四川大学学报（医学版） 2026，57（4）：1107－1113
J Sichuan Univ（Med Sci） DOI: 10.12182/20260760206

在线全文

# 重症肺炎合并支原体感染患儿预后情况及影响因素分析*

周 晨，易 燕△，谭 赟，姜雪平，明阳灿

华中科技大学同济医学院附属武汉中西医结合医院 儿科（武汉 430022）

**【摘要】 目的** 探究重症肺炎合并支原体感染患儿血清淀粉样蛋白A、凝血指标水平变化及其与患儿预后的关系。**方法** 回顾性选取我院于2022年7月—2024年12月儿科收治的300例重症肺炎患儿为研究对象。以患儿是否发生支原体感染为分组依据，将其分为非支原体感染组（$n$=180）和合并支原体感染组（$n$=120），根据重症肺炎合并支原体感染患儿预后分为预后良好组（$n$=85）和预后不良组（$n$=35），收集所有患儿的一般资料。通过Logistic回归分析确定年龄、血清淀粉样蛋白A（serum amyloid-A, SAA）、纤维蛋白原（fibrinogen, Fib）、肺部超声（lung ultrasound, LUS）评分等是否为影响患儿预后的影响因素，并利用受试者工作特征（ROC）曲线评估其诊断效能。**结果** 合并支原体感染组患儿血清SAA、Fib指标水平以及LUS评分均高于非支原体感染组（均$P$<0.05）。Spearman分析显示，重症肺炎患儿血清SAA、Fib指标水平和LUS评分与其发生支原体感染、支原体感染后预后不良均呈正相关关系（均$P$<0.05），ROC曲线显示三者评分联合预测重症肺炎患儿发生支原体感染的AUC为0.928〔95%置信区间（confidence interval, CI）：0.899～0.957〕。多因素Logistic分析发现：年龄〔比值比（OR）=0.053，95%CI：0.003~0.997〕、SAA（OR=1.045，95%CI：1.003~1.085）、Fib（OR=1.757，95%CI：1.378~8.158）、LUS评分（OR=3.538，95%CI：1.480~8.457）是合并支原体感染患儿预后的影响因素（$P$<0.05）。ROC曲线发现，年龄、SAA、Fib以及LUS评分预测合并支原体感染患儿预后的AUC分别为0.837（95%CI：0.764～0.856）、0.792（95%CI：0.701～0.884）、0.755（95%CI：0.655～0.909）、0.917（95%CI：0.828～1.000），四者联合的AUC为0.997（95%CI：0.992～1.000）。**结论** 年龄、SAA、Fib、LUS评分可作为重症肺炎合并支原体感染患儿预后的诊断指标，其中以联合诊断的效能最高，有助于临床提高对该疾病预后的诊断。

**【关键词】** 重症肺炎 支原体感染 小儿 血清淀粉样蛋白A 凝血指标 预后

# Prognostic Outcomes and Influencing Factors in Children With Severe Pneumonia Complicated by Mycoplasma Infection

*Zhou Chen, Yi Yan△, Tan Yun, Jiang Xueping, Ming Yangcan. Department of Pediatrics, Wuhan Hospital of Traditional Chinese and Western Medicine, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China*

△ Corresponding author

This study was supported by the Fund Project of the China International Medical Exchange Foundation (No. Z-2019-41-2101-02).

**[Abstract] Objective** To investigate changes in the levels of serum amyloid-A (SAA) and coagulation indicators in children with severe pneumonia complicated by mycoplasma infection and their relationship with the prognosis. **Methods** A total of 300 children with severe pneumonia were retrospectively enrolled. All the participants were admitted to the Department of Pediatrics of our hospital and received treatment there between July 2022 and December 2024. The patients were divided into a non–mycoplasma infection group ($n$ = 180) and a mycoplasma infection group ($n$ = 120) according to the presence or absence of mycoplasma infection. Then, children with severe pneumonia complicated by mycoplasma infection were further divided into a favorable prognosis subgroup ($n$ = 85) and a poor prognosis subgroup ($n$ = 35). Demographic and clinical data were collected for all participants. Logistic regression analysis was performed to determine whether age, SAA, fibrinogen (Fib), lung ultrasound (LUS) score, and other variables were influencing factors associated with prognosis, and their diagnostic performance was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** The SAA Fib levels and LUS scores of the participants in the mycoplasma infection group were all higher than those in the non-mycoplasma group (all $P$ < 0.05). Spearman correlation analysis showed that serum SAA levels, Fib levels, and LUS scores were positively correlated with both the occurrence of mycoplasma infection and poor prognosis after mycoplasma infection in children with severe pneumonia (all $P$ < 0.05). The ROC curve analysis

