

炎症介质水平与支原体肺炎患儿肺功能的相关性 及对病情不同严重程度的预测效能分析*

黄水英¹ 杨林凤¹ 刘祥蕾¹ 王新宇² 杨可可¹ 朱峰³

(安徽医科大学附属宿州医院·安徽省宿州市立医院 1. 儿童重症医学科; 2. 儿童呼吸科; 3. 儿科, 安徽 宿州 234000)

【摘要】 目的 研究肺炎支原体肺炎(MPP)患儿血清炎症介质水平与肺功能的相关性,并探究炎症介质水平对病情不同严重程度的预测效能。**方法** 选取2023年1月—2024年12月于本院就诊的114例MPP患儿作为研究对象,选取同期100例非MPP感染肺炎患儿作为对照(非MPP组),进一步根据病情严重程度将114例MPP患儿分为轻症组81例和重症组33例。采用Spearman偏相关进行相关性分析,采用多因素Logistic回归分析影响因素,利用ROC曲线评估预测价值。**结果** 与非MPP组相比,MPP组患儿的血清NLR、ESR、WBC、IL-4水平较低,PCT、IL-6、TNF- α 水平较高;与轻症MPP组相比,重症MPP组患儿的血清NLR、CRP、WBC、IL-4、IL-6较高。偏相关分析显示,NLR、IL-4均与FVC呈负相关;IL-6、CRP与FVC呈正相关;NLR与FEV1/FVC呈正相关;IL-6与FEV1/FVC呈负相关;但PCT、TNF- α 、ESR、WBC水平与肺功能指标相关性不显著。CRP($OR=1.502$)、WBC($OR=3.224$)、IL-4($OR=5.690$)、IL-6($OR=1.356$)水平是MPP患儿病情严重程度的独立影响因素。ROC曲线显示联合预测AUC最高0.990(0.978~1.000),灵敏度为0.960(0.922~0.998),特异度为0.962(0.911~1.000)。**结论** 炎症介质CRP、WBC、IL-4、IL-6水平对MPP患儿病情严重程度具有良好的预测价值,且与肺功能具有一定的相关性。

【关键词】 肺炎支原体肺炎;肺功能;炎症介质;相关性;预测价值

【中图分类号】 R725.6 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2026.05.022

Investigation into the association between inflammatory mediator levels and pulmonary function in pediatric mycoplasma pneumoniae pneumonia cases, coupled with an assessment of their prognostic utility in predicting disease severity

HUANG Shuiying¹, YANG Linfeng¹, LIU Xianglei¹, WANG Xinyu², YANG Keke¹, ZHU Feng³

(1. Department of Pediatric Critical Care Medicine, Suzhou Hospital of Anhui Medical University, Suzhou Municipal Hospital of Anhui Province, Suzhou 234000, Anhui, China;

2. Department of Pediatric Respiratory Medicine, Suzhou Hospital of Anhui Medical University, Suzhou Municipal Hospital of Anhui Province, Suzhou 234000, Anhui, China;

3. Department of Pediatrics, Suzhou Hospital of Anhui Medical University, Suzhou Municipal Hospital of Anhui Province, Suzhou 234000, Anhui, China)

【Abstract】 **Objective** To investigate the correlation between serum levels of inflammatory mediators and pulmonary function in children with Mycoplasma pneumoniae pneumonia (MPP), and explore the predictive efficacy of inflammatory mediator levels in differentiating varying degrees of disease severity. **Methods** A cohort of 114 pediatric patients diagnosed with MPP and treated at our hospital from January 2023 to December 2024 was enrolled as the study population. Meanwhile, 100 pediatric patients with non-MPP infectious pneumonia during the same period were chosen as the control group (non-MPP group). Furthermore, the 114 MPP pediatric patients were further divided into a mild-case group ($n=$

基金项目:2023年安徽省临床医学研究转化专项项目(202304295107020119)

通信作者:朱峰,E-mail:lzhufeng166@yeah.net

引用本文:黄水英,杨林凤,刘祥蕾,等.炎症介质水平与支原体肺炎患儿肺功能的相关性及对病情不同严重程度的预测效能分析[J].西部医学,2026,38(5):757-761.DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2026.05.022

