

DOI: 10.20135/j.issn.1006-8147.2026.03.0284

论著

炎症指数和金属元素与肺炎支原体肺炎患儿疾病进展的相关性研究

麻馨月^{1,2}, 李曼², 杨静², 玄耿², 甄瑞伟², 白虹¹

(1.天津医科大学基础医学院免疫学系, 天津 300070; 2.天津市泰达医院检验科, 天津 300457)

摘要 目的:探索血清炎症指数及金属元素含量与肺炎支原体肺炎(MPP)患儿病情进展的相关性。方法:收集2024年4月—2025年4月天津市泰达医院收治的270例MPP患儿作为研究对象,根据病情严重程度分为非SMPP组($n=185$)和SMPP组($n=85$)。比较两组患儿资料,采用多因素Logistic回归分析筛选出SMPP的独立危险因素,使用受试者工作特征(ROC)曲线评估预测效能,Spearman相关性分析MPP患儿炎症指数与金属元素含量的相关性。结果:与非SMPP组比,SMPP组血小板与淋巴细胞比值(PLR)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)、全身免疫炎症指数(SII)、全身炎症反应指数(SIRI)、高敏C反应蛋白(hs-CRP)、白细胞介素6(IL-6)、D-二聚体(D-D)、铜(Cu)等升高($Z=-7.912, -8.202, -9.620, -9.273, -3.126, -2.393, -7.855, -3.021$, 均 $P<0.05$);钙(Ca)、铁(Fe)、锌(Zn)降低($Z=-2.364, -2.048, -2.279$, 均 $P<0.05$)。采用向后法进行多因素Logistic回归分析,NLR($OR=0.619, 95\%CI:0.41\sim0.933, P=0.022$)、SIRI($OR=1.661, 95\%CI:1.162\sim2.373, P=0.005$)、SII($OR=1.003, 95\%CI:1.002\sim1.004, P<0.001$)、D-D($OR=1.823, 95\%CI:1.059\sim3.137, P=0.03$)是SMPP的独立危险因素。ROC曲线分析结果显示,PLR、NLR、SII、SIRI预测SMPP的曲线下面积(AUC)分别为0.800($95\%CI:0.747\sim0.853, P<0.05$),0.811($95\%CI:0.758\sim0.863, P<0.05$),0.865($95\%CI:0.821\sim0.908, P<0.05$),0.851($95\%CI:0.805\sim0.897, P<0.05$)。最佳截断值分别为129.83、2.6、610.86、1.84;灵敏度分别为0.800、0.718、0.894、0.776;特异度分别为0.692、0.757、0.681、0.811。Spearman相关性分析显示Fe与PLR、NLR、SII、SIRI呈负相关($r=-0.153, -0.213, -0.204, -0.225$, 均 $P<0.05$),Zn与PLR、NLR、SII、SIRI呈负相关($r=-0.249, -0.199, -0.222, -0.205$, 均 $P<0.05$),Cu与PLR、NLR、SII、SIRI呈正相关($r=0.226, 0.209, 0.208, 0.183$, 均 $P<0.05$)。结论:PLR、NLR、SII、SIRI能够预测MPP患儿出现重症的风险,日常注意加强儿童金属元素含量的补充不容忽视。

关键词 肺炎支原体肺炎;儿童;炎症指数;金属元素

中图分类号 R446.11

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2026)03-0284-06

Study on the correlation between inflammatory indexes, metal elements and disease progression in children with mycoplasma pneumoniae pneumonia

MA Xinyue^{1,2}, LI Man², YANG Jing², XUAN Geng², ZHEN Ruiwei², BAI Hong¹

(1.Department of Immunology, School of Basic Medical Sciences, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; 2.Department of Clinical Laboratory, TEDA Hospital of Tianjin University, Tianjin 300457, China)

