

· 论著 · 胸部 ·

基于支原体感染时间和滴度的肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎风险预测*

许亚丽* 石 宏 周显一

开封市中心医院儿科(河南 开封 475000)

【摘要】目的 基于支原体感染时间和滴度对肺炎支原体肺炎(MPP)患儿并发大叶性肺炎进行风险预测。**方法** 选取2021年11月至2024年11月我院收治103例的MPP患儿，根据是否并发大叶性肺炎分为发生组(n=32)和未发生组(n=71)两组。比较两组一般资料、血清生物学指标和支原体滴度，对差异显著的因素进行多因素分析，并根据支原体感染时间和滴度对肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎绘制受试者工作特征(ROC)，对其进行风险预测。**结果** 发生组发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比、C-反应蛋白(CRP)、乳酸脱氢酶(LDH)水平、支原体感染时间及支原体滴度 $\geq 1:160$ 占比均高于未发生组($P<0.05$)；多因素Logistic回归分析结果显示，以上6个因素均为肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎的影响因素($P<0.05$)；支原体感染时间和支原体滴度单独预测并发大叶性肺炎的ROC曲线下面积AUC分别为0.888(95% CI: 0.810~0.941)和0.840(95% CI: 0.754~0.904)，灵敏度分别为85.29%和85.29%，约登指数分别为0.708和0.679。联合预测的AUC、灵敏度、特异性和约登指数分别为0.939(95% CI: 0.875~0.977)、91.18%、86.96%和0.781。**结论** 发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比、CRP、LDH水平、支原体感染时间及支原体滴度均为肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎的危险因素，可基于支原体感染时间和滴度可对其进行风险预测，且联合预测效果更好。

【关键词】肺炎支原体肺炎；大叶性肺炎；支原体感染时间；支原体滴度

【中图分类号】R725.6

【文献标识码】A

【基金项目】河南医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20201261)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.12.016

Prediction of Risk of Concurrent Lobar Pneumonia in Children with M. pneumoniae Pneumonia Based on Time and Titer of Mycoplasma Infection*

XU Ya-li*, SHI Hong, ZHOU Xian-yi.

Department of Pediatrics, Kaifeng Central Hospital, Kaifeng 475000, Henan Province, China

Abstract: Objective To predict the risk of children with *M. pneumoniae* pneumonia (MPP) based on the time and titer of mycoplasma infection. **Methods** A total of 103 MPP children from November 2021 to November 2024 were selected as study subjects and divided into occurrence (n=32) and no occurrence (n=71) according to lobar pneumonia. Compared the general data, serological indexes and mycoplasma titer, conducted multivariate Logistic regression analysis of the statistically significant indicators, and calculated the subject working characteristics (ROC) of children with *M. pneumoniae* pneumonia complicated with lobar pneumonia according to mycoplasma infection time and mycoplasma titer, making risk prediction. **Results** The time from onset to use of macrolide drugs, percentage of neutrophils, C-reactive protein (CRP), lactate dehydrogenase (LDH) level, time of mycoplasma infection and mycoplasma titer 1:160 were all higher than the untreated group ($P<0.05$); after multivariate Logistic regression analysis, All the above 6 factors are the influencing factors of mycoplasma pneumoniae children complicated with lobar pneumonia ($P<0.05$); the ROC area under the curve AUC of mycoplasma infection time and mycoplasma titer alone predicted concurrent lobar pneumonia were 0.888 (95% CI: 0.810~0.941) and 0.840 (95% CI: 0.754~0.904), respectively, sensitivity was 85.29% and 85.29%, respectively. The Youden index was 0.708 and 0.679, respectively. The AUC, sensitivity, specificity and Youden index of the combined prediction were 0.939 (95% CI: 0.875~0.977), 91.18%, 86.96% and 0.781, respectively. **Conclusion** The onset to use of macrolide, percentage of neutrophils, CRP, LDH level, time of mycoplasma infection, and mycoplasma titer were all risk factors for children with mycoplasma pneumonia, mycoplasma infection time and titer for risk prediction, and the combined prediction effect was better.

