

· 论 著 · DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.04.010

肺炎支原体肺炎患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 与病情严重程度及潮气呼吸肺功能的关系*

王 帅,魏红艳,王培文,冯艳芳,滕艳妹,田佩佩

河北省沧州市人民医院儿科,河北沧州 061001

摘要:目的 探讨肺炎支原体肺炎(MPP)患儿血清前肾上腺髓质素(pro-ADM)、可溶性晚期糖基化终末产物受体(sRAGE)、白细胞介素-17(IL-17)水平与病情严重程度及潮气呼吸肺功能的关系。方法 选取 2022 年 1 月至 2023 年 7 月该院收治的 102 例 MPP 患儿作为 MPP 组,根据病情严重程度分为轻度组 57 例、重度组 45 例。另选取同期在该院体检的健康儿童 102 例作为对照组。采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测所有研究对象血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平;采用肺功能仪检测 MPP 组患儿潮气呼吸肺功能[潮气量(VT)、呼气时间(TE)、呼气峰值流速(PEF)];采用 Pearson 相关分析 MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平之间及与潮气呼吸肺功能指标的相关性;采用多因素 Logistic 回归分析血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 对重度 MPP 发生的影响;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 判别重度 MPP 的价值。结果 MPP 组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平高于对照组($P < 0.05$)。重度组 VT、TE 低于轻度组,PEF 高于轻度组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。重度组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平高于轻度组($P < 0.05$)。MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平两两之间均呈正相关($P < 0.05$);血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平与 VT、TE 均呈负相关($P < 0.05$),与 PEF 均呈正相关($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平升高均为重度 MPP 发生的危险因素($P < 0.05$)。血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独及 3 项联合判别重度 MPP 的曲线下面积(AUC)分别为 0.878、0.876、0.899、0.975,3 项联合判别重度 MPP 的 AUC 大于 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独判别的 AUC($Z = 2.523, 2.520, 2.492$, 均 $P < 0.05$)。结论 MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平升高,且与患儿病情严重程度和潮气呼吸肺功能均有关,3 项联合可提高对重度 MPP 的判别价值。

关键词:肺炎支原体肺炎; 前肾上腺髓质素; 可溶性晚期糖基化终末产物受体; 白细胞介素-17; 病情严重程度; 潮气呼吸; 肺功能

中图法分类号:R725.6;R446.1

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2026)04-0493-06

Relationship between serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels with disease severity and tidal respiratory lung function in children patients with *Mycoplasma pneumoniae pneumoniae**

WANG Shuai, WEI Hongyan, WANG Peiwen, FENG Yanfang, TENG Yanmei, TIAN Peipei

Department of Pediatrics, Cangzhou Municipal People's Hospital, Cangzhou, Hebei 061001, China

Abstract: Objective To explore the relationship between serum pro-adrenomedullin (pro-ADM), soluble receptor for advanced glycation end products (sRAGE) and interleukin-17 (IL-17) levels with the disease severity and tidal breathing lung function in children patients with *Mycoplasma pneumoniae pneumoniae* (MPP). **Methods** A total of 102 children patients with MPP admitted and treated in this hospital from January 2022 to July 2023 were enrolled as the MPP group and divided into the mild group (57 cases) and severe group (45 cases) according to disease severity. Additionally, 102 healthy children who underwent physical examination in the same hospital during the same period were selected as the control group. Serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels in all subjects were detected by the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The tidal breathing lung function [tidal volume (VT), expiratory time (TE), peak expiratory flow (PEF)] in the MPP group was measured by using the pulmonary function instrument. The Pearson correlation was used to assess the correlations among serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels, as well as their correlations with tidal breathing

* 基金项目:河北省沧州市科技计划自筹经费项目(222106030)。

作者简介:王帅,男,主治医师,主要从事儿科重症方向的研究。

引用格式:王帅,魏红艳,王培文,等.肺炎支原体肺炎患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 与病情严重程度及潮气呼吸肺功能的关系[J].

