

# 血栓弹力图在评估肺部感染患者凝血状态中的研究现状

何 田<sup>1,2</sup>, 曾 怡<sup>2</sup>, 张 静<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>成都中医药大学医学与生命科学学院, 四川 成都

<sup>2</sup>四川省医学科学院·四川省人民医院呼吸与危重症医学科, 四川 成都

收稿日期: 2025年12月27日; 录用日期: 2026年1月21日; 发布日期: 2026年2月2日

## 摘 要

肺部感染通常是指肺部受到细菌、真菌、病毒等各种感染所致肺泡、肺间质或终末气道发生炎症性改变的疾病。肺部感染常并发凝血功能紊乱, 是导致病情进展及不良预后的关键因素。传统的凝血功能检测指标如凝血酶原时间、活化部分凝血活酶时间及D-二聚体等, 在评估肺部感染患者复杂的凝血状态时特异性较差, 易受年龄、性别、手术、肿瘤等因素的影响, 存在一定局限性。血栓弹力图(Thrombelastography, TEG)通过血栓弹力仪绘制动态变化的血液凝固图像, 得到反应时间(Reaction Time, R)、凝固时间(Kinetics Time, K)、最大振幅(Maximum Amplitude, MA)、 $\alpha$ 角(Alpha Angle,  $\alpha$ )、凝血综合指数(Coagulation Index, CI)等指标, 可反映血液凝固的动态变化。近年的研究表明, 血栓弹力图在指导抗凝、评估预后等方面发挥了重要作用。文章旨在系统综述血栓弹力图在评估肺部感染患者凝血状态中的研究现状, 以期为临床精准评估与管理肺部感染患者的凝血功能提供新的思路和依据。

## 关键词

血栓弹力图, 肺部感染, 凝血功能, 静脉血栓栓塞症

# Research Status of Thromboelastography in Evaluating the Coagulation Status of Patients with Pulmonary Infection

Tian He<sup>1,2</sup>, Yi Zeng<sup>2</sup>, Jing Zhang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine and Life Sciences, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu Sichuan

\*通讯作者。

文章引用: 何田, 曾怡, 张静. 血栓弹力图在评估肺部感染患者凝血状态中的研究现状[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 428-434. DOI: 10.12677/acm.2026.162410

Received: December 27, 2025; accepted: January 21, 2026; published: February 2, 2026

## Abstract

Pulmonary infection refers to inflammation of the alveoli, lung interstitium, or terminal airways induced by infections (e.g., bacteria, fungi, viruses). It is often complicated by coagulation dysfunction, a key driver of disease progression and poor prognosis. Traditional coagulation tests (e.g., prothrombin time (PT), activated partial thromboplastin time (APTT), D-dimer) lack specificity in assessing the complex coagulation status of these patients and are susceptible to confounding factors (e.g., age, gender, surgery, tumors), with inherent limitations. Thromboelastography (TEG) traces the time-dependent viscoelastic changes of a developing clot, yielding parameters such as reaction time (R), kinetics time (K), maximum amplitude (MA), alpha angle ( $\alpha$ ), and the coagulation index (CI), reflecting the dynamic changes in blood coagulation. Recent studies have highlighted its critical role in guiding anticoagulant therapy and prognostic evaluation. This article systematically reviews the research progress of TEG in evaluating coagulation function in patients with pulmonary infection, aiming to provide novel insights and evidence for the clinically accurate assessment and management of coagulation disorders in this population.