Abstract Objective: To explore the correlation between serum inflammatory indexes, metal element levels and disease progression in children with mycoplasma pneumoniae pneumonia (MPP). **Methods:** A total of 270 children with MPP admitted to Tianjin TEDA Hospital from April 2024 to April 2025 were enrolled and divided into the non-severe MPP (non-SMPP group, $n=185$) and the severe MPP (SMPP) group ($n=85$) according to disease severity. Clinical data of the two groups were compared. Multivariate Logistic regression analysis was used to screen independent risk factors for SMPP. Receiver operating characteristic (ROC) curve was applied to evaluate the predictive efficacy, and Spearman correlation analysis was performed to assess the correlation between inflammatory indexes and metal element levels in children with MPP. **Results:** Compared with the non-SMPP group, the SMPP group showed significantly elevated levels of platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), systemic immune-inflammation index (SII), systemic inflammatory response index (SIRI), high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP), interleukin-6 (IL-6), D-dimer (D-D), and copper (Cu) ($Z=-7.912, -8.202, -9.620, -9.273, -3.126, -2.393, -7.855, -3.021$, all $P<0.05$), while the levels of calcium (Ca), iron (Fe), and zinc (Zn) were significantly decreased ($Z=-2.364, -2.048, -2.279$, all $P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis using the backward stepwise method revealed that NLR ($OR=0.619, 95\%CI:0.41\sim0.933, P=0.022$), SIRI ($OR=1.661, 95\%CI:1.162\sim2.373, P=0.005$), SII ($OR=1.003, 95\%CI:1.002\sim1.004, P<0.001$), and D-D ($OR=1.823, 95\%CI:1.059\sim3.137, P=0.03$) were independent risk factors for SMPP. ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) values of PLR, NLR, SII, and SIRI for predicting SMPP were 0.800 ($95\%CI:0.747\sim0.853, P<0.05$), 0.811 ($95\%CI:0.758\sim0.863, P<0.05$), 0.865 ($95\%CI:0.821\sim0.908, P<0.05$), 0.851 ($95\%CI:0.805\sim0.897, P<0.05$).

作者简介 麻馨月(1993-),女,硕士在读,研究方向:免疫学;通信作者:白虹,E-mail:hongbai25@163.com。

0.811 (95%CI:0.758-0.863, $P<0.05$), 0.865 (95%CI:0.821-0.908, $P<0.05$) and 0.851 (95%CI:0.805-0.897, $P<0.05$), with optimal cut-off values of 129.83, 2.6, 610.86, and 1.84, respectively; the sensitivities were 0.800, 0.718, 0.894, and 0.776, respectively; and the specificities were 0.692, 0.757, 0.681, and 0.811, respectively. Spearman correlation analysis indicated that Fe was negatively correlated with PLR, NLR, S II, and SIRI ($r=-0.153, -0.213, -0.204, -0.225$, all $P<0.05$), Zn was negatively correlated with PLR, NLR, S II, and SIRI ($r=-0.249, -0.199, -0.222, -0.205$, all $P<0.05$), whereas Cu was positively correlated with PLR, NLR, S II, and SIRI ($r=0.226, 0.209, 0.208, 0.183$, all $P<0.05$). **Conclusion:** PLR, NLR, S II, and SIRI can predict the risk of severe illness in children with MPP. It is crucial to pay attention to the supplementation of metal elements in children in daily life.

Key words mycoplasma pneumoniae pneumonia; children; inflammatory indexes; metal elements

肺炎支原体肺炎(mycoplasma pneumonia pneumonia, MPP)是由肺炎支原体(mycoplasma pneumoniae, MP)感染引起的呼吸道感染疾病。现如今因大环内酯类抗菌药物的广泛使用,使MP产生一定耐药性,MPP发病率在全球范围内呈显著上升趋势。儿童因免疫系统功能尚未发育完全,成为MP的主要易感人群。重症肺炎支原体肺炎(severe mycoplasma pneumonia pneumonia, SMPP)是指病情迅速进展,不仅侵犯呼吸系统,甚至合并严重肺内、外并发症的危重疾病。因SMPP早期临床表现并不典型,医务人员很难从临床表现上进行早期鉴别,因此对于具有进展为SMPP风险的患儿,能做到早期识别和积极管理尤为重要^[1]。近年来,血清炎症指数如血小板与淋巴细胞比值(platelet to lymphocyte ratio, PLR)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)、全身免疫炎症指数(systemic immune inflammation index, S II)、全身炎症反应指数(systemic inflammation response index, SIRI)因整合外周血中多个免疫细胞含量,能反映机体全身炎症和免疫平衡状态,在评估感染性疾病的严重程度和预测疾病进展中具有重要价值^[2]。金属元素,如铜(copper, Cu)、钙(calcium, Ca)、铁(iron, Fe)、锌(zinc, Zn)等在维持免疫系统功能和机体代谢等生理功能的作用日益受到关注^[3],金属元素紊乱与全身性炎症反应激活存在着密切的交互关联,两者叠加共同构成了SMPP发生、发展的病理生理基础^[4-5]。因此,探讨血清炎症指数和金属元素水平在MPP患儿体内的变化规律,对早期识别SMPP高危患儿、指导临床干预具有重要意义。

