

肺栓塞患者入院临床标志物与病情严重程度的相关性研究

向远群¹, 李 丽²

¹右江民族医学院研究生学院, 广西 百色

²百色市人民医院, 广西 百色

收稿日期: 2026年3月8日; 录用日期: 2026年4月2日; 发布日期: 2026年4月10日

摘 要

目的: 系统综述肺栓塞患者入院时临床标志物与病情严重程度的相关性, 为临床危险分层和预后评估提供依据。方法: 通过文献检索和分析, 探讨白细胞、中性粒细胞、血小板、红细胞计数、纤维蛋白原、D-二聚体、血糖、超敏C反应蛋白、白介素-6、高敏肌钙蛋白、脑钠肽、中性粒细胞/淋巴细胞比值、血小板/淋巴细胞比值等临床标志物在肺栓塞危险分层中的应用价值。结果: 多种临床标志物与肺栓塞病情严重程度显著相关, 其中炎症标志物(如系统免疫炎症指数、中性粒细胞/淋巴细胞比值)、心肌损伤标志物(肌钙蛋白、脑钠肽)、凝血功能标志物(D-二聚体、纤维蛋白原)以及营养状态标志物(白蛋白、前白蛋白)均在危险分层中具有重要价值。联合检测多项标志物可提高对肺栓塞严重程度的评估准确性和预后预测能力。结论: 临床标志物在肺栓塞患者的危险分层和预后评估中发挥重要作用, 多指标联合应用可为临床决策提供更可靠的依据, 特别适用于缺乏高级检查设备的基层医疗机构。

关键词

肺栓塞, 临床标志物, 危险分层, 病情严重程度, 预后评估

A Study on the Correlation between Clinical Markers at Admission and the Severity of Pulmonary Embolism in Patients

Yuanqun Xiang¹, Li Li²

¹Graduate School, Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi

²People's Hospital of Baise, Baise Guangxi

Received: March 8, 2026; accepted: April 2, 2026; published: April 10, 2026

文章引用: 向远群, 李丽. 肺栓塞患者入院临床标志物与病情严重程度的相关性研究[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 2318-2327. DOI: 10.12677/acm.2026.1641480

Abstract

Objective: To systematically review the correlation between clinical biomarkers at admission and disease severity in patients with pulmonary embolism, providing evidence for clinical risk stratification and prognosis assessment. **Methods:** Through literature retrieval and analysis, we explored the application value of clinical biomarkers including white blood cells, neutrophils, platelets, red blood cell count, fibrinogen, D-dimer, blood glucose, high-sensitivity C-reactive protein, interleukin-6, high-sensitivity troponin, brain natriuretic peptide, neutrophil-to-lymphocyte ratio, and platelet-to-lymphocyte ratio in risk stratification of pulmonary embolism. **Results:** Multiple clinical biomarkers were significantly correlated with the severity of pulmonary embolism. Inflammatory markers (such as systemic immune-inflammation index, neutrophil-to-lymphocyte ratio), myocardial injury markers (troponin, brain natriuretic peptide), coagulation function markers (D-dimer, fibrinogen), and nutritional status markers (albumin, prealbumin) all demonstrated important value in risk stratification. Combined detection of multiple biomarkers can improve the accuracy of severity assessment and prognosis prediction in pulmonary embolism. **Conclusion:** Clinical biomarkers play an important role in risk stratification and prognosis assessment of patients with pulmonary embolism. Multi-marker combined application can provide more reliable evidence for clinical decision-making, particularly suitable for primary healthcare institutions lacking advanced examination equipment.

Keywords

Pulmonary Embolism, Clinical Biomarkers, Risk Stratification, Disease Severity, Prognosis Assessment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肺栓塞是指各种栓子阻塞肺动脉或其分支, 导致肺循环障碍的临床综合征, 是继心肌梗死和脑卒中之后心血管死亡的第三大常见原因[1]。急性肺栓塞具有高发病率、高病死率的特点, 临床表现缺乏特异性, 容易与肺炎、慢性阻塞性肺疾病急性加重、急性冠脉综合征等疾病混淆, 导致误诊和漏诊率较高[2]。据统计, 血流动力学不稳定的高危急性肺栓塞患者约占 15%, 病死率超过 30%, 而非高危肺栓塞患者虽占大多数, 但病死率仍在 25% 以上[3]。因此, 及时准确地评估肺栓塞患者的病情严重程度对于制定治疗方案、改善患者预后至关重要。

CT 肺动脉造影是肺栓塞诊断的金标准, 但它是有创检查, 不适用于经济条件受限、肾功能异常、碘造影剂过敏的患者[4]。此外, 部分偏远地区医疗机构缺乏检查设备和技术条件, 无法及时完成影像学检查, 给肺栓塞早期诊断和危险分层带来挑战[5]。因此, 寻找简便易行、经济实用的评估方法尤为重要。

临床实践中常规检测的生物标志物, 如血常规、凝血功能等, 有检测快速、费用低、可重复性强等优点[6]。近年研究发现, 多种临床标志物与肺栓塞病情严重程度和预后密切相关, 如 D-二聚体在肺栓塞患者中显著升高[7], 脑钠肽和肌钙蛋白可反映右心功能受损和心肌缺血情况[8], 而炎症标志物如中性粒细胞/淋巴细胞比值、系统免疫炎症指数等新型指标也逐渐受到关注[9]。这些标志物不仅可辅助诊断, 更能帮助医生进行危险分层、识别高危患者、指导治疗决策。