* 中华国际医学交流基金会基金项目（No. Z-2019-41-2101-02）资助

△ 通信作者

出版日期：2026-07-20

showed that the combined use of SAA, Fib, and LUS score predicted mycoplasma infection with an area under the curve (AUC) of 0.928 (95% CI, 0.899-0.957). Through multivariate logistic regression analysis, age (odds ratio [OR], 0.053; 95% CI, 0.003-0.997), SAA (OR, 1.045; 95% CI, 1.003-1.085), Fib (OR, 1.757; 95% CI, 1.378-8.158), and LUS score (OR, 3.538; 95% CI, 1.480-8.457) were identified as influencing factors associated with prognosis in children with severe pneumonia complicated by mycoplasma infection (all $P < 0.05$). ROC curve analysis demonstrated that the AUC of age, SAA, Fib, and LUS score for predicting prognosis were 0.837 (95% CI, 0.764-0.856), 0.792 (95% CI, 0.701-0.884), 0.755 (95% CI, 0.655-0.909), and 0.917 (95% CI, 0.828-1.000), respectively. The combined model incorporating the 4 parameters achieved an AUC of 0.997 (95% CI, 0.992-1.000). **Conclusion** Age, SAA, Fib, and LUS scores can be used as diagnostic indicators for assessing the prognosis of children with severe pneumonia complicated by mycoplasma infections. The combined model demonstrates the highest predictive performance and may contribute to improved clinical prognostic assessment.

**[Key words]** Severe pneumonia Mycoplasma infection Children Serum amyloid protein A Coagulation indicators Prognosis

重症肺炎是儿童呼吸系统感染性疾病中的危急重症，具有起病急、进展快、并发症多等特点，其高致死率及长期后遗症已成为全球儿童健康的重要威胁[1]。近年来随着病原学检测技术的发展，肺炎支原体作为社区获得性肺炎重要病原体，在重症肺炎中的检出率不断攀升[2]。既往研究显示[3]，儿童社区获得性肺炎中，肺炎支原体感染占比 10%~40%，且学龄期和青少年与成年人相比更为高发。肺炎支原体感染不仅可直接导致肺组织损伤，还可通过免疫介导的炎症反应、凝血功能异常等机制加剧病情进展，甚至诱发多器官功能障碍综合征，显著增加患儿的病死率和住院时间[4]。血清淀粉样蛋白A（serum amyloid-A, SAA）作为急性时相反应蛋白，感染、炎症或组织损伤时会快速升高，其敏感性显著高于传统炎症标志物[5]。研究表明[6]，SAA在肺炎支原体感染患儿中的早期即显著升高，且与病情严重程度密切相关，可能成为评估肺炎支原体感染疾病活动度的潜在生物标志物。此外，重症肺炎患儿常伴随凝血功能异常，表现为血小板减少、凝血酶原时间延长、纤维蛋白原（fibrinogen, Fib）水平波动及D-二聚体显著升高，提示微循环障碍及血栓形成风险增加[7]。凝血指标的异常不仅反映疾病严重程度，还可能通过“炎症-凝血”交互作用进一步加剧肺损伤及全身炎症反应，形成恶性循环。近年来，肺部超声因其无创、无辐射、可床旁实时动态监测等优势，在儿童重症肺炎的诊疗中应用日益广泛。肺部超声可直观评估肺实变、胸腔积液、间质综合征等病变特征，其"碎片征""支气管充气征"等特异性征象有助于判断肺组织受累程度及病情演变趋势。联合肺部超声影像学评估与血清学标志物检测，可为重症肺炎合并肺炎支原体感染患儿的病情分层与治疗决策提供多维度依据。

目前，关于重症肺炎合并支原体感染患儿中SAA与凝血指标的动态变化及其与预后的关联性研究尚不充分。现有研究多集中于单一指标或单一系统的评估，缺乏对炎症标志物与凝血功能协同作用的系统性分析。而SAA作为早期炎症标志物，其与凝血指标的联合检测可能为重症肺炎合并肺炎支原体感染患儿的病情分层、风险评估及预后预测提供更精准的依据。因此，本研究旨在揭示“炎症-凝血”交互作用在疾病进展中的作用机制，为临床早期干预及个体化治疗提供理论支持。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

回顾性选取我院于2022年7月—2024年12月儿科收治的重症肺炎患儿为研究对象，共300例。本次研究经本院医学伦理委员会批准（批准号LL2025040127），所有患儿家属均签署知情同意书。

所有纳入对象均需符合以下纳入标准：①年龄7个月 ~ 14岁。②符合临床相关诊断标准[8]：a.呼吸心率异常：< 1岁：呼吸频率>50 $min^{-1}$，心率>150 $min^{-1}$；1 ~ 5岁：呼吸频率>40 $min^{-1}$，心率>140 $min^{-1}$；伴或不伴动脉血压下降（收缩压<75 mmHg, 1mmHg=0.133 kPa）、三凹征及发绀等。b.大环内酯类药物治疗无效：规范应用大环内酯类药物1周以上无效，腋温>38.5 ℃或肺部影像学无好转甚至进展，或持续发热时间>10 d。c.胸部影像学表现：大片状致密影，占据一个肺段或肺叶以上范围，可累及单叶或多叶病变。d.肺内并发症：出现严重低氧血症（$PaO_2$< 60 mmHg）或合并其他系统严重损害（中枢神经系统感染、心力衰竭、心肌炎、消化道出血、明显电解质/酸碱平衡紊乱等）。③支气管发育正常。④急性起病，伴发烧、呼吸道症状。⑤均进行了血清肺炎支原体（*Mycoplasma pneumoniae*, MP）-免疫球蛋白M（human immunoglobulin M, IgM）抗体检测。⑥胸部X线呈斑片状、片状浸润性阴影。