1 对象与方法

1.1 研究对象 通过查阅医院病历管理系统,筛选2024年4月—2025年4月天津市泰达医院儿科就医的患儿,收集研究对象的临床资料,包括年龄、性别、临床及影像学表现。最终将270例MPP患儿

列入研究,平均年龄为8.00(6.00, 11.00),其中男性129例(47.80%),女性141例(52.20%)。纳入标准:根据《儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南(2023年版)》^[6]选取MPP患儿列入研究对象:(1)符合小儿MPP的诊断标准:单份血清MP抗体滴度 $\geq 1:160$ 和(或)MP-DNA、RNA阳性且符合临床和影像学相关诊断依据。(2)年龄为1~14岁。(3)近3个月未接受相关治疗。(4)临床资料完整。

排除标准:(1)存在脏器功能障碍、免疫功能障碍、凝血功能障碍患儿。(2)长期使用全身激素或免疫抑制剂患儿。(3)伴有精神疾病、恶性肿瘤等疾病患儿。(4)存在其他肺部疾病患儿。(5)临床资料不完整患儿。

1.2 分组 根据《实用儿科学(第8版)》^[7]将患儿分为非SMPP组($n=185$)和SMPP组($n=85$)。(1)非SMPP组:不符合重症患者表现;病程为7~10d且预后良好;无不良后遗症出现。(2)SMPP组:符合以下任意1项标准即可:热程超过7d以上,且无下降趋势;吸入空气时,氧饱和度 $\leq 92\%$;伴有肺内和(或)肺外并发症;因出现塑型性支气管炎、中等至大量胸腔积液、大面积肺实变和坏死、肺栓塞等,导致患儿出现哮喘、气促、呼吸困难、咯血等症状。

1.3 仪器与试剂 希森美康全自动模块式血液分析仪XN-2800(日本)及配套原装试剂;星童循环增强荧光分析仪Pylon IRIS(中国)及配套原装试剂;深圳普门特定蛋白分析仪PA-990(中国)及配套原装试剂;希森美康全自动凝血分析仪CS-5100(日本)及德国西门子D-二聚体测定试剂盒;日立7600全自动生化分析仪(日本)和九强生物锌检测试剂盒、九强生物铜检测试剂盒;迈瑞全自动生化分析仪BS-2000(中国)及配套原装试剂。

1.4 实验室检测 于入院当天,根据WS/T661-2020《静脉血液标本采集指南》中要求,研究对象禁食12h后采集静脉血样本,1h内完成炎症因子[高敏C反

应蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)、血常规项目[白细胞(white blood cell, WBC)、中性粒细胞(neutrophil, Neu)、单核细胞(monocyte, Mono)、血小板(platelet, PLT)、淋巴细胞(lymphocyte, Lym)]、凝血项目[D-二聚体(D-dimer, D-D)]和金属元素项目[Cu、Zn、镁(magnesium, Mg)、Fe、Ca]的相关检测。并根据血常规各指标计算出 NLR、PLR、SIRI、S II。

1.5 统计学处理 采用 SPSS25.0 软件进行数据分析。计量资料不符合正态分布的用 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,采用非参数 Mann-Whitney U 检验比较组间差异。计数资料用率表示,采用 χ^2 检验或者 Fisher 确切概率法比较组间差异。通过多因素 Logistic 回归构

建 SMPP 患儿预测模型;绘制 ROC 曲线,同时计算曲线下面积(AUC),评估所构建模型的预测价值。经 Spearman 相关性分析 MPP 患儿金属元素水平与血清炎症指数相关性。双侧 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SMPP 组和非 SMPP 组相关指标比较 与非 SMPP 组比,SMPP 组年龄、性别、外周血 Mg 水平差异无统计学意义(均 $P > 0.05$);外周血 WBC、Neu、Mono、PLT、NLR、PLR、SIRI、S II、hs-CRP、IL-6、D-D、Cu 水平升高,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),外周血 Lym、Ca、Fe、Zn 水平降低,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 1。

表 1 SMPP 组与非 SMPP 组临床资料比较 $[n(\%), M(P_{25}, P_{75})]$

Tab.1 Comparison of clinical data between SMPP group and non-SMPP group $[n(\%), M(P_{25}, P_{75})]$

