

# Anatomy of pulmonary embolism and lower extremity venous thrombosis

Yumei Guo Lin Zhang Haizhou Li Ren Su Xiaojie Yang

Department of Cardiology, Third Ward, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou VTE Quality Control Center, Zhengzhou, Henan, 450000, China

## Abstract

**Objective:** To investigate the correlation between the anatomical distribution characteristics of pulmonary embolism (PE) and lower extremity venous thrombosis in patients with PE. **Methods:** Data were collected from inpatients at Zhengzhou Central Hospital affiliated with Zhengzhou University who were diagnosed with PE via pulmonary CT angiography and enhanced chest CT between January 2021 and December 2023. The pulmonary embolism segment, location of lower extremity venous thrombosis, and their correlation were analyzed. **Results:** Among the 109 patients, the male-to-female ratio was approximately 6:4, with ages ranging from 19 to 79 years, and the highest proportion was in the 50-70 age group. Ultrasound results of lower extremity venous vessels were available in 80 patients, and 72 cases were complicated by lower extremity venous thrombosis. Bilateral pulmonary embolism was the most common, followed by right lung, with the left lung being the least affected. No lower extremity venous thrombosis was observed in 37 patients, while 72 cases had venous thrombosis, which showed no correlation with pulmonary embolism ( $p = 0.67$ ). There was also no statistically significant difference in the relationship between the location of venous thrombosis and pulmonary embolism ( $p = 0.72$ ). **Conclusion:** No correlation was found between lower extremity venous thrombosis and pulmonary embolism, or between the location of venous thrombosis and pulmonary embolism in patients with PE.

## Keywords

pulmonary embolism; deep vein thrombosis; pulmonary artery segment

## 肺动脉栓塞与下肢静脉血栓的解剖关系分析

郭玉梅 张琳 李海洲 苏荏 杨晓洁

郑州大学附属郑州中心医院心血管内科三病区郑州市 VTE 质控中心, 中国·河南 郑州 450000

## 摘要

**目的:** 探讨肺栓塞 (PE) 患者不同肺动脉栓塞与下肢静脉血栓解剖分布特征的相关性。**方法:** 收集2021年1月至2023年12月郑州大学附属郑州中心医院住院的、经肺动脉CT血管成像和胸部增强CT确诊的院内PE患者资料, 分析肺动脉栓塞段、下肢静脉血栓位置及两者相关性。**结果:** 109例患者中, 男女比例约6:4, 年龄19 - 79岁, 50 - 70岁占比最高。80例有下肢静脉血管超声结果, 72例合并下肢静脉血栓。双肺栓塞居多, 右肺次之, 左肺最少。37例无下肢静脉血栓, 72例有, 且下肢静脉血栓与肺栓塞无相关性 ( $p = 0.67$ ); 静脉血栓位置与肺动脉栓塞位置关系也无统计学差异 ( $p = 0.72$ )。**结论:** 肺栓塞患者下肢静脉血栓与肺栓塞、静脉血栓位置与肺动脉栓塞位置均无相关性。

## 关键词

肺动脉栓塞; 深静脉血栓形成; 肺动脉段

## 1 引言

肺栓塞 (PE) 是一种因全身静脉系统中的栓子, 涵盖血栓、脂肪、羊水、肿瘤及空气等, 经静脉回流至右心, 进而阻塞肺动脉系统, 引发以肺循环障碍为核心的一系列临床病理生理综合征。其中, 由血栓栓子导致的肺血栓栓塞症 (PTE) 最为常见<sup>[1-2]</sup>。相关估算表明, PE 的年发病率处于 39 - 115/100,000 人这一区间<sup>[3]</sup>。静脉血栓栓塞症 (VTE) 是