根据欧洲心脏病学会指南, 肺栓塞的危险分层主要基于血流动力学状态、右心功能、心肌损伤标志

物等进行综合评估[10]。然而,目前尚无单一特异性标志物可准确评估肺栓塞患者的病情严重程度,临床需要综合多项指标进行判断。因此,系统梳理各类临床标志物在肺栓塞危险分层中的应用价值,探讨多指标联合应用的优势,对于提高肺栓塞患者的诊疗水平具有重要意义。

本综述旨在系统分析肺栓塞患者入院时临床标志物与病情严重程度的相关性,重点探讨炎症标志物、凝血功能标志物、心肌损伤标志物以及营养状态标志物在危险分层和预后评估中的应用价值,为临床医生提供病情评估和预后判断的依据,特别是为缺乏高级检查设备的基层医疗机构提供简便实用的评估方法。

2. 肺栓塞的危险分层体系

2.1. 危险分层的临床意义

肺栓塞的危险分层是指根据患者的临床表现、生理参数、实验室检查和影像学特征,将患者分为不同风险等级,以预测短期死亡风险并指导治疗决策[11]。准确的危险分层可以帮助临床医生识别需要积极干预的高危患者,同时避免对低危患者进行过度治疗[12]。研究表明,基于危险分层的个体化治疗策略可以显著改善肺栓塞患者的预后,降低病死率[13]。

危险分层在临床管理中的核心价值体现在多个方面。首先,它可以指导治疗强度的选择,高危患者可能需要溶栓治疗或血管介入,而低危患者可能仅需抗凝治疗即可[14]。其次,危险分层有助于确定监护级别,高危和部分中危患者需要重症监护,而低危患者可在普通病房接受治疗[15]。

2.2. 传统危险分层标准

2.2.1. 血流动力学状态评估

血流动力学不稳定是肺栓塞最重要的初始危险分层指标[16]。表现为持续性低血压、休克或心脏骤停的患者被定义为高危肺栓塞,这类患者早期死亡风险极高,需要立即启动积极的治疗措施[17]。血流动力学不稳定通常提示肺动脉主干或大分支栓塞,导致右心室后负荷急剧增加,右心功能衰竭,进而影响左心室充盈和心输出量[18]。

2.2.2. 肺栓塞严重程度指数

肺栓塞严重程度指数最初由 Aujesky 等于 2005 年提出,包含 11 个临床参数,包括年龄、性别、恶性肿瘤史、心力衰竭史、慢性肺部疾病史、脉搏、收缩压、呼吸频率、体温、意识改变和血氧饱和度[15]。PESI 评分将患者分为五个风险等级,可有效预测 30 天死亡率。简化 PESI 评分包含 6 个参数,操作更为简便,同样具有良好的预测价值[19]。研究显示,sPESI 评分为 0 分的低危患者 30 天死亡率低于 1%,而评分 ≥ 1 分的患者死亡率显著升高[20]。

2.3. 欧洲心脏病学会危险分层指南

欧洲心脏病学会 2019 年指南将肺栓塞分为高危、中高危、中低危和低危四个等级[10]。高危患者表现为血流动力学不稳定,推荐立即溶栓治疗。中危患者血流动力学稳定,但存在右心功能不全或心肌损伤标志物升高,其中中高危患者同时具有右心功能不全和心肌损伤标志物升高,而中低危患者仅有其中一项异常[21]。低危患者不存在血流动力学不稳定、右心功能不全或心肌损伤标志物升高的证据,预后良好。

这一分层体系强调了多参数综合评估的重要性,将临床评分、影像学检查和生物标志物有机结合,为临床决策提供了清晰的框架[22]。然而,该分层体系主要依赖于影像学检查和特定的心脏标志物检测,在缺乏相应设备和条件的医疗机构应用受到限制[23]。因此,探索更多易于获取的临床标志物对于完善危

险分层体系具有重要价值。

3. 炎症相关临床标志物

3.1. 中性粒细胞/淋巴细胞比值

中性粒细胞与淋巴细胞比值是反映全身炎症状态的新型标志物, 计算简便且无需额外费用[24]。NLR 升高提示中性粒细胞增多和淋巴细胞减少, 反映了机体的炎症反应和免疫抑制状态[25]。在肺栓塞患者中, 栓子形成和肺血管阻塞触发炎症级联反应, 导致中性粒细胞活化和聚集, 同时应激状态下淋巴细胞凋亡增加[26]。

多项研究证实 NLR 与肺栓塞病情严重程度相关。一项纳入 164 例急性肺栓塞患者的研究发现, 低危组、中危组和高危组的 NLR 值依次升高, 且 NLR 与肺栓塞严重程度指数评分呈正相关[9]。该研究还显示, NLR 是急性肺栓塞患者院内死亡的独立危险因素, NLR 联合单核细胞计数与高密度脂蛋白比值预测急性肺栓塞患者院内死亡情况的受试者工作特征曲线下面积达到 0.878。

在慢性阻塞性肺疾病急性加重合并肺栓塞的患者中, NLR 同样显示出良好的诊断和评估价值。邢芳远等的研究表明, 老年慢性阻塞性肺疾病急性加重合并肺栓塞患者的 NLR 水平显著高于未合并肺栓塞患者, 且 NLR 与疾病严重程度呈正相关[7]。NLR 联合单核细胞/大血小板比值和红细胞分布宽度检测对老年慢性阻塞性肺疾病急性加重患者合并肺栓塞具有良好的诊断效能, 三者联合的曲线下面积达到 0.908。