pulmonary function parameters in children patients with MPP. The multivariate Logistic regression was adopted to analyze the effect of serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 for severe MPP occurrence. The receiver operating characteristic (ROC) curves were drawn to analyze the value of serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 in discriminating severe MPP. **Results** Serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels in the MPP group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). VT and TE in the severe group were lower than those in the mild group, PEF was higher than that in the mild group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels in the severe group were higher than those in the mild group ($P < 0.05$). The serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels in the children patients with PP were positively correlated pairwise with one another in children patients with MPP ($P < 0.05$); the serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels were negatively correlated with VT and TE ($P < 0.05$), and positively correlated with PEF ($P < 0.05$). The multivariate Logistic regression analysis results showed that serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels increase all were the risk factors for severe MPP occurrence ($P < 0.05$). The areas under the curves (AUCs) of serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 alone and their combination in discriminating severe MPP were 0.878, 0.876, 0.899 and 0.975 respectively. The AUC of the 3-item combination was larger than that of pro-ADM, sRAGE and IL-17 alone ($Z = 2.523, 2.520, 2.492$; all $P < 0.05$). **Conclusion** The serum pro-ADM, sRAGE and IL-17 levels in children patients with MPP are elevated, moreover which is associated with the disease severity and tidal breathing lung function. The 3-item combination could increase the discriminating value in severe MPP.

Key words: Mycoplasma pneumoniae pneumonia; proadrenomedullin; soluble receptor for advanced glycation end product; interleukin-17; severity of disease; tidal respiratory; lung function

肺炎在小儿住院类型中占比最高,致病微生物主要分为细菌和病毒^[1]。肺炎支原体肺炎(MPP)是最常见的一种非典型肺炎,多发于学龄期儿童,当发生肺炎支原体(MP)感染后,会激活肺泡巨噬细胞,诱导产生多种细胞因子和趋化因子,二者通过级联放大效应协同调控炎症反应^[2-3]。MPP 患儿临床特征大多表现为咳喘、发热等,严重者会出现肺损伤、肺纤维化等,且儿童抵抗力低,易发展成为重症,严重影响患儿健康^[4-5]。因此,在临床寻找与 MPP 有关的指标可帮助临床医师判断病情严重程度,为尽早干预、改善预后提供依据。前肾上腺髓质素(pro-ADM)与感染程度有关,其在脑卒中相关性肺炎患者中水平升高,与患者预后密切相关^[6-7]。可溶性晚期糖基化终末产物受体(sRAGE)由多种氨基酸组成,在炎症反应的进展中发挥作用,其在健康人体中呈低表达,发生腹腔感染后,sRAGE 被释放入血与细胞因子结合,刺激下游基因转录,加重炎症反应,导致疾病恶化^[8]。白细胞介素-17(IL-17)能促进肿瘤坏死因子(TNF)- α 等炎症因子释放,还能将中性粒细胞聚集于炎症部位,加重炎症反应^[9]。因此 pro-ADM、sRAGE、IL-17 与 MPP 患儿疾病严重程度的关系值得进一步研究,本研究拟通过检测 MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平,探讨其与病情严重程度及潮气呼吸肺功能的关系。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 1 月至 2023 年 7 月本

院收治的 102 例 MPP 患儿作为 MPP 组。纳入标准:(1)符合《中国儿童肺炎支原体感染实验室诊断规范和临床实践专家共识(2019 年)》^[10]中 MPP 的诊断标准;(2)年龄 ≤ 14 岁;(3)可以配合潮气呼吸肺功能检查。排除标准:(1)合并肺炎衣原体、病毒、细菌等感染;(2)存在心、肾、肺等功能障碍;(3)有呼吸系统疾病史;(4)患自身免疫性疾病或哮喘;(5)近期接受过抗感染治疗。MPP 组中男 53 例、女 49 例,平均年龄(8.45 ± 2.69)岁,平均病程(6.21 ± 2.02)d。根据患儿病情严重程度^[11]分为轻度组 57 例(无缺氧表现,肺部病变局限,无肺外并发症),重度组 45 例(存在低氧血症、呼吸衰竭、脓毒性休克、意识障碍、多肺叶受累伴肺坏死或肺外并发症等任意一项)。另选取同期在本院体检的健康儿童 102 例作为对照组,其中男 57 例、女 45 例,平均年龄(8.69 ± 2.73)岁。2 组年龄、性别比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。本研究经本院医学伦理委员会批准[K2021-批件-036(11.1)]。所有研究对象监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 检测 采集 MPP 组患儿入组当天、对照组儿童体检当天空腹静脉血 5 mL, 3 500 r/min(离心半径 10 cm)离心 10 min,分离血清。采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平。pro-ADM ELISA 试剂盒(货号:EH4064)购自武汉菲恩生物科

