

• 论 著 •

哮喘合并肺炎支原体感染患儿 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 与肺功能关系研究*

朱明芳¹, 尹建平¹, 陈燕¹, 刘梦娜², 曹志凤³, 李红兵^{1△}

1. 内江市中医医院检验科, 四川内江 641000; 2. 内江市中医医院儿科, 四川内江 641000;

3. 成都艾迪康医学检测实验室有限公司临床检测实验室, 四川成都 610000

摘要:目的 分析哮喘合并肺炎支原体(MP)感染患儿血清 T 淋巴细胞亚群及辅助性 T(Th)细胞 17/调节性 T(Treg)细胞与其肺功能的关系。方法 选取内江市中医医院 2022 年 1 月至 2024 年 12 月收治的哮喘患儿 122 例, 根据其入院检测结果是否合并 MP 分为感染组(72 例)、未感染组(50 例)。匹配同期于该院实施健康检查的 60 例健康儿童为对照组。比较 3 组儿童 T 淋巴细胞亚群(CD4⁺、CD8⁺、CD4⁺/CD8⁺)、Th17、Treg 及 Th17/Treg、肺功能指标[第 1 秒用力呼气容积(FEV₁)、用力肺活量(FVC)、潮气量(V_t)、潮气呼气峰流速(PTEF)]。采用 Pearson 相关性分析感染组患儿 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 与肺功能联系, 受试者工作特征(ROC)曲线分析 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 诊断哮喘合并 MP 感染的价值。结果 与未感染组及对照组相比, 感染组 CD4⁺ 降低、CD8⁺ 升高、CD4⁺/CD8⁺ 降低, Th17 细胞比例升高, Treg 细胞比例降低, Th17/Treg 升高, 差异均有统计学意义(P<0.05)。与未感染组及对照组相比, 感染组 FEV₁、FVC、V_t 及 PTEF 更低(P<0.05)。CD4⁺、CD4⁺/CD8⁺、Treg 细胞与肺功能指标(FEV₁、FVC、V_t、PTEF)均呈正相关(P<0.05), CD8⁺、Th17 细胞、Th17/Treg 与肺功能指标均呈负相关(P<0.05)。CD4⁺、CD8⁺、CD4⁺/CD8⁺、Th17/Treg 诊断哮喘合并 MP 感染曲线下面积分别为 0.938、0.818、0.940、0.869, 均有一定临床参考价值。结论 哮喘合并 MP 感染患儿存在 T 淋巴细胞亚群失衡, 特别是 CD4⁺ 降低、CD8⁺ 升高及 Th17/Treg 细胞比例失衡, 上述指标与患儿肺功能下降密切相关, 对诊断哮喘合并 MP 感染具有一定的临床价值。

关键词: 哮喘; 肺炎支原体感染; T 淋巴细胞亚群; Th17/Treg; 肺功能

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2026.06.007

中图法分类号: R446.1; R179

文章编号: 1673-4130(2026)06-0678-05

文献标志码: A

Relationship between T lymphocyte subsets and Th17/Treg level and lung function in children with asthma complicated with Mycoplasma pneumoniae infection*

ZHU Mingfang¹, YIN Jianping¹, CHEN Yan¹, LIU Mengna², CAO Zhifeng³, LI Hongbing^{1△}

1. Department of Laboratory Medicine, Neijiang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Neijiang, Sichuan 641000, China; 2. Department of Pediatrics, Neijiang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Neijiang, Sichuan 641000, China; 3. Clinical Laboratory, Chengdu Adicon Medical Testing Laboratory Co., LTD., Chengdu, Sichuan 610000, China

Abstract: Objective To analyze the relationship between serum T lymphocyte subsets, helper T cells (Th) 17/regulatory T cells (Treg), and lung function in children with asthma complicated with Mycoplasma pneumoniae (MP) infection. **Methods** A total of 122 children with asthma who were admitted to Neijiang Hospital of Traditional Chinese Medicine from January 2022 to December 2024 were selected. They were divided into the infection group (72 cases) and the non-infection group (50 cases) based on whether they had MP co-infection as detected upon admission. Another 60 healthy children who underwent health examinations at the same hospital during the same period were matched as the control group. The T lymphocyte subsets (CD4⁺, CD8⁺, CD4⁺/CD8⁺), Th17, Treg, and Th17/Treg ratios, as well as lung function indicators [forced expiratory volume in the first second (FEV₁), forced vital capacity (FVC), tidal volume (V_t), and peak tidal expiratory flow (PTEF)] were compared among the three groups. Pearson correlation analysis was used to investigate the relationship between T lymphocyte subsets and Th17/Treg with lung function in the infected group. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was conducted to assess the diagnostic value of T lymphocyte subsets and Th17/Treg for asthma complicated with MP infection. **Results** Compared with un-

