

# 肺栓塞的诊断及预后评估

崔维娟

青海大学临床医学院 青海西宁 810001

**摘要：**肺栓塞是一种发病率与死亡率均较高的严重医疗问题。近年来，中国的肺栓塞发病率显著上升，颠覆了东亚人群发病率低的传统观念。早期诊断及风险评估可以提高急性PE患者的生存率。肺栓塞的临床表现多样，取决于栓塞范围、进展速度和患者基础状态。肺栓塞病因复杂，高危因素在诊断上可以带来一些提示。临床上一些实验室指标，比如血清D-二聚体、血气分析、血细胞参数、N-端脑利钠肽前体、心脏型脂肪酸结合蛋白、肌钙蛋白、CK、CK-MB、生长分化因子15等，与肺栓塞的发生及预后密切相关，影像学包括CT肺动脉造影（CTPA）、经胸超声心动图、外围血管检查、CT平扫、肺动脉血管造影（DSA）对肺栓塞的诊断及预后有重大意义。

**关键词：**肺栓塞；诊断；血清生物标志物；影像学方法

肺栓塞（PE）是以各种栓子阻塞肺动脉或其分支为其发病原因的一组疾病或临床综合症的总称，包括肺血栓栓塞症（PTE）、脂肪栓塞综合征、羊水栓塞、空气栓塞、肿瘤栓塞等，其中PTE为肺栓塞的最常见类型。引起PTE的血栓主要来源于下肢的深静脉血栓形成（DVT）<sup>[1]</sup>。在最新的研究中，2021年中国肺栓塞新发患者数量超过20万人，人群发病率高达14.19/10万人，其中人群死亡率1.00/10万，单纯PE人群发病率8.58/10万，而PE合并DVT患者人群发病率5.61/10万<sup>[2]</sup>。因此，急性肺栓塞的早期诊断和风险评估极为重要，及早发现风险高、预后差的患者，可以提高急性PE患者的生存率及死亡率。

## 一、临床表现

急性肺栓塞的临床表现谱多样，主要取决于栓塞范围、病情进展速度及患者的基础心肺储备功能<sup>[3]</sup>。呼吸困难是最常见的症状，可见于80%–90%的病例，尤其在体力负荷加重时出现。胸痛的发生率在40%–70%之间<sup>[4]</sup>，部分可表现为心绞痛样疼痛，而以此类胸痛为首发表现的患者中，最终确诊为肺栓塞者约占4%–12%<sup>[5]</sup>。晕厥虽相对少见（发生率11%–12%）<sup>[6]</sup>，却常构成急性肺栓塞的首发或唯一征象<sup>[7]</sup>，具有重要的警示意义。此外，约11%–30%的患者可能出现咯血<sup>[8]</sup>。近期临床研究对比证实，呼吸困难、心悸、胸痛及咯血等症状在急性肺栓塞患者中的出现频率显著高于普通肺部疾病患者<sup>[9]</sup>。因此，上述症状在一定程度上能够提示肺栓塞，为临床诊断提供线索。

## 二、高危因素

深静脉血栓（DVT）与肺血栓栓塞（PTE）属于同一疾病过程——静脉血栓栓塞症（VTE）的不同阶段，因而有相同的危险因素，这些因素均符合Virchow三角所阐述的病理生理机制：即静脉血流淤滞、血管内皮损伤及血液高凝状态。基于近年的循证医学证据，临床高危因素可系统归类如下：强关联因素包括活动性恶性肿瘤、既往VTE病史、大型外科手术（特别是骨科与腹部手术）、严重创伤（尤其是脊髓与下肢骨折）以及急性内科疾病住院等。中等风险因素涵盖高龄、肥胖、长期制动（包括长途飞行）、慢性心肺功能不全、妊娠及围产期、口服避孕药或激素替代治疗等。此外，一些新兴风险正受到关注，如炎症性肠病、肾病综合征、特定血液系统疾病（如阵发性睡眠性血红蛋白尿）及中心静脉置管等。多数患者常同时存在多种危险因素，其风险呈叠加效应。肺栓塞病因复杂、发病率高、死亡率高，因此，尽早明确诊断，从而降低肺栓塞的发病率，提高肺栓塞患者的生存率。

## 三、实验室指标

在急性肺栓塞（APE）的诊断与风险评估中，血浆D-二聚体（D-dimer）水平作为一个敏感的指标，其升高程度与肺动脉血栓阻塞的范围密切相关<sup>[10]</sup>。当APE并发肺动脉高压（PH）时，持续的高凝状态和异常的凝血-纤溶系统激活会驱动D-二聚体水平显著上升。近年研究揭示，二者之间存在一个相互加剧的“正反馈环路”：APE通过增加肺循环阻力、诱发内皮缺氧及提高