技有限公司, sRAGE ELISA 试剂盒(货号: XK-E1937h 购自上海恒科生物科技有限公司), IL-17 ELISA 试剂盒(货号: XK-E1002)购自上海恒科生物科技有限公司。严格按照试剂盒说明书操作。

1.2.2 潮气呼吸肺功能 MPP 组患儿入组当天采用肺功能仪(MasterScreenPAED 型, 德国耶格)检测潮气呼吸肺功能[潮气量(VT)、呼气时间(TE)、呼气峰值流速(PEF)]。检查当天应清理患儿鼻腔的分泌物, 保持呼吸道通畅, 避免在进餐期间操作, 应选择大小适宜的面罩, 将口鼻扣紧防止漏气, 待患儿呼吸平稳后, 记录 5 次数据, 取平均值。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 25.0 统计软件处理数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 2 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 计数资料以例数、百分率表示, 组间比较采用 χ^2 检验; 采用 Pearson 相关分析 MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平之间及与潮气呼吸肺功能指标的相关性; 采用多因素 Logistic 回归分析血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 对重度 MPP 发生的影响; 绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 判别重度 MPP 的价值, 曲线下面积(AUC)的比较采用 DeLong 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学

意义。

2 结果

2.1 MPP 组与对照组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平比较 MPP 组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平均高于对照组($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 MPP 组与对照组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	pro-ADM ($\mu\text{g/L}$)	sRAGE (pg/mL)	IL-17 (pg/mL)
MPP 组	102	31.11 \pm 7.63	206.48 \pm 29.55	14.66 \pm 3.92
对照组	102	18.49 \pm 5.57	161.72 \pm 24.06	8.31 \pm 2.19
<i>t</i>		13.492	11.863	14.282
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.2 重度组与轻度组一般资料及潮气呼吸肺功能比较 重度组 VT、TE 低于轻度组, PEF 高于轻度组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。重度组与轻度组年龄、性别、病程比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

2.3 重度组与轻度组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平比较 重度组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平均高于轻度组($P < 0.05$)。见表 3。

表 2 重度组与轻度组一般资料及潮气呼吸肺功能比较[*n*(%)或 $\bar{x} \pm s$]

组别	<i>n</i>	年龄(岁)	性别		病程(d)	VT(mL/kg)	TE(s)	PEF(mL/s)
			男	女				
重度组	45	8.29 \pm 2.67	25(55.56)	20(44.44)	6.24 \pm 2.02	5.02 \pm 1.62	0.47 \pm 0.14	117.54 \pm 18.27
轻度组	57	8.58 \pm 2.71	28(49.12)	29(50.88)	6.17 \pm 2.05	6.74 \pm 1.75	0.56 \pm 0.16	108.07 \pm 16.49
<i>t</i> / χ^2		-0.540	0.417		0.172	-5.092	-2.979	2.746
<i>P</i>		0.590	0.518		0.864	<0.001	0.004	0.007

表 3 重度组与轻度组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	pro-ADM ($\mu\text{g/L}$)	sRAGE (pg/mL)	IL-17 (pg/mL)
重度组	45	38.67 \pm 8.37	232.52 \pm 31.75	18.64 \pm 4.51
轻度组	57	25.14 \pm 7.04	185.92 \pm 27.81	11.52 \pm 3.46
<i>t</i>		8.367	7.893	9.024
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.4 MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平之间及与潮气呼吸肺功能指标的相关性 Pearson 相关分析结果显示: MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平两两之间均呈正相关($P < 0.05$); 血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平与 VT、TE 均呈负相关($P < 0.05$), 与 PEF 均呈正相关($P < 0.05$)。见