81) and a severe-case group ($n=33$) based on the severity of their illness. Spearman's partial correlation analysis was employed to examine the correlations. Multivariate logistic regression analysis was used to identify influencing factors. ROC curves were utilized to evaluate the predictive value. **Results** Compared with the non-MPP group, children in the MPP group exhibited lower serum levels of neutrophil- to-lymphocyte ratio (NLR), erythrocyte sedimentation rate (ESR), white blood cell count (WBC), procalcitonin (PCT), and interleukin-4 (IL-4), while higher levels of interleukin-6 (IL-6) and tumor necrosis factor- α (TNF- α). When comparing the severe-case MPP group with the mild - case MPP group, children in the severe-case group had higher serum levels of NLR, C-reactive protein (CRP), WBC, IL-4, and IL-6. Partial correlation analysis revealed that NLR, IL-6, and IL-4 were all negatively correlated with FVC. CRP was positively correlated with FVC. NLR was positively correlated with the ratio of FEV1/FVC, whereas IL-6 and IL-4 were negatively correlated with FEV1/FVC. However, no significant correlations were observed between the levels of PCT, TNF- α , ESR, WBC and pulmonary function indicators. The levels of CRP ($OR=1.502$), WBC ($OR=3.224$), IL-4 ($OR=5.690$), and IL-6 ($OR=1.356$) were identified as independent influencing factors for the severity of illness in pediatric patients with MPP. The ROC curve analysis demonstrated that the combined prediction model achieved the highest AUC of 0.990 (95% confidence interval: 0.978~1.000), with a sensitivity of 0.960 (95% confidence interval: 0.922~0.998) and a specificity of 0.962 (95% confidence interval: 0.911~1.000). **Conclusion** The levels of inflammatory mediators, namely CRP, WBC, IL-4, and IL-6, exhibit good predictive value for the severity of illness in pediatric patients with MPP and show a certain degree of correlation with pulmonary function.

【Key words】 Mycoplasma pneumoniae pneumonia; Pulmonary function; Inflammation mediator; Correlation; Predictive value

肺炎支原体肺炎(Mycoplasma pneumoniae pneumonia, MPP)由肺炎支原体(Mycoplasma pneumoniae, MP)感染引起,占儿童社区获得性肺炎的 20%~40%,是儿童常见、多发的呼吸系统疾病^[1-3]。MPP 患儿持续发热和/或临床恶化可能会使治疗复杂化,甚至可能导致严重的全身性疾病。MP 的致病机制包括对呼吸道上皮细胞和免疫细胞的直接损伤,包括粘连损伤、侵袭性损伤、毒性损伤、炎症损伤和免疫损伤^[4-5]。MPP 的发病机制除了与 MP 的直接感染有关之外,还与儿童免疫功能失调有关,这种免疫功能失调可能与炎症介质的过度释放和持续作用相关^[6]。炎性介质的作用是一把双刃剑,其过量生成不仅无法有效清除病原体,反而会对患儿肺血管和组织造成损伤。因此 MP 感染后部分患儿病情重且迁延,易导致肺功能减退和生活质量下降;研究表明儿童肺炎急性期和恢复期,肺功能均会出现不同程度的异常^[7-8]。鉴于近年来重症/难治性 MPP 报道增加,本研究通过研究 MPP 患儿血清炎症介质水平与肺功能的相关性,并探究炎症介质水平对病情不同严重程度的预测效能,旨在更准确地评估患儿病情,为可能发展为重症的 MPP 患儿及时制定个性化的治疗方案提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性选取 2023 年 1 月—2024 年 12 月于本院就诊的 114 例 MPP 患儿作为研究对象,选取同期 100 例非 MPP 感染肺炎患儿作为对照(非 MPP 组)。纳入标准:①MPP 患儿符合《儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南(2023 年版)》^[9]相关诊断标准。②

非 MPP 患儿符合《儿童社区获得性肺炎管理指南(2024 修订)》^[10]中支气管感染诊断标准。③入院时年龄 ≤ 14 岁。④临床资料完整。排除标准:①合并其他感染性疾病。②先天性免疫系统疾病。③先天性支气管发育不良。④合并支气管哮喘、过敏体质等慢性病史。研究获得本院伦理委员会审批(编号:C2025016)。