Keywords: *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia; Lobar Pneumonia; Time of Mycoplasma Infection; Mycoplasma Titer

肺炎支原体肺炎(MPP)是一种由肺炎支原体引起的下呼吸道感染病，约占小儿肺炎的10%~20%^[1-2]，在5岁以上的儿童中，因肺炎支原体引起的社区获得性肺炎高达40%^[3]。而大叶性肺炎通常认为是由肺炎双球菌等细菌引起的，虽二者的致病菌不同，但当患儿发生MPP后，若治疗不及时或抗生素使用不当，患儿肺部炎症未得到治疗，会导致肺炎支原体扩散，患儿炎症持续发展累及多个肺段或肺叶，造成大叶性肺炎^[4-5]。儿童肺炎支原体引

起的大叶性肺炎的临床症状和体征不太明显，增加了诊断和治疗的难度，且MPP患儿并发大叶性肺炎若治疗不及时会对患儿肺部造成损伤，其危害性更大^[6]。因此需找出MPP患儿并发大叶性肺炎的风险因素，提早进行干预，减少对患儿的伤害。而支原体滴度和感染时间是影响患儿病情严重程度的主要原因，支原体滴度越高，感染时间越长其治疗难度越大^[7-8]，因此在这两方面进行分析十分重要，但目前在MPP的风险预测上的研究较多，MPP患

【第一作者】许亚丽，女，主治医师，主要研究方向：儿童消化系统疾病。E-mail: 15037039891@163.com

【通讯作者】许亚丽

儿并发大叶性肺炎的研究颇少。鉴于此，本研究基于支原体感染时间和滴度，对MPP患儿并发大叶性肺炎进行因素分析，病构建风险预测模型来为提早干预，降低患儿MPP并发大叶性肺炎造成的损伤提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年11月至2024年11月我院收治的103例MPP患儿为研究对象。

纳入标准：符合MPP诊断标准^[9]；年龄≤14岁；临床资料完整；经患儿监护人同意，并签署知情同意书；胸部X片显示肺部有炎症阴影。排除标准：合并其他呼吸系统疾病；入院前1周内有抗生素服用史；有免疫功能障碍患者；有重要器官严重损伤；由其他支原体引起的社区获得性肺炎。

1.2 方法 收集所有患儿一般资料，包括性别、年龄、是否有胸腔积液、是否有胃肠道症状、是否早产儿、肺部感染病史、父母大叶性肺炎疾病史、肺外并发症、发病到使用大环内酯类药物时间、支原体感染时间。并检测血清生物学指标[白细胞计数、血小板计数、淋巴细胞百分比、降钙素原(PCT)、C-反应蛋白(CRP)、乳酸脱氢酶(LDH)]及支原体滴度。

1.3 大叶性肺炎诊断标准 根据《呼吸内科学》^[10]诊断大叶性肺炎：临床表现为咳嗽、发烧、呼吸困难等、肺部有啰音，病灶位置实音或浊音；肺部影像学表现加重，显示弥散性间质性肺浸润；单侧或双侧大叶高密度肺实变。

符合以上诊断标准可诊断为并发大叶性肺炎，根据MPP患儿是否并发大叶性肺炎分为发生组和未发生组两组。其中发生组共32例，非发生组共71例。

1.4 统计学方法 采用SPSS 21.0和R4.3.1进行数据分析，计数资料以百分比(%)表示， χ^2 检验，计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，t检验。采用多因素二元Logistic回归分析并发大叶性肺炎的影响因素。并采用受试者操作特征(ROC)曲线评估支原体感染时间和滴度在并发大叶性肺炎中的效能，检验水准 $\alpha=0.05$ ，以 $P<0.05$ 为差异显著。