排除标准: ①合并自身免疫性疾病; ②合并恶性肿瘤; ③合并呼吸系统疾病; ④存在遗传性疾病史; ⑤合并肺脓肿等相关肺部疾病; ⑥存在既往免疫治疗的患儿。

脱落标准: 因诸多因素影响而拒绝配合随访者。

剔除标准: 处于同时参与其他试验研究状态的研究对象。

支原体感染判定标准: 血清MP-IgM阳性或鼻咽分泌物MP-DNA阳性。以是否发生支原体感染为分组依据, 将300例纳入对象分为非支原体感染组($n$=180)和合并支原体感染组($n$=120)。对合并支原体感染组患儿进行3个月的随访, 按预后评估标准[9], 再将患儿分为预后不良组和预后良好组。

### 1.2　方法

采用医院电子病历和门诊系统获取患儿的基线资料, 包括: 一般资料: 年龄、性别、病程、体质量指数、住院天数。实验室指标: 在患儿入院后的24 h时间段内, 采集其5 mL外周血样本, 随后进行离心处理, 以备后续检测。酶联免疫吸附法检测血清SAA指标水平; 酶联免疫法检测Fib水平。

### 1.3　肺部超声（lung ultrasound, LUS）检查及评分标准

检查: 使用 Philips-HD15 型超声诊断仪开展检查, 学龄前儿童选用 10 ~ 13 MHz 的线性探头, 年龄较大或肥胖儿童则采用 6 ~ 8 MHz 的凸探头, 且所有检查均由同一位资深超声医师操作。检查期间患儿取坐位, 并在入院后的 48 小时之内完成超声检查。以下几种情况, 如胸膜线出现异常、B 线数量增多或融合、存在支气管充气征、伴有胸腔积液、出现肺实质性改变等, 均提示超声表现异常。

标准: 共计12个区域, 总评分为0 ~ 60分。其中, (1)正常(N, 0分): 肺呈现滑动征、出现A线, 或是仅见零星分布的B线; (2)中度肺湿变(B1, 3分): 融合B线; (3)重度肺湿变和/或轻度肺实变(B2, 4分): 可见大片融合的B线, 同时伴有少量碎片样征象或局部肺实变; (4)肺实变(B3, 5分): 可见类似肝组织的实质结构并伴有支气管充气征, 或存在肺实变且合并有胸腔积液。

### 1.4　统计学方法

应用SPSS26.0统计软件对所得数据进行分析, 计数资料以例数表示, 组间比较行$\chi^2$检验; 计量资料采用$\bar{x} \pm s$表示, 组间比较行$t$ 检验; Spearman相关性检验血清SAA、Fib、LUS评分与重症肺炎患儿发生支原体感染及其预后之间的关系。基于计算机自动筛选影响因素, 采用Logistic单因素和多因素分析重症肺炎合并支原体感染患者预后的影响因素。通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under the curve, AUC)评价患儿预后不良的诊断价值。$P$<0.05为差异有统计学意义。

## 2　结果

### 2.1　两组临床资料对比

合并支原体感染组患儿血清SAA、Fib指标水平以及LUS评分均高于非支原体感染组(均$P$<0.05)。见表1。

**表 1　合并支原体感染组和非支原体感染组患儿临床资料比较**

**Table 1　Comparison of clinical characteristics between children with severe pneumonia with and without mycoplasma infection**

| Group | Age/ yr., $\bar{x} \pm s$ | (Male/female)/ case | Disease course/ week, $\bar{x} \pm s$ | BMI/ (kg/m$^2$), $\bar{x} \pm s$ | Length of hospital stay/d, $\bar{x} \pm s$ | SAA/ (mg/L), $\bar{x} \pm s$ | Fib/ (g/L), $\bar{x} \pm s$ | LUS score ($\bar{x} \pm s$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Non-mycoplasma ($n$ = 180) | 6.71 ± 1.92 | 85/95 | 3.43 ± 1.22 | 20.01 ± 1.78 | 10.52 ± 4.75 | 130.38 ± 50.41 | 3.77 ± 0.80 | 11.02 ± 1.95 |
| Mycoplasma infection ($n$ = 120) | 6.55 ± 1.60 | 58/62 | 3.59 ± 1.33 | 19.93 ± 1.85 | 11.48 ± 4.52 | 191.29 ± 58.50 | 4.27 ± 1.09 | 14.64 ± 2.34 |
| $\chi^2/t$ | 0.755 | 0.036 | 1.073 | 0.375 | 1.748 | 9.609 | 4.578 | 14.528 |
| $P$ | 0.451 | 0.850 | 0.284 | 0.708 | 0.082 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 |

BMI: body mass index; SAA: Serum amyloid-A; Fib: fibrinogen; LUS: lung ultrasound.