1.2 方法

1.2.1 血清学指标检测 所有患儿均于入院 24 h 内抽取空腹静脉血,采用迈瑞 BC-6800 血液细胞分析仪检测血常规参数,如白细胞计数(WBC)、中性粒细胞与淋巴细胞比率(NLR)、红细胞沉降率(ESR)、C 反应蛋白(CRP)、降钙素原(PCT)。酶联免疫吸附试剂盒(第三方金城医学检验中心)检测血清肿瘤坏死因子(TNF- α)、白细胞介素 4(IL-4)、白细胞介素 6(IL-6)。

1.2.2 肺功能指标检测 所有 MPP 患儿均在入院 24 h 内用耶格肺功能仪(Master Scree Paed, 德国 JEAGER 公司)对肺功能进行检测,记录整个呼气过程中的用力呼气量(Forced vital capacity, FVC)、第 1 秒用力呼气量(Forced expiratory volume in 1 second, FEV₁),计算第 1 秒用力肺活量占用力肺活量的百分比(FEV₁/FVC)。

1.2.3 诊断标准 符合下列表现中任何一项即为重症 MPP^[9]:持续高热(39℃)超过 4 天或发热超过 6 天,体温高温无下降趋势;出现喘息、气促、呼吸困难、胸痛、咳血等之一;出现肺外并发症;静息状态下指脉氧饱和度 $\leq 93\%$;临床症状及肺部影像学改变加重。

不符合重症表现者,则为轻症。根据病情严重程度将 MPP 患儿分为轻症组 81 例和重症组 33 例。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料用 Shapiro-Wilk 进行正态性检验,符合正态分布以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,不符合正态分布以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验或非参数检验;计数资料用 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法。采用 Spearman 偏相关进行相关性分析。影响因素分析采用多因素 Logistic 回归分析,利用 ROC 曲线及其曲线下面积(AUC)和 95% 置信区间(95% CI)评估预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MPP 组与非 MPP 组临床资料比较 与非 MPP 组相比,MPP 组患儿的血清 NLR、ESR、WBC、IL-4 水平较低,PCT、TNF- α 、IL-6 水平较高,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。两组患儿的性别、年龄、病程、CRP 水平差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 MPP 组与非 MPP 组临床资料比较 [$n(\times 10^{-2})$, $(\bar{x} \pm s)$, $M(P_{25}, P_{75})$]

Table 1 Clinical data contrast between the MPP group and the Non-MPP group

临床资料	非 MPP 组($n=114$)	MPP 组($n=100$)	$t/\chi^2/Z$	P
男性	61(53.51)	49(49.00)	0.434	0.510
年龄(岁)	5.83 \pm 1.89	6.08 \pm 1.68	-1.259	0.209
病程(d)	4.34 \pm 1.16	4.49 \pm 1.16	-1.154	0.249
NLR	3.08(2.83,3.46)	2.44(1.82,3.08)	-8.725	<0.001
CRP(mg/L)	16.51(10.56,21.74)	14.48(10.41,19.80)	-0.675	0.499
TNF- α (pg/mL)	2.02(1.66,2.38)	3.92(3.06,5.00)	-14.060	<0.001
ESR(mm/h)	39.33(36.39,42.17)	34.78(29.06,38.68)	-7.366	<0.001
WBC($\times 10^9/L$)	14.72(12.53,17.48)	9.92(8.45,11.71)	-11.254	<0.001
PCT(ng/mL)	0.21(0.15,0.26)	0.29(0.21,0.38)	5.841	<0.001
IL-4(pg/mL)	11.45(8.62,13.64)	1.93(1.51,2.41)	-15.073	<0.001
IL-6(pg/mL)	17.48(12.50,21.75)	20.21(15.49,23.84)	-2.951	<0.001