2 结 果

2.1 两组一般资料比较 发生组发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比、CRP、LDH水平、支原体感染时间及支原体滴度 $\geq 1:160$ 占比均高于未发生组($P<0.05$)，见表1。

表1 两组一般资料比较[例, n(%)]

| 组别 | | 发生组(n=32) | 未发生组(n=71) | χ^2/t 值 | P值 |
|------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 性别 | 男 | 18(56.25) | 41(57.75) | 0.020 | 0.887 |
| | 女 | 14(43.75) | 30(42.25) | | |
| 年龄(岁) | | 7.25±1.39 | 6.87±2.05 | 0.953 | 0.343 |
| 胸腔积液 | 有 | 5(15.63) | 15(21.13) | 0.077 | 0.782 |
| | 无 | 26(81.25) | 56(78.87) | | |
| 胃肠道症状 | 有 | 5(15.63) | 13(18.31) | 0.110 | 0.740 |
| | 无 | 27(84.38) | 58(81.69) | | |
| 是否早产儿 | 是 | 6(18.75) | 12(16.90) | 0.052 | 0.819 |
| | 否 | 26(81.25) | 59(83.10) | | |
| 有肺部感染病史 | 有 | 5(15.63) | 11(15.49) | 0.077 | 0.782 |
| | 无 | 27(84.38) | 60(84.51) | | |
| 父母有大叶性肺炎疾病史 | 是 | 8(25.00) | 19(26.76) | 0.035 | 0.851 |
| | 否 | 24(75.00) | 52(73.24) | | |
| 肺外并发症 | 有 | 17(53.13) | 29(40.85) | 1.346 | 0.246 |
| | 无 | 15(46.87) | 42(59.15) | | |
| 发病到使用大环内酯类药物时间(d) | | 4.34±0.68 | 3.05±0.53 | 2.348 | 0.021 |
| 白细胞计数 | $\geq 1.5 \times 10^9$ | 22(68.75) | 53(74.65) | 0.388 | 0.534 |
| | $< 1.5 \times 10^9$ | 10(31.25) | 18(25.35) | | |
| 血小板计数($\times 10^9$) | | 269.58±30.28 | 281.39±31.54 | 1.780 | 0.078 |
| 中性粒细胞百分比(%) | | 61.29±8.67 | 55.37±7.91 | 3.411 | 0.001 |
| 淋巴细胞百分比(%) | | 26.85±5.04 | 25.67±3.46 | 1.381 | 0.170 |
| PCT(μg/L) | | 0.30±0.08 | 0.31±0.11 | 0.462 | 0.645 |
| CRP(mg/L) | | 13.05±1.57 | 11.72±2.07 | 3.236 | 0.002 |
| LDH(IU/L) | | 431.67±47.05 | 410.38±45.39 | 2.178 | 0.032 |
| 支原体感染时间(d) | | 7.11±1.22 | 6.15±1.17 | 3.803 | <0.001 |
| 支原体滴度 | $\geq 1:160$ | 21(65.63) | 28(39.44) | 6.066 | 0.014 |
| | $< 1:160$ | 11(34.38) | 43(60.56) | | |

2.2 肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎的多因素Logistic回归分析

将表1中差异具有统计学意义的发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比、CRP、LDH水平、支原体感染时间及支原体滴度为自变量，以肺炎支原体肺炎患儿是否并发大叶性肺炎为因变量进行多因素Logistic回归分析。赋值方式为是否并发大叶性肺炎(发生=1, 未发生=0)、支原体滴度($\geq 1: 160=1$, $< 1: 160=0$)，发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比、CRP、LDH水平及支原体感染时间为原值输入。

多因素Logistic回归分析结果显示，LDH、发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比、CRP水平、支原体感染时间及支原体滴度均为肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎

的危险因素($P<0.05$)，见表2。

2.3 基于支原体感染时间和滴度对MPP患儿并发大叶性肺炎的风险预测 以支原体感染时间和支原体滴度两个方面对肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎进行风险预测，ROC曲线结果显示，支原体感染时间和支原体滴度单独预测并发大叶性肺炎的ROC曲线下面积AUC分别为0.888(95% CI: 0.810~0.941)和0.840(95% CI: 0.754~0.904)，灵敏度分别为85.29%和85.29%，特异性分别为85.51%和82.61%，约登指数分别为0.708和0.679。联合预测的AUC、灵敏度、特异性和约登指数分别为0.939(95% CI: 0.875~0.977)、91.18%、86.96%和0.781。联合预测各指标高于单独预测，见图1。

表2 肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎的多因素Logistic回归分析

| 因素 | β | S.E | wald χ^2 | P值 | OR值 | 95%CI |
|--------------|---------|-------|---------------|-------|-------|-------------|
| LDH | 0.850 | 0.284 | 8.961 | 0.003 | 2.340 | 1.341~4.083 |
| 发病到大环内酯类药物时间 | 1.181 | 0.411 | 8.258 | 0.004 | 3.250 | 1.456~7.291 |
| 中性粒细胞百分比 | 0.709 | 0.257 | 7.601 | 0.006 | 2.031 | 1.227~3.361 |
| CRP | 0.423 | 0.190 | 4.964 | 0.026 | 1.527 | 1.052~2.216 |
| 支原体感染时间 | 0.905 | 0.309 | 8.578 | 0.003 | 2.472 | 1.349~4.530 |
| 支原体滴度 | 1.119 | 0.426 | 6.905 | 0.009 | 3.063 | 1.329~7.059 |

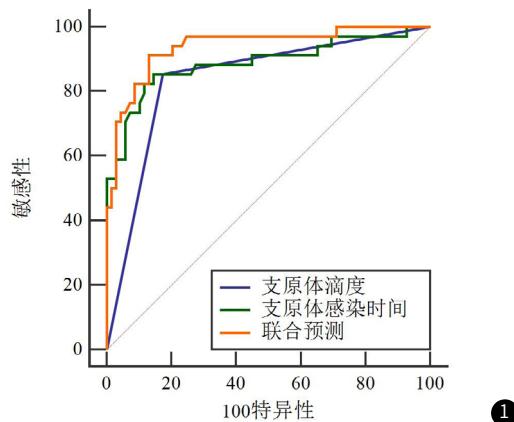


图1 支原体感染时间和滴度对并发大叶性肺炎的风险预测ROC曲线。

3 讨论

MPP是儿科中社区获得性肺炎最常见的原因之一^[11]，通常服用抗生素治疗即可痊愈，但儿童通常免疫力相对成人较弱，对病原体的抵抗力较低，随着肺炎支原体的侵入和发展，有可能诱发MPP患儿并发大叶性肺炎^[12-13]。大叶性肺炎可引起全身多个系统的并发症，病情较重，治疗难度更大，会对患儿造成不可逆的影响，因此对其进行风险预测并及时治疗为避免造成进一步伤害十分必要^[14]。

支原体感染早期，支原体在呼吸道内大量繁殖，容易引起上皮细胞损伤和炎症反应，支原体感染时间越长，病原体在体内复制和扩散的可能性越大，机体的免疫反应可能逐渐减弱，对病原体的清除能力下降，进一步加剧了病情的发展，肺部炎症可能进一步加重，从而增加并发大叶性肺炎的风险^[15-16]，因