此外, NLR 在预后评估中也具有重要价值。王渝胜等的研究显示, NLR 是急性非高危肺栓塞患者 6 个月内全因死亡的独立预测因子, 简化肺栓塞严重程度指数联合红细胞分布宽度和 NLR 预测急性非高危肺栓塞患者预后的曲线下面积达到 0.940 [27]。

3.2. 系统免疫炎症指数

系统免疫炎症指数(SII)是反映机体炎症和免疫状态的新型标志物, 公式为血小板计数 \times 中性粒细胞计数/淋巴细胞计数[28]。SII 整合三种血细胞信息, 较单一指标更全面反映机体炎症免疫状态。肺栓塞病理中, 血小板活化、中性粒细胞浸润和淋巴细胞功能抑制参与血栓形成和炎症反应[29]。

SII 在肺栓塞患者中的升高机制与多个因素相关。首先, 血小板在血栓形成中发挥核心作用, 活化的血小板释放多种炎症介质和生长因子[30]。其次, 中性粒细胞通过释放中性粒细胞胞外陷阱、蛋白酶和活性氧物质, 加重肺血管损伤和炎症反应[31]。再次, 淋巴细胞减少反映了机体免疫功能受抑制, 这与肺栓塞患者的应激状态和不良预后相关[32]。

3.3. 单核细胞相关比值

单核细胞计数与高密度脂蛋白胆固醇比值是近年来受到关注的炎症标志物, 整合了炎症和脂质代谢两方面的信息[33]。单核细胞在血栓形成和炎症反应中发挥重要作用, 可分化为巨噬细胞, 吞噬脂质形成泡沫细胞, 参与血管炎症和血栓形成。高密度脂蛋白具有抗炎、抗氧化和抗血栓作用, HDL-C 降低提示保护作用减弱[34]。

李惠萍等对 256 例急性肺栓塞患者的研究显示, 随病情严重程度增加, 单核细胞计数和 MHR 呈升高趋势, 而 HDL-C 水平进行性下降[35]。相关性分析显示, MHR 与肺栓塞严重程度指数呈正相关, 而 HDL-C 与 PESI 呈负相关。多因素回归分析表明, MHR 升高和 HDL-C 降低是急性肺栓塞患者住院死亡的独立危险因素。

3.4. C 反应蛋白

C 反应蛋白是经典的急性时相反应蛋白, 由肝脏合成, 在炎症、感染和组织损伤时显著升高[36]。在

肺栓塞患者中,肺血管栓塞导致肺组织缺血缺氧和炎症反应,刺激CRP合成增加。多项研究显示,急性肺栓塞患者的CRP水平显著高于健康对照组,且与病情严重程度相关[37]。

钟培雄等的研究显示,中度和重度肺栓塞组的CRP水平显著高于轻度组,且CRP水平与肺动脉栓塞指数呈正相关[6]。多元逻辑回归分析表明,CRP水平升高是影响急性肺栓塞预后不良的危险因素。

4. 凝血功能与心肌损伤标志物

4.1. D-二聚体与纤维蛋白原

D-二聚体是纤维蛋白降解的终产物,反映了体内凝血和纤溶系统的活性[38]。在肺栓塞患者中,血栓形成导致纤溶系统激活,纤维蛋白降解增加,D-二聚体水平显著升高。D-二聚体检测具有高敏感性,阴性预测值高,常用于肺栓塞的排除诊断[4]。

纤维蛋白原是凝血过程中的关键蛋白,也是急性时相反应蛋白。在肺栓塞患者中,纤维蛋白原水平升高反映了高凝状态和炎症反应。张庭强等提出纤维蛋白原/白蛋白比值作为新的评估指标,研究显示FAR与急性肺血栓栓塞患者的病情严重程度和预后相关,FAR联合肺栓塞严重程度指数评估30天预后的曲线下面积达到0.892[39]。

D-二聚体/纤维蛋白原比值整合了凝血和纤溶两方面的信息。赵贺红等的研究显示,不同病情严重程度急性肺栓塞患者的DFR水平随病情加重而升高,且DFR是急性肺栓塞患者预后的独立危险因素[40]。DFR升高提示纤溶系统相对于凝血系统更为活跃,可能反映了更严重的血栓负荷和更差的预后。

4.2. 心肌肌钙蛋白

心肌肌钙蛋白是心肌细胞特异性蛋白,包括肌钙蛋白I和肌钙蛋白T两种亚型。在肺栓塞患者中,右心室压力负荷急剧增加导致右心室壁张力增高,心肌需氧量增加而冠状动脉灌注减少,引起右心室心肌缺血甚至坏死,导致肌钙蛋白释放入血[41]。

肌钙蛋白升高是肺栓塞患者心肌损伤的重要标志,与病情严重程度和预后密切相关。钟培雄等的研究显示,预后不良组急性肺栓塞患者的肌钙蛋白I水平显著高于预后良好组,且cTnI水平升高是影响急性肺栓塞预后不良的危险因素[6]。李佩佩等的研究表明,肌钙蛋白I水平较高是老年肺栓塞患者死亡的危险因素[42]。

