

儿童肺炎支原体肺炎合并肺栓塞研究进展

刘瀚兮, 谢晓虹*

重庆医科大学附属儿童医院呼吸科, 儿童发育疾病研究教育部重点实验室, 国家儿童健康与疾病临床医学研究中心, 儿童发育重大疾病国家国际科技合作基地, 儿科学重庆市重点实验室, 重庆

收稿日期: 2026年4月28日; 录用日期: 2026年5月22日; 发布日期: 2026年5月29日

摘要

肺炎支原体是儿童社区获得性肺炎的常见病原体之一, 其导致的临床症状表现各异。目前, 关于肺炎支原体肺炎并发肺栓塞的报道虽不多见, 然而一旦出现肺栓塞, 疾病过程凶险, 临床工作者需高度警惕, 不断提高对该并发症的早期发现与处理水平。本文旨在对肺炎支原体肺炎合并肺栓塞领域的相关研究进展进行归纳与评述。

关键词

儿童, 肺炎支原体, 肺栓塞

Research Progress on Pediatric *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia Complicated with Pulmonary Embolism

Hanxi Liu, Xiaohong Xie*

Department of Respiratory Diseases, Children's Hospital of Chongqing Medical University, Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders, National Clinical Research Center for Child Health and Disorders, China International Science and Technology Cooperation Base of Child Development and Critical Disorders, Chongqing Key Laboratory of Paediatrics, Chongqing

Received: April 28, 2026; accepted: May 22, 2026; published: May 29, 2026

Abstract

Mycoplasma pneumoniae is one of the common pathogens responsible for community-acquired

*通讯作者。

pneumonia in children. Its clinical manifestations are complex and diverse. Although reports of pulmonary embolism as a complication remain relatively rare, once thromboembolism occurs, the condition is often critical and life-threatening. Clinicians should therefore maintain a high index of suspicion and enhance their capacity for early recognition, diagnosis, and management. This article reviews the current research progress on *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia complicated with pulmonary embolism.

Keywords

Children, *Mycoplasma pneumoniae*, Pulmonary Embolism

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

肺炎支原体(*Mycoplasma pneumoniae*, MP)是儿童社区获得性肺炎(community acquired pneumonia, CAP)的常见病原体[1]。近年来,肺炎支原体肺炎(*Mycoplasma pneumoniae* pneumonia, MPP)发病率增高并呈流行趋势,难治性MPP(refractory *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia, RMPP)、重症MPP(severe *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia, SMPP)及肺外并发症等较往年明显增加[2],且临床表现具有复杂多样的特点。除了肺部炎症是最常见的表现外,肺炎支原体感染也可导致多个系统和器官的损害。MPP的肺外表现,包括皮肤粘膜、关节、肌肉、神经系统、心血管、胃肠道、泌尿系统损伤和血液系统疾病,并可危及生命[3]-[5]。在这些肺外表现中,由肺炎支原体感染引起的儿童肺血栓栓塞(Pulmonary embolism, PE)在临床上较为罕见,且尚未得到充分认识,在已报道的文献中仅描述了少量病例[6]。但是由于MP感染导致的PE的临床表现易与肺炎症状混淆,但肺栓塞具有危险性高,临床表现特异性低,早期识别率低的特点[7],对儿童的生命安全造成严重威胁,临床医师需予以高度重视,并着力提升对支原体肺炎相关肺栓塞的诊疗能力。

2. 流行病学

既往认为儿童MPP合并肺栓塞的发病率普遍较低,在临床中较为少见,但现已有研究指出,近年来,肺炎支原体感染所诱发的血栓栓塞事件报道正逐渐增多[8]。孟晨等人开展的一项横断面调查显示,因肺炎支原体肺炎而住院治疗的患儿群体中,肺栓塞的检出比例约为0.16[9]。国外已有相关数据,加拿大住院儿童肺栓塞的发生率为0.57% [10], Raffini L等的研究显示,儿童的发病率为0.64% [11]。Shannon L. Carpenter等的报道指出,从2001年到2014年,儿童肺栓塞的发病率增加了200% [12]。目前暂无亚洲其他国家或地区相关报道。Liu J等的报道指出,重症MPP患儿并发血栓栓塞症的发生率明显增高,SMPP合并肺实变(>2/3肺叶)是与血栓形成最密切相关的危险因素[13]。

3. 发病机制

“Virchow”三要素被认为是深静脉血栓和急性肺栓塞的主要危险因素,包括血液黏滞度增高、血液高凝状态、血管内皮损伤。目前关于MPP合并血栓形成的具体致病机制尚无明确定论,现有研究认为其潜在机制可能与内皮细胞的完整性破坏、异常的自身免疫应答,以及凝血与抗凝功能的失衡相关。