此支原体感染时间越长的患儿治疗难度越大，并发大叶性肺炎的风险更高。支原体滴度反映了体内支原体抗体的浓度，滴度越高表示感染越严重^[17]，本研究将支原体滴度分为 $\geq 1: 160$ 和 $< 1: 160$ 两个维度，研究结果发现并发大叶性肺炎的发生组中支原体滴度 $\geq 1: 160$ 的占比更高，说明支原体滴度越大，发生大叶性肺炎的概率更高。正常情况下支原体滴度处于1:32以下，单次抗体滴度 $\geq 1: 160$ 可作为诊断MPP近期感染或急性期感染的参考标准^[18]，因此在MPP的治疗过程中可通过检测支原体滴度的变化来评估治疗效果和病情进展来进一步调整治疗方案。本研究多因素Logistic回归分析结果显示，支原体感染时间和滴度均为MPP患儿并发大叶性肺炎的危险因素，且通过对两个维度进行绘制ROC曲线，结果显示，单独预测的灵敏度和特异性均在80%以上，且联合预测的灵敏度和特异性均升高，说明联合预测效果更好，因此在后续对MPP患儿进行风险预测时可优先考虑联合预测。

另外本研究Logistic回归分析还显示，LDH、发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比和CRP水平为MPP患儿并发大叶性肺炎的危险因素。分析原因为，MPP患儿肺部受到感染时，由于肺部炎症的严重性和广泛性，肺泡壁和肺泡毛细血管可能受到严重损伤，导致细胞膜破裂，LDH释放到血液中。血清LDH水平的升高可以反映肺部炎症的严重程度，炎症越严重，LDH释放越多，血清LDH水平越高，肺部炎症越严重，更容易导致大叶性肺炎发生^[19-20]。大环内酯类药物是治疗MPP的常用药物，主要通过抑制细菌蛋白质的合成为发挥抗菌作用。MPP的病情进展是一个动态过程，从发病到出

现严重并发症需要一定时间，在这段时间内，如果未能及时给予有效的抗菌治疗，病情可能会持续恶化，导致肺部炎症加重，进而增加并发大叶性肺炎等严重并发症的风险。也有研究表明发病到使用大环内酯类药物的时间越长，MPP患儿并发大叶性肺炎等严重并发症的风险越高^[21]。中性粒细胞是机体重要的免疫细胞，具有吞噬、杀菌等功能。当机体受到感染或炎症刺激时，中性粒细胞会迅速增殖并迁移到炎症部位，参与炎症反应，对抗病原体。在严重感染或炎症状态下，中性粒细胞可能会大量聚集在感染部位，导致血液中的中性粒细胞百分比升高，诱发大叶性肺炎的形成^[22]。另外CRP作为一种急性期蛋白，其水平也可反映患儿体内的炎症程度，当MPP患儿肺部出现感染，CRP水平会迅速升高，加重患儿感染程度，增大大叶性肺炎发生的风险^[23]。

综上所述，发病到使用大环内酯类药物时间、中性粒细胞百分比、CRP、LDH水平、支原体感染时间及支原体滴度均为肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎的危险因素，支原体感染时间和滴度可对其进行风险预测，且联合预测效果更好。后续在对MPP患儿并发大叶性肺炎进行分析时可联合支原体感染时间和滴度等指标进行风险预测以提高预测准确度。但本研究尚存一定局限性，本研究选取样本量较小，后续应扩大样本量进一步验证。