潘婷等的研究显示,急性肺栓塞组患者的肌钙蛋白I水平显著高于无急性肺栓塞组,血清D-二聚体、脑钠肽及肌钙蛋白I联合检测诊断急性肺栓塞的曲线下面积达到0.881[43]。因此,肌钙蛋白检测在肺栓塞危险分层中具有重要价值,是欧洲心脏病学会指南推荐的重要评估指标[10]。

4.3. 脑钠肽

脑钠肽主要由心室肌细胞合成和分泌,当心室壁张力增加时,BNP合成和释放增加。在肺栓塞患者中,肺动脉阻塞导致右心室后负荷增加,右心室扩张和压力升高,刺激BNP分泌[44]。BNP水平升高反映了右心室功能障碍的严重程度,是评估肺栓塞患者预后的重要标志物[45]。

多项研究证实BNP与肺栓塞病情严重程度和预后密切相关。钟培雄等的研究显示,中度和重度肺栓塞组的BNP水平显著高于轻度组,且BNP水平升高是影响急性肺栓塞预后不良的危险因素[6]。

N末端脑钠肽前体是BNP的前体蛋白裂解产物,半衰期较BNP更长,稳定性更好,临床应用更为广泛。研究显示,NT-proBNP在评估肺栓塞患者右心功能和预后方面与BNP具有相似的价值。臧传丽等的研究显示,低危组、中危组和高危组急性肺栓塞患者的NT-proBNP水平依次升高[9]。赵贺红等的研究表明,BNP > 100 pmol/L是急性肺栓塞患者预后的独立危险因素[40]。

4.4. 和肽素

和肽素是精氨酸加压素前体蛋白的 C 末端片段, 与精氨酸加压素等摩尔分泌。与精氨酸加压素相比, 和肽素体外稳定性更好, 半衰期更长, 更适合作为临床检测指标。在应激状态下, 如急性肺栓塞, 下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴激活, 精氨酸加压素和和肽素分泌增加[46]。

和肽素在肺栓塞患者中的升高与病情严重程度和预后密切相关。赵贺红等的研究显示, 不同病情严重程度急性肺栓塞患者的血清和肽素水平随病情加重而升高, 且和肽素为急性肺栓塞患者预后的独立危险因素[40]。研究显示, 和肽素在预测肺栓塞患者预后方面具有独特优势。张倩等的研究表明, 预后不良组急性肺栓塞患者入院时和出院后 7 天的血清和肽素水平均显著高于预后良好组[8]。

5. 营养状态与新型标志物

5.1. 白蛋白与前白蛋白

白蛋白是血浆中含量最丰富的蛋白质, 具有维持胶体渗透压、运输物质、抗氧化等多种生理功能。白蛋白水平降低反映了营养不良、肝功能受损或炎症状态。在急性肺栓塞患者中, 炎症反应和应激状态导致白蛋白合成减少、分解增加, 血清白蛋白水平下降[47]。

多项研究证实白蛋白与肺栓塞病情严重程度和预后密切相关。陈安琪等的研究显示, 高危组急性肺栓塞患者的清蛋白水平显著低于非高危组, 死亡组清蛋白水平低于存活组[48]。清蛋白与病人患病严重程度呈负相关, 与院内死亡呈负相关。多因素分析显示, 清蛋白为院内死亡的保护因素。

黄凯丽等的研究进一步证实, 高危急性肺栓塞患者的白蛋白水平显著低于非高危患者, 白蛋白、前白蛋白与肺栓塞严重程度指数呈负相关关系[49]。单因素和多因素逻辑回归模型分析表明, 白蛋白、前白蛋白是急性肺栓塞患者 30 天内死亡的独立危险因素。白蛋白、前白蛋白、D-二聚体三者联合检测对急性肺栓塞预后的预测能力显著提高。

5.2. 载脂蛋白与脂质代谢标志物

载脂蛋白 A1 是高密度脂蛋白的主要结构蛋白, 具有抗炎、抗氧化和促进胆固醇逆向转运等多种生理功能。ApoA1 水平降低与炎症状态、氧化应激和血管内皮功能障碍相关。在急性肺栓塞患者中, 炎症反应和应激状态导致 ApoA1 水平下降[50]。

陈锦春等对 165 例肺栓塞患者的研究显示, 肺栓塞患者的血清 ApoA1 水平显著低于健康对照组[51]。肺栓塞严重指数评分 V 级患者的血清 ApoA1 水平显著低于 I 级患者, 高危组患者的血清 ApoA1 水平显著低于低危组。相关性分析显示, 血清 ApoA1 与肺栓塞严重程度指数评分呈负相关。受试者工作特征曲线分析表明, 血清 ApoA1 诊断肺栓塞的曲线下面积为 0.932, 敏感度为 83.03%, 特异性为 88.48%。

高密度脂蛋白胆固醇水平降低也与肺栓塞患者的病情严重程度相关。李惠萍等的研究显示, 随着病情严重程度增加, 急性肺栓塞患者的 HDL-C 水平进行性下降[35]。HDL-C 与肺栓塞严重程度指数呈负相关, HDL-C 降低是急性肺栓塞患者住院死亡的独立危险因素。

5.3. 肾功能标志物

肾功能指标如血清肌酐、尿酸和胱抑素 C 在肺栓塞患者中的变化也受到关注。白春兰等的研究显示, 与低危组比较, 中危组和高危组急性肺栓塞患者的血清肌酐、胱抑素 C、尿酸水平均显著升高[3]。相关性分析发现, 血清肌酐、胱抑素 C、尿酸与肺栓塞严重程度呈显著正相关。