### 2.2　相关性分析

Spearman分析显示, 重症肺炎患儿血清SAA、Fib指标水平、LUS评分与其支原体感染均呈正相关关系($r$= 0.486、0.260、0.644, 均$P$< 0.05)。

### 2.3　血清指标水平和LUS评分对重症肺炎患儿发生支原体感染诊断价值

ROC曲线显示, SAA、Fib、LUS评分在重症肺炎患儿发生支原体感染中的ROC曲线下面积(AUC)分别为0.780(95%置信区间(confidence interval, CI): 0.728 ~ 0.833)、0.635(95%CI: 0.567 ~ 0.702)、0.833(95%CI: 0.844 ~ 0.922), 三者联合AUC为0.928(95%CI: 0.899 ~ 0.957)> 0.7。见图1。

### 2.4　重症肺炎合并支原体感染患儿预后不良一般资料分析

随访期间失访0例。将出现复发6例(血清检测阳性;

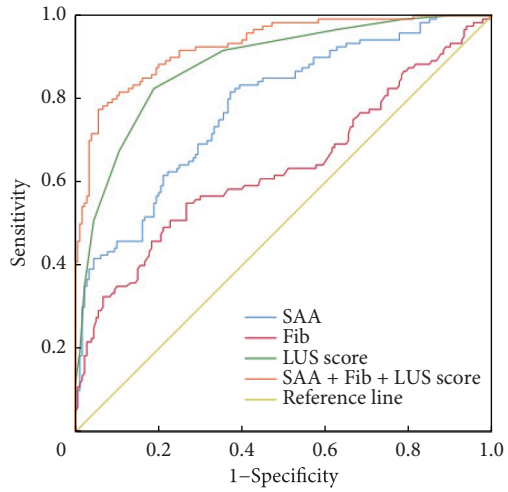



**图 1 血清指标水平和LUS评分诊断重症肺炎患儿发生支原体感染的ROC曲线**

**Fig 1 ROC curves of serum indicator levels and LUS scores for diagnosing the occurrence of mycoplasma infection in children with severe pneumonia**

All abbreviations are given in the footnote to Table 1.

胸部X线片呈斑片状、片状浸润性阴影；肺炎支原体核酸阳性)、死亡2例、肺部感染12例、并发症控制较差15例(中枢神经系统感染、心力衰竭、心肌炎、消化道出血等经治疗后病情仍未得到有效改善，甚至出现恶化或持续进展的情况)以及其他系统受累状况未得到有效管控，病情控制效果欠佳等的患儿纳入预后不良组($n$= 35)，将CT检查结果，以及患儿的临床特征表现、体征状况均已恢复至正常水平，或基本接近正常状态的患儿，归入预后良好组($n$= 85)。预后良好组患儿年龄、SAA、Fib指标水平以及LUS评分与预后不良组相比差异均有统计学意义($P$< 0.05)。见表2。

### 2.5 血清指标水平和LUS评分与重症肺炎合并支原体感染患儿预后的关系分析

Spearman结果显示，在重症肺炎合并支原体感染患儿中，血清SAA、Fib指标水平以及LUS评分均与患儿预后呈正相关关系($r$= 0.484、0.408、0.812，均$P$< 0.05)。

### 2.6 重症肺炎合并支原体感染患儿预后不良的单因素分析

单因素分析显示，在重症肺炎合并支原体感染患儿中，年龄、SAA、Fib、LUS评分与预后不良相关(均$P$< 0.05)。见表3。

**表 2 重症肺炎合并支原体感染患儿预后不良的一般资料**

**Table 2 Baseline characteristics of children with severe pneumonia complicated by mycoplasma pneumoniae infection according to good or poor prognosis**

| Group | Age/ yr., $\bar{x}\pm s$ | (Male/female)/ case | Disease course/ week, $\bar{x}\pm s$ | BMI/ (kg/m$^2$), $\bar{x}\pm s$ | Length of hospital stay/d, $\bar{x}\pm s$ | SAA/ (mg/L), $\bar{x}\pm s$ | Fib/ (g/L), $\bar{x}\pm s$ | LUS score ($\bar{x}\pm s$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Good prognosis ($n$ = 85) | 7.18 ± 1.79 | 40/45 | 3.52 ± 1.18 | 20.03 ± 1.64 | 10.56 ± 3.68 | 124.63 ± 51.29 | 3.64 ± 0.97 | 6.10 ± 0.72 |
| Poor prognosis ($n$ = 35) | 5.02 ± 1.14 | 18/17 | 3.47 ± 1.12 | 19.89 ± 1.74 | 12.02 ± 3.79 | 189.56 ± 59.48 | 4.62 ± 1.10 | 14.86 ± 5.32 |
| $\chi^2/t$ | 6.600 | 0.190 | 0.214 | 0.418 | 1.958 | 6.012 | 4.835 | 32.050 |
| $P$ | < 0.001 | 0.663 | 0.831 | 0.677 | 0.053 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 |

All abbreviations are given in the footnote to Table 1.

**表 3 重症肺炎合并支原体感染患儿预后不良的单因素分析**

**Table 3 Univariate analysis of poor prognosis in children with severe pneumonia complicated by mycoplasma infection**

| Indicator | $B$ | SE | $P$ | OR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| Age | −0.905 | 24.528 | < 0.001 | 0.045 | 0.283-0.579 |
| SAA | 0.022 | 21.589 | < 0.001 | 1.022 | 1.013-1.031 |
| Fib | 0.943 | 16.691 | < 0.001 | 2.567 | 1.633-4.034 |
| LUS score | 0.994 | 1.786 | < 0.001 | 2.702 | 1.685-4.331 |

$B$: partial regression coefficient; SE: standard error; OR: odds ratio; CI: confidence interval.