指标	SMPP 组($n=85$)	非 SMPP 组($n=185$)	Z/χ^2	P
年龄(岁)	9.00(5.50, 11.00)	8.00(6.00, 11.00)	-0.047	0.962
性别(例)				
男性	40(47.06)	89(48.11)	0.026	0.873
女性	45(52.94)	96(51.89)		
WBC($\times 10^9/L$)	9.73(8.76, 11.98)	8.68(6.98, 10.59)	-4.324	<0.001
Neu($\times 10^9/L$)	6.30(4.89, 8.48)	4.31(3.09, 6.07)	-6.597	<0.001
Lym($\times 10^9/L$)	1.69(1.38, 2.20)	2.41(1.82, 3.53)	-5.761	<0.001
Mono($\times 10^9/L$)	0.73(0.53, 1.01)	0.51(0.35, 0.75)	-5.279	<0.001
PLT($\times 10^9/L$)	338.00(229.50, 406.50)	245.00(197.50, 318.00)	-5.195	<0.001
PLR	177.05(135.00, 243.31)	100.54(62.57, 143.28)	-7.912	<0.001
NLR	3.76(2.37, 5.42)	1.79(1.06, 2.59)	-8.202	<0.001
S II	1 211.55(799.28, 1 660.42)	406.26(212.36, 708.14)	-9.620	<0.001
SIRI	2.82(1.88, 4.08)	0.92(0.44, 1.63)	-9.273	<0.001
Ca(mmol/L)	1.25(1.20, 2.06)	1.66(1.21, 2.20)	-2.364	0.018
Mg(mmol/L)	1.29(1.13, 1.42)	1.28(1.20, 1.40)	-1.622	0.105
Fe($\mu\text{mol/L}$)	10.20(4.55, 14.70)	11.50(7.55, 16.75)	-2.048	0.041
Zn($\mu\text{mol/L}$)	14.90(12.70, 17.25)	16.10(13.30, 19.30)	-2.279	0.023
Cu($\mu\text{mol/L}$)	17.68(13.68, 23.23)	15.54(13.03, 17.61)	-3.021	0.003
hs-CRP(mg/L)	10.81(4.69, 15.92)	7.40(3.86, 12.39)	-3.126	0.002
IL-6(pg/mL)	10.51(7.88, 13.35)	8.83(6.78, 12.38)	-2.393	0.017
D-D(mg/L)	0.66(0.57, 1.12)	0.39(0.26, 0.59)	-7.855	<0.001

注: WBC:白细胞;Neu:中性粒细胞;Mono:单核细胞;PLT:血小板;Lym:淋巴细胞;PLR:血小板与淋巴细胞比值;NLR:中性粒细胞与淋巴细胞比值;S II:全身免疫炎症指数;SIRI:全身炎症反应指数;Ca:钙;Mg:镁;Fe:铁;Zn:锌;Cu:铜;hs-CRP:高敏 C 反应蛋白;IL-6:白细胞介素-6;D-D:D-二聚体;SMPP:重症肺炎支原体肺炎

2.2 MPP 患儿进展为重症的多因素 Logistic 回归分析 以研究对象是否为重症患儿作为因变量(1=否,2=是),将单因素 Logistic 回归分析有意义的因素(PLR、NLR、S II、SIRI、Ca、Fe、Zn、Cu、hs-CRP、IL-6、D-D)再进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示, NLR($OR=0.619, 95\%CI:0.41\sim 0.933, P=0.022$)、SIRI($OR=1.661, 95\%CI:1.162\sim 2.373, P=0.005$)、S II($OR=1.003, 95\%CI:1.002\sim 1.004, P<0.001$)、D-D

($OR=1.823, 95\%CI:1.059\sim 3.137, P=0.03$) 是 SMPP 发生的独立危险因素,见表 2、3。

2.3 PLR、NLR、S II、SIRI 对 SMPP 的预测价值 以 SMPP 为状态变量绘制 ROC 曲线,见图 1。PLR、NLR、S II、SIRI 预测 SMPP 的 AUC 分别为 0.800($95\%CI:0.747\sim 0.853, P<0.05$), 0.811($95\%CI:0.758\sim 0.863, P<0.05$), 0.865($95\%CI:0.821\sim 0.908, P<0.05$), 0.851($95\%CI:0.805\sim 0.897, P<0.05$),最佳截断值分