* 基金项目: 四川省卫生健康委员会科技项目(24WSXT051)。

作者简介: 朱明芳, 女, 主管技师, 主要从事医学检验研究。△ 通信作者, E-mail: 270178345@qq.com。

infected group and control group, the $CD4^+$ was lower, the $CD8^+$ was higher, the $CD4^+/CD8^+$ was lower, the proportion of Th17 cells was higher, the proportion of Treg cells was lower, and the Th17/Treg ratio was higher in the infected group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Compared with the uninfected group and the control group, the FEV_1 , FVC, V_t , and PTEF in the infected group were lower ($P < 0.05$). $CD4^+$, $CD4^+/CD8^+$, Treg cells were positively correlated with lung function indicators (FEV_1 , FVC, V_t , PTEF) ($P < 0.05$), while $CD8^+$, Th17 cells, and Th17/Treg were negatively correlated with lung function indicators ($P < 0.05$). The AUC of $CD4^+$, $CD8^+$, $CD4^+/CD8^+$ and Th17/Treg in the diagnosis of asthma complicated with MP infection were 0.938, 0.818, 0.940 and 0.869, respectively, which all had certain clinical reference value. **Conclusion** Children with asthma complicated with MP infection exhibit imbalances in T-lymphocyte subpopulations, particularly decreases in $CD4^+$, increases in $CD8^+$, and imbalances in the Th17/Treg cell ratio. These indicators are closely related to the decline in the lung function of the children and have certain clinical value for diagnosing asthma complicated with MP infection.

Key words: asthma; Mycoplasma pneumoniae infection; T lymphocyte subsets; Th17/Treg; lung function

哮喘是临床常见且易反复发作的呼吸系统疾病^[1]。肺炎支原体(MP)感染作为一种常见呼吸道感染,对哮喘患儿生存质量影响显著^[2]。MP感染可能加重哮喘患儿气道炎症,导致哮喘症状加剧。同时,MP感染还可影响患儿免疫功能^[3]。T淋巴细胞亚群在人体免疫系统中起着至关重要的作用。 $CD4^+$ 和 $CD8^+$ T淋巴细胞是两种主要的T淋巴细胞亚群,它们通过调节免疫反应来维持机体的免疫稳态。辅助性T(Th)细胞17、调节性T(Treg)细胞是两种具有特定功能的T淋巴细胞亚群,Th17细胞主要促进炎症反应,Treg细胞主要抑制免疫反应,二者之间的平衡对于维持免疫稳态至关重要^[4]。有研究指出,在哮喘合并MP感染患儿中,免疫状态的变化可显著进一步加重患儿肺功能异常情况,但目前关于其具体机制尚未研究清楚^[5]。因此,本研究拟分析了哮喘合并MP感染患儿T淋巴细胞亚群及Th17/Treg与肺功能的关系,以期为临床深入了解该疾病发病机制、指导临床治疗及评估预后提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2024年12月内江市中医医院(以下简称本院)收治并实施相应治疗的122例哮喘患儿作为研究对象,根据其入院检测是否合并MP分为感染组(72例)、未感染组(50例)。MP感染标准^[6]:入院后完善MP抗体检查,结果为阳性且血清MP免疫球蛋白M效价超过1/80可诊断为MP感染。纳入标准:(1)经专业医生根据哮喘诊断标准进行确诊,存在反复发作的喘息、气促、胸闷、咳嗽(特别是夜间或凌晨加重),存在支气管舒张试验阳性或支气管激发试验阳性;(2)年龄在2~12岁;(3)感染组患儿需经肺炎支原体特异性抗体检测或咽拭子培养等方法确诊为肺炎支原体阳性。排除标准:(1)患有急性呼吸道感染、慢性阻塞性肺疾病、支气管扩张等其他呼吸系统疾病;(2)患有自身免疫性疾病、免疫缺陷病等免疫系统疾病;(3)近1个月内接受过可能影响免疫功能的药物治疗;(4)身体原因或其他原