2.2 轻症 MPP 组与重症 MPP 组血清炎症介质水平、肺功能指标比较 与轻症 MPP 组相比,重症 MPP 组患儿的血清 NLR、CRP、WBC、IL-4、IL-6 较高,肺功能 FVC 较高,FEV1/FVC 较低,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。两组患儿的性别、年龄、病程、TNF- α 、ESR、PCT 水平、FEV1 差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.3 MPP 组患儿炎症介质水平与肺功能指标的偏相关性 调整了年龄、性别、病程后,经偏相关分析显示,NLR 与 FVC 呈负相关($P < 0.05$),与 FEV1/FVC 呈正相关($P < 0.05$);CRP 与 FVC 呈正相关($P < 0.001$),与 FEV1/FVC 呈负相关($P < 0.05$);IL-6 与

表 2 轻症 MPP 组与重症 MPP 组血清炎症介质水平、肺功能指标比较 [$n(\times 10^{-2})$, $(\bar{x} \pm s)$, $M(P_{25}, P_{75})$]

Table 2 Comparison of serum inflammatory mediator levels and pulmonary function indicators between the mild MPP group and the severe MPP group

指标	轻症 MPP 组($n=81$)	重症 MPP 组($n=33$)	$t/\chi^2/Z$	P
男性	36(44.44)	19(57.58)	1.619	0.203
年龄(岁)	7.00(5.00,8.00)	6.00(4.00,7.00)	-1.483	0.138
病程(d)	4.44 \pm 1.19	4.60 \pm 1.12	-0.852	0.395
NLR	2.25(1.60,2.98)	2.69(2.09,3.14)	-2.719	0.007
CRP(mg/L)	12.54(9.00,15.68)	25.82(17.53,35.50)	-7.779	<0.001
TNF- α (pg/mL)	3.82(3.05,5.14)	3.95(3.23,4.75)	-0.143	0.887
ESR(mm/h)	35.21(27.36,38.37)	34.75(30.34,39.42)	-1.050	0.294
WBC($\times 10^9/L$)	9.07(7.72,10.75)	13.12(10.66,15.12)	-7.346	<0.001
PCT(ng/mL)	0.22(0.16,0.27)	0.25(0.17,0.32)	-1.313	0.189
IL-4(pg/mL)	1.74(1.34,2.15)	2.77(2.06,3.35)	-6.775	<0.001
IL-6(pg/mL)	16.98(11.70,20.61)	27.04(18.58,35.08)	-6.543	<0.001
FVC(L)	1.87(1.72,1.98)	1.99(1.90,2.09)	-4.704	<0.001
FEV1(L)	1.29(1.20,1.38)	1.32(1.23,1.35)	-1.020	0.308
FEV1/FVC(%)	0.71(0.66,0.73)	0.66(0.63,0.68)	-5.606	<0.001

FEV1/FVC 呈负相关($P < 0.05$);IL-4 与 FVC 呈负相关($P < 0.05$)。而 PCT、TNF- α 、ESR、WBC 水平与肺功能指标相关性不显著($P > 0.05$),见表 3。

表 3 MPP 组患儿炎症介质水平与肺功能指标的偏相关性

Table 3 Partial correlation between inflammatory mediator levels and pulmonary function indicators in children with MPP group

指标	FVC(L)		FEV1(L)		FEV1/FVC(%)	
	r	p	r	p	r	p
NLR	-0.148	0.010	-0.027	0.641	0.135	0.019
CRP(mg/L)	0.213	<0.001	0.054	0.355	-0.188	0.001
TNF- α (pg/mL)	0.069	0.232	0.029	0.622	-0.038	0.509
ESR(mm/h)	-0.037	0.526	0.057	0.321	0.102	0.076
WBC($\times 10^9/L$)	0.093	0.109	0.007	0.902	-0.108	0.062
PCT(ng/mL)	-0.004	0.966	-0.140	0.144	-0.169	0.076
IL-4(pg/mL)	-0.119	0.039	-0.046	0.423	0.081	0.162
IL-6(pg/mL)	0.179	0.060	-0.064	0.506	-0.312	0.001

2.4 MPP 患儿严重程度的多因素 Logistic 回归 以 MPP 患儿严重程度作因变量(轻症=0,重症=1),将 NLR、CRP、WBC、IL-4、IL-6 作为自变量行多因素 Logistic 回归,结果显示 CRP($OR = 1.502$)、WBC($OR = 3.224$)、IL-4($OR = 5.690$)、IL-6($OR = 1.356$)是 MPP 患儿病情严重程度的独立影响因素($P < 0.05$),见表 4。