肺炎支原体对宿主细胞的直接损伤是肺栓塞发生的始动环节之一。肺炎支原体借助其高度特化的极

性末端结构所形成的附着细胞器, 牢固黏附于呼吸道上皮细胞, 释放过氧化氢和超氧自由基, 损伤呼吸道上皮细胞的同时也可通过直接侵袭或经由炎症部位释放的细胞因子, 如 TNF- α 、IL-8 和 IL-18 [3] [14], 间接作用于血管内皮, 导致内皮细胞完整性破坏、抗凝功能减退, 表面组织因子暴露, 进而启动凝血途径, 促使血小板黏附、聚集, 为血栓形成提供始动条件, 影响凝血、抗凝和纤溶功能的平衡, 进而导致局部血管炎和血栓性血管闭塞[1] [15]。

在 MP 感染机体之后, 宿主可产生异常性的免疫应答反应, 这一病理改变也是肺栓塞发生的关键机制之一。MP 表面抗原与人体多种组织存在交叉抗原性, 可诱导机体产生自身抗体, 触发自身免疫应答, 进而攻击血管内皮细胞[16]。由 MP 感染诱导的自身免疫应答产生的抗磷脂抗体引起的短暂高凝状态被认为是可能的机制之一[13] [17]。MP 感染可诱导机体产生一过性的 aPLs, 主要包括狼疮抗凝物、抗心磷脂抗体(ACA)和抗 β 2-糖蛋白I抗体, 这些抗体能直接激活血管内皮细胞和血小板, 干扰蛋白 C 系统的天然抗凝功能, 并激活补体系统, 促进血栓形成[18]。临床研究显示, MPP 合并 PE 的患儿中, aPLs 阳性率较高, 例如一项对 9 例患儿的分析发现, 5 例狼疮抗凝物阳性, 5 例抗心磷脂抗体阳性[19]。

另外, 在 Jingwei Liu 的研究[20]指出, MP 感染相关血栓形成还可能是感染诱因与宿主遗传背景共同作用的结果。

在某些患者群体中, 可存在遗传性易栓症相关因素, 例如凝血因子 V Leiden 突变、凝血酶原 G20210A 基因变异、蛋白 C 或蛋白 S 缺乏等。在此类遗传背景基础上, 若叠加肺炎支原体感染所激发的机体炎症反应及高凝倾向, 血栓事件的发生风险将显著上升[20]。

综合以上结论, 肺炎支原体肺炎(MPP)合并肺栓塞的发生可归纳为“三重打击”协同作用模型, 该模型揭示了直接损伤、免疫紊乱与凝血失衡三个环节在时间上序贯启动、功能上相互放大的级联效应[21]。第一重“内皮启燃”: MP 通过直接侵袭及诱导巨噬细胞释放 TNF- α 、IL-6 等促炎因子, 损伤肺微血管内皮细胞, 使其由抗凝表型向促凝表型转化, 启动局部凝血级联反应[21]。第二重: “免疫放大”: MP 抗原通过分子模拟诱导产生一过性抗磷脂抗体等自身抗体, 激活内皮细胞和血小板, 干扰蛋白 C 系统抗凝功能, 形成免疫介导的血管炎性损伤回路[21] [22]。第三重“凝血失控”: 在重症或难治性 MPP 状态下, D-二聚体、IL-6、中性粒细胞/淋巴细胞比值等炎症-凝血指标显著升高, 加之大面积肺实变及肺坏死等局部因素[23], 凝血-抗凝-纤溶系统全面失衡, 最终在肺血管内形成闭塞性血栓。

4. 临床表现与诊断

胸痛、咯血及呼吸困难虽被视为肺栓塞的典型临床三联征[7], 然而在儿童肺炎支原体感染所致的肺栓塞病例中, 往往缺乏上述典型三联征, 临床症状表现复杂、多样, 可有咳嗽、气促、咯血与胸部疼痛等。体格检查方面, 则常呈现为心动过速、呼吸频率增快及血氧水平降低等体征[24] [25]。同时, 部分患儿还可出现晕厥、腹痛等不典型表现[26]。Chunjiao Han 等的一项回顾性分析中指出, 30%伴有 MPP 的 PE 患者还会出现身体不同部位疼痛, 腹部器官栓塞患儿还会出现腹痛、呕吐等胃肠道症状[27]。在 Chenlu Wang 等所报道的 16 例被诊断为 MPP 合并 PE 的 16 例病例中, 16 名儿童均有咳嗽症状, 4 名儿童有咯血, 4 名报告呼吸急促, 8 名诉有胸痛[28]。然而, 部分患儿也可能不出现上述症状和体征[24] [25] [29]。