引发心血管并发症和死亡的重要因素, 在相关病因中排名第三, 仅次于卒中和心肌梗死<sup>[4]</sup>。引发 PTE 的血栓多源自静脉系统或右心, 深静脉血栓 (DVT) 是主要来源。栓子阻塞肺动脉或其分支, 会致使肺循环、右心功能以及呼吸功能出现障碍, 通常被统称为 PE。国际注册登记研究显示, PE 患者 7 天全因病死率为 1.9% - 2.9%, 30 天全因病死率为 4.9% - 6.6%。VTE 全因病死率高峰出现在初始治疗 6 个月内, 之后显著下降, 且 PTE 患者病死率明显高于单纯 DVT 患者<sup>[5]</sup>。肺栓塞栓子可能来自下腔静脉路径、上腔静脉路径或右心腔, 下肢深静脉是主要来源。多数 PE 由 DVT 引发, 约 70% 的 PE 患者下肢存在 DVT; 近端 DVT (腘静脉、股

【作者简介】郭玉梅 (1981-), 女, 中国河南郑州人, 硕士, 主任医师, 从事冠心病、心律失常研究。

静脉或髂静脉血栓)患者中,约 50% 伴有有症状或无症状的 PE<sup>[5]</sup>。肺栓塞可发生于单一或多个部位,病理检查发现,多部位或双侧血栓栓塞更为普遍。影像学检查显示,栓塞更易出现在右侧和下肺叶<sup>[6]</sup>。PTE 发生后,局部栓塞区域可能继发血栓形成,影响疾病发展。本研究聚焦于不同下肢静脉血栓与肺动脉段栓塞部位的相关性。

## 2 资料与方法

### 2.1 临床资料

收集我院 2021 年 1 月—2023 年 12 月住院期间 CTA 确诊为肺栓塞患者 109 例,其中女 44 例,男 65 例;年龄 19~79(62.15±13.43)岁;DVT 患者共 72 例:左下肢静脉血栓 25 例,右下肢静脉血栓 26 例,双下肢静脉血栓 21 例。根据不同部位 DVT 病理解剖部位分为股腘静脉组(n=27)、小腿肌间静脉组(n=30)、胫腓腘静脉组(n=15)。纳入标准:住院期间发生肺动脉栓塞。排除标准:院外明确诊断肺动脉栓塞患者。

### 2.2 资料收集及特征定义

为开展相关研究,需全面收集患者多方面信息,具体涵盖性别、年龄、既往病史、合并疾病状况、CT 肺动脉造影(CTPA)检查结果、下肢血管彩色多普勒超声检查数据、D2 聚体指标以及抗凝治疗的相关情况。其中,合并疾病主要涉及恶性肿瘤、活动性出血疾病这两类。在治疗方案上,药物选择丰富多样,包含肝素、维生素 K 拮抗剂、新型口服抗凝剂以及溶栓药物等。非药物治疗手段则有下腔静脉滤器置入术。依据血栓所在部位,将患者进行科学分组:左下肢深静脉血栓(LDVT)患者归为左下肢组;右下肢 LDVT 患者归为右下肢组;双侧 LDVT 患者归为双侧下肢组。同时,把左下肢组与右下肢组合并为单侧下肢组。接下来,深入分析左下肢组、右下肢组以及双侧下肢组患者的临床特征表现。着重探究 LDVT 患者发生肺栓塞的危险因素,明确哪些因素会增大患病风险。并且,对比不同下肢静脉血栓位置和肺动脉栓塞段之间是否存在关联。在诊断肺栓塞时,以 CTPA 检查作为“金标准”,仔细观察是否存在肺动脉充盈缺损这一关键指标,以此准确判断患者是否患有肺栓塞。

## 3 统计学分析和结果

应用 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析。符合正态分布的计量资料以( $\bar{X} \pm s$ )表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验和 t 检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

109 例患者中男 65 例(59.63%,吸烟 20 例),女 44 例(40.37%,吸烟 1 例);年龄 19~79(62.15±13.43)岁。肺栓塞患者中 50 岁以下 17 例,占 15.59%,50~70 岁 64 例,占 58.72%,70 岁以上者 28 例,占 25.69%。109 例肺栓塞患者中 80 例(73.39%)有下肢静脉血管超声结果,其中合并下肢静脉血栓患者有 72 例(66.06%),72 例患者中男 39 例(54.17%),女 33 例(48.83%),年龄