表 2 SMPP 影响单因素的 Logistic 回归分析

Tab.2 Univariate Logistic regression analysis of influencing factors of SMPP

影响因素	β	SE	Wald	OR	95%CI	P
PLR	0.013	0.002	41.078	1.013	1.009~1.017	<0.001
NLR	0.680	0.098	47.651	1.973	1.627~2.393	<0.001
S II	0.003	0.001	59.437	1.003	1.002~1.004	<0.001
SIRI	0.873	0.124	49.837	2.393	1.878~3.049	<0.001
Ca	-0.891	0.279	10.190	0.410	0.238~0.709	0.001
Mg	-1.490	0.837	3.170	0.225	0.044~1.162	0.075
Fe	-0.042	0.020	4.571	0.959	0.922~0.996	0.033
Zn	-0.069	0.030	5.402	0.933	0.880~0.989	0.020
Cu	0.047	0.020	5.623	1.048	1.008~1.089	0.018
hs-CRP	0.086	0.023	14.186	1.090	1.042~1.139	<0.001
IL-6	0.088	0.032	7.570	1.092	1.026~1.163	0.006
D-D	1.082	0.251	18.633	2.951	1.805~4.823	<0.001

注: PLR: 血小板与淋巴细胞比值; NLR: 中性粒细胞与淋巴细胞比值; S II: 全身免疫炎症指数; SIRI: 全身炎症反应指数; Ca: 钙; Mg: 镁; Fe: 铁; Zn: 锌; Cu: 铜; hs-CRP: 高敏 C 反应蛋白; IL-6: 白细胞介素-6; D-D: D-二聚体

表 3 SMPP 影响多因素的 Logistic 回归分析

Tab.3 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of SMPP

影响因素	β	SE	Wald	OR	95%CI	P
NLR	-0.480	0.210	5.243	0.619	0.410~0.933	0.022
S II	0.003	0.001	23.665	1.003	1.002~1.004	<0.001
SIRI	0.507	0.182	7.746	1.661	1.162~2.373	0.005
Ca	-0.608	0.350	3.020	0.544	0.274~1.081	0.082
hs-CRP	0.051	0.030	2.851	1.052	0.992~1.116	0.091
D-D	0.600	0.277	4.698	1.823	1.059~3.137	0.030

注: NLR: 中性粒细胞与淋巴细胞比值; S II: 全身免疫炎症指数; SIRI: 全身炎症反应指数; Ca: 钙; hs-CRP: 高敏 C 反应蛋白; D-D: D-二聚体

别为 129.83、2.60、610.86、1.84; 灵敏度分别为 0.800、0.718、0.894、0.776; 特异度分别为 0.692、0.757、0.681、0.811。结果表明, NLR、S II、SIRI 对于预测 SMPP 具有良好的应用价值。

2.4 MPP 患儿金属元素含量与 PLR、NLR、S II、SIRI 相关性分析 经 Spearman 相关性分析显示 Fe、Zn 与 PLR、NLR、S II、SIRI 呈负相关(均 $P < 0.05$),

表 4 金属元素含量与 PLR、NLR、S II、SIRI 的 Spearman 相关性分析

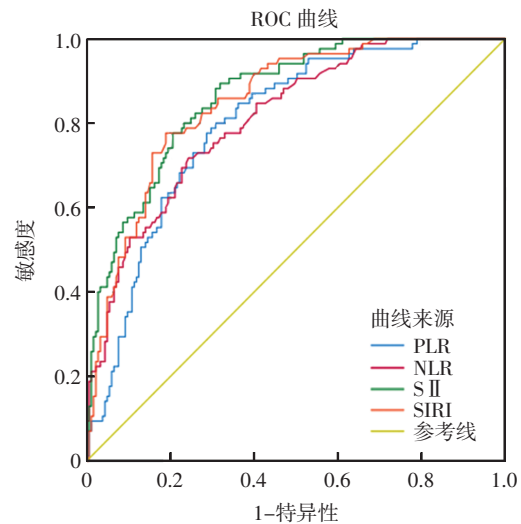
Tab.4 Spearman correlation analysis between metal element contents and PLR, NLR, S II, SIRI

项目	Ca		Fe		Zn		Cu	
	r	P	r	P	r	P	r	P
PLR	-0.108	0.075	-0.153	0.012	-0.249	<0.001	0.226	<0.001
NLR	-0.099	0.106	-0.213	<0.001	-0.199	0.001	0.209	0.001
S II	-0.105	0.084	-0.204	0.001	-0.222	<0.001	0.208	0.001
SIRI	-0.087	0.153	-0.225	<0.001	-0.205	0.001	0.183	0.003