2.5 对 MPP 患儿严重程度的预测价值 绘制 ROC 曲线发现 CRP、WBC、IL-4、IL-6 的 AUC 分别为 0.882(0.822~0.942)、0.833(0.764~0.902)、0.822(0.750~0.893)、0.861(0.800~0.921),联合预测 AUC 最高 0.990(0.978~1.000),灵敏度为 0.960(0.922~0.998),特异度为 0.962(0.911~1.000),见图 1。

表 4 MPP 患儿严重程度的多因素 Logistic 回归

Table 4 Multifactorial logistic regression analysis of severity in children with MPP

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95% CI	
						下限	上限
常数	-30.624	8.011	14.615	<0.001			
NLR	0.223	0.710	0.099	0.753	1.250	0.311	5.026
CRP	0.407	0.143	8.100	0.004	1.502	1.135	1.988
IL-4	1.739	0.835	4.335	0.037	5.690	1.107	29.235
IL-6	0.305	0.104	8.614	0.003	1.356	1.107	1.662
WBC	1.171	0.374	9.791	0.002	3.224	1.549	6.710

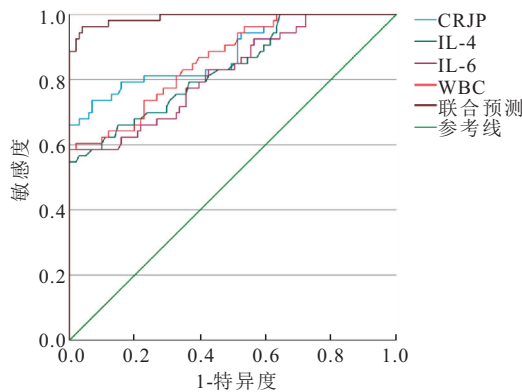


图 1 预测 MPP 患儿严重程度的 ROC 曲线

Figure 1 ROC curve for predicting the severity of MPP in children

3 讨论

儿童 MPP 为异质性疾病,不同个体之间病情轻重常不尽相同,大约 12% 的 MPP 患儿会进展为重症 MPP 或难治性 MPP,可导致严重的肺内病变,如胸腔积液、肺实变、肺栓塞,甚至坏死性肺炎^[11-13]。随着肺功能检查技术的不断推广与进步,MPP 患儿肺部感染急性期对肺部的损伤逐渐引起临床的广泛关注。在 MPP 发病进程中,炎症反应过度激活是导致肺组织损伤的关键病理生理机制,与难治性 MPP 或重症 MPP 相关的肺损伤是由于过度的宿主免疫反应及毒性作用造成的,而不是直接的 MP 损伤,且炎症反应剧烈程度与肺部损伤程度、肺部病变范围呈正比^[14-15]。因此患儿体内的炎症介质水平对预测疾病的严重程度具有一定的预测价值,重症 MPP 的早期识别及干预对患儿治疗及预后意义重大。

T 细胞活化和细胞介导的炎症损伤,以及呼吸道中细胞因子导向的促炎环境是 MPP 恶化的关键组成部分^[16-17]。本研究发现,与非 MPP 组相比,MPP 组患儿的血清 NLR、ESR、WBC、PCT、IL-4 水平较低,PCT、IL-6、TNF- α 水平较高,CRP 水平较低但差异无统计学意义。CRP 水平可以反映炎症激活程度^[18],有研究显示细菌性肺炎患儿的 CRP 水平会显著升高,相比下 MPP 轻症患者 CRP 虽会升高,但幅度相对较小^[19],与本研究结果类似。与轻症 MPP 组相比,重症

MPP 组患儿的血清 NLR、CRP、WBC、IL-4、IL-6 较高。研究表明 MPP 患儿外周血 PCT、IL-6 水平随着血清 MP 抗体滴度增加而升高^[20],这一结果提示 IL-6 可促进外周血淋巴细胞失衡,加剧 MPP 患儿机体免疫反应。但本研究轻症与重症组患儿 PCT 水平差异未达到统计学显著性标准,可能原因在于 MP 对 PCT 水平的影响不如细菌感染显著。ESR 在疾病进程中变化不如 CRP 敏感,当病情加重或好转时,ESR 变化相对缓慢,而 CRP 水平变化迅速^[21],这可能是 ESR 在轻症与重症组中差异无统计学意义的原因之一。