血液粘稠度,促进PH的发生与发展;反之,PH所致的微血管闭塞,又会进一步强化全身性高凝倾向和纤溶亢进,表现为D-二聚体水平持续居高不下。因此,D-二聚体不仅是血栓负荷的标志物,也是连接APE与PH、并影响患者短期预后的重要病理生理纽带<sup>[11-12]</sup>。

急性肺栓塞(APE)可引发栓塞区域肺组织水肿与不张,损害气体弥散功能,造成通气/血流(V/Q)比例失调,最终导致动脉血氧分压(PaO<sub>2</sub>)下降。这种呼吸功能障碍通常表现为低氧血症、低碳酸血症以及肺泡-动脉血氧分压差(P(A-a)O<sub>2</sub>)增大。然而,类似的动脉血气异常也广泛存在于肺炎、肺结核及肺部肿瘤等多种肺部疾病中,且部分APE患者血气结果可在正常范围,导致其在鉴别诊断中的敏感性与特异性均不理想,因此不推荐作为APE的筛查或确诊工具。近年来,证据表明,血乳酸水平作为组织灌注不足的代谢标志物,对APE患者预后具有独立预测意义。乳酸升高常提示存在心输出量降低和组织低灌注,是预后不良的预测因子<sup>[13]</sup>。因此,动脉血气分析的核心临床价值已从诊断鉴别转向风险分层与预后判断。

血细胞参数,如红细胞分布宽度(RDW)、平均血小板体积(MPV)、血小板分布宽度(PDW)以及血小板与淋巴细胞比率(PLR)、中性粒细胞与淋巴细胞比率(NLR),在急性肺栓塞(APE)的临床评估中日益受到关注。APE引发的缺氧和神经内分泌应激,可通过促进促红细胞生成素生成和NT-proBNP分泌等途径,导致RDW水平增高。与此同时,血小板的功能状态通过MPV和PDW得以体现。体积更大的血小板(高MPV)具有更强的促凝活性和聚集倾向。因此,升高的MPV和PDW被普遍认为是反映血小板活化与血栓前状态的敏感标志。综合来看,这些易于获取的血细胞参数为APE的辅助诊断、严重程度分层及预后判断提供了重要的实验室依据。

急性肺栓塞(APE)常导致右心室压力超负荷和心肌损伤,PE阻塞肺动脉后,通过血流动力学改变、气体交换障碍导致心肌缺氧缺血,于此同时损伤血管内皮,释放大量收缩血管物质,肺血管及冠状动脉收缩,进一步加重心肌缺氧缺血,导致心肌损伤,出现心脏相关生物标志物血清学水平升高,这一病理过程可通过一系列血清生物标志物进行监测与评估。

在急性肺栓塞(APE)的临床管理中,N-末端B型利钠肽前体(NT-proBNP)已成为诊断及预后评估的关

键生物标志物之一<sup>[14]</sup>。其生成主要源于APE所致右心室压力超负荷及室壁张力增高,因此血浆水平与右心功能不全的严重程度密切相关<sup>[15]</sup>。在预后判断层面,尤其对于APE合并肺动脉高压(PH)的患者,研究表明采用血清D-二聚体与NT-proBNP的联合检测策略,能够通过优势互补(前者反映血栓形成与溶解活性,后者评估心脏代偿功能),实现对患者短期死亡风险更为准确的分层与预测<sup>[16]</sup>。心脏型脂肪酸结合蛋白(H-FABP)是评估肺栓塞(PE)预后的重要生物标志物。作为一种主要存在于心肌细胞胞浆中的小分子蛋白,其在心肌缺血损伤早期即可迅速释放入血,对右心室微梗死具有高度的敏感性。研究表明,相较于主要反映心室壁张力增加的NT-proBNP,H-FABP能更早、更直接地提示心肌细胞的实质性损伤。因此,联合检测NT-proBNP与H-FABP,能够从“机械应力”与“细胞损伤”两个不同层面协同评估肺栓塞的严重程度,并为患者的长期风险评估提供互补的临床信息<sup>[17]</sup>。除此之外,在心肌损伤的监测中,肌钙蛋白(cardiac troponin,cTn)也是反应心肌损伤的重要的监测指标,多项研究表明PE的死亡率与血清中cTnI和cTnT水平升高密切相关<sup>[18]</sup>。有研究表明,PE患者血清CK和CK-MB较健康人群明显升高,且预后不良患者CK-MB水平高于预后良好患者,提示PE可能造成心肌损伤,但导致CK和CK-MB升高的因素很多,所以PE患者CK和CK-MB的升高缺乏特异性<sup>[19]</sup>。并且,一些新兴标志物提供了补充信息。生长分化因子-15(GDF-15)是转化生长因子-β(TGF-β)超家族中的一员,作为一种在细胞应激状态下被强烈诱导产生的细胞因子,其表达受多种炎症及应激信号通路的调控。现有研究已确认,GDF-15是反映心肌缺血性损伤与压力负荷过重的新型生物标志物<sup>[20]</sup>。在急性肺栓塞(PE)的病理环境中,全身性炎症反应与右心室因灌注不足导致的氧耗增加,共同构成了强烈的应激刺激,从而显著上调GDF-15的表达与释放。近年研究进一步揭示,GDF-15在预测PE患者临床结局方面具有独特价值,其血浆浓度超过1680 ng/L被证实是预示患者发生血流动力学失代偿及出血并发症的独立危险因素<sup>[21]</sup>。这些标志物的联合应用,构成了APE现代精准风险管理的基石。