## Keywords

Thromboelastography, Pulmonary Infection, Coagulation Function, Venous Thromboembolism

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

肺部感染与凝血功能异常之间存在密切且复杂的双向关系，这种相互作用被统称为“炎症-凝血瀑布反应”。在感染或脓毒症的病理演进过程中，机体常触发凝血系统的级联激活，导致纤维蛋白在血管内及血管外间隙发生病理性沉积。该过程与全身性炎症反应风暴、代谢紊乱及血流动力学失衡等因素相互交织、协同放大，共同驱动微循环功能障碍与组织有效灌注减少，最终可引致以多器官结构与功能损伤为特征的病理结局。肺脏兼具高灌注与对炎性介质高度敏感的生理特性，因此成为该病理过程中最易受累的首要靶器官之一。

## 2. 肺部感染与凝血功能障碍

研究表明，在实验性脓毒症模型中，有效干预凝血通路能够显著减轻肺损伤与局部炎症反应，这揭示了炎症与凝血之间存在关键的交叉调控机制[1]。多种炎症介质在启动外源性凝血途径、下调天然抗凝物质的表达及削弱抗凝功能等方面发挥重要的作用，同时在外源性细菌、病毒等病原体的作用下，通过血小板的聚集及细胞因子、趋化因子的分泌[2]。导致机体凝血因子大量消耗[3]，引起纤维蛋白血栓[4]，同时抑制血栓的溶解[5]。这些机制共同作用，导致血栓形成，危及患者生命。

## 3. 感染凝血功能评估：D-二聚体的应用瓶颈与替代策略

在肺部感染的病理进程中，失控的炎症反应是驱动凝血-抗凝平衡失调的核心环节，可诱发静脉血栓栓塞等严重并发症，进而加剧病情，甚至进展为多器官功能障碍。因此，早期、精准地评估凝血功能

对于风险分层与干预至关重要。D-二聚体是纤溶酶降解交联纤维蛋白后产生的特异性降解产物，临床上常用于反映凝血激活与纤溶亢进，其敏感性高，血栓性疾病如急性静脉血栓栓塞、肺栓塞等均可致 D-二聚体升高，临床中主要用其阴性预测价值排除疾病。然而，其特异性较差，易受年龄、出血、肿瘤、手术等多种因素的影响，阳性预测价值较低[6]，因此，需要一种特异性更高的检测手段作为补充。血栓弹力图作为一种全凝血功能检测技术，能提供从凝血启动到纤维蛋白溶解的完整过程图谱，有效规避了传统指标的诸多干扰。例如，TEG 的 R 值主要反映内源性凝血途径的功能，且不受维生素 K 拮抗剂的影响；MA 值则直接评估血小板的聚集功能，其结果与阿司匹林或氯吡格雷等抗血小板药物的使用无显著相关性，能更真实地反映患者内在的凝血状态，为临床决策提供更为可靠的依据[7]。

#### 4. 血栓弹力图(TEG)的原理、参数解析及其临床定位

血栓弹力图(Thrombelastography, TEG)由德国人 Hartert 于 1948 年基于凝血弹性力学原理发明[8]，其核心在于模拟并监测人体内环境下的凝血 - 纤溶全过程。该技术可实时绘制凝血 - 纤溶动态过程的三维曲线(时间 - 强度 - 稳定性)，全面评估凝血级联反应、血小板功能及纤溶系统活性[9]。模拟人体内环境下凝血 - 纤溶的整个过程，从而实现对凝血功能的全景式评估。

TEG 曲线及其衍生参数为凝血功能的全景式评估提供了关键信息[10]，有研究表明，TEG 的 R 值与凝血酶原时间(Prothrombin Time, PT)、部分活化凝血酶原时间(Activated Partial Thromboplastin Time, APTT)线性相关，K 值、 $\alpha$ -Angle、MA 与纤维蛋白原(Fibrinogen, FIB)、血小板计数(Platelet, PLT)线性相关。两者有较强相关性，但一致性欠佳，不能相互替代[11]。