因无法配合完成肺功能检测、血液检测等相关检测。匹配同期于本院进行健康检查的60例健康儿童为对照组。3组受试者一般资料比较见表1。本研究已获医院伦理委员会批准(审批号:202112-S006),所有受试儿童家属均签署知情同意书,同意参与本研究并接受相关检测。

1.2 方法

1.2.1 T淋巴细胞亚群检测 于受试儿童入院或体检当日清晨,采集空腹时段外周血样本4 mL送至医院检验科,于15 mL离心管内预先加入4 mL外周血淋巴细胞分离液(采购自国药公司),随后缓慢注入经过肝素抗凝处理的外周血样本,室温下1 500 r/min速度离心处理20 min获取单核细胞转移至新离心管。准备两支试管并分别标记为 $CD4$ 和 $CD8$ 。使用1 mL细胞重悬液对外周血单核细胞进行两次清洗,并调整细胞浓度至每毫升 1×10^6 个。将调整后的细胞悬液均分为两份,每份100 μ L(含 1×10^5 个外周血单核细胞),分别加入鼠抗人抗体。混匀后室温下避光孵育20 min,加入200 μ L红细胞裂解液、2 mL磷酸盐缓冲液。1 500 r/min离心5 min后去除上清液,继续加入0.5 mL磷酸盐缓冲液。流式细胞仪测 $CD4^+$ T细胞、 $CD8^+$ T细胞具体值,并计算 $CD4^+/CD8^+$ 。

1.2.2 Th17/Treg检测 取受试儿童入院或体检当日清晨空腹时段静脉血于含抗凝剂的采血管中,3 000 r/min(离心半径8 cm)离心10 min,分离获得上层血浆与下层血细胞成分。吸取上层血浆,收集底层外周血单个核细胞(PBMC)富集层。所有分离获得的血浆与PBMC样本均保存于 -75°C 超低温冰箱中待测。

1.2.3 肺功能检测 在受试儿童入院或体检当日进行肺功能检测,检测指标包括第1秒用力呼气容积(FEV_1)、用力肺活量(FVC)、潮气量(V_t)及潮气呼气峰流速(PTEF)。受试儿童需坐直,佩戴鼻夹以防止鼻漏气。在最大吸气后,迅速且完全地呼气,通过肺功能仪记录 FEV_1 ,与 FEV_1 检测类似,但呼气过程需缓慢而持续,直至无法再呼出气体为止,肺功能仪将

记录整个呼气过程中的气体量,即为 FVC。通常通过面罩连接至肺功能仪,在平静状态下进行自然呼吸,肺功能仪将自动记录每次呼吸 V_t、PTEF。

1.3 统计学处理 采用 SPSS22.0 软件分析本研究数据,采用 GraphPad Prism 8 软件绘图,计数资料如性别、哮喘病情等以 n(%)表示,行 χ^2 检验;符合正态分布的计量资料如年龄、体重指数、T 淋巴细胞亚群、Th17/Treg 及肺功能指标以 $\bar{x} \pm s$ 表示,行单因素方差检验。采用 Pearson 相关性分析 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 与肺功能关系,受试者工作特征(ROC)曲线评估诊断效能。以 $P < 0.05$ 为差异有统

计学意义。

2 结果

2.1 3 组儿童一般资料比较 3 组受试者性别、年龄、体重指数及哮喘情况比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 3 组儿童 T 淋巴细胞亚群比较 与未感染组及对照组相比,感染组 CD4⁺ 更低、CD8⁺ 更高、CD4⁺/CD8⁺ 更低($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 3 组儿童 Th17/Treg 比较 与未感染组及对照组相比,感染组 Th17 细胞比例更高、Treg 细胞比例更低、Th17/Treg 更高($P < 0.05$)。见表 3。

表 1 3 组儿童一般资料比较 [$\bar{x} \pm s$ 或 n(%)]