表 4。

表 4 MPP 组血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平之间及与潮气呼吸肺功能指标的相关性

指标	pro-ADM		sRAGE		IL-17	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
VT	-0.473	<0.001	-0.481	<0.001	-0.478	<0.001
TE	-0.446	<0.001	-0.453	<0.001	-0.449	<0.001
PEF	0.504	<0.001	0.521	<0.001	0.516	<0.001
pro-ADM	—	—	0.543	<0.001	0.574	<0.001
sRAGE	0.543	<0.001	—	—	0.551	<0.001
IL-17	0.574	<0.001	0.551	<0.001	—	—

注: —表示无数据。

2.5 多因素 Logistic 回归分析血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 对重度 MPP 发生的影响 以 MPP 病

情严重程度(重度=1,轻度=0)为因变量,血清 pro-ADM(原值输入)、sRAGE(原值输入)、IL-17(原值输入)为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平升高均为重度 MPP 发生的危险因素($P < 0.05$)。见表 5。

2.6 血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独及 3 项联合判别重度 MPP 的价值

表 5 多因素 Logistic 回归分析血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 对重度 MPP 发生的影响

因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	OR 的 95%CI
pro-ADM	0.970	0.351	7.637	0.006	2.638	1.326~5.249
sRAGE	0.822	0.327	6.319	0.012	2.275	1.198~4.318
IL-17	1.067	0.394	7.331	0.007	2.907	1.343~6.290

表 6 血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独及 3 项联合判别重度 MPP 的价值

指标	AUC	AUC 的 95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	最佳截断值	约登指数	P
pro-ADM	0.878	0.814~0.943	82.04	82.16	33.46 $\mu\text{g/L}$	0.64	< 0.001
sRAGE	0.876	0.809~0.943	82.37	81.63	217.85 pg/mL	0.64	< 0.001
IL-17	0.899	0.830~0.969	84.61	80.02	15.92 pg/mL	0.65	< 0.001
3 项联合	0.975	0.948~0.999	93.85	78.13	—	0.72	< 0.001

注:—表示无数据。

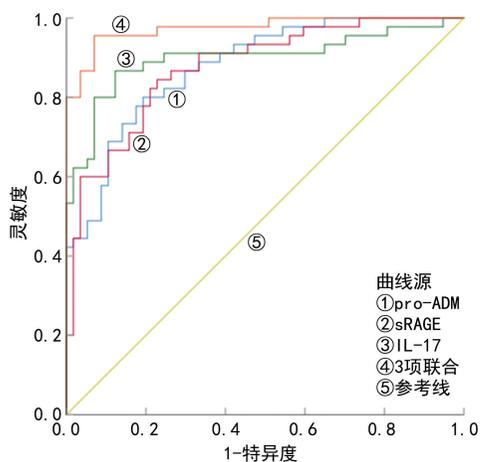


图 1 血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独及 3 项联合判别重度 MPP 的 ROC 曲线

3 讨论

MP 是介于细菌与病毒间的微生物,肺部为其主要靶器官。MP 感染可累及儿童上、下呼吸道,进而引发 MPP,造成支气管壁增厚、肺动脉栓塞等病理改变,并可累及循环、消化、皮肤等多个肺外系统^[12-13]。MPP 主要临床症状为咳嗽、乏力、发热,听诊可闻及湿啰音,如果治疗不及时延误病情,会造成免疫失衡,损伤多种器官功能^[14-15]。MPP 有多种表征,病情发展迅速,在诊断时极易出现漏诊和误诊,导致延误治疗及加重病情^[16-17]。因此,在临床寻找可判别 MPP 病情严重程度的标志物对于治疗 MPP 以及改善患儿

轻度=0)为状态变量,血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独及 3 项联合(并联)为检验变量,绘制 ROC 曲线。结果显示,血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独及 3 项联合判别重度 MPP 的 AUC 分别为 0.878、0.876、0.899、0.975,3 项联合判别重度 MPP 的 AUC 大于 pro-ADM、sRAGE、IL-17 单独判别的 AUC($Z = 2.523$ 、2.520、2.492,均 $P < 0.05$)。见表 6 和图 1。