胱抑素 C 是一种低分子量蛋白质, 主要由有核细胞产生, 通过肾小球滤过清除, 是评估肾小球滤过

率的敏感指标。在急性肺栓塞患者中，胱抑素 C 水平升高可能与多种机制相关。首先，右心功能不全导致肾静脉淤血，肾灌注压下降，影响肾小球滤过功能。其次，炎症反应和氧化应激可直接损伤肾小管上皮细胞[52]。

白春兰等的研究显示，胱抑素 C 是急性肺栓塞患者预后不良的独立危险因素，系统免疫炎症指数联合胱抑素 C 预测急性肺栓塞患者预后不良的曲线下面积为 0.878 [3]。尿酸是嘌呤代谢的终产物，也是重要的抗氧化剂。在缺氧状态下，ATP 分解增加，导致尿酸生成增多[53]。

5.4. 新型生物标志物

近年来，多种新型生物标志物在肺栓塞研究中显示出潜在价值。生长分化因子-15 是转化生长因子- β 超家族成员，在心肌应激、缺血和炎症状态下表达增加。张倩等的研究显示，预后不良组急性肺栓塞患者的血清生长分化因子-15 水平显著高于预后良好组，且 GDF-15 水平与临床指标和病情严重程度相关[8]。

内源性配体-13 是一种内源性肽类激素，具有心血管保护作用。在缺氧和应激状态下，Apelin-13 表达增加，发挥抗凋亡、抗炎和改善血管功能的作用。然而，过度表达可能反映了严重的病理生理改变。张倩等的研究显示，急性肺栓塞患者血清 Apelin-13 水平升高，且与病情严重程度和预后相关[8]。

信号肽-CUB-表皮生长因子结构域包含蛋白 1 是一种血小板活化标志物，参与血栓形成过程。钟培雄等的研究显示，急性肺栓塞患者血浆 SCUBE-1 水平随病情严重程度增加而升高，且 SCUBE-1 是急性肺栓塞预后不良的危险因素[6]。SCUBE-1、ADAMTS-9 及 ANG-2 三项联合预测急性肺栓塞预后不良的曲线下面积达到 0.931。

5.5. 多指标联合应用策略

单一生物标志物在肺栓塞危险分层中存在一定局限性，多指标联合应用可以提高评估的准确性和预测能力。多项研究表明，将不同类型的生物标志物联合使用，可以从多个角度反映肺栓塞的病理生理状态，提供更全面的信息[54]。

炎症标志物联合应用显示出良好效果。研究发现，肺栓塞发生后，血管内皮损伤触发促炎因子释放，中性粒细胞活化释放 NETs、淋巴细胞凋亡减少，引发全身炎症 - 免疫失衡，同时激活外源性凝血，形成“炎症 - 血栓 - 右心损伤”级联反应，单一标志物仅能反映局部炎症片段，联合应用可实现机制互补，提升预测效能[55] [56]。

心肌损伤标志物与其他指标的联合也显示出优势。如心肌损伤标志物联合 D-二聚体、NLR 应用最广泛：D-二聚体直观反映血栓形成与纤溶激活状态，NLR 体现全身炎症 - 免疫失衡水平，二者搭配心肌标志物，可完整覆盖“血栓形成 - 炎症放大 - 右心损伤”的病理链条[57] [58]。

营养状态标志物与凝血标志物的联合应用同样有效。营养不良(以低白蛋白、预后营养指数 PNI 降低为典型)会加剧血管内皮损伤、抑制纤溶系统活性，同时激活全身低度炎症，促使血小板聚集、纤维蛋白原合成增多，进一步加重高凝状态；而凝血标志物(D-二聚体、纤维蛋白原)可直观反映血栓负荷与纤溶亢进程度，单一指标无法兼顾全身代谢状态与凝血失衡，联合应用能实现病理维度互补，提升预测精准度[49]。

临床评分与生物标志物的整合应用可以进一步优化危险分层。王渝胜等的研究显示，简化肺栓塞严重程度指数联合红细胞分布宽度和中性粒细胞与淋巴细胞比值预测急性非高危肺栓塞患者预后的曲线下面积达到 0.940 [27]。这种整合策略结合了临床特征和实验室指标的优势，为临床决策提供了更可靠的依据。

6. 结论

总之, 临床标志物在肺栓塞患者的危险分层和预后评估中发挥着重要作用。炎症标志物、凝血功能标志物、心肌损伤标志物和营养状态标志物从不同角度反映了肺栓塞的病理生理过程, 多指标联合应用可以提高评估的准确性, 这些简便易行的检测方法为临床决策提供了重要依据。但当前研究仍存在局限性: 一是多数研究为回顾性分析, 样本量与研究中心存在局限性; 二是标志物的临界值缺乏统一标准, 难以形成规范化的检测与评估流程; 三是针对特殊人群(老年、合并多基础疾病、妊娠期)的标志物研究不足, 缺乏针对性的评估体系。因此, 未来研究可聚焦于开展大样本、多中心前瞻性研究, 验证经典标志物联合检测的效能; 制定统一的临界值与评估标准; 构建针对性的标志物联合评估模型等方面进行深入研究。使生物标志物在肺栓塞诊疗中的价值得到进一步提升, 为改善患者预后做出更大贡献。

