

# 肺动脉栓塞研究及法医学鉴定

王玉芳<sup>1</sup>, 侯艳臣<sup>2</sup>, 陈彦飞<sup>3</sup>, 范颖<sup>1</sup>, 贾杰<sup>1</sup>

<sup>1</sup>内蒙古迪安司法鉴定中心, 内蒙古 呼和浩特

<sup>2</sup>内蒙古锡林郭勒盟东乌朱穆沁旗公安刑侦大队, 内蒙古 锡林郭勒

<sup>3</sup>内蒙古锡林郭勒盟公安局, 内蒙古 锡林郭勒

收稿日期: 2026年3月1日; 录用日期: 2026年3月24日; 发布日期: 2026年4月2日

## 摘要

肺动脉栓塞(PE)是栓子阻塞肺动脉及其分支引发的肺循环与呼吸功能障碍疾病, 其中静脉血栓栓塞(VTE)最为常见, 栓子多来源于下肢深静脉。血栓栓塞的发病核心为Virchow三联征, 血栓随血流阻塞肺动脉后, 可引发肺动脉高压、右心功能不全等连锁反应, 还会激活凝血纤溶系统诱发全身炎症反应, 刺激迷走神经加重器官损害。PE的临床表现以呼吸困难、胸闷为常见初始症状, 晕厥、恶心呕吐等亦较为典型, 严重时可致休克, 高危群体包括长期卧床者、血液透析患者及肺癌患者等。急性PE早期溶栓治疗关键但风险较高, 危重症患者机械性与药物预防联合应用效果更优。法医学尸检需通过观察血栓形态、组织病理学检查明确诊断, 排除其他致死因素, 结合多类资料依据规范判定死因。PE起病急、死亡率高, 常涉纠纷案件, 鉴定需全面结合案情与检验结果综合评估。

## 关键词

法医学, 肺动脉栓塞, 尸检, 鉴定

# Research on Pulmonary Artery Embolism and Forensic Medical Appraisal

Yufang Wang<sup>1</sup>, Yanchen Hou<sup>2</sup>, Yanfei Chen<sup>3</sup>, Ying Fan<sup>1</sup>, Jie Jia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Inner Mongolia Di'an Forensic Science Center, Hohhot Inner Mongolia

<sup>2</sup>Inner Mongolia Xilingol Dongwu Zhumuqin Public Security Bureau Criminal Investigation Team, Xilingol Inner Mongolia

<sup>3</sup>Inner Mongolia Xilingol Public Security Bureau, Xilingol Inner Mongolia

Received: March 1, 2026; accepted: March 24, 2026; published: April 2, 2026

## Abstract

Pulmonary embolism (PE) is a disease that causes dysfunction of the pulmonary circulation and

respiratory function due to the obstruction of the pulmonary artery and its branches by emboli. Among them, venous thromboembolism (VTE) is the most common, and the emboli mostly originate from deep veins of the lower extremities. The core of thromboembolism pathogenesis is Virchow's triad. After the thrombus blocks the pulmonary artery with the blood flow, it can trigger a series of reactions such as pulmonary hypertension and right heart failure, and also activate the coagulation and fibrinolysis system to induce systemic inflammatory response and stimulate the vagus nerve to aggravate organ damage. The common initial symptoms of PE include dyspnea and chest tightness, while syncope, nausea and vomiting are also typical. In severe cases, it can lead to shock. High-risk groups include long-term bedridden patients, hemodialysis patients and lung cancer patients. Early thrombolytic therapy for acute PE is crucial but risky. For critically ill patients, the combined application of mechanical and drug prevention is more effective. In forensic autopsy, the diagnosis of PE needs to be confirmed by observing the morphology of the thrombus and conducting histopathological examination, excluding other fatal factors, and determining the cause of death based on multiple types of data in accordance with the norms. PE has an acute onset and a high mortality rate, and is often involved in dispute cases. The identification needs to comprehensively evaluate the case and the test results.