MP 侵入气道后会与上皮细胞表面受体结合,结合后分泌社区获得性呼吸窘迫综合征毒素及过氧化氢,这些物质会引发患儿气道上皮细胞发生器质性损伤,气道黏膜发生变应性炎症,进而影响肺功能^[22-24]。重症 MPP 组患儿 FVC、FEV1 与较轻症 MPP 组患儿高,推测出现这一现象可能与重症组男性患儿占比较高有关。在调整了年龄、性别、病程后,经偏相关分析显示,NLR、IL-4 均与 FVC 呈负相关;IL-6、CRP 与 FVC 呈正相关;NLR 与 FEV1/FVC 呈正相关;IL-6 与 FEV1/FVC 呈负相关;但 PCT、TNF- α 、ESR、WBC 水平与肺功能指标相关性不显著。通常情况下较高的 CRP 水平与较低的肺容积有关,可能本研究中 MPP 患儿体内炎症导致的肺不张和实变区域较小,对 FVC 的影响相对不明显,甚至在炎症刺激下,呼吸肌可能代偿性增强收缩,导致 FVC 略有增加,进而出现 CRP 与 FVC 呈正相关、NLR 与 FEV1/FVC 呈正相关的情况。IL-6 水平显著升高更常见于肺叶病变进展为肺坏死的患者,且与所有患者的预后较差显著相关^[25-26]。这提示临床在 MPP 患儿入院后应动态监测炎症指标水平,密切关注 IL-6 水平明显升高、炎症反应剧烈的患儿,给予个性化的治疗方案并加强护理。本研究样本量较小,且为回顾性单中心研究,可能存在一些统计偏倚。其次,虽然大部分 MPP 患儿会出现发热,但有研究表明无发热 MPP 患儿的比例正在逐年增加,且该类患儿炎症指标虽然没有发热患儿高,但器官和肺功能损伤的程度不亚于发热患儿^[27]。因此今后可对无发热表现的 MPP 患儿进行更深入的研究。