### 2.7 多重共线性检验

为排除单因素分析结果中4个差异指标间的多重共线性，进行共线性检验。结果显示，年龄、SAA、Fib、LUS评分的容差均> 0.1、VIF均< 5。因此，变量间无共线性，可纳入下一步研究。

### 2.8 重症肺炎合并支原体感染患儿预后不良的多因素分析

以重症肺炎合并支原体感染患儿预后(预后良好= 0，预后不良= 1)为因变量，将单因素中结果差异有统计学意义的因素[年龄(实测值)、SAA(实测值)、Fib(实测值)、LUS评分(实测值)]纳入多因素回归分析。

Logistic多因素分析发现：年龄(OR= 0.053，95%CI：0.003~0.997)、SAA(OR= 1.045，95%CI：1.003~1.085)、Fib(OR= 1.757，95%CI：1.378~8.158)、LUS评分(OR= 3.538，95%CI：1.480~8.457)是患儿预后的影响因素($P$< 0.05)。见表4。

### 2.9 预测价值分析

ROC曲线发现，年龄、SAA、Fib以及LUS评分预测重症肺炎合并支原体感染患儿发生预后不良的AUC分别为

**表 4　重症肺炎合并支原体感染患儿预后不良的Logistic多因素分析**

**Table 4　Logistic multivariate analysis of the poor prognosis of children with severe pneumonia complicated by mycoplasma infection**

| Indicator | *B* | SE | Wald | *P* | OR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Age | −2.930 | 1.494 | 3.849 | 0.050 | 0.053 | 0.003-0.997 |
| SAA | 0.044 | 0.019 | 5.285 | 0.022 | 1.045 | 1.003-1.085 |
| Fib | 0.563 | 0.784 | 0.517 | 0.047 | 1.757 | 1.378-8.158 |
| LUS score | 1.263 | 0.445 | 8.074 | 0.004 | 3.538 | 1.480-8.457 |
| Constant | −4.808 | 6.630 | 0.526 | 0.468 | 0.008 | – |

*B*: partial regression coefficient; SE: standard error; OR: odds ratio; CI: confidence interval.

0.837（95%CI：0.764 ~ 0.856）、0.792（95%CI：0.701 ~ 0.884）、0.755（95%CI：0.655 ~ 0.909）、0.917（95%CI：0.828 ~ 1.000）。四者联合的AUC为0.997（95%CI：0.992 ~ 1.000）。如图2所示。

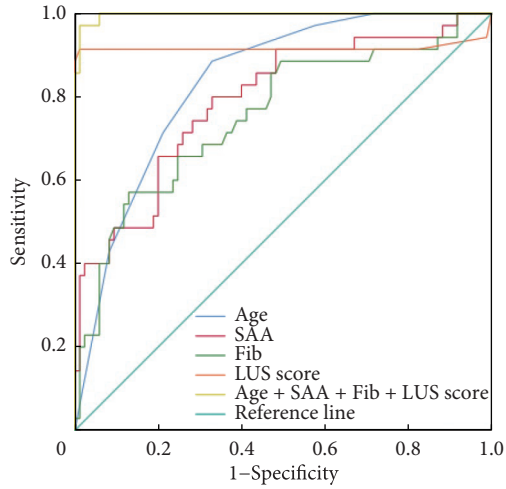



**图 2　重症肺炎合并支原体感染患儿预后不良的预测ROC曲线**

**Fig 2　ROC curves for predicting poor prognosis in children with severe pneumonia complicated by mycoplasma infection**

All abbreviations are explained in the note to Table 1.

## 3　讨论

肺炎是儿科常见的呼吸系统疾病，其中重症肺炎病情严重、进展迅速，可引发呼吸衰竭、心力衰竭等多器官功能障碍，严重威胁患儿生命健康[10]。支原体感染是儿童肺炎的重要病原之一，近年来，支原体肺炎的发病率呈上升趋势，尤其是重症肺炎合并支原体感染的情况日益受到临床关注[11]。此类患儿不仅肺部炎症反应剧烈，还常伴有全身炎症反应及凝血功能异常，导致病情复杂、预后不佳[12]。血清SAA是一种急性时相反应蛋白，在机体受到感染、炎症等刺激后，肝脏会迅速合成并释放大量SAA进入血液循环，使其血清水平急剧升高[13]。研究表明[14]，SAA 于感染性疾病的早期诊断、病情动态监测以及预后评估环节，均展现出重要价值。相较于传统的炎症指标，SAA具有更高的敏感性和特异性，能够更及时、准确地反映机体的炎症状态，在肺炎患儿中，SAA水平的变化与病情严重程度密切相关。研究发现，在重症肺炎合并支原体感染的发生、发展过程中，凝血指标存在异常。凝血功能异常在重症感染性疾病中较为常见，凝血系统的激活与炎症反应相互影响、相互促进，形成恶性循环，加重组织器官损伤[15]。在重症肺炎患儿中，凝血功能异常可导致微血栓形成，影响肺部及其他重要器官的血液灌注，进而影响患儿的病情发展和预后。