#### 5. TEG 在评估肺部感染患者中的研究现状

##### 5.1. 病情严重程度动态评估

TEG 参数与肺部感染的严重程度密切相关，能够动态反映患者凝血状态的演变。肺炎链球菌是肺部感染最常见的病原体，其感染与凝血功能紊乱密切相关。肺炎链球菌肺炎可诱发促凝状态、广泛的局部及全身炎症反应，并导致肺内纤维蛋白沉积[12]。肺炎链球菌肺炎患者的蛋白 C 通路功能受损、凝血功能障碍及纤溶抑制更为显著，其血浆 D-二聚体水平亦显著升高[13]，在动物实验中，链球菌感染后 TEG 显示  $\alpha$  角增大，MA 升高[14]，提示体内存在高凝状态，并且随着病情的加重，这种情况更加普遍，例如，一项针对成人肺炎患者的研究发现，高达 84.8% (28/33) 的重症患者至少存在一项提示高凝的 TEG 参数异常，主要表现为凝血因子活性增强(R 值缩短)、血凝块形成加速(K 值降低、 $\alpha$  角增大)及凝血强度增加(MA 值升高)[15]，这一比例显著高于轻症患者的 72.7% (24/33)[16]。在合并有全身炎症反应综合征(Systemic Inflammatory Response Syndrome, SIRS)的重症患者中，其 K 值明显降低( $1.6 \text{ min} \pm 0.9 \text{ min}$  vs  $2.33 \text{ min} \pm 1.42 \text{ min}$ )， $\alpha$  角增大( $72.97^\circ \pm 7.01^\circ$  vs  $67.77^\circ \pm 8.88^\circ$ )，其凝血功能障碍与器官衰竭和死亡的高发生率有关[17]。儿童支原体肺炎中，同样观察到 R 值与 K 值显著降低，而 MA、CI 及  $\alpha$  角显著升高，其中 CI 值被证实是影响患儿病情严重程度的独立相关因素[18]。血栓弹力图有助于临床医生快速评估患者凝血功能状态，改善预后。

##### 5.2. 预测多种关键并发症

TEG 在预测肺部感染相关严重并发症方面具有独特优势。由严重急性呼吸系统综合征冠状病毒 2 型(SARS-CoV-2)引起的新型冠状病毒感染(COVID-19)，其临床特征显著表现为一种以高凝状态为主的凝血功能障碍，血栓性事件(尤其是静脉血栓栓塞，Venous Thromboembolism, VTE)的发生率远高于出血事件。有研究数据显示，COVID-19 住院患者中 VTE 的合并率高达 17.2% 至 38.0% [19]。值得注意的是，即使在标准预防性抗凝治疗下，部分重症患者仍发生 VTE，这揭示了其背后存在一种异常强烈的促凝机制。

[20]。有研究显示,中性粒细胞胞外诱捕网(Neutrophil Extracellular Traps, NETs)的释放是 COVID-19 中微血管血栓形成的核心环节之一。一方面, SARS-CoV-2 通过 Ang II/AT1R 轴激活肾素-血管紧张素系统[21]。另一方面, SARS-CoV-2 可直接感染内皮细胞,加剧局部损伤。释放 NETs,使得 D 二聚体、凝血酶和纤维蛋白降解产物含量升高、血小板减少和凝血时间延长,进而导致导管血栓形成和血管阻塞事件(脑血管事件、肢体缺血等)[22],一项动物试验显示,使用氯喹(NETs 抑制剂)抑制 NETs 后,使用 TEG 对小鼠的凝血功能进行监测,可以观察到 CI 的明显降低[23]。Panigada 等的研究显示,重症患者的 MA 值显著升高,且与 D-二聚体水平呈正相关。更重要的是,异常的 TEG 参数(尤其是 MA 值 > 65 mm)与后续发生的 VTE 事件显著相关,其预测价值优于单一的 D-二聚体检测[24]。

真菌感染时,菌丝对血管壁的直接侵袭可导致内皮细胞损伤与组织因子表达上调,进而触发血管内血栓形成与组织梗死[25],因此对于真菌感染,临床上主张立即启动联合抗真菌与抗凝治疗,以防止其进展到左心房并发生危及生命的全身性栓塞[26],检测 TEG 指标进行抗凝治疗,可以减少真菌所致血栓形成的风险[27]。