除了临床表现之外, D-二聚体可作为提示肺炎支原体感染同时合并血栓栓塞事件的重要辅助线索, 是肺栓塞在早期阶段一项极为关键的筛查与诊断参考指标[30] [31]。D-二聚体是纤维蛋白交联后, 在纤溶酶作用下所产生的特异性降解产物, 其血浆浓度的上升往往反映机体继发纤溶活性增强, 反映机体的高凝和纤溶状态[32], 现临床中已将 D-二聚体水平广泛应用于肺栓塞等血栓性疾病重要初筛, 当患儿的血浆 D-二聚体 $< 5 \text{ mg/L}$ 时, 则可基本排除 PE [33] [34]。在国内外报道的多项病例中, 合并肺栓塞的患者中均有血浆 D-二聚体水平升高[35]-[37]。但需注意的是 D-二聚体对血栓性疾病的诊断缺乏特异性[38] [39], 比如

炎症和手术等基础疾病也可能引发 D-二聚体水平升高[40]。MPP 和 PE 的患儿在病程中均可出现血浆 D-二聚体水平的上升, 因此该指标缺乏足够的鉴别能力, 无法单独用于区分 MPP 是否同时存在 PE [41]。

近年来, 多项研究逐渐明确动脉造影是诊断 PTE 的“金标准”, 但其属于有创检查, 随着影像学技术的发展, 目前已越来越多地被无创性增强 CT 所替代[42]-[44]。在 CTPA 影像上, 肺栓塞的典型征象主要表现为受累肺动脉内充盈缺损[44]。此外, 亦有学者提出, 即便 CTPA 未显示典型充盈缺损, 当肺部呈现大片实变阴影且其强化程度低于周围正常肺实质, 同时实变区域内血管分布明显稀疏时, 也应高度怀疑肺动脉栓塞的可能[43]。

彩色多普勒超声是检查浅表动静脉血栓、梗死的非创伤性技术。PE 的超声心动图直接征象包括主肺动脉及左、右肺动脉或右心房、右心室内血栓样回声; 间接征象包括右心扩大、左心室变小、肺动脉增宽、右心室壁运动减弱或消失、三尖瓣反流及肺动脉高压等[45]。也有研究报道部分肺栓塞患儿心脏彩超可有肺动脉高压[46]。部分患儿可表现为右心功能不全[47]。

肺栓塞患儿的心电图可表现为窦性心动过速、电轴右偏、右束支传导阻滞和 ST-T 段改变, 以及经典的 S1Q3T3 模式(导联 I 中的 S 波 >1.5 mm, 导联 III 中的 Q 波 >1.5 mm, 导联 III 中的 T 波为负向 T 波)[48]。

儿童肺栓塞临床预测工具与成人存在根本性差异。成人广泛应用的 Wells 评分、PERC 规则以临床症状体征为核心, 但在儿童中特异度极低(PERC 仅 24%、Wells 仅 60%), 即使保持较高敏感度, 仍会将大量无病患儿误判为“可能患病”[49]。近年研究已转向构建基于特定高危因素的儿童专用模型, 如 Tiratrakoonseree 等纳入先天性心脏病、已知易栓症、既往 VTE 史、肾病综合征及胸痛的评分工具, AUC 达 0.809 [50]; 在 SMPP 亚群中, D-二聚体、中性粒细胞比例、肺坏死和胸腔积液等多指标联合的列线图模型 AUC 可达 0.900~0.912 [51] [52]。因此, 成人评分不适用于儿童, 儿科诊疗须采用以高危因素为核心、特异度更高的专用预测工具。