近年来,除传统生物标志物外,超敏C反应蛋白(hs-CRP)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)及尿酸(UA)等指标在急性肺栓塞(APE)预后评估中的价值日益受到关注,它们被证实是APE患者预

后不良的独立影响因素<sup>[22]</sup>。·hs-CRP作为一种敏感的炎症标志物，其水平升高提示APE患者体内存在显著的炎症反应，这与血栓形成、内皮损伤及右心功能不全密切相关。·低HDL水平可能意味着其抗炎、抗氧化及保护血管内皮功能的削弱，而极低的LDL水平可能反映了患者在应激状态下的营养不良或代谢紊乱。·尿酸水平升高可能与APE引发的组织缺氧和氧化应激有关。值得注意的是，上述指标联合应用相较于单一指标能更有效地预测APE患者预后不良的风险。

#### 四、心电图

急性肺栓塞（APE）常引发一系列特征性心电图改变，其病理基础主要源于右心系统压力急剧升高所致的负荷过重。右心房扩大可表现为“肺型P波”，即在Ⅱ、Ⅲ、aVF导联出现振幅 $>0.25$  mV的高尖P波<sup>[23-24]</sup>。右心室急性扩张及压力增高可导致心脏顺钟向转位，心电图可见胸导联R波递增不良（移行区左移）及Ⅲ、aVF导联出现Q波而Ⅱ导联无Q波的特征性表现<sup>[25]</sup>。且肺动脉压急剧升高，心电图可见有电轴右偏史肺栓塞早期心电图的主要特征。同时，右室扩张牵拉右束支，可引发完全性或不完全性右束支传导阻滞（RBBB）<sup>[26]</sup>。此外，电轴右偏、S I Q III T III模式（即Ⅰ、aVL导联S波深度 $\geq 0.15$  mV）以及V1导联RBBB图形伴T波直立，均是右室心肌劳损与除极延迟的典型表现，对提示APE诊断具有重要价值<sup>[27]</sup>。

#### 五、影像学检查

CT肺动脉造影（CTPA）是确诊肺栓塞（PE）的首选影像学方法。然而，在病情不稳定或存在CT检查禁忌症的患者中，经胸超声心动图（TTE）和外周血管超声构成了重要的辅助诊断手段。TTE的核心价值在于快速评估右心室功能与压力，其发现的右心室扩大是提示PE的重要间接征象，敏感性为29%–37.5%<sup>[28]</sup>。外周血管超声则旨在直接寻找血栓来源，其对下肢深静脉血栓（DVT）的探测具有极高的准确性（敏感性97%，特异性100%）。在临床实践中，将评估心脏结构的TTE与探查外周血管的超声检查相结合，能够构建一个快速、床旁的综合诊断策略，从而弥补无法立即行CTPA的局限，提高诊断的精确性和敏感度。

CT肺动脉造影（CTPA）作为一种广泛使用的非侵入性诊断技术，在肺栓塞（PE）的诊断中具有重要地位。然而，其临床应用存在一定局限性，部分患者因造影剂过敏、肾功能不全或妊娠等因素存在检查禁忌。尽

管与数字减影血管造影（DSA）相比，CTPA具有操作更便捷、检查更及时的显著优势，但其设备要求高、检查费用昂贵，这在很大程度上限制了该技术在我国基层医疗机构的普及。鉴于基层医院承担着急性肺栓塞初筛诊断的关键任务，这种资源分布不均的现状对PE的早期识别与风险评估构成了挑战。