注: PLR: 血小板与淋巴细胞比值; NLR: 中性粒细胞与淋巴细胞比值; S II: 全身免疫炎症指数; SIRI: 全身炎症反应指数; Ca: 钙; Fe: 铁; Zn: 锌; Cu: 铜

3 讨论

MPP 的临床表现以发热、剧烈咳嗽为主要特



注: PLR: 血小板与淋巴细胞比值; NLR: 中性粒细胞与淋巴细胞比值; S II: 全身免疫炎症指数; SIRI: 全身炎症反应指数; ROC: 受试者工作特征; SMPP: 重症肺炎支原体肺炎

图 1 PLR、NLR、S II、SIRI 预测儿童 SMPP 的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curves of PLR, NLR, S II, and SIRI for predicting SMPP in children

Cu 与 PLR、NLR、S II、SIRI 呈正相关(均 $P < 0.05$), 见表 4。

征, 多为自限性, 但部分患儿病情会急剧进展为 SMPP。SMPP 可通过过度的炎症反应引起肺外并发

症^[8],严重影响患儿的预后甚至危及生命健康。由于 MPP 患儿的临床症状多样化、病原体耐药性逐年升高以及 SMPP 高危患儿特异性指标的缺乏,临床难以对 SMPP 进行早期预判^[1]。因此,探寻能够实现 SMPP 早期识别与诊断的可靠指标显得尤为重要。近年来,以 PLR、NLR、S II、SIRI 等为代表由多种炎症细胞计算出来的血清炎症指数,因其具备了多种炎症细胞的评估效能,在评估感染性疾病严重程度及预后中展现出巨大潜力^[2]。金属元素如 Zn、Fe、Cu、Ca 在免疫系统中的作用不容忽视,其水平波动与感染性疾病的发生、发展密切相关,炎症反应的激活与体内金属元素的代谢稳态存在复杂的相互作用,共同影响着疾病的进程与转归^[9]。综上所述,深入研究血清炎症指数和金属元素含量在 MPP 患儿体内的变化规律,对于早期识别 SMPP 高危患儿、改善患儿预后具有重要意义。

细胞免疫介导的炎症反应是 MPP 患儿机体病理过程中关键环节之一,而全血细胞计数是临床应用中易获得、便携、快速、成本低的实验室检测指标,可以一定程度地反映机体内免疫系统功能的稳态^[10]。Neu 作为先天免疫的最初防线,在 MPP 急性期被大量募集至感染部位,通过释放炎症介质等方式参与抵御病原体,但其过度激活也会导致严重的肺组织损伤^[11];Lym 特别是 T 淋巴细胞亚群的过度激活,产生大量 Lym 凋亡现象,反映了机体细胞免疫功能的紊乱^[12];Mono 在抗原呈递过程中起到关键作用,其数量改变与免疫应答的强度密切相关;PLT 不仅参与机体内凝血过程,也是在病原体入侵机体后最早、最多被募集到感染部位的细胞,其计数升高可能加剧体内微血栓和炎症瀑布反应^[13]。相较于单一血细胞参数,PLR、NLR、S II、SIRI 等血清炎症指数通过整合不同免疫细胞亚群的信息,能够更全面、动态地评估机体内炎症状态。已有多项研究表明在小儿呼吸道合胞病毒性毛细支气管炎等多种炎症性疾病中 PLR、NLR、S II、SIRI 与病情严重程度和预后密切相关^[14]。本研究结果进一步证实,在 MPP 患儿中,PLR、NLR、S II、SIRI 的水平与疾病的严重程度显著相关,多因素 Logistic 回归分析显示 NLR、S II、SIRI 是 SMPP 发生的独立危险因素,且对早期识别 SMPP 高危患儿具有良好的预测价值。在此次研究中,PLR、NLR、S II、SIRI 分别高于 ROC 临界值 129.83、2.60、610.86、1.84 时,患儿病情进展为 SMPP 的危险性大大增加,而其中 S II 对于疾病病情预测的灵敏度最高为 0.894,SIRI 对于疾病病情预测的特异度最高为 0.811;这与 Shuye 等^[15]的研究

中,PLR、NLR、S II、SIRI 分别高于 154.70、2.255、699.00、1.225 时,患儿病情进展为 SMPP 的危险性大大增加以及对于疾病病情预测的灵敏度和特异度最高的指标均为 S II,分别为 0.876 和 0.987 的结果有所差异。此结果的差异可能和研究人群年龄分布、疾病进展程度以及样本量等因素有关。