组别	n	年龄 (岁)	性别		哮喘情况				体重指数 (kg/m ²)
			男	女	间歇	轻度	中度	重度	
感染组	72	7.51±2.18	37(51.39)	35(48.61)	25(34.72)	20(27.78)	15(20.83)	12(16.67)	19.01±2.01
未感染组	50	7.80±2.32	27(54.00)	23(46.00)	16(32.00)	14(28.00)	11(22.00)	9(18.00)	19.12±2.09
对照组	60	7.87±2.40	33(55.00)	27(45.00)	20(33.33)	17(28.33)	13(21.67)	10(16.67)	19.04±1.99
F/ χ^2		0.443	0.185		0.129				0.045
P		0.643	0.912		1.000				0.956

表 2 3 组儿童 T 淋巴细胞亚群比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	CD4 ⁺ (%)	CD8 ⁺ (%)	CD4 ⁺ /CD8 ⁺
感染组	72	28.60±5.95 ^{ab}	33.47±3.71 ^{ab}	0.88±0.28 ^{ab}
未感染组	50	40.12±4.98 ^b	28.65±4.01 ^b	1.41±0.16 ^b
对照组	60	45.43±4.43	23.64±3.04	1.94±0.20
F		179.833	122.578	350.157
P		<0.001	<0.001	<0.001

注:与未感染组比较,^a $P < 0.05$;与对照组比较,^b $P < 0.05$ 。

表 3 3 组儿童 Th17/Treg 比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	Th17 细胞(%)	Treg 细胞(%)	Th17/Treg
感染组	72	3.28±1.06 ^{ab}	2.55±0.53 ^{ab}	1.43±0.73 ^{ab}
未感染组	50	2.06±0.64 ^b	3.24±0.69 ^b	0.64±0.18 ^b
对照组	60	1.62±0.59	4.10±0.87	0.40±0.13
F		73.087	80.639	84.245
P		<0.001	<0.001	<0.001

注:与未感染组比较,^a $P < 0.05$;与对照组比较,^b $P < 0.05$ 。

2.4 3 组儿童肺功能比较 与未感染组及对照组相比,感染组 FEV₁、FVC、V_t 及 PTEF 更低,且未感染

组上述指标低于对照组($P < 0.05$)。见表 4。

2.5 哮喘合并 MP 感染患儿指标相关性分析 哮喘合并 MP 感染患儿指标相关性分析显示,CD4⁺、CD4⁺/CD8⁺、Treg 细胞与肺功能指标(FEV₁、FVC、V_t、PTEF)均呈正相关;CD8⁺、Th17 细胞、Th17/Treg 与肺功能指标均呈负相关($P < 0.05$)。见表 5。

2.6 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 对哮喘合并 MP 感染的诊断价值 CD4⁺、CD8⁺、CD4⁺/CD8⁺、Th17/Treg 诊断哮喘合并 MP 感染曲线下面积分别为 0.938、0.818、0.940、0.869,见表 6。

表 4 3 组儿童肺功能比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	FEV ₁ (%)	FVC (%)	V _t (mL/kg)	PTEF (mL/s)
感染组	72	70.81±8.98 ^{ab}	73.83±8.56 ^{ab}	5.55±0.01 ^{ab}	62.40±6.04 ^{ab}
未感染组	50	79.32±7.95 ^b	80.83±9.03 ^b	6.32±0.65 ^b	68.99±7.85 ^b
对照组	60	85.36±0.17	88.37±7.52	6.97±0.54	75.93±7.43
F		42.328	47.956	53.705	60.536
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:与未感染组比较,^a $P < 0.05$;与对照组比较,^b $P < 0.05$ 。

表 5 哮喘合并 MP 感染患儿指标相关性分析

指标	FEV ₁		FVC		V _t		PTEF	
	r	P	r	P	r	P	r	P
CD4 ⁺	0.927	<0.001	0.937	<0.001	0.922	<0.001	0.891	<0.001
CD8 ⁺	-0.930	<0.001	-0.939	<0.001	-0.923	<0.001	-0.863	<0.001
CD4 ⁺ /CD8 ⁺	0.910	<0.001	0.923	<0.001	0.918	<0.001	0.904	<0.001