预后十分重要。

ADM 是一种具有血管活性、免疫调节及代谢调节功能的肽类,可扩张血管、增加局部血流量,对维持组织灌注具有重要作用。在正常状态下,ADM 由平滑肌细胞、内皮细胞释放,当受到细菌内毒素、促炎因子等刺激时,ADM 大量释放,发挥抗炎作用,但是 ADM 一经合成会被迅速降解清除,因此检测难度较高^[18-19]。pro-ADM 为 ADM 的前体物质,具有半衰期长、稳定性高的优点,可以直接反映 ADM 水平。有研究表明,在感染时,皮肤、呼吸道、胃肠道等都会分泌 ADM,发挥抑制炎症、抗感染等作用,且在病程中,若 pro-ADM 水平为持续状态,说明炎症持续,疾病控制不佳^[20-21]。研究表明,慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者血清 pro-ADM 水平较高,且与肺功能关系密切,可以通过检测其水平,及时调整治疗方案^[22]。本研究结果显示,MPP 患儿血清 pro-ADM 水平显著升高,且重度患儿升高更明显,说明其可能参与 MPP 进展,还可能与患儿病情程度有关。其机制可能并非直接介导 MP 黏附与侵袭,而是感染后,皮肤、呼吸道等均可以分泌 ADM,发挥抗炎症和抗感染的作用,故感染后 pro-ADM 水平升高^[21]。

sRAGE 为免疫球蛋白超家族的一员,由分泌性 RAGE 和裂解型 RAGE 组成,正常状态下,其水平较低,当机体发生感染后,其水平显著升高。有研究表明,sRAGE 水平升高为呼吸机相关性肺炎患者预后

不良的危险因素^[23-24]。曾静等^[25]研究表明,支气管哮喘患者血清 sRAGE 水平升高,且与患者疾病程度呈正相关,可以作为预测患者疾病转归的标志物。袁亚丽等^[26]研究表明,重症肺炎患者血清 sRAGE 水平升高,sRAGE 可作为患者预后的辅助评估指标。本研究结果显示,MPP 患儿血清 sRAGE 水平升高,且重症患儿水平更高,说明 sRAGE 可能参与 MPP 的病情进展,分析原因可能是当其水平升高后可结合细胞因子将下游基因转录激活,诱导机体出现炎症应激状态,并由多种信号通路诱导炎症反应,将大量炎症因子激活,从而引起肺部功能障碍,加重病情恶化^[8]。

IL-17 为白细胞介素家族的一员,可以活化、募集、兴奋、动员中性粒细胞转移至炎症部位,刺激其释放多种炎症因子,对肺组织和呼吸道造成损伤^[26-27]。陈秀萍等^[28]研究显示,COPD 合并呼吸道感染患者血清 IL-17 水平升高,IL-17 诊断 COPD 合并下呼吸道感染的 AUC 为 0.759,预后不良组血清 IL-17 水平高于预后良好组,血清 IL-17 预测 COPD 合并下呼吸道感染患者预后不良的 AUC 为 0.870,表明 IL-17 可以作为诊断 COPD 合并下呼吸道感染和判断患者预后的潜在标志物。本研究结果显示,MPP 患儿血清 IL-17 水平升高,且重症患儿水平更高,IL-17 水平升高是重度 MPP 发生的危险因素,IL-17 单独判别重度 MPP 的 AUC 为 0.899。其原因:IL-17 作为 Th17 细胞主导促炎性细胞因子,可促进多种炎症细胞因子释放,并募集激活中性粒细胞至炎症部位,形成炎症级联放大效应,从而驱动 MPP 病情进展,可作为重度 MPP 预警标志物^[29]。本研究进一步分析显示,血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 3 项联合判别重度 MPP 的 AUC 为 0.975,优于单项判别的 AUC,表明 3 项联合可提高对重度 MPP 的判别价值,可为临床诊治提供参考。