结核病是静脉血栓栓塞的独立危险因素(OR = 1.55, 95% CI: [1.23, 1.97])[28],在活动性结核患者中 VTE 的发病率约为 3.5% [29],除了血浆纤维蛋白原和因子 VIII 增加,纤溶酶原激活抑制物 1、反应性血小板增多,血浆蛋白 C 和抗凝血酶 III 的水平降低等多重因素外,反应性淋巴结肿大局部压迫静脉亦是重要诱因[28][30]。在抗结核治疗时,血栓栓塞风险依然存在[31],可能与作为抗结核一线用药的利福平的使用有关,因其被证实可能损伤血管内皮,从而增加血栓栓塞风险[32]。相较于常规凝血指标,血栓弹力图可以直观性地观察到药物对凝血功能的影响[33],应用 TEG 评估患者的凝血功能状态优于常规凝血指标[34]。

在支原体肺炎中,支原体通过直接侵袭肺内呼吸道上皮及形成抗原抗体复合物招募炎症细胞加重局部血管内皮损伤,同时暂时降低抗凝蛋白活性,使得机体处于高凝状态。Henan 的研究表明,TEG 指标可用于预测儿童支原体肺炎合并血栓的病情预后及凝血检测[35],合并血栓组的 R 值低于未合并血栓组(2.13 min  $\pm$  0.85 min vs 5.31 min  $\pm$  1.94 min,  $p < 0.05$ );合并血栓组的 K 值低于未合并血栓组(0.86 min  $\pm$  0.37 min vs 2.24 min  $\pm$  0.79 min,  $p < 0.05$ );合并血栓组  $\alpha$  角高于未合并血栓组(79.96°  $\pm$  5.45° vs 58.62°  $\pm$  8.07°,  $p < 0.05$ );合并血栓组 MA 高于未合并血栓组(79.13 mm  $\pm$  7.54 mm vs 59.75 mm  $\pm$  8.65 mm,  $p < 0.05$ );合并血栓组 CI 值高于未合并血栓组(4.80  $\pm$  0.39 vs 2.08  $\pm$  0.73,  $p < 0.05$ )。TEG 参数还与肺炎合并 2 型糖尿病患者高凝状态的发生相关,其特异性和敏感度高,可预测肺炎合并 2 型糖尿病高凝状态的发生[36]。通过 TEG 监控患者的凝血功能紊乱,有助于减少血栓形成风险,预测 VTE 的发生。

在预测急性呼吸窘迫综合征方面,TEG 的价值尤为突出。一项有关重症肺炎合并急性呼吸窘迫综合征(Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS)的研究发现,与存活患者相比,死亡患者的 R 值(6.21 min  $\pm$  0.72 min vs 3.42 min  $\pm$  0.51 min)、K 值(3.84 min  $\pm$  0.96 min vs 1.07 min  $\pm$  0.32 min)、MA (68.33 mm  $\pm$  12.30 mm vs 49.84 mm  $\pm$  10.29 mm)水平显著降低,  $\alpha$  角(53.41°  $\pm$  8.52° vs 74.12°  $\pm$  10.27°)、CI 值(1.64  $\pm$  0.75 vs 3.21  $\pm$  1.0)水平显著升高[37]。这表明,死亡患者凝血时间缩短,血栓形成时间增快,MA 水平的降低则提示死亡患者血小板功能出现受损,纤维蛋白原增多。高 CI 水平提示机体处于高凝状态。这种“高凝与消耗并存”的复杂状态,是 ARDS 患者预后不良的重要标志,而 TEG 能够全面捕捉这一特征。

弥散性血管内凝血(Disseminated Intravascular Coagulation, DIC)是重症肺炎患者的严重并发症之一,预示着疾病危重,通过整合 TEG、D-2 聚体、中性粒细胞侧向荧光强度(Neutrophil Side Fluorescence Intensity, NE-SFI),可更精准地识别重症肺炎患者的 Pre-DIC 状态,其效能优于单一指标(AUC = 0.987) [38]。

