神检查和量表评估的诊断体系, 深入探讨神经环路异常、神经递质失调等发病机制, 重点补充药物、心理、物理及中西医结合等多维度治疗进展, 同时指出当前诊断缺乏客观生物标志物、部分机制研究碎片化等问题。当前焦虑症研究虽在多领域取得突破, 但仍存在诊断体系不完善、治疗耐药性与特殊人群用药空白、公共卫生应对不足等短板。未来需通过构建生物学诊断标准、研发新型靶向药物、推进数字化治疗技术、完善公共卫生干预体系, 实现从症状缓解到病因治疗的转变, 提升全球焦虑症防治水平。

关键词: 焦虑症; 流行病学; 神经机制; 精准治疗**中图法分类号:** R749.72; R749.05**文献标志码:** A**文章编号:** 1672-9455(2026)11-1563-08**Advances in neural mechanisms and precision treatment of anxiety disorders^{*}**LUO Yu¹, MA Yujuan¹, JIANG Juan², ZHAO Xinmin², GAO Fang^{3△}

1. Department of Outpatient; 2. Department of Geriatrics; 3. Department of Science and Education, Chongqing Mental Health Center, Chongqing 401147, China

Abstract: With the increase of social pressure, the prevalence of anxiety disorders continues to rise, which has become a mental disorder that seriously affects the quality of life and social function of individuals, and brings a heavy burden to patients' families and society. In-depth research on its diagnosis and treatment has become a key topic in the field of psychiatry. From the four dimensions of epidemiological characteristics, diagnostic methods, pathogenesis and treatment strategies, the article combs the regional, gender and age differences in the global prevalence of anxiety disorders, analyzes the diagnostic system based on clinical symptoms, psychiatric examination and scale evaluation, and deeply explores the pathogenesis of neural circuit abnormalities and neurotransmitter disorders. The article focuses on the progress of multi-dimensional treatment such as medicine, psychology, physics, and integrated traditional Chinese and western medicine. At the same time, it points out the lack of objective biomarkers in current diagnosis and the fragmentation of some mechanism research. Although the current research on anxiety disorders has made breakthroughs in many fields, there are still some shortcomings such as imperfect diagnostic system, drug resistance, drug gap for special populations, and insufficient public health response. In the future, it is necessary to construct biological diagnostic criteria, develop new targeted drugs, promote digital treatment technology, and improve the public health intervention system, so as to realize the transformation from symptom relief to etiological treatment and improve the global prevention and treatment of anxiety disorders.

Key words: anxiety disorders; epidemiology; neural mechanism; precision medicine

焦虑症是以过度恐惧、担忧和生理警觉为核心特征的精神障碍, 其全球患病率在社会压力与新型冠状病毒感染大流行的叠加影响下持续攀升, 造成了沉重的疾病负担与社会经济成本^[1-2]。当前临床实践面临核心挑战: 焦虑症诊断主要依赖主观症状, 缺乏客观

生物标志物, 导致识别不足与分型困难; 30%~40% 患者对一线药物反应不佳, 存在起效延迟、不良反应及特殊人群用药证据空白等问题^[3-5]。然而, 神经科学的飞速发展正推动研究范式转变, 研究视角从宏观的杏仁核-前额叶神经环路异常, 深入到微观的神经递

^{*} 基金项目: 重庆市教科委技术研究计划项目(KJZD-K202400410)。[△] 通信作者, E-mail: 304074741@qq.com。

引用格式: 罗宇, 马玉娟, 蒋娟, 等. 焦虑症的神经机制与精准治疗研究进展[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(11): 1563-1570.