VT、TE 可以有效反映大气道的功能,当患儿通气受到限制时,其值降低;PEF 主要反映小气道的功能,当小气道通气受到限制时,其值升高^[30-31]。本研究结果显示,重度组 VT、TE 低于轻度组,PEF 高于轻度组。相关性分析显示,MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平与潮气呼吸肺功能指标具有相关性,提示 pro-ADM、sRAGE、IL-17 在 MPP 患儿病情评估中具有重要价值。

综上所述,MPP 患儿血清 pro-ADM、sRAGE、IL-17 水平升高,且与患儿病情严重程度和潮气呼吸肺功能有关,均是重度 MPP 发生的影响因素,3 项联合可有效提高对重度 MPP 的判别价值。但本研究为单中心研究,样本量较少,导致结果可能有偏倚,后续需进行多中心、大样本量研究进一步证实。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 王帅:负责研究设计、数据汇总和撰写;魏红艳:负责研究设计及可行性分析指导;王培文:负责病例筛选、病例资料审核及数据收集;冯艳芳:负责文献检索及数据统计学分析;滕艳妹:负责数据的收集、整理及结果分析与解释,绘制图表;田佩佩:负责文章整体的质量控制与审查,监督管理。

参考文献

- [1] PONTI G,MACCAFERRI M,RUINI C,et al. Biomarkers associated with COVID-19 disease progression[J]. Crit Rev Clin Lab Sci,2020,57(6):389-399.
- [2] CHOO S,LEE Y Y,LEE E. Clinical significance of respiratory virus coinfection in children with Mycoplasma pneumoniae pneumonia [J]. BMC Pulm Med,2022,22(1):212.
- [3] 徐辉,徐朝晖,沈克彦,等. 细菌性肺炎儿童外周血中性粒细胞中 Wipl 的表达和临床意义[J]. 西部医学,2020,32(5):717-721.
- [4] 杨颖,刘亚昆,董天津. 肺炎支原体肺炎患儿血清可溶性细胞间黏附分子-1、CD40 配体表达及其预后相关性研究[J]. 中国中西医结合儿科学,2021,13(6):488-492.
- [5] TSAI TA,TSAI CK,KUO K C,et al. Rational stepwise approach for Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children[J]. J Microbiol Immunol Infect,2021,54(4):557-565.
- [6] 李志恒,李世芳,葛君琮. 血清 pro-ADM、PTX3、cf-DNA/NETs 联合检测对卒中相关性肺炎患者预后不良的预测效能研究[J]. 检验医学与临床,2023,20(19):2846-2849.
- [7] CANDER B,VISNECI E F,KARAOGLAN O,et al. Diagnostic and prognostic value of MR-pro ADM,procalcitonin, and copeptin in sepsis [J]. Open Med (Wars),2023,18(1):20230865.
- [8] 谢敏,吕睿,肖红娟,等. 重症急性胰腺炎患者并发腹腔感染病原菌和 sRAGE、Ghrelin 与 MCP-1 水平及其预测价值[J]. 中华医院感染学杂志,2024,34(11):1697-1701.
- [9] 余炜杰,章爱莲. 小儿血清及 BALF 中 CD4⁺CD25⁺CD127^{low} Treg 比例 TNF- α 、IL-17 水平与 RMPP 的相关性研究[J]. 中国妇幼保健,2021,36(23):5448-5451.
- [10] 国家卫生计生委合理用药专家委员会儿童用药专业组. 中国儿童肺炎支原体感染实验室诊断规范和临床实践专家共识(2019 年)[J]. 中华儿科杂志,2020,58(5):366-373.