17~95(62.15±13.43)岁。肺栓塞合并下肢静脉血栓患者中 50~70 岁 43 例,占 59.72%;109 例肺栓塞患者中双肺栓塞 62 例(56.88%),右肺栓塞 36 例(35.78%),左肺栓塞 11 例(7.34%);肺动脉栓塞中共有 37 例无下肢静脉血栓,72 例有下肢静脉血栓。其中无下肢静脉血栓中单侧肺栓塞 17 例,双侧肺栓塞 20 例;有下肢静脉血栓中单侧肺栓塞 30 例,双侧肺栓塞 42 例,下肢静脉血栓与肺栓塞之间无相关性,p=0.67。左下肢静脉血栓 25 例,其中单侧肺栓塞 9 例,双侧肺栓塞 16 例;右下肢静脉血栓 26 例,其中单侧肺栓塞 13 例,双侧肺栓塞 13 例;双下肢静脉血栓 21 例,其中单侧肺栓塞 8 例,双侧肺栓塞 13 例;分析静脉血栓位置与肺动脉栓塞位置关系,p=0.72,无统计学差异。D2 聚体与肺动脉栓塞之间存在统计差异,p < 0.01(表 1)

表 1 肺动脉栓塞患者临床特征比较

临床特征	单肺动脉栓塞 (n=47)	双肺动脉栓塞 (n=62)	p 值
下肢静脉血栓			
是	30	42	0.72
否	17	20	0.72
性别			
男	26	38	0.026
女	21	24	
恶性肿瘤			
是	7	8	0.827
否	41	53	
D2 聚体阳性			
是	38	45	0.000
否	9	15	

## 4 讨论 发病机制与风险因素分析

肺动脉栓塞的形成与进展和深静脉血栓存在紧密关联。在特定因素的诱发下,深静脉内的血栓栓子会发生脱落或游离,随后顺着血液循环向近端移动,最终进入肺动脉主支及其分支,进而引发急性肺动脉栓塞。深静脉血栓形成(Deep vein thrombosis, DVT)属于一种静脉回流障碍性疾病,是由于血液在深静脉内异常凝结所导致的,该病症常见于下肢<sup>[7]</sup>。而肺栓塞(Pulmonary embolism, PE)指的是肺动脉或者其分支被血栓阻塞(部分情况下阻塞物也可能是脂肪或空气)。肺动脉血栓最有可能的来源是腿部深静脉的血栓栓塞<sup>[8]</sup>,这种情况在三分之一的 DVT 患者身上会出现。

静脉血栓栓塞症(Venous thromboembolism, VTE)涵盖了深静脉血栓(DVT)与肺栓塞(PE)这两种病症。从全球范围来看,深静脉血栓已然成为引发死亡和导致发病的一个主要可预防因素。就美国的情况而言,每年因深静脉血栓和肺栓塞而失去生命的人数在 60,000 至 100,000 之间。在人体正常的生理状态下,血液里促凝血因子与抗凝血因子处于平衡状态,这种平衡能够有效避免血管内血栓的形成。而静脉淤滞三联症(像长时间静止不动、充血性心力衰竭等情

况)、内皮损伤(例如经历手术、遭受创伤等状况)以及高凝状态(比如患有癌症、存在易栓症等情形),都是影响血栓形成的因素。其中,静脉淤滞是引发深静脉血栓最为关键的因素,不过内皮损伤或者高凝状态的出现,也会使深静脉血栓形成的可能性增大。

住院患者面临着静脉淤滞的风险,并且由于还可能存在其他一些影响因素,相较于社区患者,他们发生深静脉血栓的风险更高。对于深静脉血栓的预防,主要针对静脉淤滞(采用机械方法)或者高凝状态(运用药物预防)这两个方面。住院患者发生深静脉血栓的风险显著增加,概率大约为50%,而深静脉血栓风险的上升也会进一步增加肺栓塞的发生几率。肺栓塞是住院患者中较为常见,同时也是可预防的导致死亡的原因之一。然而,目前仅有50%的住院患者接受了深静脉血栓的预防措施。实际上,在住院患者群体中积极预防深静脉血栓,能够有效降低深静脉血栓和肺栓塞的发生风险,进而降低死亡率和发病率。