对于存在碘造影剂禁忌症的疑似肺栓塞患者，CT平扫提供了一种重要的替代评估手段。该技术不仅具备成本低廉、可重复性佳及无创等优势，近年来的研究更揭示了其在评估肺组织灌注方面的潜力。有研究发现，栓塞血管周围肺组织的CT值在30.51至41.10 HU范围内，其变化与肺血供状况存在关联。进一步分析显示，无论栓塞位于主肺动脉、肺动脉干或叶间动脉，其平扫CT值与CTPA所测得的肺血供参数均呈现出显著相关性<sup>[29]</sup>。这一发现表明，通过分析CT平扫图像中栓塞血管邻近区域的CT值变化，可以间接评估急性肺栓塞患者相应肺组织的血流灌注状态，为临床疗效监测和病情评估提供有价值的影像学参考。

肺动脉数字减影血管造影（DSA）历来被视为诊断急性肺栓塞（APE）的“金标准”，其敏感度与特异度均超过95%，能够精确显示栓塞的部位、范围和性质。其诊断依据包括直接与间接征象：直接征象为血管腔内造影剂充盈缺损或“轨道征”；间接征象包括肺动脉血流缓慢、局部灌注减低等。尽管诊断效能卓越，但由于DSA属有创操作，存在引发严重甚至致命性并发症的风险，且需使用碘造影剂，因此已不作为常规诊断手段。目前，其临床应用主要局限于计划进行经导管介入治疗的场合，在术中同时完成确诊与治疗。

#### 结语

肺栓塞的诊疗模式已从单一诊断转向整合临床、影像与生物标志物的综合评估体系。基于影像分析、多组学标志物联合，通过整合炎症、代谢及应激等多维度病理生理信息，能更全面地评估病情严重程度，从而为早期识别高危患者、实施个体化干预提供更有力的实验室依据。

#### 参考文献

[1] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组，中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会，全国肺栓塞与肺血管病防治协作组. 肺血栓栓塞

症诊治与预防指南[J].中华医学杂志,2018,98(14):1060-1087.

[2]Zhen K, Tao Y, Xia L, et al. Epidemiology of pulmonary embolism in China, 2021: a nationwide hospital-based study [published correction appears in Lancet Reg Health West Pac. 2025 Jan 16;54:101472. doi: 10.1016/j.lanwpc.2025.101472.]. Lancet Reg Health West Pac. 2024;54:101258. Published 2024 Dec 13. doi:10.1016/j.lanwpc.2024.101258

[3]屈文俊,马芷琴,周鑫,等.急性肺栓塞与急性下壁心肌梗死心电图的异同及误诊原因分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)医药卫生,2022(8):31-34.

[4]焦小净,龚娟妮,邝土光,等.右肺动脉闭塞及反复血栓形成:白塞病的肺血管表现[J].中国临床案例成果数据库,2022,4(1):733-733. DOI: 10.3760/cma.j.cmcr.2022.e00733.

[5]Sakr Y,Giovini M,Leone M,et al. The clinical spectrum of pulmonary thromboembolism in patients with coronavirus disease-2019(COVID-19)pneumonia:a European case series[J]. J Critical Care,2021,61:39-44. DOI:10.1016/j.jcrc.2020.09.021.

[6]周鹏,杨慧,陈咏华,等.老年急性肺栓塞心电图变化特点与临床预后的关系分析[J].中华全科医学,2020,15(6):589-592.DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.001166.

[7]Du Q,Chen B,Xu S,et al. Effectiveness of the self-fatigue assessment in guiding early postoperative ambulation in gynaecological oncology patients:study protocol for a randomised controlled trial[J].BMJ open,2022,12(6):e057733. DOI:10.1136/bmjopen-2021-057733.

[8]Goldhaber SZ,Ageno W,Casella IB,et al. Profile of patients diagnosed with acute venous thromboembolism in routine clinical practice:the RECOVERY DVT/PE study[J]. Am J Med,2020,133(8):936-945.DOI:10.1016/j.amjmed.2020.03.036.

[9]李敏.急性肺栓塞患者100例的临床表现及心电图早期特征分析[J].实用医技杂志,2024,31(06):448-452.DOI: 10.19522/j.cnki.1671-5098.2024.06.018.

[10]刘鹏,季颖群.创伤合并急性肺栓塞患者血浆D-二聚体最佳截点值探讨[J].临床心血管病杂志,2022,38(3):241-245.DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2022.03.015.

[11]LIM J,CARDLE C,ISLES C.Patients with markedly elevated D-dimer who do not have pulmonary embolism[J].