本次研究结果发现，合并支原体感染组患儿血清指标水平和LUS评分均高于重症肺炎组，表明重症肺炎合并支原体感染患儿的血清SAA、Fib水平和肺炎超声评分较高，可引起更强烈的炎症反应和血栓形成。Spearman相关性分析结果显示，重症肺炎患儿发生支原体感染与SAA、Fib指标水平和LUS评分均呈正相关关系（r= 0.486、0.260、0.644，均$P$< 0.05），说明血清SAA、Fib指标水平和LUS评分越高，重症肺炎患儿越容易发生支原体感染。与魏妮等[16]的研究结果相似。究其原因主要是，当患儿病情加重时，机体将陷入缺血、缺氧的病理状态。一方面，缺血、缺氧会导致组织细胞能量代谢障碍，使细胞膜稳定性下降，细胞功能受损；另一方面，致病菌的侵袭可进一步加重机体的炎症反应。在此双重因素作用下，血管内皮细胞遭受严重损伤。血管内皮细胞作为维持血管稳态的重要屏障，其损伤会打破机体的凝血平衡。受损的血管内皮细胞会暴露内皮下胶原等促凝物质，激活内源性凝血途径；同时，炎症因子释放可激活外源性凝血途径。凝血系统被过度激活后，大量凝血酶生成，导致Fib消耗性减少，但机体为应对凝血需求，反馈性刺激肝脏合成Fib增加，综合作用下血清中Fib含量可出现升高[17-18]。Fib含量的异常升高，反映了机体处于高凝状态及继发性纤溶亢进，这不仅会加重微循环障碍，进一步加剧组织器官的缺血、缺氧损伤，还可能引发弥散性血管内凝血等严重并发症，严重影响患儿的预后。SAA是一种典型的血清学急性时相反应炎性因子，当机体出现炎性反应时会迅速升高[19]。就肺炎支原体肺炎患儿来说，肺炎支原体感染可快速引发机体炎性反应，在此过程中，干扰素γ、白细胞介素等炎性因子扮演着关键角色，促使肝脏合成并分泌SAA，致使血清中SAA浓度在短短4小时左右飙升1 000倍，更为重要的是，SAA升高幅度与患儿病情严重程度呈现出密切的关联[20-21]。LUS作为近年兴起的新型检查方式，具备操作便捷、无辐射风险的优势，能辅助儿童相关

肺炎的诊断[22]。LUS评分能体现肺部组织病变情况，可据此对肺部感染严重程度分级，在评估肺炎患者(特别是重症患者)病情及预后方面，具有重要临床价值[23-24]。

临床研究表明[25]，在评估患儿临床疗效方面，SAA发挥着重要作用，对于肺炎支原体感染患儿，经抗生素治疗24小时后，若血清SAA水平降幅达30%，这便提示治疗取得成效，且患儿预后情况良好。本次结果分析提示，预后不良组患儿血清SAA和凝血指标水平均高于预后良好组，且Spearman分析表明，重症肺炎合并支原体感染患儿预后与血清SAA、Fib指标水平以及LUS评分均呈正相关关系($r=0.484$、0.408、0.812，均$P<0.05$)，提示血清SAA、Fib水平较高可能反映了较强的炎症反应和凝血异常，且LUS评分较高与疾病进展、并发症发生或病程延长存在一定的相关性，且提示该指标可能是评估患儿预后的重要标志物。Logistic分析发现：年龄、SAA、Fib以及LUS评分是影响患儿预后的独立影响因素，且ROC结果显示，年龄、SAA、Fib以及LUS评分对重症肺炎合并支原体感染患儿预后情况存在不同程度的诊断价值，但联合检测的效能更高，其AUC值高达0.997，优于单独诊断，着重强调了在重症肺炎合并支原体感染的预后诊断过程中，联合运用多种检测方法的必要性，这一方法不仅在精确诊断重症肺炎合并支原体感染上表现卓越，同时在评估重症肺炎合并支原体感染患儿预后情况方面也具备突出的能力。

综上所述，重症肺炎合并支原体感染患儿的年龄、血清SAA、Fib以及LUS评分与其预后存在一定联系，血清SAA、Fib、LUS评分升高且年龄较低时患儿发生预后不良的风险增加。另外，联合预测在重症肺炎合并支原体感染的预后诊断中存在重要的临床应用价值，可显著提升诊断的准确度。鉴于此，加强临床中对患儿血清指标的检测力度，可能对重症肺炎合并支原体感染患儿实现早期诊断以及开展有效治疗起到积极作用。但本次研究属于回顾性，在收集患者初始信息时，可能并没有考虑到所有与预后相关的潜在因素，因此，为了更准确地评估肺部病变程度与预后的关系，减少回顾性设计引入的偏倚，未来应考虑开展前瞻性研究。

* * *

**作者贡献声明** 周晨负责论文构思、数据审编、正式分析、研究方法、初稿写作和审读与编辑写作，易燕负责数据审编、正式分析、提供资源和初稿写作，谭赟负责研究方法、可视化和审读与编辑写作，姜雪平负责数据审编、正式分析和审读与编辑写作，明阳灿负责数据审编、正式分析和研究方法。所有作者已经同意将文章提交给本刊，且对将要发表的版本进行最终定稿，并同意对工作的所有方面负责。

**Author Contribution** Zhou Chen is responsible for conceptualization, data curation, formal analysis, methodology, writing--original draft, and writing--review and editing. Yi Yan is responsible for data curation, formal analysis, resources, and writing--original draft. Tan Yun is responsible for methodology, visualization, and writing--review and editing. Jiang Xueping is responsible for data curation, formal analysis, and writing--review and editing. Ming Yangcan is responsible for data curation, formal analysis, and methodology. All authors consented to the submission of thearticle to the Journal. All authors approved the final version to be publishedand agreed to take responsibility for all aspects of the work.