参考文献

- [1] 张俊华, 张卉卉, 王华英. 血清前白蛋白及新型炎症指标与急性肺栓塞风险分层的相关性分析[J]. 现代实用医学, 2025, 37(10): 1068-1071.
- [2] Konstantinides, S.V., Meyer, G., Becattini, C., Bueno, H., Geersing, G., Harjola, V., *et al.* (2020) 2019 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism Developed in Collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *European Heart Journal*, **41**, 543-603. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405>
- [3] 白春兰, 孙亚召, 孟杰杰, 等. 系统免疫炎症指数和胱抑素 C 在急性肺栓塞病情严重程度及预后评估中的应用[J]. 心血管康复医学杂志, 2025, 34(3): 310-317.
- [4] Righini, M., Robert-Ebadi, H. and Le Gal, G. (2024) Age-Adjusted and Clinical Probability Adapted D-Dimer Cutoffs to Rule Out Pulmonary Embolism: A Narrative Review of Clinical Trials. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article 3441. <https://doi.org/10.3390/jcm13123441>
- [5] 宋建霞, 杨越, 陈蓉, 等. 急性肺栓塞患者预后评估研究进展[J]. 分子影像学杂志, 2025, 48(7): 905-910.
- [6] 钟培雄, 陈钰, 郝金香, 等. 血浆 SCUBE-1、ADAMTS-9 及 ANG-2 水平预测急性肺栓塞严重程度及预后的价值[J]. 广东医学, 2024, 45(8): 998-1003.
- [7] 邢芳远, 郭小霞, 郭瑞霞. MLPR、NLR、RDW 对老年 AECOPD 患者合并肺栓塞的评估价值[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2024, 16(4): 599-603.
- [8] 张倩, 赵敏, 马威. 急性肺栓塞患者血清内源性配体-13 与生长分化因子-15 及葡萄糖调节蛋白 78 水平与临床预后相关性[J]. 社区医学杂志, 2024, 22(5): 148-153.
- [9] 臧传丽, 朴玉华, 朴红梅. 单核细胞计数与高密度脂蛋白比值及全身免疫炎症指数预测急性肺栓塞病情严重程度及预后的临床意义[J]. 延边大学医学学报, 2023, 46(4): 276-281.
- [10] Konstantinides, S.V., Meyer, G., Becattini, C., Bueno, H., Geersing, G., Harjola, V., *et al.* (2019) 2019 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism Developed in Collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *European Respiratory Journal*, **54**, Article ID: 1901647. <https://doi.org/10.1183/13993003.01647-2019>
- [11] Huisman, M.V., Barco, S., Cannegieter, S.C., Le Gal, G., Konstantinides, S.V., Reitsma, P.H., *et al.* (2018) Pulmonary Embolism. *Nature Reviews Disease Primers*, **4**, Article No. 18028. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2018.28>
- [12] Keller, K., Hobohm, L., Ebner, M., Kresoja, K., Münzel, T., Konstantinides, S.V., *et al.* (2020) Trends in Thrombolytic Treatment and Outcomes of Acute Pulmonary Embolism in Germany. *European Heart Journal*, **41**, 522-529. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz236>
- [13] Giri, J., Sista, A.K., Weinberg, I., Kearon, C., Kumbhani, D.J., Desai, N.D., *et al.* (2019) Interventional Therapies for Acute Pulmonary Embolism: Current Status and Principles for the Development of Novel Evidence: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*, **140**, 774-801. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000707>
- [14] 李德志, 朱玲. 危险分层对肺栓塞管理策略的指导价值[J]. 中国临床新医学, 2021, 14(4): 340-344.
- [15] Joyce, E., McMullen, J., Kong, X., O'Hare, C., Gavrilu, V., Cuttitta, A., *et al.* (2025) Performance of an Electronic Health Record-Based Automated Pulmonary Embolism Severity Index Score Calculator: Cohort Study in the Emergency Department. *JMIR Medical Informatics*, **13**, e58800. <https://doi.org/10.2196/58800>
- [16] Maraziti, G., Cimini, L.A. and Becattini, C. (2022) Risk Stratification to Optimize the Management of Acute Pulmonary