续表 5 哮喘合并 MP 感染患儿指标相关性分析

指标	FEV ₁		FVC		V _t		PTEF	
	r	P	r	P	r	P	r	P
Th17 细胞	-0.847	<0.001	-0.823	<0.001	-0.854	<0.001	-0.796	<0.001
Treg 细胞	0.914	<0.001	0.903	<0.001	0.899	<0.001	0.848	<0.001
Th17/Treg	-0.918	<0.001	-0.906	<0.001	-0.892	<0.001	-0.824	<0.001

表 6 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 诊断哮喘合并 MP 感染的诊断价值

检验变量	曲线下面积	SE	P	95%CI	cut-off 值	Youden 指数	灵敏度	特异度
CD4 ⁺	0.938	0.021	<0.001	0.896~0.980	34.50%	0.843	0.903	0.940
CD8 ⁺	0.818	0.040	<0.001	0.740~0.895	29.95%	0.535	0.875	0.660
CD4 ⁺ /CD8 ⁺	0.940	0.023	<0.001	0.895~0.986	1.165	0.843	0.903	0.940
Th17/Treg	0.869	0.031	<0.001	0.808~0.931	0.732	0.641	0.861	0.780

3 讨 论

哮喘是儿童时期常见慢性气道炎症性疾病,其发病机制复杂,涉及多种免疫细胞和细胞因子的参与^[7]。MP 是引起儿童呼吸道感染的常见病原体之一,哮喘患儿由于气道炎症和免疫功能紊乱,更易合并 MP 感染^[8]。MP 感染不仅会加重哮喘患儿的临床症状,还可能影响其肺功能的长期预后。机体免疫调节在哮喘合并 MP 感染中发挥着重要作用,其与该病的发生和发展紧密相关。贺蓉等^[9]研究发现,对合并 MP 感染的患儿,其外周血 Th17/Treg 与肺功能指标存在紧密联系,可为临床病情评估提供一定参考。

本研究探讨了哮喘合并 MP 感染患儿血清 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 与肺功能的关系,以期对哮喘合并 MP 感染的早期诊断和治疗提供新的思路和方法。在本研究中,感染组 CD4⁺降低、CD8⁺升高、CD4⁺/CD8⁺降低, Th17 细胞比例升高、Treg 细胞比例降低、Th17/Treg 升高,且肺功能指标 FEV₁、FVC、V_t 及 PTEF 均低于未感染组和对照组。这可能是由于 MP 感染后,机体免疫系统被激活,引发一系列免疫反应。MP 抗原可刺激 T 淋巴细胞活化,导致 T 淋巴细胞亚群失衡^[10]。CD4⁺ T 细胞是辅助性 T 细胞,其减少可能影响机体的免疫防御和调节功能;CD8⁺ T 细胞是细胞毒性 T 细胞,其升高可能导致过度的免疫杀伤作用,损伤气道组织^[11-12]。Th17 细胞和 Treg 细胞在维持免疫平衡中起着关键作用。Th17 细胞主要分泌白细胞介素(IL)-17 等细胞因子,参与炎症反应和免疫防御;Treg 细胞则通过分泌抑制性细胞因子,如 IL-10 和 TGF-β,抑制免疫反应,维持免疫耐受^[13]。MP 感染可能打破了 Th17/Treg 的平衡,使 Th17 细胞功能亢进, Treg 细胞功能相对不足,从而导致气道炎症加重。肺功能指标的下降则可能是由于气道炎症导致气道黏膜水肿、分泌物增多、平滑肌痉挛等,使气道阻力增加,通气功能障碍^[14]。未感染组的肺功能指标也低于对照组,提示哮喘本身就会对肺功能产生一定影响,而 MP 感染进一步加剧了这种损害。