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**Declaration of Conflicting Interests** All authors declare no competing interests.

## 参 考 文 献

[1] Teresinha M H, Bueno F G, Danezi P J, *et al*. Necrotizing Pneumonia In Children: A Review[J]. Paediatr Respir Rev, 2024, 52: 51. DOI: 10.1016/j.prrv.2024.02.003.

[2] 孙纯, 刘芳, 龙媛熙. 老年重症社区获得性肺炎患者血清HMGB-1对短期不良预后的预测效能[J]. 遵义医科大学学报, 2022, 45(2): 194.
Sun C, Liu F, Long Y X. Prediction value of serum HMGB-1 in elderly patients with severe community-acquired pneumonia for short-term adverse outcomes[J]. J Zunyi Med Univ, 2022, 45(2): 194.

[3] Meyer S P. Childhood community-acquired pneumonia[J]. Eur J Pediatr, 2024, 183(3): 1129. DOI: 10.1007/s00431-023-05366-6.

[4] 林先茂, 蔡亲武, 杨子江. PBMCs miR-29c在肺炎支原体肺炎患儿中的表达及与Th17/Treg失衡的关系[J]. 遵义医科大学学报, 2023, 46(2): 167.
Lin X M, Cai Q W, Yang Z J. Expression of PBMCs miR-29 c in children with Mycoplasma pneumoniae pneumonia and its relationship with Th17/Treg imbalance[J]. J Zunyi Med Univ, 2023, 46(2): 167.

[5] Abbas A A, Alghamdi A, Mezghani S, *et al*. Role of Serum Amyloid A as a Biomarker for Predicting the Severity and Prognosis of COVID-19[J/OL]. J Immunol Res, 2022, 2022: 6336556. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36465717/. DOI: 10.1155/2022/6336556.

[6] 马春霞, 李学莉, 高小芳, 等. SAA动态变化对病毒和支原体CAP患者病情及预后的评估与预测价值[J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34(6): 592. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210223-00273.
Ma C, Li X, Gao X, He Q, *et al*. Value of serum amyloid protein dynamic changes on evaluating condition and prognosis of patients with viral and mycoplasma community-acquired pneumonia[J]. Chin Crit Care Med, 2022, 34(6): 592. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210223-00273.

[7] Wen J, Su Y, Sun H, *et al*. The combination of initial markers to predict refractory Mycoplasma pneumoniae pneumonia in Chinese children: a case control study[J/OL]. Respir Res, 2021, 22(1): 89. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33752670/. DOI: 10.1186/s12931-020-01577-9.

[8] 中华中医药学会儿童肺炎联盟. 儿童肺炎支原体肺炎中西医结合诊治专家共识(2017年制定)[J]. 中国实用儿科杂志, 2017, 32(12): 881. DOI: 10.19538/j.ek2017120601.
The Children'S Pneumonia Alliance Of The Chinese Association Of Traditional Chinese Medicine. Mycoplasma pneumoniae pneumoniadiagnosistreatmentpediatrics of traditional chinese medicinechild[J]. Chin J Pract Pediatr, 2017, 32(12): 881. DOI: 10.19538/j.ek2017120601.

[9] 柳亚杰, 刘佳, 宫钰. 重症肺炎支原体肺炎诱发哮喘患儿ORMDL3基因单核苷酸多态性及血清CX3CL1和CD40L及TGF-β1水平与患儿预后的关系[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(15): 2377. DOI: 10.11816/cn.ni.2024-231933.
Liu Y J, Liu J, Gong Y. Correlation of ORMDL3 gene single nucleotide polymorphism, serum levels of CX3CL1, CD40L and TGF-β1 with prognosis in children with severe Mycoplasma pneumoniae pneumonia induced asthma[J]. Chinese J Nosocomiol, 2024, 34(15): 2377. DOI: 10.11816/cn.ni.2024-231933.

[10] VAughn V M, Dickson R P, Horowitz J K, *et al*. Community-Acquired Pneumonia: A Review[J]. JAMA, 2024, 332(15): 1282. DOI: 10.1016/

S0140-6736(25)01493-X.

[11] Ding G, Zhang X, Vinturache A, *et al*. Challenges in the treatment of pediatric Mycoplasma pneumoniae pneumonia[J]. Eur J Pediatr, 2024, 183(7): 3001. DOI: 10.1007/s00431-024-05519-1.

[12] Gao L, Sun Y. Laboratory diagnosis and treatment of Mycoplasma pneumoniae infection in children: a review[J/OL]. Ann Med, 2024, 56(1): 2386636. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39097794/. DOI: 10.1080/07853890.2024.2386636.

[13] Fan F, Lv J, Yang Q, *et al*. Clinical characteristics and serum inflammatory markers of community-acquired mycoplasma pneumonia in children[J]. Clin Respir J, 2023, 17(7): 607. DOI: 10.1111/crj.13620.

[14] Xiao S, Hou X. Changes in the Levels of the Serum Markers Serum Amyloid A and Immunoglobulin M in Children with Mycoplasma pneumoniae Infection Complicated with Asthma and Their Clinical Significance[J]. Crit Rev Eukaryot Gene Expr, 2025, 35(4): 27. DOI: 10.1615/CritRevEukaryotGeneExpr.2025056739.