## Keywords

Forensic Medicine, Pulmonary Artery Embolism, Autopsy, Appraisal

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

肺动脉栓塞(Pulmonary Embolism, PE)是一种因栓子阻塞肺动脉或肺动脉分支, 从而造成肺循环和呼吸功能障碍。根据栓子的种类可以进一步分为: 血栓栓塞、气体栓塞、异物栓塞, 在临床医学和法医学鉴定中最为常见的是血栓栓塞, 即来源于静脉的血栓栓塞(Venous Thromboembolism, VTE) [1]。VTE 的血栓主要来源是下肢深静脉内形成的血栓, 其他的少量来源包括心脏附壁血栓、盆腔静脉或上肢静脉形成的血栓。

## 2. PE 的发病机制

各种原因引起的静脉血流停滞、内皮细胞壁损伤和高凝状态, 即 Virchow 三联征, 是血栓形成的主要因素[2]。长期卧床、肢体长期制动或久坐不动是静脉血流停滞的常见原因, 血管内皮细胞损伤是由机械性损伤或炎症反应所造成, 人体的血液高凝状态则是由遗传因素或获得性因素导致。

PE 的发病机制由凝血功能、纤溶系统、炎症反应等复杂过程相互促进所致[3]。血管内皮细胞在维持血管稳态中起重要作用, 当外伤等各种原因造成血管内皮细胞的完整性被破坏后, 血管通透性增加, 可以促进血栓形成。此外, 内皮细胞的功能障碍还可能通过释放炎症介质, 进一步加剧炎症反应和血栓形成。炎症反应产生炎症因子(如 IL-6、TNF- $\alpha$ )后释放可以促进血液高凝状态, 增加血栓形成的风险, 而且血栓形成过程中也可能引发局部或全身炎症反应, 进一步加剧血栓的形成和肺血管的损伤, 进而促进人体的血栓形成和血管闭塞。在血管内血栓形成和栓塞于血管内的过程中, 可以激活凝血和纤溶系统, 从而释放大量炎症介质(如细胞因子、趋化因子等), 进而引发全身性炎症反应, 导致人体多器官功能障碍。

血栓在静脉内形成后可沿血液流动方向进入上下腔静脉, 而后通过右心房、右心室, 进入肺动脉系

统。当血栓进入肺动脉系统后,沿血液走行的血管管径会逐渐变窄,血栓最终被阻塞于血管管腔内。此时,肺动脉的血管阻力增加,导致局部血流受阻,右心室会泵出的血液阻力增大,进而引起肺动脉高压。为保障供血量,右心室后加大泵血强度,持续的肺动脉高压会加重右心负担,造成急性右心功能不全,严重时可发展为急性右心功能衰竭[1]。由于肺动脉血栓的存在影响了肺部的血管灌注,使肺部血液供给不畅,可进一步加重人体的低氧血症。为了缓解右心室泵血阻力,人体会大量地分泌儿茶酚胺,使得心肌耗氧量持续增加,如果 PE 未能得到有效救治,右心功能不全则会进一步加重。持续的肺动脉高压会导致左心室充盈压升高,进而造成左心室功能障碍,最终影响全身的血液循环[4]。

此外,肺动脉栓塞可以刺激迷走神经,从而引发肺动脉、冠状动脉、支气管及支气管动脉的痉挛,持续的痉挛可以造成机制血氧饱和度下降,进一步加重心脏及其他器官的损害[1]。

### 3. 栓子的形成

PE 的栓子通常是凝血块、脂肪滴、空气泡或其他异物,其随着血液移动并在血管分叉或狭窄处形成阻塞,使局部血流受阻,PE 最常见的栓子是血栓。

血小板、纤维蛋白是血栓栓子的主要成分。血管损伤或炎症反应时血小板发生聚集,并形成初步的止血栓,接着血液中的纤维蛋白原转化为纤维蛋白,并将血小板和其他成分粘合在一起,最终形成稳定的血栓栓子。血栓栓子可以在局部发生溶解,也可以随着血流流动,最终阻塞在远端血管内。根据血栓的不同形态可分为红色血栓、白色血栓、混合血栓。红色血栓主要由红细胞构成,内含少量的纤维素和白细胞,外观呈暗红色或紫黑色,表面较光滑、湿润且富有弹性。白色血栓主要由血小板和少量纤维素构成,外观呈灰白色,表面粗糙且质地较硬。混合血栓则是由大量红细胞、血小板梁及较多纤维素和白细胞组成,外观呈灰白色和红褐色交替层状。3种血栓可以通过肉眼及显微镜下进一步鉴别,可以作为分析血栓形成过程的重要依据。

脂肪滴也可以形成栓子,外伤骨折、脂肪组织损伤或手术等均可产生脂肪栓子。当脂肪滴进入血流后,可以在小血管阻塞。空气泡栓子多产生在医疗程序中,如空气在进行心导管检查或静脉输液时不慎进入血管内,在血液中形成气泡,气泡在局部聚集后阻塞血管。