4 结论

CRP、WBC、IL-4、IL-6 是 MPP 患儿病情严重程度的独立影响因素,对 MPP 患儿病情严重程度具有良好的预测价值,且与肺功能具有一定的相关性。

【参考文献】

[1] ZHANG L, LAI M M, AI T, et al. Analysis of Mycoplasma

- pneumoniae infection among children with respiratory tract infections in hospital in Chengdu from 2014 to 2020[J]. *Transl Pediatr*, 2021, 10(4): 990-997.
- [2] 李珊珊,赵宝银,万红,等. 小儿支原体肺炎血清 BNP、LDH 及 Hcy 水平与心肌损害的相关性[J]. *西部医学*, 2024, 36(7): 1058-1061,1067.
- [3] 于曼,叶乐平. 儿童大环内脂类耐药的重症肺炎支原体肺炎早期识别与治疗[J]. *医学新知*, 2025, 35(4): 461-468.
- [4] WANG Y C, YU X R, LIU F, *et al.* Respiratory microbiota imbalance in children with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia [J]. *Emerg Microbes Infect*, 2023, 12(1): 2202272.
- [5] KONG K M, DING Y, WU B R, *et al.* Clinical predictors of wheezing among children infected with *Mycoplasma Pneumoniae* [J]. *Front Pediatr*, 2021, 9: 693658.
- [6] ZHU Y F, LUO Y Y, LI L, *et al.* Immune response plays a role in *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Front Immunol*, 2023, 14: 1189647.
- [7] 刘春莉,武元,陈炯,等. 综合肺康复疗法对肺炎后儿童肺功能及运动功能影响的前瞻性非随机对照研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2024, 39(9): 1316-1320.
- [8] 韩鹏,刘军,王风雨佳,等. 3 岁以上儿童肺炎后肺功能的研究[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2021, 36(19): 1492-1495.
- [9] 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]. *中国合理用药探索*, 2023, 20(3): 16-24.
- [10] 中华医学会儿科学分会呼吸学组,中华儿科杂志编辑委员会,中国医药教育协会儿科专业委员会,等. 儿童社区获得性肺炎管理指南(2024 修订)[J]. *中华儿科杂志*, 2024, 62(10): 920-930.
- [11] ZHANG X, SUN R Y, JIA W Y, *et al.* Clinical characteristics of lung consolidation with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia and risk factors for *Mycoplasma pneumoniae* necrotizing pneumonia in children[J]. *Infect Dis Ther*, 2024, 13(2): 329-343.
- [12] 张博,朱玉林,熊玉红,等. [J]. 儿童重症肺炎支原体肺炎的危险因素探讨[J]. *中华全科医学*, 2024, 22(7): 1094-1097.
- [13] 贾春阳,杨凯华,孙利芳,等. 儿童肺炎相关性肺栓塞的临床、CT 及 CTPA 特点[J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2023, 21(3): 324-326,330.
- [14] 王广洋. 血清 HMGB1、IL-4、IL-6、IFN- γ 对难治性肺炎支原体肺炎患儿发生肺外并发症的预测价值[J]. *现代实用医学*, 2023, 35(12): 1668-1670.
- [15] TSAI T A, TSAI C K, KUO K C, *et al.* Rational stepwise approach for *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children[J]. *J Microbiol Immunol Infect*, 2021, 54(4): 557-565.
- [16] CHEN X, LIU F, ZHENG B Y, *et al.* Exhausted and apoptotic BALF T cells in proinflammatory airway milieu at acute phase of severe *Mycoplasma Pneumoniae* pneumonia in children [J]. *Front Immunol*, 2022, 12: 760488.
- [17] LI C Z, RAO J J, WANG X M, *et al.* Navigating the outbreak; a comprehensive analysis of pediatric *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia via targeted next-generation sequencing in Wuhan, 2022-2023[J]. *Microbiol Spectr*, 2025, 13(5): e02463-e02424.
- [18] GONG H, SUN B J, CHEN Y, *et al.* The risk factors of children acquiring refractory *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia; a meta-analysis[J]. *Medicine*, 2021, 100(11): e24894.
- [19] 葛梦蕾,宋秦伟,郝铁梅,等. 血常规及 4 种炎症标志物在儿童下呼吸道感染疾病中的应用[J]. *中华检验医学杂志*, 2022, 45(6): 589-594.
- [20] 鲍星星,艾奎,边俊梅. 肺炎支原体肺炎患儿外周血 PCT、IL-6 水平与 MP 抗体滴度、MP-DNA 的相关性分析[J]. *成都医学院学报*, 2024, 19(5): 798-801.
- [21] 邹映雪. 肺炎支原体肺炎炎症指标异常的临床意义[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2021, 36(16): 1209-1214.
- [22] 杨琴,何茹,许艳梅,等. 儿童肺炎支原体肺部感染肺功能及慢性咳嗽分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 30(15): 2367-2370.
- [23] WANG L, LI Q Q, HU J, *et al.* Characterization of diffuse lung function in children with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Front Pediatr*, 2025, 12: 1443877.
- [24] 张岑,王志华,杨磊. 肺炎支原体社区获得性呼吸窘迫综合征毒素对单核细胞亚群的影响[J]. *天津医药*, 2023, 51(10): 1080-1084.
- [25] WANG H, ZHANG Y L, ZHAO C S, *et al.* Serum IL-17A and IL-6 in paediatric *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia; implications for different endotypes[J]. *Emerg Microbes Infect*, 2024, 13(1): 2324078.
- [26] KAWASUJI H, MORINAGA Y, NAGAOKA K, *et al.* High interleukin-6 levels induced by COVID-19 pneumonia correlate with increased circulating follicular helper T cell frequency and strong neutralization antibody response in the acute phase of Omicron breakthrough infection [J]. *Front Immunol*, 2024, 15: 1377014.
- [27] LI J L, ZHANG H, GUO J, *et al.* Clinical features of *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children without fever [J]. *BMC Pediatr*, 2024, 24(1): 52.

(收稿日期:2025-09-08; 修回日期:2026-01-04; 编辑:张翰林 刘旭)