深静脉血栓的预防策略分初级与次级两种。通常优先选择初级预防,借助药物及机械手段来防止深静脉血栓形成。而二级预防应用较少,它涵盖通过筛查手段进行早期检测,以及对亚临床深静脉血栓展开治疗<sup>[9]</sup>。肺动脉栓塞一旦发生,会阻塞血管,破坏血液循环系统,进而使患者出现相应临床症状。研究表明,血栓形成是引发急性肺动脉栓塞的关键因素。以往研究指出,急性肺动脉栓塞的栓子多源于腘静脉上端至髂静脉段的深静脉<sup>[10]</sup>。不过,近期研究有了新发现,肺动脉栓塞患者静脉血栓的高发部位是小腿肌间静脉。这或许是因为此处血管细小,血液流动迟缓,难以顺利进入下肢深、浅静脉,致使静脉血液处于高凝状态。而且血流速度减缓、血液黏稠度升高,会损伤血管内皮细胞,促使血小板聚集并释放多种促凝物质,最终诱导血栓形成<sup>[11-12]</sup>。刘奇志等<sup>[13]</sup>经多因素分析发现,小腿肌间静脉、腘静脉及胫后静脉是诱发急性肺动脉栓塞的主要危险因素。静脉血栓栓塞(VTE)疾病年发病率为1.6%,不同解剖位置的受累率不同,如远端静脉40%、腘静脉16%等<sup>[14]</sup>。还有研究显示,单发静脉管腔>7mm或多发静脉管腔>5mm的小腿肌间静脉血栓,发生PE的风险更高<sup>[15]</sup>。

本文研究结果呈现:股腘静脉组、胫腓静脉组以及小腿肌间静脉组在引发肺动脉栓塞方面,并无统计学层面的差异。在72例有下肢静脉血栓的患者里,单纯小腿肌间静脉血栓有30例,占比41.67%;合并小腿肌间静脉血栓的有49例,占比达68.06%。这警示我们,在临床工作中,除重视股、腘、胫腓静脉血栓外,小腿肌间静脉血栓同样不容忽视。在所有肺动脉栓塞患者中,双肺动脉栓塞占比较大,这与以往认为右肺动脉平直、栓塞发生率高于左肺动脉的观点不同。本研究109例肺栓塞患者中,37例未发现深静脉血栓,其血栓可能源于上肢静脉或右心系统。所以,对于高凝状态或易栓症患者,临床工作中不仅要关注下肢静脉血栓,

还需留意上肢静脉及右心系统有无血栓,尤其是合并房颤的患者。

Wei Huang等研究指出,肺动脉栓塞或许与较高的脂肪酸不饱和度、磷脂酰胆碱等存在一定关联<sup>[16]</sup>。另有研究发现,肺栓塞及其预后和炎症指标等相关<sup>[17]</sup>。Cox C研究发现,D-二聚体的成熟综合诊断策略,可识别VTE可能性低的患者,无需影像学检查就能安全排除诊断<sup>[18]</sup>。Jingqiu Zhang等研究通过平衡D2聚体的敏感性与特异性,联合单一超声提升了患者PE的预测价值<sup>[19]</sup>。不过,无论肺栓塞与哪些指标相关,D2聚体阳性仍是诊断肺动脉栓塞的标准之一,尽管也有D2聚体阴性的肺动脉栓塞个案报道<sup>[20]</sup>。

## 5 结论

本研究和其他研究相同,肺动脉栓塞和D2聚体阳性明显相关,所以,针对D2聚体阳性的患者,一定要查是否存在静脉系统血栓,必要时查肺动脉CTA。本研究还发现,虽然肺动脉栓塞和吸烟无关( $p=0.222$ ),但肺动脉栓塞在男女中也存在一定差异,综合分析年龄、合并冠心病、糖尿病及感染方便无统计学差异,但吸烟在男女中有统计学差异( $p < 0.01$ ),推测也可能和男性患者吸烟有关。总之,在临床中要预防肺栓塞,D2聚体化验非常关键,临床中除了关注下肢静脉血栓,同时也要关注上肢深静脉血栓以及其他部位的血栓。