### 5.3. 指导个体化抗凝治疗

在肺部感染,特别是 COVID-19 的抗凝管理中,TEG 正从评估工具走向治疗决策的核心。COVID-19

相关的凝血功能障碍具有明显的异质性和时相性。Ganesh Mohan 等人的研究显示, 部分 COVID-19 患者入院时的 TEG 呈现高凝状态, 随着 COVID-19 炎症的减轻, TEG 指标显示纤维蛋白溶解活性逐渐增加, 因此 TEG 指标有助于区分 COVID-19 相关凝血功能障碍的分期[39], 另一项针对危重症肺炎的细致分层研究显示, 相较于非重症肺炎的患者, 危重症肺炎患者的 R 值延长至  $5.26 \text{ min} \pm 0.71 \text{ min}$ , 极危重症患者的 R 值延长至  $10.32 \text{ min} \pm 1.25 \text{ min}$  (vs 非重症患者  $3.73 \text{ min} \pm 0.58 \text{ min}$ ,  $p < 0.05$ ), K 值增加至  $2.18 \text{ min} \pm 0.42 \text{ min}$ ;  $3.69 \text{ min} \pm 0.83 \text{ min}$  (vs  $1.24 \text{ min} \pm 0.25 \text{ min}$ ,  $p < 0.05$ ),  $\alpha$  角缩小至  $71.21^\circ \pm 5.18^\circ$ ;  $53.43^\circ \pm 4.08^\circ$  (vs  $74.95^\circ \pm 6.47^\circ$ ,  $p < 0.05$ ), MA 值降低至  $62.04 \text{ mm} \pm 4.74 \text{ mm}$ ;  $48.72 \text{ mm} \pm 2.73 \text{ mm}$  (vs  $67.23 \text{ mm} \pm 5.78 \text{ mm}$ ,  $p < 0.05$ ), 危重症组和极危重症组 K 值、R 值升高, MA 值和  $\alpha$  角降低, 且极危重症组较危重症组更为显著[40]。这种凝血功能的转变反映了疾病进展至极期时出现的消耗性凝血功能障碍或弥散性血管内凝血(DIC)的早期阶段, 此时凝血因子和血小板被大量消耗, 导致从高凝状态向低凝状态的转变。因此, TEG 不仅能识别早期高凝, 更能捕捉到病情恶化时凝血功能的动态转折, 为病情评估提供了更全面的视角, 并借此指导临床的抗凝治疗, 对于 COVID-19 肺炎患者的抗凝剂选择和剂量提供参考, 降低出血风险[41]。

通过识别 TEG 参数明确提示高凝的患者, 对其进行重点抗凝干预, 避免对低凝状态患者的过度治疗。对于 MA 值显著增高的患者, 可能需要更强化的抗凝或抗血小板治疗; 而对于 R 值显著延长、提示凝血因子缺乏的患者, 则需谨慎使用抗凝药, 甚至需要补充凝血因子。TEG 能够实时监测抗凝治疗对凝血功能的影响, 帮助医生在预防血栓的同时, 最大限度地降低出血风险。依据 TEG 指标调整抗凝剂的选择和剂量, 可改善这一类患者的临床结局。

## 6. 结语

肺部感染与凝血功能障碍之间存在着错综复杂的“炎症-凝血瀑布反应”, 这一病理生理过程是驱动病情恶化、引发 VTE 及 ARDS 等严重并发症的核心环节。传统的凝血功能检测指标虽在临床上广泛应用, 但其“碎片化”的评估模式难以捕捉体内真实的、动态的凝血全貌, 在指导个体化抗凝治疗时存在固有瓶颈。

血栓弹力图(TEG)作为一种全局性的功能性凝血监测工具, 在此领域展现出了独特的价值和广阔的应用前景。当前的研究现状清晰地表明, TEG 能够超越传统指标, 为肺部感染患者的凝血状态提供一份动态、整体且具功能性的“全景图谱”。无论是细菌性肺炎、结核感染, 还是备受关注的 COVID-19 和肺炎支原体感染, 研究数据一致证实, TEG 参数(如缩短的 R/K 时间、增大的  $\alpha$  角和 MA 值)能够灵敏地识别出常规检测易忽略的高凝状态, 并与疾病严重程度、VTE 及 ARDS 风险密切相关。尤为重要的是, TEG 能够揭示疾病极期可能出现的由高凝向低凝转化的动态过程, 为预警消耗性凝血病提供了关键窗口。