5. 治疗

目前儿童肺栓塞的治疗是基于成人的研究结果, 主要借鉴成人的循证医学证据及临床实践经验。

对于中低危的成人肺栓塞患者, 特别是不伴休克或持续性低血压的急性肺栓塞患者, 均建议早期抗凝治疗[7] [53]。如果没有禁忌症, 抗凝治疗是所有 PE 儿科患者的首选治疗[53], 常用的抗凝药物包括普通肝素(unfractionated heparin, UFH)及低分子肝素(low-molecular heparin, LMWH)、维生素 K 拮抗剂(如华法林)及各类新型口服抗凝剂。初始治疗阶段推荐选用普通肝素或低分子肝素。常用的方案为急性期先予静脉普通肝素或皮下低分子肝素, 连续用药至少 5 日后转为口服华法林。2012 年国外胸科医师协会针对儿童静脉血栓栓塞建议抗凝疗程为 6 周~3 个月[54]。2014 年国内推荐特发性或继发性肺栓塞抗凝治疗应持续 3~6 个月, 期间需要规律监测凝血功能指标[55]。对于出现反复栓塞或合并持续危险因素者, 建议适当延长抗凝时间, 甚至实施长期抗凝[56]。由于高凝状态是引起血管栓塞的核心因素, 对伴有发热时间延长、肺部实变范围广泛、炎性指标显著升高的重症 MPP 患儿, 应动态监测血浆 D-二聚体水平, 在 D-二聚体水平升高且无出血风险的情况下仍可考虑给予预防性抗凝治疗[57]。张飞州等报道的 7 例儿童肺栓塞经那曲肝素钙静滴联合华法林口服治疗后, 临床治疗效果良好[58]。在 Rui Cheng 等报道的病例中, 对肺炎支原体肺炎合并肺栓塞儿童序贯使用利伐沙班和低分子肝素, 取得了良好治疗效果, 血栓消失, 且没有观察到副作用[59]。然而需注意的是, UFH 及 LMWH 需要辅助因子介导从而发挥作用, 存在血小板减少症风险[60]。利伐沙班是高选择性、特异性直接 Xa 因子抑制剂, 可逆性竞争 FXa 活性部位, 阻断内源性和外源性凝血途径, 从而抑制血栓形成。目前关于儿童使用利伐沙班的 EINSTEIN-JrI-III 期临床试验均已完成, 结果显示, 与传统口服抗凝药物相比, 使用利伐沙班治疗可降低复发风险并减少血栓形成负担, 且不会增加出血[61] [62]。

溶栓治疗风险较大, 但对于导致血流动力学不稳定及右心过负荷的大面积肺栓塞、>2 cm 的右心活动性血栓、广泛静脉血栓致血流完全阻塞等, 建议积极进行溶栓治疗, 快速减少血栓体积, 从而改善右心室功能[29] [53]。常用溶栓剂主要有重组组织型纤维蛋白溶酶原激活物、链激酶或尿激酶[63]。Y. Fu 等报道的关于小儿肺炎支原体肺炎相关血栓形成回顾性研究中, 14 名心脏血栓儿童中有 2 名接受了尿激酶溶栓治疗, 其余儿童接受低分子肝素钙抗凝治疗和口服阿司匹林以抑制血小板聚集, 治疗效果明显, 预后满意[24]。Song 和 Xu 的报道中, 对 2 例无溶栓禁忌证的混合性心脏栓塞患儿采用尿激酶溶栓治疗, 以预防多发血栓、大血栓活动性引起的大 PE。这 2 例患儿溶栓治疗后, 病情明显好转[64]。

手术取栓风险较高, 仅适用于溶栓无效或有溶栓禁忌症的血流动力学不稳定的患儿[65]。当在临床上怀疑有大肿瘤栓赛时, 可能与血栓栓塞无法区分, 溶栓治疗难以耐受时, 可考虑手术取栓。现已报道的手术取栓的病例, 包括肾母细胞瘤、尤文氏肉瘤和骨肉瘤[66]-[70]。

儿童肺栓塞多源于感染诱发的原位血栓, 因此较于成人更易被机体吸收。根据国内外现已报道的病例显示, 儿童支原体肺炎相关肺栓塞经规范治疗后总体预后良好, 发生慢性血栓栓塞性肺高压(Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension, CTEPH)的风险极低。一项纳入 2004 年至 2022 年的 150 例诊断为急性肺栓塞患儿的队列研究中, 仅观察到 1 名(0.7%)患儿并发慢性血栓栓塞性肺高压。该患儿在接受全面的抗凝治疗, 肺动脉高压在肺栓塞时并不存在, 但在 60 天后进行的超声心动图中发现了肺动脉高压, 且该患儿在 PE 诊断时患有自身免疫性溶血性贫血, 后来被证实患有抗磷脂抗体综合征[71]。目前国内外已发表的关于儿童支原体肺炎合并肺栓塞的文献中, 均未报告进展为慢性血栓栓塞性肺高压的病例[24] [25] [28] [59]。若出现血栓残留或轻度肺动脉高压等后遗症, 通常发生在急性事件后的 3 至 6 个月内, 对于有大面积或多发栓塞以及合并坏死性肺炎等高危因素的患儿, 建议在急性期后 3~6 个月及 1 年时进行随访[71] [72]。期间可通过心脏超声评估肺动脉压力, 若心超正常且无症状, 不推荐常规复查 CTPA。对于运动能力下降的患儿, 可行心肺运动试验鉴别心肺功能受限还是单纯的体能下降[73]。

6. 总结与展望

近年来肺炎支原体肺炎合并肺栓塞的报道增多, 但现报道的病例多为小样本回顾性研究, 缺乏前瞻性队列验证; 且现有儿童肺栓塞的治疗多是主要借鉴成人的循证医学证据及临床实践经验, 抗凝治疗时机与疗程缺乏统一标准。未来可开展多中心大样本研究, 建立预测模型, 探索特异性生物标志物(如 D-二聚体动态变化、炎症因子谱), 同时加强发病机制的基础与转化研究, 为靶向治疗提供依据。