### 4. PE 的临床表现

呼吸困难 PE 患者最常见的初始症状,可从轻度不适至完全丧失意识,其进展过程迅速,主要与肺动脉高压和右心功能衰竭有关。由于肺部循环的阻力增加,导致右心室压力负荷增大,如果不能有效减轻右心室压力负荷就会发生急性右心衰竭,引发低血压和全身多器官低灌注。计算机断层扫描肺动脉造影(CTPA)和肺通气灌注显像(V/Q 显像)是 PE 早期诊断的重要技术方法[5]。CTPA 通过直接成像肺动脉内的血栓,提供高敏感性和特异性的诊断依据;V/Q 显像则通过评估肺通气和灌注的匹配情况,间接提示肺动脉阻塞的存在。长久卧床、肢体长期制动的患者如果突发呼吸困难,应考虑 PE 的可能性,并及时进行相关检查措施以明确诊断,避免误诊。

胸闷的病因复杂,诊断和治疗需要综合考虑多种因素。在临床上,胸闷的病因包括:气胸、肺炎、冠状动脉疾病、心肌缺血、心律失常、PE 等各种呼吸系统和循环系统疾病。胸闷是 PE 早期的主要临床症状之一,表现为突然发作的剧烈胸闷,常伴有呼吸急促和心动过速。

PE 患者发生晕厥的比例较前两种临床症状相对较低,但仍然是主要临床症状,且是患有高血压和冠心病史患者的重要危险因素之一。高血压患者由于脑动脉硬化,当肺栓塞发生后可导致回心血量减少,进而使脑灌注量减少,从而引起一过性脑缺血而引发晕厥。冠心病患者存在自主神经功能失调,当栓子堵塞肺动脉后引发肾上腺素的释放,当血浆中去甲肾上腺素、血管紧张素 II 及内皮素 1 释放增加时,高

肾上腺素状态会增强左心室收缩并限制其充盈,使传出神经迷走反应增强,导致心率减慢、房室传导延迟从而引发晕厥。由于右心室功能障碍和左心室充盈不足导致的动脉血压降低是引发晕厥主要原因,因此中心型和骑跨型的 PE 发生晕厥,前文中所提的 PE 可引起血管迷走性反射,也是中发晕厥的主要原因之一[1]。

恶心呕吐是空气栓塞的主要临床症状,当气体进入血液循环后会刺激血管壁,造成血管痉挛和局部组织缺血,继而引发迷走神经兴奋,使胃肠道蠕动增加,从而引起恶心和呕吐。同时,当气体进入脑部血管后会刺激中枢神经系统,导致呕吐中枢兴奋,进一步引发恶心呕吐。此外,气泡进入心脏后,会干扰心脏的正常功能,导致心律失常和心功能不全,这些病理变化也会通过神经反射机制引发恶心和呕吐[6]。

PE 引发右心室功能不全后,体循环减少、血压下降,会出现面色苍白、四肢厥冷和休克等临床表现。

## 5. 易发生 PE 的群体

除了前文中所述的长久卧床、长期肢体制动患者外,血液透析患者、肺癌患者也是易发生 PE 的群体。据报导[7],肺癌患病发生 PE 的比率为 7.0%至 13%,而且大部分属于非典型的 PE。

## 6. PE 的治疗措施

在急性 PE 的治疗中,溶栓治疗是早期最为重要的治疗措施,其目的在于通过快速溶解血栓方式开通被阻塞的血管,解除肺动脉高压状态,从而改善患者的血流动力学状态。但溶栓治疗存在着较高的出血风险,这使得其在临床应用中需要谨慎评估。一方面要考虑血管阻塞对患者生命危害的紧迫,另一方面也要考虑出血对患者生命的不利危害,这种两难的境遇极度考验临床医生的技术和抉择,有时无论选择哪个都未能将患者生命挽留,在后期产生医疗纠纷后,法医鉴定人也只能以事后诸葛亮的视角看到医生在诊疗过程中的不足,而忽略了如果选择另一种方法也未必就一定得到满意的结果。特别是在情况紧急,状态下要求医生迅速作出判断时,笔者建议法医鉴定人在进行医疗损害鉴定人还应以临床医生的视角综合评价。

机械性预防在危重症患者中的应用已成为 PE 的重要策略之一,在危重症患者中给予机械性预防与药物预防的联合应用效果优于单纯药物预防[8]。但选择机械性预防方法时应根据患者的个体情况和病情变化等综合考虑确定。

## 7. PE 的法医学尸检鉴定

通过法医学尸检可以排除其他可能的致死因素(如,冠心病、机械性窒息、中毒等),特别是在涉及医疗纠纷的案件中,由于多种疾病与 PE 的临床症状相似,若患者起病急促且死亡经过较短,其难以明确作出死因推断。通过法医学尸检评估死者的全身状况,有助于发现死者生前存在的 PE 风险因素。由于肺动脉栓塞患者通常伴有其他心血管疾病(如,冠状动脉疾病、慢性肺疾病等),全面掌握死者生前所患疾病,有助于理清其肺动脉栓塞发生所产生的责任。