在临床实践层面, TEG 正从辅助诊断工具向治疗决策导航仪的角色演进。它通过对高凝表型的精准识别, 为实现抗凝治疗的个体化奠定了基础——包括识别“肝素抵抗”、指导抗凝药物升级、评估抗血小板治疗的必要性。这有助于临床医生在“血栓”与“出血”的平衡木上做出更精准的决策, 有望改善患者预后。

然而, 将 TEG 全面整合进肺部感染的常规管理仍面临挑战。未来研究需致力于开展大规模、前瞻性随机对照试验。同时, 建立不同病原体、不同人群特异的 TEG 诊断临界值, 并结合其他生物标志物(如 D2 聚体、NETs、特定炎症因子)构建多模态预测模型。综上所述, 血栓弹力图为深入理解和管理肺部感染相关的凝血紊乱开启了新的视角, 尽管前路仍需探索, 但其在指导个体化抗凝治疗、改善患者临床结局方面, 无疑蕴含着巨大的潜力和光明的前景。

## 参考文献

- [1] Levi, M., Schultz, M.J., Rijneveld, A.W. and van der Poll, T. (2003) Bronchoalveolar Coagulation and Fibrinolysis in Endotoxemia and Pneumonia. *Critical Care Medicine*, **31**, S238-S242. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000057849.53689.65>
- [2] Mandel, J., Casari, M., Stepanyan, M., Martyanov, A. and Deppermann, C. (2022) Beyond Hemostasis: Platelet Innate Immune Interactions and Thromboinflammation. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 3868. <https://doi.org/10.3390/ijms23073868>
- [3] 杜清珍. 重症肺部感染患者血清炎症因子、凝血功能与 SchE 水平变化及意义[J]. 吉林医学, 2021, 42(12): 2975-2976.
- [4] 李荣华, 杨植, 武慧娟, 等. 重症肺炎患者凝血功能与下肢深静脉血栓形成的关联[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(16): 2429-2433.
- [5] Xu, J., Lupu, F. and Esmon, C.T. (2010) Inflammation, Innate Immunity and Blood Coagulation. *Hämostaseologie*, **30**, 5-9. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1617146>
- [6] 张凤. 纤维蛋白原和 D-二聚体检测在肺栓塞诊断中的价值[J]. 中国实用医刊, 2014, 41(3): 122-123.
- [7] 杨志刚, 任颖, 张洁. 血栓弹力图与常规凝血相关指标诊断肿瘤术后产生深静脉血栓的价值研究[J]. 系统医学, 2024, 9(16): 1-4.
- [8] Hartert, H. (1984) Resonance Thrombography. *Biorheology*, **23**, 15-22. <https://doi.org/10.3233/bir-1984-23s104>
- [9] 蔡毅, 崔华, 范利. 血栓弹力图研究进展概况[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2014, 16(11): 1217-1218.
- [10] 周薇, 李幼生. 血栓弹力图的临床应用及进展[J]. 肠外与肠内营养, 2011, 18(5): 314-316+318.
- [11] 陈冠伊, 欧阳锡林, 吴靖辉, 等. 血栓弹力图与常规凝血四项评价临床患者凝血功能的对比研究[J]. 中国实验血液学杂志, 2015, 23(2): 546-551.
- [12] Rijneveld, A.W., Weijer, S., Bresser, P., Florquin, S., Vlasuk, G.P., Rote, W.E., et al. (2006) Local Activation of the Tissue Factor-Factor Viia Pathway in Patients with Pneumonia and the Effect of Inhibition of This Pathway in Murine Pneumococcal Pneumonia. *Critical Care Medicine*, **34**, 1725-1730. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000218807.20570.c2>