本研究还发现,肺功能与 CD4⁺、CD4⁺/CD8⁺、Treg 细胞呈正相关,与 CD8⁺、Th17 细胞、Th17/Treg 呈负相关,提示 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 细胞与肺功能之间密切相关。CD4⁺ T 细胞作为机体免疫应答的核心细胞,其数量的增加可能有助于改善机体的免疫功能,从而减轻哮喘病情,提高肺功能。而 CD8⁺ T 细胞的增加则可能导致机体免疫功能的过度活化,进一步加重哮喘病情,降低肺功能。CD4⁺/CD8⁺ 的增加可能反映了机体免疫功能的平衡状态,有利于维持机体的免疫稳态,从而保护肺功能^[15]。Th17 细胞的增加可能导致机体炎症反应过度,引起气道壁的水肿、充血和分泌物增多,进一步降低肺功能。而 Treg 细胞的增加则可能抑制机体的过度炎症反应,减轻气道壁的损伤,从而保护肺功能。因此, Th17/Treg 的降低可能有助于维持机体的免疫平衡状态,保护肺功能。

此外,CD4⁺、CD8⁺、CD4⁺/CD8⁺、Th17/Treg 诊断哮喘合并 MP 感染的曲线下面积分别为 0.938、0.818、0.940、0.869,均具有一定临床参考价值,表明这些指标在哮喘合并 MP 感染的诊断中具有潜在的应用价值。CD4⁺和 CD8⁺作为 T 淋巴细胞亚群的主要成分,其数量的变化能够反映机体免疫功能的状态。因此,通过检测 CD4⁺和 CD8⁺的数量变化,可以初步判断患儿是否存在哮喘合并 MP 感染的风险。Th17/Treg 作为反映机体炎症反应和免疫耐受状态的重要指标,在哮喘合并 MP 感染的诊断中也具有重要意义。通过检测 Th17/Treg 的变化,可以进一步了解患儿体内的炎症反应状态和免疫调节机制,为制订个性化的治疗方案提供重要依据。

综上所述,本研究通过检测哮喘合并 MP 感染患儿血清 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 细胞,并探讨其与肺功能的关系,结果发现 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 细胞的失衡可能是哮喘合并 MP 感染患儿病情加重的重要原因之一。同时,这些指标在哮喘合并 MP 感染的诊断中也具有一定临床参考价值。

然而,本研究也存在一定局限性,如样本量相对较小,可能影响研究结果的普适性和代表性。此外,本研究仅探讨了 T 淋巴细胞亚群及 Th17/Treg 与肺功能的关系,对于其他可能参与哮喘合并 MP 感染发病机制的因素,如细胞因子网络、基因多态性等,尚未进行深入研究。未来的研究考虑进一步扩大样本量,开展多中心研究,同时综合考虑多种因素,深入探讨哮喘合并 MP 感染的发病机制,为开发更有效的治疗策略提供理论支持。

参考文献

- [1] WU Q, PAN X, HAN D, et al. New insights into the epidemiological characteristics of *Mycoplasma pneumoniae* infection before and after the COVID-19 pandemic[J]. *Microorganisms*, 2024, 12(10):2019.
- [2] PAQUETTE M, MAGYAR M, RENAUD C. *Mycoplasma pneumoniae*[J]. *CMAJ*, 2024, 196(32):E1120.
- [3] YAN C, XUE G H, ZHAO H Q, et al. Current status of *Mycoplasma pneumoniae* infection in China[J]. *World J Pediatr*, 2024, 20(1):1-4.
- [4] 曹津萌, 卿吉琳, 朱莉雅, 等. TIM-1-Fc 融合蛋白对哮喘小鼠 Th1/Th2 和 Th17/Treg 免疫失衡的调节[J]. *华中科技大学学报(医学版)*, 2024, 53(4):479-486.
- [5] 孙先琳, 刘冬阳, 罗兵兵, 等. 哮喘合并肺炎支原体感染患儿血清 CD4⁺/CD8⁺、IL-5、维生素 D 对肺功能的影响[J]. *中国妇幼健康研究*, 2023, 34(1):106-111.
- [6] 中华医学会儿科学分会临床检验学组, 马丽娟, 张泓, 等. 儿童肺炎支原体呼吸道感染实验室诊断中国专家共识[J]. *中华检验医学杂志*, 2019, 42(7):507-513.
- [7] ĆIBIRKAITĒ A, BUBNAITIENĒ V, HANSTED E, et al. Quality-of-life assessment in children with mild to moderate

bronchial asthma[J]. *Medicina*, 2024, 60(5):771.