参考文献

- [1] Zhang, X., Sun, R., Hou, J., Jia, W., Li, P., Song, C., *et al.* (2024) Clinical Characteristics and Risk Factors of Pulmonary Embolism with Mycoplasma Pneumoniae Pneumonia in Children. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 24043. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74302-x>
- [2] 郑奎, 李曾妮, 韩周玻. 儿童重症肺炎支原体肺炎的发病机制及治疗研究进展[J]. 临床肺科杂志, 2025, 30(9): 1439-1443.
- [3] Narita, M. (2016) Classification of Extrapulmonary Manifestations Due to *Mycoplasma pneumoniae* Infection on the Basis of Possible Pathogenesis. *Frontiers in Microbiology*, **7**, Article 23. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00023>
- [4] Narita, M. (2010) Pathogenesis of Extrapulmonary Manifestations of *Mycoplasma pneumoniae* Infection with Special Reference to Pneumonia. *Journal of Infection and Chemotherapy: Official Journal of the Japan Society of Chemotherapy*, **16**, 162-169. <https://doi.org/10.1007/s10156-010-0044-X>
- [5] Poddighe, D. (2018) Extra-Pulmonary Diseases Related to Mycoplasma Pneumoniae in Children: Recent Insights into the Pathogenesis. *Current Opinion in Rheumatology*, **30**, 380-387. <https://doi.org/10.1097/bor.0000000000000494>
- [6] 雷银兰. 8 例儿童肺栓塞的临床分析[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆医科大学, 2020.
- [7] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性肺栓塞诊断和治疗指南 2025 [J]. 中华心血管