- [13] Vail, G.M., Xie, Y.J., Haney, D.J. and Barnes, C.J. (2009) Biomarkers of Thrombosis, Fibrinolysis, and Inflammation in Patients with Severe Sepsis Due to Community-Acquired Pneumonia with and without Streptococcus Pneumoniae. *Infection*, **37**, 358-364. <https://doi.org/10.1007/s15010-008-8128-6>
- [14] Roy, K., Bertelsen, M.F., Pors, S.E., Johansen, K.W., Kristensen, A.T., Kjelgaard-Hansen, M., et al. (2014) Inflammation-Induced Haemostatic Response in Layer Chickens Infected with *Streptococcus equi* subsp. *Zooepidemicus* as Evaluated by Fibrinogen, Prothrombin Time and Thromboelastography. *Avian Pathology*, **43**, 364-370. <https://doi.org/10.1080/03079457.2014.938608>
- [15] 陆小蒨, 莫玉华, 李勇. 血栓弹力图在重症肺炎患者中凝血功能紊乱的研究[J]. 黑龙江中医药, 2019, 48(3): 151-153.
- [16] 钟昌莉, 张本蓉, 张文龙, 等. 血栓弹力图评估新型冠状病毒肺炎患者凝血功能的临床价值[J]. 中国输血杂志, 2021, 34(8): 864-867.
- [17] Kiliç, Y., Topçu, İ., Bambal, H. and Çivi, M. (2014) Thromboelastography in the Evaluation of Coagulation Disorders in Patients with Sepsis. *Turkish Journal of Medical Sciences*, **44**, 267-272. <https://doi.org/10.3906/sag-1210-99>
- [18] 桂晶晶, 金阿全, 万瑜, 等. 血栓弹力图在肺炎支原体肺炎患儿病情评估中的应用价值[J]. 中国全科医学, 2022, 25(21): 2624-2628.
- [19] 陈贞, 吴志雄. 新型冠状病毒肺炎和肺栓塞[J]. 老年医学与保健, 2021, 27(5): 1092-1096.
- [20] Hanff, T.C., Mohareb, A.M., Giri, J., Cohen, J.B. and Chirinos, J.A. (2020) Thrombosis in COVID-19. *American Journal of Hematology*, **95**, 1578-1589. <https://doi.org/10.1002/ajh.25982>
- [21] 何罗宜, 陆庆元, 刘晶晶, 等. 新型冠状病毒肺炎并肺栓塞之诊治研究新进展[J]. 广东医学, 2022, 43(10): 1196-1199.
- [22] Gómez-Mesa, J.E., Galindo-Coral, S., Montes, M.C. and Muñoz Martin, A.J. (2021) Thrombosis and Coagulopathy in COVID-19. *Current Problems in Cardiology*, **46**, Article 100742. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2020.100742>
- [23] Boone, B.A., Murthy, P., Miller-Ocuin, J., Doerfler, W.R., Ellis, J.T., Liang, X., et al. (2018) Chloroquine Reduces Hypercoagulability in Pancreatic Cancer through Inhibition of Neutrophil Extracellular Traps. *BMC Cancer*, **18**, Article No. 678. <https://doi.org/10.1186/s12885-018-4584-2>
- [24] Panigada, M., Bottino, N., Tagliabue, P., Grasselli, G., Novembrino, C., Chantarangkul, V., et al. (2020) Hypercoagulability