参考文献

- [1] 孟庆环,孟峰.连花清瘟颗粒对小儿支原体肺炎的治疗效果研究[J].中国社区医师,2022,38(24):87-89.
- [2] Wang Y, Yu X, Liu F, et al. Respiratory microbiota imbalance in children with Mycoplasma pneumoniae pneumonia[J]. Emerg Microbes Infect, 2023, 12(1): 2202272.
- [3] Choo S, Kim S, Lee E. Clinical significance of Mycoplasma pneumoniae specific IgM titer in children hospitalized with Mycoplasma pneumoniae pneumonia[J]. BMC Infect Dis, 2022, 22(1): 470.
- [4] 朱跃文,周贝贝,韦红.肺炎支原体肺炎患儿并发大叶性肺炎的影响因素分析及列线图预测模型构建[J].检验医学与临床,2024,21(16):2310-2314,2319.
- [5] Meyer Sauteur PM, Theiler M, Buettcher M, et al. Frequency and clinical presentation of mucocutaneous disease due to mycoplasma pneumonia infection in children with community-acquired pneumonia[J]. JAMA Dermatol, 2020, 156(2): 144-150.
- [6] 张梦莹,胡雪晴,张浩,等.思维导图引导优质护理对肺炎支原体感染性大叶性肺炎患儿的干预效果[J].海南医学,2021,32(21):2853-2856.
- [7] 葛梦蕾,殷芳,赵汉青,等.肺炎支原体抗体滴度和RNA检测在儿童肺炎支原体肺炎诊疗中的应用价值[J].中华检验医学杂志,2020,43(11):1106-1111.
- [8] Yang S, Lu S, Guo Y, et al. A comparative study of general and severe mycoplasma pneumoniae pneumonia in children[J]. BMC Infect Dis, 2024, 24(1): 449.
- [9] 中华医学会儿科学分会呼吸学组,《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会.儿童肺炎支原体肺炎诊治专家共识(2015年版)[J].中华实用儿科临床杂志,2015,30(17):1304-1308.
- [10] 蔡柏蔷.呼吸内科学[M].北京:中国协和医科大学出版社,2000: 145-147.
- [11] Liu J, He R, Zhang X, et al. Clinical features and "early" corticosteroid treatment outcome of pediatric mycoplasma pneumoniae pneumonia [J]. Front Cell Infect Microbiol, 2023, 13: 1135228.
- [12] 王雪,高密密,尹力,等.儿童肺炎支原体肺炎并发大叶性肺炎的危险因素[J].中华医院感染学杂志,2021,31(2):277-280.
- [13] 许士梅,张晓蔚,韩新光,等.支气管镜治疗大叶性支原体肺炎的时机与疗效研究[J].重庆医学,2023,52(10):1464-1468.
- [14] 赵立敏,鹿雷鸣.定州市儿童支原体感染致大叶性肺炎特征分析[J].河北医药,2020,42(16):2522-2525.
- [15] 何琳.肺炎支原体肺炎发生混合感染患儿预后的影响因素分析[J].护理实践与研究,2021,18(15):2218-2222.
- [16] 徐俊梅,史大伟,李雪华,等.儿童肺炎支原体感染大叶性肺炎的危险因素分析[J].中国医刊,2020,55(5):567-569.
- [17] 吴娟,顾倩,王松林,等.支原体抗体滴度Mp-IgM与MP肺炎患儿病情严重程度的关系[J].临床和实验医学杂志,2020,19(10):1091-1094.
- [18] 王良玉,蔚然,朱宏斌,等.被动凝集法诊断肺炎支原体感染最佳抗体滴度的探讨及临床价值评估[J].中华实用儿科临床杂志,2024,39(12):927-930.
- [19] Wang S, Jiang Z, Li X, et al. Diagnostic value of serum LDH in children with refractory Mycoplasma pneumoniae pneumonia: A systematic review and meta-analysis[J]. Front Pediatr, 2023, 11: 1094118.
- [20] Zheng Y, Hua LL, Zhao QN, et al. The level of D-dimer is positively correlated with the severity of mycoplasma pneumoniae pneumonia in children[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2021, 11: 687391.
- [21] 郭晓茹,周巍玲.预测支原体肺炎病儿并发大叶性肺炎风险的列线图模型的建立[J].安徽医药,2023,27(10):1945-1948.
- [22] 谢心怡,张阿敏,郑文宇,等.基于准确病原的儿童大叶性肺炎炎症特点[J].山东大学学报(医学版),2022,60(12):52-57.
- [23] 孙雅娟,毛国顺,朱影,等.乙酰半胱氨酸雾化联合肺泡灌洗术对大叶性肺炎患儿炎症吸收时间及血清CRP、LDH、D-D水平的影响[J].现代生物医学进展,2023,23(14):2714-2717.

(收稿日期: 2025-03-19)

(校对编辑: 姚丽娜)