金属元素作为多种酶、信号分子的重要组分,是维持机体正常细胞信号转导、免疫细胞功能调节等生理过程的重要因素。具体而言,Cu 在多种免疫细胞的产生和分化过程中起关键作用,但过量的 Cu 也可能通过促进氧化应激反应加剧组织损伤^[16];Zn 对胸腺免疫细胞的发育与功能至关重要,其缺乏会直接导致淋巴细胞功能障碍,削弱机体清除病原体的能力^[17];Ca 离子参与调控免疫细胞的活化与迁移,与肺组织处巨噬细胞的吞噬功能密切相关^[18];Fe 参与蛋白质、核酸等物质的合成,在机体氧气运输、能量代谢以及免疫防御等过程中起到重要作用^[19]。综合国内外临床研究显示,SMPP 患儿体内多种金属元素存在明显失衡,主要表现为 Zn、Fe 显著降低,Cu 升高,Cu/Zn 比值增大,Ca、Mg 亦存在不同程度异常,且紊乱程度与病情严重程度、炎症反应强度呈明显相关^[9]。本研究发现,SMPP 患儿体内出现一定程度的金属元素紊乱,表现为 Ca、Fe、Zn 水平降低、Cu 水平升高,提示其水平与病情严重程度存在关联,可作为评估预后的辅助指标。更有意义的是,本研究进一步揭示了特定金属元素如 Cu、Fe、Zn 的浓度与 PLR、NLR、S II、SIRI 的水平存在显著相关性,说明金属元素水平虽并非 MPP 患儿病情加重的独立危险因素,但其稳态与全身炎症反应相关,可通过影响炎症水平参与疾病进展,在日常生活中加强对患儿体内金属元素的适当补充,有利于控制病情进展。冯柏潮等^[4]研究表明,儿童发生 MP 感染与体内 Mg、Fe、Zn 元素缺乏有一定相关性。卢海梅和方桂容^[20]研究则表明,缺乏 Ca、Fe、Zn 的患儿更易反复发生肺炎。因此,在临床诊疗过程中日常对患儿金属元素含量加以关注,对于全面评估 MPP 患儿的免疫状况、预测疾病进展具有不可忽视的重要意义。

综上所述,联合监测血清炎症指数,并日常关注患儿金属元素营养状况,对早期预测 MPP 患儿病情发展、识别 SMPP 高危患儿以及制定个体化治疗方案具有重要的临床价值。

参考文献:

- [1] 焦扬. 儿童肺炎支原体耐药现状及抗感染治疗进展[J]. 中国处方药, 2025, 23(2): 104-106.