Postgrad Med J,2021,97(1144):77-82.DOI:10.1136/postgradmedj-2019-137123.

[12]GUY A,SCHEUERMEYER F X.Diagnosis of pulmonary embolism with D-dimer adjusted to clinical probability[J].CJEM,2020,22(6):774-775.DOI:10.1017/cem.2020.428.

[13]Galic K,Pravdic D,Prskalo Z,et al. Prognostic value of lactates in relation to gas analysis and acid-base status in patients with pulmonary embolism[J]. Croat Med J,2018,59(4):149-155.

[14]KLINGENBERG R,SCHLAGER O,LIMACHER A,et al.Risk stratification of elderly patients with acute pulmonary embolism[J].Eur J Clin Invest,2019,49(9):e13154. DOI:10.1111/eci.13154.

[15]刘瑞雪,向波,黄梦婷,等.年龄休克指数联合N末端脑钠肽前体对急性肺栓塞短期预后的预测价值[J].中国急救医学,2022,42(11):942-946.

[16]唐海燕,殷豆豆.血清D-二聚体和N末端脑钠肽前体与急性肺栓塞合并肺动脉高压患者疾病危险分级、肺动脉压力分级的关系及其对短期死亡的预测价值[J].实用心脑血管病杂志,2025,33(07):70-75.

[17]Dellas C,Puls M,Lankeit M,et al.Elevated heart-type fatty acid-binding protein levels on admission predict an adverse outcome in normotensive patients with acute pulmonary embolism[J].J Am Coll Cardiol,2010,55(19):2150-2157.

[18]Chauin A.The main causes and mechanisms of increase in cardiac troponin concentrations other than acute myocardial infarction (part 1):physical exertion,inflammatory heart disease,pulmonary embolism,renal failure,sepsis[J].Vasc Health Risk Manag,2021,17:601-617.

[19]李春玉,薛启婷,李跃.急性肺栓塞患者肌钙蛋白I、半胱氨酸蛋白酶抑制剂C及肌酸激酶同工酶的表达及临床意义[J].实用医院临床杂志,2023,20(6):92-95.

[20]MAY B M, PIMENTEL M, ZIMERMAN L I, et al. GDF-15 as a biomarker in cardiovascular disease[J]. Arq Bras Cardiol, 2021,116(3):494-500.

[21]SKOWROŃSKA M, SKRZYŃSKA M, MACHOWSKI M, et al. Plasma growth differentiation factor 15 levels for predicting serious adverse events and bleeding in acute pulmonary embolism:a prospective observational

study[J]. *Pol Arch Intern Med*, 2020,130(9):757-765.

[22]李苗苗, 罗志武.CT参数及患者血清hs-CRP、尿酸、血脂与急性肺栓塞患者预后不良的相关性[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2025, 46(16): 1547-1551.DOI: CNKI: SUN: QQHB.0.2025-16-009.

[23]陈春兰, 许和平, 卓小岸, 等.心电图QRS和S波变化百分比是诊断急性肺栓塞的重要依据[J]. *内科急危重症杂志*, 2021, 27(4): 304-314. DOI: 10.11768/nkjwzzzz20210411.

[24]Zhao R,Hao X,Wang F,et al. The characteristic and dynamic electrocardiogram changes on hyperkalemia in a hemodialysis patient with heart failure:a case report[J]. *J Geriatr Cardiology*,2022,19(2):163-166.DOI:10.11909/j.issn.1671-5411.2022.02.010.

[25]Gong M,Chen G,Zhao B,et al. Rescue catheter-based therapies for the treatment of acute massive pulmonary

embolism after unsuccessful systemic thrombolysis[J]. *J Thromb Thrombolysis*,2021,51(3):805-813. DOI:10.1007/s11239-020-02255-9.

[26]鲁莉苹.骨折患者术中急性肺栓塞心电图示S\_I\_Q\_III T\_III现象1例[J]. *中国乡村医药*, 2020, 27(3): 48-49. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5180.2020.03.031.

[27]Somani SS,Hossein H,Sukrit N,et al. Development of a machine learning model using electrocardiogram signals to improve acute pulmonary embolism screening[J]. *Eur Heart J Digit Health*,2021,3(1):56-66. DOI:10.1093/ehjdh/ztab101.

[28]秦诗阳, 房亮, 曹雪松, 等.超声心动图评价急性肺栓塞患者溶栓前后左室舒张功能[J]. *临床超声医学杂志*, 2020, 22(11): 829-833.

[29]马玉萍, 栾丽.CT平扫与CTPA在肺栓塞邻近肺组织血供变化中的诊断价值对比[J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2024, 22(06): 657-660+665.