- [11] 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): 881-885.
- [12] ZHAI Y Y, WU S Z, YANG Y, et al. An analysis of 20 clinical cases of refractory mycoplasma pneumonia in children[J]. *Ann Palliat Med*, 2020, 9(5): 2592-2599.
- [13] 杨利俊, 张谦. 支原体肺炎患儿血清 miR-222、miR-155 与病情严重程度及潮气呼吸肺功能的相关研究[J]. 国际检验医学杂志, 2021, 42(24): 3046-3049.
- [14] KUMAR S, GARG I B, SETHI G R. Serological and molecular detection of *Mycoplasma pneumoniae* in children with community-acquired lower respiratory tract infections[J]. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 2019, 95(1): 5-9.
- [15] 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.
- [16] 李静, 杨静容, 李亚兰, 等. 小儿肺炎支原体肺炎血清 CRP、PCT 及 ESR 水平与 MPP 病情严重程度关系[J]. 西部医学, 2021, 33(9): 1374-1378.
- [17] 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): 607-617.
- [18] 周欣乐, 康焰, 田春霖, 等. 脓毒症患者血清 FGF21、MR-PFADM、炎性因子与预后的关系分析[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(6): 1146-1149.
- [19] ZAMPINO R, IOSSA D, URSI M P, et al. Prognostic value of pro-adrenomedullin and copeptin in acute infective endocarditis[J]. *BMC Infect Dis*, 2021, 21(1): 23.
- [20] STALENHOEF J E, VAN NIEUWKOOP C, WILSON D C, et al. Procalcitonin, mid-regional proadrenomedullin and C-reactive protein in predicting treatment outcome in community-acquired febrile urinary tract infection[J]. *BMC Infect Dis*, 2019, 19(1): 161.
- [21] 张媛, 努尔比叶·普拉提, 邝辉. 老年肺部感染患者血清 HBP、IL-6、pro-ADM 水平变化及鉴别病原菌类型的 ROC 分析[J]. 河北医药, 2023, 45(3): 357-360.
- [22] 赵磊, 李卫. 急性加重期慢性阻塞性肺疾病患者治疗前后肺功能及血清 DES、MRpro-ADM、Galectin-3 变化研究[J]. 海南医学, 2021, 32(3): 289-293.
- [23] 张新月, 陈明茜, 白巧红, 等. 血浆 sRAGE、Nampt 水平与呼吸机相关性肺炎患者病情程度和预后的关系[J]. 山东医药, 2022, 62(25): 6-10.
- [24] AL-HAKEIM H K, AL-JASSAS H K, MORRIS G, et al. Increased ACE2, sRAGE, and Immune activation, but lowered calcium and magnesium in COVID-19[J]. *Recent Adv Inflamm Allergy Drug Discov*, 2022, 16(1): 32-43.
- [25] 曾静, 黄荣, 付小银. 血清 sRAGE 水平、EOS 计数和 FEV₁ 检测评估支气管哮喘病情严重程度及结局转归的临床价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2023, 22(18): 1942-1946.
- [26] 袁亚丽, 陈娟, 刘小娟. 血清相关生化指标联合肺炎程度评分与急诊重症肺炎患者预后的关系[J]. 实用医院临床杂志, 2023, 20(6): 141-145.
- [27] 孙印, 何士杰, 景卫革, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者血清 IL-21、IL-17、TLR4 的表达及临床意义[J]. 临床肺科杂志, 2020, 25(9): 1363-1366.
- [28] 陈秀萍, 周敏敏, 余波. 血清 PCT 和 hs-CRP 及 IL-17 水平对老年 COPD 合并下呼吸道感染的诊断价值[J]. 热带医学杂志, 2024, 24(5): 730-734.
- [29] 蔡剑英, 陶学芳, 王国文, 等. 重症肺炎患者血清 IL-17 及 IL-12P70 与 CD64 表达水平及其与预后的关系[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(16): 2452-2456.
- [30] 付亚林, 陈华佳, 陈秋蓉, 等. 小儿肺咳颗粒联合阿奇霉素对 MPP 患儿潮气呼吸肺功能、Th1/Th2 免疫平衡及血清 APC、IL-1R1 水平的影响[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21(17): 3310-3314.
- [31] LUO Y, LI C, ZHOU Z, et al. Biological functions of IL-17-producing cells in mycoplasma respiratory infection[J]. *Immunology*, 2021, 164(2): 223-230.

(收稿日期: 2025-04-10 修回日期: 2026-01-04)

(编辑: 陈秋莲 廖薇薇)