- 病杂志, 2025, 53(6): 587-619.
- [8] 刘奉琴, 张晶, 陈星, 等. 儿童肺栓塞 30 例临床分析及病因探讨[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(18): 1386-1391.
- [9] 孟晨, 吴福玲, 宁君, 等. 山东省肺炎支原体肺炎住院患儿横断面研究[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(16): 1245-1251.
- [10] Biss, T.T., Brandão, L.R., Kahr, W.H., Chan, A.K. and Williams, S. (2008) Clinical Features and Outcome of Pulmonary Embolism in Children. *British Journal of Haematology*, **142**, 808-818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2141.2008.07243.x>
- [11] Raffini, L., Huang, Y.S., Witmer, C. and Feudtner, C. (2009) Dramatic Increase in Venous Thromboembolism in Children's Hospitals in the United States from 2001 to 2007. *Pediatrics*, **124**, 1001-1008. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-0768>
- [12] Carpenter, S.L., Richardson, T. and Hall, M. (2018) Increasing Rate of Pulmonary Embolism Diagnosed in Hospitalized Children in the United States from 2001 to 2014. *Blood Advances*, **2**, 1403-1408. <https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2017013292>
- [13] Liu, J., He, R., Wu, R., Wang, B., Xu, H., Zhang, Y., et al. (2020) *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia Associated Thrombosis at Beijing Children's Hospital. *BMC Infectious Diseases*, **20**, Article No. 51. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-4774-9>
- [14] 董春娟, 宁静, 徐勇胜. 肺炎支原体肺炎患儿并发血管栓塞机制研究进展[J]. 山东医药, 2022, 62(8): 112-115.
- [15] Margetic, S. (2012) Inflammation and Hemostasis. *Biochemia Medica*, **22**, 49-62. <https://doi.org/10.11613/bm.2012.006>
- [16] Waites, K.B. and Talkington, D.F. (2004) *Mycoplasma pneumoniae* and Its Role as a Human Pathogen. *Clinical Microbiology Reviews*, **17**, 697-728. <https://doi.org/10.1128/cmr.17.4.697-728.2004>
- [17] Snowden, N., Wilson, P.B., Longson, M. and Pumphrey, R.S.H. (1990) Antiphospholipid Antibodies and *Mycoplasma pneumoniae* Infection. *Postgraduate Medical Journal*, **66**, 356-362. <https://doi.org/10.1136/pgmj.66.775.356>
- [18] Saleem, S. and Berman, B. (2020) Deep Vein Thrombosis and Pulmonary Embolism in the Setting of *Mycoplasma* Infection. *Case Reports in Medicine*, **2020**, Article 8708417.
- [19] 宋绍秀, 徐勇胜. 儿童肺炎支原体肺炎合并肺栓塞 9 例临床分析并文献复习[J]. 山东大学学报(医学版), 2023, 61(11): 96-103.
- [20] Liu, J. and Li, Y. (2021) Thrombosis Associated with *Mycoplasma pneumoniae* Infection (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*, **22**, Article No. 967. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.10399>
- [21] 田晓菲, 王晓冬, 申凯宁. 儿童肺炎支原体感染引起血栓栓塞的相关危险因素及治疗的研究进展[J]. 中国小儿急救医学, 2025, 32(11): 858-862.
- [22] Tao, P., Wang, Z., Zhou, K. and Wu, Y. (2026) Pulmonary Embolism Complicating *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia in Children: A Retrospective Case Series. *Frontiers in Pediatrics*, **13**, Article 1703027. <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1703027>
- [23] Ying, Z., Li, Z., Li, J., Yang, F., Zhu, Z., Hu, G., et al. (2025) Quantitative Analysis of Pulmonary Vascular Alterations in Children with Refractory *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, **15**, 10409-10421. <https://doi.org/10.21037/qims-2025-1008>
- [24] Fu, Y., Zhang, T.Q., Dong, C.J., Xu, Y.S., Dong, H.Q. and Ning, J. (2023) Clinical Characteristics of 14 Pediatric *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia Associated Thrombosis: A Retrospective Study. *BMC Cardiovascular Disorders*, **23**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-03030-9>
- [25] Sheng, C.Q., Yang, C.F., Ao, Y., et al. (2021) *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia with Pulmonary Embolism: A Study on Pediatric Cases in Jilin Province of China. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **21**, Article 201.
- [26] Freund, Y., Cohen-Aubart, F. and Bloom, B. (2022) Acute Pulmonary Embolism: A Review. *Journal of the American Medical Association*, **328**, 1336-1345. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.16815>
- [27] Han, C., Zhang, T., Zheng, J., Jin, P., Zhang, Q., Guo, W., et al. (2022) Analysis of the Risk Factors and Clinical Features of *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia with Embolism in Children: A Retrospective Study. *Italian Journal of Pediatrics*, **48**, Article No. 153. <https://doi.org/10.1186/s13052-022-01344-0>
- [28] Wang, C., Li, L., Xiao, G., Chen, Y., Wang, Y., Chen, Z., et al. (2024) Characteristics and Outcomes of *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia Associated with Pulmonary Embolism and Necrotizing Pneumonia in Children. *Infection and Drug Resistance*, **17**, 1961-1969. <https://doi.org/10.2147/idr.s459626>
- [29] Ramiz, S. and Rajpurkar, M. (2018) Pulmonary Embolism in Children. *Pediatric Clinics of North America*, **65**, 495-507. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2018.02.002>