- of COVID-19 Patients in Intensive Care Unit: A Report of Thromboelastography Findings and Other Parameters of Hemostasis. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, **18**, 1738-1742. <https://doi.org/10.1111/jth.14850>
- [25] Kamai, Y., Chiang, L.Y., Lopes Bezerra, L.M., Doedt, T., Lossinsky, A.S., Sheppard, D.C., *et al.* (2006) Interactions of *Aspergillus fumigatus* with Vascular Endothelial Cells. *Medical Mycology*, **44**, S115-S117. <https://doi.org/10.1080/13693780600897989>
- [26] Stein, P.D., Denier, J.E., Goodman, L.R., Matta, F. and Hughes, M.J. (2018) Pulmonary Vein Thrombosis in Patients with Medical Risk Factors. *Radiology Case Reports*, **13**, 1170-1173. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2018.07.031>
- [27] 张善斌, 肖劲逐, 张国庆, 等. 来自同一供体的肾移植患者术后并发移植肾毛霉菌感染[J]. 器官移植, 2015, 6(5): 340-344.
- [28] Dentan, C., Epaulard, O., Seynaeve, D., Genty, C. and Bosson, J. (2014) Active Tuberculosis and Venous Thromboembolism: Association According to International Classification of Diseases, Ninth Revision Hospital Discharge Diagnosis Codes. *Clinical Infectious Diseases*, **58**, 495-501. <https://doi.org/10.1093/cid/cit780>
- [29] Danwang, C., Bigna, J.J., Awana, A.P., Nzalé, R.N. and Robert, A. (2021) Global Epidemiology of Venous Thromboembolism in People with Active Tuberculosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, **51**, 502-512. <https://doi.org/10.1007/s11239-020-02211-7>
- [30] Kechaou, I., Cherif, E., Ben Hassine, L. and Khalfallah, N. (2014) Deep Vein Thrombosis and Tuberculosis: A Causative Link? *BMJ Case Reports*, **2014**, bcr2013200807. <https://doi.org/10.1136/bcr-2013-200807>
- [31] Joshi, J., Bansal, S. and Utpat, K. (2017) Systemic Thrombosis Due to Pulmonary Tuberculosis. *The National Medical Journal of India*, **30**, Article 201. <https://doi.org/10.4103/0970-258x.218672>
- [32] White, N.W. (1989) Venous Thrombosis and Rifampicin. *The Lancet*, **2**, 434-435.
- [33] Johnson, S.T., Fueger, J.T. and Gottschall, J.L. (2007) One Center's Experience: The Serology and Drugs Associated with Drug-induced Immune Hemolytic Anemia—A New Paradigm. *Transfusion*, **47**, 697-702. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2007.01173.x>
- [34] 宋海燕, 孟祥红, 李冠群. 血栓弹力图在重症结核患者凝血功能状态评估中的价值探讨[J]. 感染、炎症、修复, 2014, 15(3): 174-175.
- [35] 崔利丹, 金志鹏, 苏军, 等. 血栓弹力图在儿童重症支原体肺炎凝血监测中的价值[J]. 河南医学研究, 2021, 30(21): 3861-3865.
- [36] 鲁敏, 陈小丽, 戴静华. 外周血 PLR、FIB 联合血栓弹力图在肺炎合并 2 型糖尿病患者高凝状态评估中的应用[J]. 解放军医药杂志, 2022, 34(9): 55-59.
- [37] 王锦秀. 应用血栓弹力图评估重症肺炎致 ARDS 预后的研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 桂林医学院, 2023.
- [38] 吴锋, 钟丹锋, 周素芹. D-D、NE-SFI、联合 TEG 对重症肺炎患者弥散性血管内凝血前状态的诊断价值[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(18): 6-13.
- [39] Mohan, G., Wilson, W., Paonam, B., Vaidya, A., Ravindra, P., Shastri, S., *et al.* (2022) Utility of Thromboelastography and Velocity Curve Derivative in Diagnosing COVID-19 Associated Coagulopathy. *International Journal of Laboratory Hematology*, **44**, 823-830. <https://doi.org/10.1111/ijlh.13876>
- [40] 梁光辉, 张克昌, 张国良. TEG 联合凝血功能对重症肺部感染患者病情程度及预后的评估价值[J]. 中南医学科学杂志, 2023, 51(5): 778-780.
- [41] Wang, J., Hajizadeh, N. and Shore-Lesserson, L. (2022) The Value of Thromboelastography (TEG) in COVID-19 Critical Illness as Illustrated by a Case Series. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **36**, 2536-2543. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.10.015>