## 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] 中国健康促进基金会血栓与血管专项基金专家委员会,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.医院内静脉血栓栓塞症防治与管理建议[J].中华医学杂志,2018.98(18):1383-1388.
- [3] J. KOOIMAN, F.A. KLOK, I.C.M. MOS. Incidence and predictors of contrast-induced nephropathy following CT angiography for clinically suspected acute pulmonary embolism. *Journal of Thrombosis and Haemostasis* Volume 8, Issue 2, February 2010, Pages 409-411.
- [4] Gregor Lindner MD, Georg-Christian Funk MD, Carmen A. pfortmueller MD. D-dimer to Rule Out Pulmonary Embolism in Renal Insufficiency. *The American Journal of Medicine* Volume 127, Issue 4, April 2014, Pages 343-347.
- [5] 邵翔,翟振国,王辰.医院相关性静脉血栓栓塞症[1].中华医学杂志,2018,98(46):3792-3794.
- [6] Salinas P, Jalil BA, Dugar S. Ultrasound in Pulmonary Embolism. *Crit Care Clin.* 2025 Jul;41(3):455-479. doi: 10.1016/j.ccc.2025.02.002. Epub 2025 Apr 8.
- [7] 中华医学会外科学分会血管外科学组,《中国血管外科杂志(电子版)》2017年12月第9卷第4期。

- [8] Caceres J, Barnes GD. Pulmonary Embolism Response Teams. *Med Clin North Am.* 2025 Jul;109(4):875-885. doi: 10.1016/j.mcna.2025.01.005.
- [9] Madhu Badireddy, Vasudeva Ranjit Mudipalli. *Deep Venous Thrombosis Prophylaxis.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.2023 May 7.
- [10] 刘向东,赵家宁,梁玉龙,等. 下肢深静脉血栓并发急性肺栓塞的肺内血栓分布特点及血管腔内治疗的临床效果[J]. *中国介入影像与治疗学*,2014,11(12):771-774.
- [11] 陈王涛,李娟,汪越君,等. 妇科手术后下肢深静脉血栓特点及引发肺栓塞的因素研究[J]. *血栓与止血学*,2022,28(3):462-463.
- [12] 刘翠景,靳占义,赵雅培,等. 完整下肢深静脉加压超声检查诊断急性肺栓塞的价值[J]. *河北医药*,2020,42(22):3401-3404.
- [13] 刘奇志,吴卫华,陈洁,等. 超声下不同部位下肢静脉血栓与肺栓塞发生的相关性分析[J]. *中国临床医学*,2020,27(4):620-623.
- [14] Sheikh M. Waheed, Pujitha Kudaravalli, David T. Hotwagner. *Deep Vein Thrombosis.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.2023 Jan 19.
- [15] Robert—Ebadi H. Management of distal deep vein thrombosis [J]. *Thromb Res*, 2017, 149(1): 48-55.
- [16] Wei Huang, Yan Zou, Kun Zhang. Two-sample Mendelian randomization analysis reveals causal relationships between blood lipids and venous thromboembolism *Haematologica.* 2024 Sep 1;109(9):2978-2987.
- [17] Levent Özdemir, Burcu Özdemir, Savaş Gegin, Esra Aksu, Ahmet Pazarlı, Can Systemic Inflammatory Markers Be Used in Pulmonary Embolism Risk Assessment in Patients with Acute Pulmonary Thromboembolism?, *Journal of Inflammation Research*, 10.2147/JIR.S514111, Volume 18, (5969-5977), (2025).
- [18] Cox C, Roberts LN. Basics of diagnosis and treatment of venous thromboembolism *J Thromb Haemost.* 2025 Apr;23(4):1185-1202. doi: 10.1016/j.jtha.2025.01.009. Epub 2025 Feb 10.
- [19] Jingqiu Zhang , Jin Wang , Yongping Lu .Pulmonary Embolism Risk Assessment in Acute Isolated Distal Deep Venous Thrombosis. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2024 Sep; 34(9): 1127-1129.
- [20] Al-Anbagi U, Saad A, Ibrahim T, Nashwan A J. Massive Pulmonary Embolism With Negative D-dimer: A Case Report. *Cureus.* 2024 Dec 23;16(12):e76270.