PE 的法医学尸检鉴定是指通过法医病理解剖学技术直接观察肺动脉内的血栓情况,通过观察和测量血栓的大小、形态和分布情况,并拍照记录,作为出具死亡原因的重要依据。血栓栓子多源自下肢深静脉内,形态与深静脉内径形态吻合,通常呈长条圆柱形,表面暗红色或夹杂较浅的杂色,手触之可感其质地较硬,但容易捏碎,由于血管内血栓多是随着血液流动而阻塞的,故与所发现的血管壁处连接松散。也有的血栓栓子呈卷曲状、骑跨状或折叠状[1],解剖时在死者的下肢腓静脉、深静脉中或可发现血栓形成。

法医学尸检时还可以通过组织病理学检查,进一步观察鉴别 PE。通常 PE 死者的肺组织可见散在水

肿和出血, 并可见部分区域肺泡形态萎陷和另一部分区域代偿性肺气肿并存的表现, 有的死者肺组织可见有肺动脉及支气管痉挛, 或者肺动脉内血管内凝血。血栓的组织病理学切片鉴别前述中所述的红色血栓、白色血栓和混合血栓, 血栓中可见机化的成纤维细胞、胶原纤维或含铁黄素颗粒等。大部分 PE 死者的肝、脾、脑、肾等器官表现为小静脉扩张和血管内淤血等[1]。工作实践中, 如果出现临床诊断与法医学尸检结果不一致时, 应考虑到案件可能涉及医疗损害纠纷。由于对于 PE 的诊断, 临床多遵循循证医学的方法, 因患者病症不典型或因其他伴发疾病的误导或可能存在误诊。而法医学尸体死亡原因鉴定具有检验性质, 特别是病理组织学检验是疾病诊断的金标准, 因此笔者认为, 宜以法医学尸体检验的结果作为最终认定结论。

## 8. PE 研究与法医学鉴定应用

PE 具有起病急、进展快、死亡率高的特点, 多见于工作期间猝死、交通事故休治期间死亡或住院期间死亡等纠纷案件中。在鉴定前, 法医鉴定人应当全面了解案情, 重点关注死亡是否存在卧床、制动近期病史, 特别是因神经系统疾病瘫痪或下肢骨折的患者, 对于肺癌、长期服用抗精神病药物病史的死者也应当开展 PE 的重点排除性检验。

通过尸检发现有 PE 的情况时, 不能草率认定为 PE 致死, 还应排除存在其他致死因素, 如中毒、窒息等。并非所有的 PE 都足以致死, 死亡原因可能是 PE 继发肺内感染或合并心脏疾病, 或因 PE 引发呼吸、心跳停止后心肺复苏后因继发脑水肿而死亡[1]。在进行死亡原因分析时, 应依据委托方提供的案情调查资料、病历资料、影像学资料, 结合尸体解剖检验和病理组织学检验情况, 依据 GA/T 1968-2021《法医学死亡原因分类及其鉴定指南》相关条款规定, 分析其直接死因和根本死因。

## 参考文献

- [1] 官大威. 法医病理司法鉴定实务[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2025: 659-663.
- [2] 王姣姣, 解汝娟. 特发性膜性肾病静脉血栓形成机制的研究进展[J]. 临床与病理杂志, 2022, 42(9): 2301-2306.
- [3] 李安强, 史浩, 牛启兵, 等. 低分子肝素钙对急性深静脉血栓大鼠血清 IL-6 和 TNF- $\alpha$  水平的影响[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2016, 23(9): 1121-1124.
- [4] 陈虹, 翟振国. 第六届世界肺动脉高压大会专家意见解读之一——专家组工作报告概要解读[J]. 中国实用内科杂志, 2019, 39(11): 956-959.
- [5] 薛霖, 熊长明. 计算机断层摄影肺动脉造影与核素肺通气/灌注显像在肺血栓栓塞症诊断与随访中的价值研究进展[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(11): 1142-1144.
- [6] 梁云平, 韩兴冰, 巩宜栋. CT 引导下肺穿刺活检继发动脉系统空气栓塞 1 例[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(11): 1161-1162.
- [7] 梅茵, 黄立学, 刘晔, 等. 老年肺癌患者静脉血栓栓塞症风险预测工具的比较研究[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(19): 2333-2338.
- [8] 石佳, 贾佳, 李国福. 危重症患者静脉血栓栓塞症风险评估及预防研究进展[J]. 中国实用内科杂志, 2019, 39(2): 185-188.