- [30] 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 Heart Journal*, **41**, 543-603. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405>
- [31] Maughan, B.C., Jarman, A.F., Redmond, A., Geersing, G. and Kline, J.A. (2024) Pulmonary Embolism. *British Medical Journal*, **384**, e071662. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-071662>
- [32] Freund, Y., Cohen-Aubart, F. and Bloom, B. (2022) Acute Pulmonary Embolism: A Review. *Journal of the American Medical Association*, **328**, 1336-1345. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.16815>
- [33] 谭珊珊, 曹玲. 低分子肝素辅助治疗 D-二聚体升高的肺炎支原体肺炎患儿疗效[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2018, 33(16): 1242-1245.
- [34] Kanis, J., Hall, C.L., Pike, J. and Kline, J.A. (2018) Diagnostic Accuracy of the D-Dimer in Children. *Archives of Disease in Childhood*, **103**, 832-834. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-313315>
- [35] 范宇鸿, 李俊利, 苏学文. 儿童肺炎支原体肺炎合并肺动脉栓塞 11 例临床特征分析[J]. 中国临床新医学, 2025, 18(8): 854-858.
- [36] 陈煜, 黄萍, 田维敏, 等. 难治性肺炎支原体肺炎并发血栓形成 1 例分析[J]. 临床儿科杂志, 2015, 33(2): 121-125.
- [37] 罗志敏, 张先杰, 罗永彪, 等. D-二聚体测定在肺栓塞诊断中的应用价值[J]. 黑龙江医学, 2016, 40(4): 330-331.
- [38] Hennelly, K.E., Baskin, M.N., Monuteaux, M.C., Hudgins, J., Kua, E., Commeree, A., et al. (2016) Detection of Pulmonary Embolism in High-Risk Children. *The Journal of Pediatrics*, **178**, 214-218.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.07.046>
- [39] Biss, T.T., Brandão, L.R., Kahr, W.H.A., Chan, A.K.C. and Williams, S. (2009) Clinical Probability Score and D-Dimer Estimation Lack Utility in the Diagnosis of Childhood Pulmonary Embolism. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, **7**, 1633-1638. <https://doi.org/10.1111/j.1538-7836.2009.03572.x>
- [40] De Monyé, W., Sanson, B.J., Mac Gillavry, M.R., Pattinama, P.M.T., Büller, H.R., Van Den Berg-Huysmans, A.A., et al. (2002) Embolus Location Affects the Sensitivity of a Rapid Quantitative d-Dimer Assay in the Diagnosis of Pulmonary Embolism. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **165**, 345-348. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.165.3.2104099>
- [41] Snijders, D., Schoorl, M., Schoorl, M., Bartels, P.C., van der Werf, T.S. and Boersma, W.G. (2012) D-Dimer Levels in Assessing Severity and Clinical Outcome in Patients with Community-Acquired Pneumonia. A Secondary Analysis of a Randomised Clinical Trial. *European Journal of Internal Medicine*, **23**, 436-441. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2011.10.019>
- [42] 杨利新, 王蓓, 徐保平, 等. 儿童肺炎支原体肺炎合并肺栓塞的临床和影像学表现[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(5): 784-787.
- [43] 徐化凤, 杨雁, 张新荣, 等. 儿童肺炎支原体肺炎合并肺栓塞影像学表现及临床分析[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(10): 1588-1590.
- [44] 单飞, 张志勇. 多排螺旋 CT 诊断肺栓塞进展[J]. 中国临床医学, 2005(5): 950-952.
- [45] 王新房. 《超声心动图学》(第 4 版)出版[J]. 医学影像学杂志, 2009, 19(5): 579.
- [46] 苏海燕, 金文静, 张海邻, 等. 支原体肺炎合并肺栓塞一例临床分析[J]. 中华儿科杂志, 2012, 50(2): 151-154.
- [47] Chilet, F., Iqbal, A.M., Mitzov, N., Eddib, A. and Muddassar, S. (2020) Acute Saddle Pulmonary Embolism: A Rare Complication of *Mycoplasma pneumoniae*. *Respiratory Medicine Case Reports*, **30**, Article 101033. <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2020.101033>
- [48] Hancock, H.S., Wang, M., Gist, K.M., Gibson, E., Miyamoto, S.D., Mourani, P.M., et al. (2013) Cardiac Findings and Long-Term Thromboembolic Outcomes Following Pulmonary Embolism in Children: A Combined Retrospective-Pro prospective Inception Cohort Study. *Cardiology in the Young*, **23**, 344-352. <https://doi.org/10.1017/s1047951112001126>
- [49] Başaran, A.E., Başaran, A., Durmuş, S.Y., Kazlı, T., Keven, A. and Bingöl, A. (2023) Analysis of Predictive Factors in Children with High Suspicion of Pulmonary Embolism. *Pediatric Pulmonology*, **59**, 274-280. <https://doi.org/10.1002/ppul.26742>
- [50] Tiratrakoonseree, T., Charoenpichitnun, S., Natesirinilkul, R., Songthawee, N., Komvilaisak, P., Pongphitcha, P., et al. (2024) Clinical Prediction Tool to Identify Children at Risk of Pulmonary Embolism. *Thrombosis Research*, **234**, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2024.01.006>
- [51] Guan, Y., Zhao, B., Song, C., Hou, Q., Tong, T. and Xu, S. (2025) Development and Evaluation of a Nomogram for Predicting Pulmonary Embolism in Children with Severe *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia. *Pediatric Pulmonology*, **60**, e71046. <https://doi.org/10.1002/ppul.71046>
- [52] Xie, L.N., Feng, T., Guo, Y.J., et al. (2024) Risk Factors for Embolism in Children with Refractory *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia and Construction of a Nomogram Model for Prediction of Embolism. *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*, **26**, 486-492.