- [8] DING G, ZHANG X, VINTURACHE A, et al. Challenges in the treatment of pediatric *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Eur J Pediatr*, 2024, 183(7):3001-3011.
- [9] 贺蓉, 张森山, 卢旭, 等. 外周血 Th17 细胞/Treg 细胞、IL-33 水平与肺炎支原体肺炎患儿肺功能及预后的关系[J]. *国际呼吸杂志*, 2024, 44(9):1054-1060.
- [10] LI D, ZHENG H, WANG X, et al. Investigation of T lymphocyte subsets in children with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Immunol Res*, 2024, 73(1):24.
- [11] FAN L, XU N, GUO Y, et al. Enhanced insights into the neutrophil-driven immune mechanisms during *Mycoplasma pneumoniae* infection[J]. *Heliyon*, 2024, 10(21):e38950.
- [12] 陈玲, 董善武, 陈咏丽, 等. 支炎合剂对肺炎支原体感染小鼠 M1 巨噬细胞活化及 Th2 型免疫应答的影响分析[J]. *中国免疫学杂志*, 2024, 40(9):1914-1918.
- [13] SHEN X, JIN Z, CHEN X, et al. Single-cell transcriptome atlas revealed bronchoalveolar immune features related to disease severity in pediatric *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *MedComm*, 2024, 5(10):e748.
- [14] LIN X, XU E, ZHANG T, et al. Cytokine-based nomogram for discriminating viral pneumonia from *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children[J]. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 2025, 111(2):116611.
- [15] ZENG Q, SUN P, LI W, et al. Protective immunity induced by a novel P1 adhesin C-terminal anchored mRNA vaccine against *Mycoplasma pneumoniae* infection in BALB/c mice[J]. *Microbiol Spectr*, 2025, 13(3):e02140-e02124.

(收稿日期:2025-07-18 修回日期:2025-11-10)

(上接第 677 页)

- [14] SUSILAWATHI N M, TARINI N M A, FATMAWATI N N D, et al. *Streptococcus suis*-associated meningitis, Bali, Indonesia, 2014-2017[J]. *Emerg Infect Dis*, 2019, 25(12):2235-2242.
- [15] DEKKER N, BOUMA A, DAEMEN I, et al. Effect of simultaneous exposure of pigs to *Streptococcus suis* serotypes 2 and 9 on their colonization and transmission, and on mortality[J]. *Pathogens*, 2017, 6(4):46.
- [16] LUEY C K Y, CHU Y W, CHEUNG T K M, et al. Rapid pulsed-field gel electrophoresis protocol for subtyping of *Streptococcus suis* serotype 2[J]. *J Microbiol Methods*, 2007, 68(3):648-650.
- [17] DONG W, ZHU Y, MA Y, et al. Multilocus sequence typing and virulence genotyping of *Streptococcus suis* serotype 9 isolates revealed high genetic and virulence diversity[J]. *FEMS Microbiol Lett*, 2017, 364(22):1093.
- [18] MARTINEZ G, PESTANA DE CASTRO A F, RIBEIRO PAGNANI K J, et al. Clonal distribution of an atypical

MRP⁺, EF^{*}, and suilysin⁺ phenotype of virulent *Streptococcus suis* serotype 2 strains in Brazil[J]. *Can J Vet Res*, 2003, 67(1):52-55.

- [19] MAROIS C, LE DEVENDEC L, GOTTSCHALK M, et al. Detection and molecular typing of *Streptococcus suis* in tonsils from live pigs in France[J]. *Can J Vet Res*, 2007, 71(1):14-22.
- [20] SHIBATA S, GILLESPIE J R, RANADE R M, et al. Urea-based inhibitors of *Trypanosoma brucei* methionyl-tRNA synthetase: selectivity and in vivo characterization[J]. *J Med Chem*, 2012, 55(14):6342-6351.
- [21] ROBLES S, HU Y, RESTO T, et al. Identification and characterization of a chemical compound that inhibits methionyl-tRNA synthetase from *Pseudomonas aeruginosa* [J]. *Curr Drug Discov Technol*, 2017, 14(3):156-168.
- [22] 王宇. 脉冲场凝胶电泳技术在致病菌分型技术的应用[J]. *中国卫生产业*, 2015, 12(23):186-189.

(收稿日期:2025-06-09 修回日期:2025-11-15)