[15] Li Y T, Zhang J, Wang M Z, *et al*. Changes in coagulation markers in children with Mycoplasma pneumoniae pneumonia and their predictive value for Mycoplasma severity[J/OL]. Ital J Pediatr, 2023, 49(1): 143. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37858230/. DOI: 10.1186/s13052-023-01545-1.

[16] 魏妮, 程莲花. 重症肺炎支原体肺炎患儿诱导痰中IL-6及SICAM-1水平及凝血指标的检测分析[J]. 血栓与止血学, 2022, 28(3): 784. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6213.2022.03.195.
Wei N, Cheng L H. Detection and Analysis of IL-6 and sicAM-1 in Induced Sputum of Children with Severe Mycoplasma Pneumoniae Pneumonia[J]. Chin J Thromb Hemost, 2022, 28(3): 784. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6213.2022.03.195.

[17] 朱敏, 潘莉, 钱文秀, 等. 儿童重症肺炎支原体肺炎凝血功能与内皮细胞功能变化分析[J]. 临床肺科杂志, 2019, 24(10): 1828. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2019.10.020.
Zhu M, Pan L, Qian W X, *et al*. Analysis of coagulation function and endothelial cell function changes in children with severe mycoplasmal pneumonia[J]. J Clin Pulmon Med, 2019, 24(10): 1828. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2019.10.020.

[18] 聂营. 儿童重症支原体肺炎凝血功能与内皮细胞功能变化[J]. 血栓与止血学, 2020, 26(2): 292.
Nie Y. Coagulation Function and Endothelial Cell Function In Children With Severe Mycoplasma Pneumonia[J]. Chin J Thromb Hemost, 2020, 26(2): 292.

[19] 何楷印, 刘乐, 周婷, 等. 肺炎支原体感染患儿SAA、CRP、NLR、PLR水平与病情进展及体液免疫的关系[J]. 河北医药, 2024, 46(11): 1656. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2024.11.011.
He K Y Liu L, Zhou T, *et al*. Correlation of SAA, CRP, NLR and PLR with disease progression and humoral immunity in children infected with mycoplasma pneumoniae[J]. Hebei Med J, 2024, 46(11): 1656. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2024.11.011.

[20] 王星, 刘辉, 庞辉, 等. 血清SAA、YKL-40及SP-A的联合检测对小儿难治性肺炎支原体肺炎的预测价值分析[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(7): 1309. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.07.021.
Wang X, Liu H, Pang H, *et al*. Analysis on Predictive Value of Combined Detection of Serum SAA, YKL-40 and SP-A in Predicting Refractory Mycoplasma Pneumoniae Pneumonia of Children[J]. Prog Mod Biomed, 2023, 23(7): 1309. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.07.021.

[21] 佟立新, 孙同英, 徐莎, 等. 血清SAA、HC-gp39及SF检测在小儿难治性肺炎支原体肺炎预后评估中的应用价值研究[J]. 解放军医药杂志, 2021, 33(9): 69. DOI: 10.3969/j.issn.2095-140X.2021.09.014.
Tong L X, Sun T Y, Xu S, *et al*. Application Values of Serum SAA, HC-gp39 and SF Detections in Prognosis Evaluation of Children with Refractory Mycoplasma Pneumoniae Pneumonia[J]. Medical & Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2021, 33(9): 69. DOI: 10.3969/j.issn.2095-140X.2021.09.014.

[22] 万钟予, 戚惠霏, 卢燕鸣. 肺部超声评分联合外周血参数比值在儿童重症肺炎支原体肺炎中的意义[J]. 临床肺科杂志, 2023, 28(10): 1505. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2023.10.009.
Wan Z Y, Qi H F, Lu Y M. Value of lung ultrasound score combined with peripheral blood parameter ratio in pediatric severe Mycoplas-ma pneumoniae pneumonia[J]. J Clin Pulmon Med, 2023, 28(10): 1505. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2023.10.009.

[23] Savoia M, Miletic P, De M M, *et al*. Lung ultrasound score follows the chronic pulmonary insufficiency of prematurity trajectory in early infancy[J]. Eur J Pediatr, 2022, 181(12): 4157. DOI: 10.1007/s00431-022-04629-y.

[24] Raimondi F, Migliaro F, Corsini I, *et al*. Lung Ultrasound Score Progress in Neonatal Respiratory Distress Syndrome[J/OL]. Pediatrics, 2021, 147(4): e2020030528. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33688032/. DOI: 10.1542/peds.2020-030528.

[25] 冼肖英, 丁燕玲. 血清淀粉样蛋白A检测在肺炎支原体肺炎中的诊断价值[J]. 中国医药导报, 2020, 17(7): 168.
Xian X Y, Ding Y L. Diagnostic value of serum amyloid A in Mycoplasma pneumoniae pneumonia[J]. Chin Med Herald, 2020, 17(7): 168.

（2025 – 06 – 03收稿, 2026 – 05 – 29修回）

编辑　吕　熙

**开放获取**　本文使用遵循知识共享署名—非商业性使用4.0国际许可协议（CC BY-NC 4.0），详细信息请访问https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/。

**OPEN ACCESS**　This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (CC BY-NC 4.0). For more information, visit https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/.

© 2026《四川大学学报(医学版)》编辑部

Editorial Office of *Journal of Sichuan University (Medical Sciences)*