- Embolism. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, **20**, 377-387. <https://doi.org/10.1080/14779072.2022.2077194>
- [17] Liao, Y., Yang, C. and Bakeer, B. (2021) Prognostic Value of Red Blood Cell Distribution Width in Patients with Acute Pulmonary Embolism: A Protocol for Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine*, **100**, e25571. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000025571>
- [18] Ignéri, L.A. and Hammer, J.M. (2020) Systemic Thrombolytic Therapy for Massive and Submassive Pulmonary Embolism. *Journal of Pharmacy Practice*, **33**, 74-89. <https://doi.org/10.1177/0897190018767769>
- [19] Özdemir, L., Özdemir, B., Gegin, S., Aksu, E. and Pazarlı, A. (2025) Can Systemic Inflammatory Markers Be Used in Pulmonary Embolism Risk Assessment in Patients with Acute Pulmonary Thromboembolism? *Journal of Inflammation Research*, **18**, 5969-5977. <https://doi.org/10.2147/jir.s514111>
- [20] Zuin, M., Bilato, C., Quadretti, L., Vatrano, M., Navaro, M., Rigatelli, G., et al. (2022) Tasso di embolia polmonare acuta nei pazienti ospedalizzati per COVID-19 in Italia. Metanalisi aggregata [Incidence of Acute Pulmonary Embolism in Hospitalized COVID-19 Italian Patients. A Pooled Meta-Analysis]. *Giornale Italiano di Cardiologia*, **23**, 233-243. <https://doi.org/10.1714/3766.37530>
- [21] Franchin, L. and Iannaccone, M. (2025) Limitations and Future Perspectives on Pulmonary Embolism: So Far, So Good. *Interventional Cardiology: Reviews, Research, Resources*, **20**, e11. <https://doi.org/10.15420/icr.2024.45>
- [22] Leidi, A., Bex, S., Righini, M., Berner, A., Grosgrin, O. and Marti, C. (2022) Risk Stratification in Patients with Acute Pulmonary Embolism: Current Evidence and Perspectives. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 2533. <https://doi.org/10.3390/jcm11092533>
- [23] Barnes, G.D., Muzikansky, A., Cameron, S., Giri, J., Heresi, G.A., Jaber, W., et al. (2020) Comparison of 4 Acute Pulmonary Embolism Mortality Risk Scores in Patients Evaluated by Pulmonary Embolism Response Teams. *JAMA Network Open*, **3**, e2010779. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.10779>
- [24] Zahorec, R. (2021) Neutrophil-To-Lymphocyte Ratio, Past, Present and Future Perspectives. *Bratislava Medical Journal*, **122**, 474-488. <https://doi.org/10.4149/bjl.2021.078>
- [25] Fest, J., Ruiter, R., Ikram, M.A., Voortman, T., van Eijck, C.H.J. and Stricker, B.H. (2018) Reference Values for White Blood-Cell-Based Inflammatory Markers in the Rotterdam Study: A Population-Based Prospective Cohort Study. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 10566. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28646-w>
- [26] Akpınar, E.E., Hoşgün, D., Akpınar, S., et al. (2020) Platelet-To-Lymphocyte Ratio and Neutrophil-To-Lymphocyte Ratio Predict In-Hospital Mortality in Patients with Pulmonary Embolism. *International Angiology*, **39**, 430-437.
- [27] 王渝胜, 王华蕊, 朱玲. sPESI 联合 RDW 和 NLR 对急性非高危肺栓塞患者预后的预测价值[J]. *中国急救医学*, 2021, 41(4): 302-306.
- [28] Wang, B., Huang, Y. and Lin, T. (2020) Prognostic Impact of Elevated Pre-Treatment Systemic Immune-Inflammation Index (SII) in Hepatocellular Carcinoma: A Meta-Analysis. *Medicine*, **99**, e18571. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000018571>
- [29] Fois, A.G., Paliogiannis, P., Scano, V., Cau, S., Babudieri, S., Perra, R., et al. (2020) The Systemic Inflammation Index on Admission Predicts In-Hospital Mortality in COVID-19 Patients. *Molecules*, **25**, Article 5725. <https://doi.org/10.3390/molecules25235725>
- [30] Levi, M. and van der Poll, T. (2017) Coagulation and Sepsis. *Thrombosis Research*, **149**, 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2016.11.007>
- [31] Dömer, D., Walther, T., Möller, S., Behnen, M. and Laskay, T. (2021) Neutrophil Extracellular Traps Activate Proinflammatory Functions of Human Neutrophils. *Frontiers in Immunology*, **12**, Article 636954. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.636954>
- [32] Podd, B.S., Banks, R.K., Reeder, R., Telford, R., Holubkov, R., Carcillo, J., et al. (2023) Early, Persistent Lymphopenia Is Associated with Prolonged Multiple Organ Failure and Mortality in Septic Children. *Critical Care Medicine*, **51**, 1766-1776. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000005993>
- [33] López-Moreno, M., Garcés-Rimón, M., Miguel-Castro, M., Fernández-Martínez, E. and Iglesias López, M.T. (2023) Effect of Nutrition Education on Health Science University Students to Improve Cardiometabolic Profile and Inflammation Status. *Nutrients*, **15**, Article 4685. <https://doi.org/10.3390/nu15214685>
- [34] Cheng, W., Kong, F. and Chen, S. (2022) Comparison of the Predictive Value of Four Insulin Resistance Surrogates for the Prevalence of Hypertension: A Population-Based Study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **14**, Article No. 137. <https://doi.org/10.1186/s13098-022-00907-9>
- [35] 李惠萍, 胡安民, 高伟, 等. 单核细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇比值与急性肺栓塞的相关性[J]. *中国医科大学学报*, 2022, 51(2): 131-135.
- [36] Noushad, S., Ahmed, S., Ansari, B., Mustafa, U.H., Saleem, Y. and Hazrat, H. (2021) Physiological Biomarkers of Chronic Stress: A Systematic Review. *International Journal of Health Sciences*, **15**, 46-59.