- [2] WANG R H, WEN W X, JIANG Z P, et al. The clinical value of neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), systemic immune-inflammation index (SII), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) and systemic inflammation response index (SIRI) for predicting the occurrence and severity of pneumonia in patients with intracerebral hemorrhage [J]. *Front Immunol*, 2023, 14: 1115031.
- [3] 郑艳兰, 谢姣, 卢美娟. 重症支原体肺炎患儿铁死亡水平与炎症反应、氧化应激的相关性及意义[J]. *中国妇幼健康研究*, 2024, 35(7): 32-37.
- [4] 冯柏潮, 陈广道, 梁少媛. 儿童肺炎支原体感染与微量元素缺乏的因果关系探讨[J]. *微量元素与健康研究*, 2016, 33(3): 23-26.
- [5] XU Y, FEI X. The relationship between IFN- γ , IL-10, IL-6 cytokines, and severity of the condition with serum zinc and Fe in children infected with *Mycoplasma pneumoniae*[J]. *Open Med (Wars)*, 2024, 19(1): 20240987.
- [6] 赵顺英, 钱素云, 陈志敏, 等. 儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南(2023年版)[J]. *新发传染病电子杂志*, 2024, 9(1): 73-79.
- [7] 诸福荣. 实用儿科学(第8版)[J]. *中国临床医生杂志*, 2015, 43(7): 47.
- [8] 熊锦月, 敖仕芸, 许津莉, 等. 儿童肺炎支原体感染致肺外并发症研究进展[J]. *河北北方学院学报(自然科学版)*, 2025, 41(8): 51-55.
- [9] TAHERIS, ASADI S, NILASHI M, et al. A literature review on beneficial role of vitamins and trace elements: evidence from published clinical studies[J]. *Trace Elem Med Biol*, 2021, 67: 126789.
- [10] JIANG Z, LI S, ZHU C, et al. *Mycoplasma pneumoniae* infections: pathogenesis and vaccine development[J]. *Pathogens*, 2021, 10(2): 119.
- [11] CACCIOTTO, CUBEDDU T, ADDIS M F, et al. *Mycoplasma* lipoproteins are major determinants of neutrophil extracellular trap formation[J]. *Cell Microbiol*, 2016, 18(12): 1751-1762.
- [12] 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.
- [13] 尚春香, 格日力. 血小板在炎症反应中的作用机制[J]. *中国高原医学与生物学杂志*, 2018, 39(4): 282-286.
- [14] 吴华和, 黎俊伶, 潘伟莲, 等. 系统免疫炎症指数预测小儿呼吸道合胞病毒性毛细支气管炎病情程度的临床研究[J]. *医药前沿*, 2024, 14(14): 60-63.
- [15] WANG S, WAN Y, ZHANG W. The clinical value of systemic immune inflammation index (SII) in predicting the severity of hospitalized children with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia: a retrospective study[J]. *Int J Gen Med*, 2024, 17: 935-942.
- [16] RAHA S, MALLICK R, BASAK S, et al. Is copper beneficial for COVID-19 patients?[J]. *Med Hypotheses*, 2020, 142: 109814.
- [17] READ S A, OBEID S, AHLENSTIEL C, et al. The role of zinc in antiviral immunity[J]. *Adv Nutr*, 2019, 10(4): 696-710.
- [18] 李虹霖, 李婉怡, 刘小青, 等. 儿童下呼吸道感染患者微量元素与PCT的关系[J]. *标记免疫分析与临床*, 2025, 32(2): 353-357.
- [19] 李润芝, 徐真谛. 反复呼吸道感染患儿家庭养育情况和血清微量元素的相关性研究[J]. *现代医药卫生*, 2020, 36(22): 3621-3623.
- [20] 卢海梅, 方桂容. 儿童反复呼吸道感染患者血清微量元素水平分析[J]. *吉林医学*, 2021, 42(1): 170-171.

(2025-11-03 收稿)

(上接第259页)

- [3] 黄亭亭, 吕宗凯. 激光辅助牙周治疗的研究进展[J]. *四川医学*, 2025, 46(8): 943-947.
- [4] MERLI M, BERNARDELLI F, GIULIANELLI E, et al. Inter-rater agreement in the diagnosis of mucositis and peri-implantitis[J]. *J Clin Periodontol*, 2014, 41(9): 927-933.
- [5] MCALLISTER B S. Peri-implant mucositis and peri-implantitis: a current understanding of their diagnoses and clinical implications [J]. *J Periodontol*, 2013, 84(4): 436-443.
- [6] SRINIVASAN M, KAMNOEDBOON P, PAPI P, et al. Efficacy of non-surgical laser therapy for the management of peri-implantitis: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Dent*, 2025, 154: 105562.
- [7] KOTSAKIS G A, KONSTANTINIDIS I, KAROUSSIS I K, et al. Systematic review and meta-analysis of the effect of various laser wavelengths in the treatment of peri-implantitis[J]. *J Periodontol*, 2014, 85(9): 1203-1213.
- [8] 邢博垚, 洪丽华, 宋嘉卓, 等. 光动力疗法在牙体牙髓病治疗中的研究进展[J]. *牙体牙髓牙周病学杂志*, 2025, 30(5): 304-310.
- [9] 艾鑫强, 税艳青, 杨禾丰. 激光疗法在牙周炎治疗中的应用[J]. *昆明医科大学学报*, 2021, 42(6): 152-155.
- [10] 尹燕飞, 李文霞, 杨茜, 等. 激光治疗对慢性牙周炎患者口腔菌群、牙龈微循环的影响[J]. *中国医学创新*, 2025, 22(8): 15-19.
- [11] NATTO Z S, ALADMAWY M, LEVI PA JR, et al. Comparison of the efficacy of different types of lasers for the treatment of peri-implantitis: a systematic review[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2015, 30(2): 338-345.
- [12] 赵文爽. 激光治疗种植体周围炎对骨再生的作用研究[D]. *中国人民解放军空军军医大学*, 2022.
- [13] 夏昕, 范榴, 程慧琳. 激光辅助治疗牙周炎的临床疗效分析[J]. *岭南急诊医学杂志*, 2025, 30(3): 280-282.

(2025-08-30 收稿)