- [53] Monagle, P., Cuello, C.A., Augustine, C., Bonduel, M., Brandão, L.R., Capman, T., *et al.* (2018) American Society of Hematology 2018 Guidelines for Management of Venous Thromboembolism: Treatment of Pediatric Venous Thromboembolism. *Blood Advances*, **2**, 3292-3316. <https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2018024786>
- [54] Monagle, P., Chan, A.K.C., Goldenberg, N.A., *et al.* (2012) Antithrombotic Therapy in Neonates and Children: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*, **141**, e737S-e801S.
- [55] Navanandan, N., Stein, J. and Mistry, R.D. (2019) Pulmonary Embolism in Children. *Pediatric Emergency Care*, **35**, 143-151. <https://doi.org/10.1097/pec.0000000000001730>
- [56] 殷菊. 儿童肺栓塞与肺静脉血栓[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2014, 29(15): 1131-1135.
- [57] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南(2023年版) [J]. 国际流行病学传染病学杂志, 2023, 50(2): 79-85.
- [58] 张飞州, 袁杰鑫, 陶孝芬, 等. 血栓性肺栓塞八例临床特征分析[J]. 中华儿科杂志, 2020, 58(1): 25-29.
- [59] Cheng, R., Wang, Q., Jiang, L. and Liu, L. (2024) Pulmonary Thromboembolism Due to *Mycoplasma pneumoniae* in Children: A Case Report and Literature Review. *BMC Pediatrics*, **24**, Article No. 816. <https://doi.org/10.1186/s12887-024-05283-z>
- [60] Obeng, E.A., Harney, K.M., Moniz, T., Arnold, A., Neufeld, E.J. and Trenor, C.C. (2015) Pediatric Heparin-Induced Thrombocytopenia: Prevalence, Thrombotic Risk, and Application of the 4ts Scoring System. *The Journal of Pediatrics*, **166**, 144-150.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.09.017>
- [61] Male, C., Lensing, A.W.A., Palumbo, J.S., *et al.* (2020) Rivaroxaban Compared with Standard Anticoagulants for the Treatment of Acute Venous Thromboembolism in Children: A Randomised, Controlled, Phase 3 Trial. *The Lancet Haematology*, **7**, e18-e27.
- [62] 孙雨茜, 罗平. 利伐沙班在儿童血栓栓塞性疾病的应用研究进展[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(9): 710-713.
- [63] Taha, M.A., Busuttill, A., Bootun, R. and Davies, A.H. (2019) A Systematic Review of Paediatric Deep Venous Thrombolysis. *Phlebology: The Journal of Venous Disease*, **34**, 179-190. <https://doi.org/10.1177/0268355518778660>
- [64] Song, S. and Xu, Y. (2023) A Retrospective Study of the Clinical Characteristics of 9 Children with Pulmonary Embolism Associated with *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia. *BMC Pediatrics*, **23**, Article No. 370. <https://doi.org/10.1186/s12887-023-04188-7>
- [65] Akam-Venkata, J., Forbes, T.J., Schreiber, T., Kaki, A., Elder, M., Turner, D.R., *et al.* (2019) Catheter-Directed Therapy for Acute Pulmonary Embolism in Children. *Cardiology in the Young*, **29**, 263-269. <https://doi.org/10.1017/s1047951118002135>
- [66] Morgan, R.W., Stinson, H.R., Wolfe, H., Lindell, R.B., Topjian, A.A., Nadkarni, V.M., *et al.* (2018) Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest Secondary to Acute Pulmonary Embolism. *Critical Care Medicine*, **46**, e229-e234. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002921>
- [67] Ross, C.E., Shih, J.A., Kleinman, M.E. and Donnino, M.W. (2020) Pediatric Massive and Submassive Pulmonary Embolism: A Single-Center Experience. *Hospital Pediatrics*, **10**, 272-276. <https://doi.org/10.1542/hpeds.2019-0290>
- [68] Baird, J.S., Killinger, J.S., Kalkbrenner, K.J., Bye, M.R. and Schleien, C.L. (2010) Massive Pulmonary Embolism in Children. *The Journal of Pediatrics*, **156**, 148-151. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.06.048>
- [69] Fukuda, A., Isoda, T., Sakamoto, N., Nakajima, K. and Ohta, T. (2019) Lessons from a Patient with Cardiac Arrest Due to Massive Pulmonary Embolism as the Initial Presentation of Wilms Tumor: A Case Report and Literature Review. *BMC Pediatrics*, **19**, Article No. 39. <https://doi.org/10.1186/s12887-019-1413-y>
- [70] Ting, M., Rodriguez, M., Gowda, S.T., Anders, M., Qureshi, A.M. and Grimes, A. (2019) Cardiovascular Recurrence of High-Grade Osteosarcoma Presenting as Atrial Thrombosis and Pulmonary Embolism: A Case Report and Review of the Pediatric Literature. *Pediatric Hematology and Oncology*, **36**, 244-251. <https://doi.org/10.1080/08880018.2019.1624902>
- [71] Bastas, D., Brandão, L.R., Vincelli, J., Wilson, D., Perrem, L., Guerra, V., *et al.* (2024) Long-Term Outcomes of Pulmonary Embolism in Children and Adolescents. *Blood*, **143**, 631-640. <https://doi.org/10.1182/blood.2023021953>
- [72] 中国医药教育协会儿科专业委员会, 中华医学会儿科学分会呼吸学组, 中国医师协会呼吸医师分会儿科呼吸工作委员会委员, 等. 儿童肺血栓栓塞症诊断与治疗专家共识[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2025, 40(2): 81-91.
- [73] Bashir, D.A., Cargill, J.C., Gowda, S., Musick, M., Coleman, R., Chartan, C.A., *et al.* (2024) Implementing a Pediatric Pulmonary Embolism Response Team Model: An Institutional Experience. *Chest*, **165**, 192-201. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2023.07.027>