- [37] Ozcan, S., Donmez, E., Tuğrul, S.Y., Şahin, İ., İnce, O., Ziyrek, M., *et al.* (2022) The Prognostic Value of C-Reactive Protein/Albumin Ratio in Acute Pulmonary Embolism. *Revista de Investigación Clínica*, **74**, 97-103. <https://doi.org/10.24875/ric.21000547>
- [38] Tayal, D., Jain, P. and Goswami, B. (2024) D-Dimer—A Multifaceted Molecule. *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*, **45**, 75-84. <https://doi.org/10.1515/hmbci-2022-0093>
- [39] 张庭强, 黄凯丽, 李多. 纤维蛋白原/白蛋白比值联合肺栓塞严重程度指数在急性肺血栓栓塞患者的病情诊断和预后评估的价值[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2023, 22(12): 858-862.
- [40] 赵贺红, 李群. 不同病情严重程度急性肺栓塞患者血清和肽素、白细胞介素-38、单核细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇、D-二聚体/纤维蛋白原变化及预后影响因素分析[J]. 陕西医学杂志, 2023, 52(9): 1186-1190.
- [41] Elmewafy, A.T., Waller, J., Alaguraja, P., Desor, K. and Antoun, I. (2025) The Prognostic Value of Troponin in Acute Pulmonary Embolism: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **106**, 3899-3916. <https://doi.org/10.1002/ccd.70243>
- [42] 李佩佩, 马耿, 齐娜, 等. 老年中、高危肺栓塞肺动脉压力变化趋势及其与预后的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(16): 3947-3950.
- [43] 潘婷, 夏蕾, 石容容, 等. CT 肺动脉造影结合血清学标志物在急性肺栓塞诊断中的应用[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2023, 21(4): 67-69.
- [44] Elshahaat, H.A., Zayed, N.E., Ateya, M.A., Safwat, M., El Hawary, A.T. and Abozaid, M.N. (2023) Role of Serum Biomarkers in Predicting Management Strategies for Acute Pulmonary Embolism. *Heliyon*, **9**, e21068. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21068>
- [45] Irmak, I., Sertçelik, Ü., Öncel, A., Er, B., İnam, G., Durhan, G., Demir, A. and Çöplü, L. (2020) Correlation of Trombosed Vessel Location and Clot Burden Score with Severity of Disease and Risk Stratification in Patients with Acute Pulmonary Embolism. *The Anatolian Journal of Cardiology*, **24**, 247-253. <https://doi.org/10.14744/anatoljcardiol.2020.55013>
- [46] Katsioupa, M., Kourampi, I., Oikonomou, E., Tsigkou, V., Theofilis, P., Charalambous, G., *et al.* (2023) Novel Biomarkers and Their Role in the Diagnosis and Prognosis of Acute Coronary Syndrome. *Life*, **13**, Article 1992. <https://doi.org/10.3390/life13101992>
- [47] Soeters, P.B., Wolfe, R.R. and Shenkin, A. (2019) Hypoalbuminemia: Pathogenesis and Clinical Significance. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, **43**, 181-193. <https://doi.org/10.1002/jpen.1451>
- [48] 陈安琪, 吴云. 血清清蛋白与急性肺栓塞危险分层及短期预后的关系[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2024, 22(5): 911-914.
- [49] 黄凯丽, 舒泸莹, 周晓莲, 等. 前白蛋白、白蛋白与 D-二聚体在急性肺栓塞病情严重程度及预后中的预测价值[J]. 广西医科大学学报, 2023, 40(7): 1206-1211.
- [50] Hamzah, A. and Dawood, T. (2024) Effect of Selenium Nanoparticle on Lipid Profile in Local Awassi Male Lambs. *Open Veterinary Journal*, **14**, 1161-1166. <https://doi.org/10.5455/ovj.2024.v14.i5.10>
- [51] 陈锦春, 高国生, 范玲燕. 血清载脂蛋白 A1 在肺栓塞中的临床价值[J]. 中国现代医生, 2023, 61(25): 27-30.
- [52] Ravn, B., Prowle, J.R., Mårtensson, J., Martling, C. and Bell, M. (2017) Superiority of Serum Cystatin C over Creatinine in Prediction of Long-Term Prognosis at Discharge from ICU. *Critical Care Medicine*, **45**, e932-e940. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002537>
- [53] 吴小燕, 钱仁怡, 吕玲春, 等. 尿酸与呼吸系统疾病相关性的研究进展[J]. 浙江实用医学, 2024, 29(1): 86-90.
- [54] Natanzon, S.S., Mansour, M., Fardman, A., Chernomordik, F., Herscovici, R., Matetzky, S., *et al.* (2025) Intermediate-risk Pulmonary Embolism: Patients' Stratification, Prognosis, and Therapeutic Options—Time to Pay Attention to the Middle Child. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article 6215. <https://doi.org/10.3390/jcm14176215>
- [55] Zhu, N., Zhang, L., Lin, S., Mao, F., Cao, C. and Chen, L. (2026) Innovative Inflammatory Burden Index for Identification of High Mortality Risk in Patients with Pulmonary Embolism: A Large Retrospective Cohort Study. *BMJ Open Respiratory Research*, **13**, e003743. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2025-003743>
- [56] 王震, 白佳玉, 李澎, 等. SIRI、AISI 和 SII 对急性肺栓塞的诊断和危险分层的预测价值[J]. 解放军医学院学报, 2024, 45(1): 53-58, 66.
- [57] Jia, D., Liu, F., Zhang, Q., Zeng, G., Li, X. and Hou, G. (2018) Rapid On-Site Evaluation of Routine Biochemical Parameters to Predict Right Ventricular Dysfunction in and the Prognosis of Patients with Acute Pulmonary Embolism Upon Admission to the Emergency Room. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, **32**, e22362. <https://doi.org/10.1002/jcla.22362>
- [58] 陈凤莲, 朱青蓝, 陈国飞. NT-proBNP、肌钙蛋白 I 及 D-二聚体水平与急性心肌梗死心功能相关性研究[J]. 中外医学研究, 2025, 23(6): 134-137.