

金花清感颗粒联合阿奇霉素对肺炎支原体肺炎患者的临床疗效

范启睿¹, 张宝方², 郭伟¹, 吴红波^{1*}

(1. 济南市第二妇幼保健院儿童保健部, 山东 济南 271100; 2. 济南市第二妇幼保健院医务部, 山东 济南 271100)

摘要: **目的** 考察金花清感颗粒联合阿奇霉素对肺炎支原体肺炎患者的临床疗效。**方法** 103例患者随机分为对照组(51例)和观察组(52例), 2组均采用常规治疗, 同时对照组给予阿奇霉素, 观察组在对照组基础上加用金花清感颗粒, 疗程1周。检测临床疗效、局部症状(咳嗽、气喘、发热、肺部湿啰音)缓解时间、肺功能指标(PEF、FEV₁、FEV₁/FVC)、免疫功能指标(CD4⁺、CD8⁺、CD4⁺/CD8⁺)、NLRP3炎症通路因子(Caspase-1、IL-1β、IL-18)、不良反应发生率变化。**结果** 观察组总有效率高于对照组($P<0.05$), 局部症状缓解时间更短($P<0.05$)。治疗后, 2组肺功能指标、CD4⁺、CD4⁺/CD8⁺升高($P<0.05$), CD8⁺、NLRP3炎症通路因子降低($P<0.05$), 以观察组更明显($P<0.05$)。2组不良反应发生率比较, 差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 金花清感颗粒联合阿奇霉素可安全有效地改善肺炎支原体肺炎患者临床症状、肺功能及免疫功能, 其机制可能与调控NLRP3炎症小体通路表达有关。

关键词: 金花清感颗粒; 阿奇霉素; 肺炎支原体肺炎; NLRP3

中图分类号: R287

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2025)08-2577-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2025.08.014

Clinical effects of Jinhua Qinggan Granules combined with azithromycin on patients with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia

FAN Qi-rui¹, ZHANG Bao-fang², GUO Wei¹, WU Hong-bo^{1*}

(1. Department of Children's Health, Jinan Second Maternal and Child Health Hospital, Jinan 271100, China; 2. Division of Healthcare Administration, Jinan Second Maternal and Child Health Hospital, Jinan 271100, China)

ABSTRACT: **AIM** To investigate the clinical effects of Jinhua Qinggan Granules combined with azithromycin on patients with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia. **METHODS** One hundred and three patients were randomly assigned into control group (51 cases) for 1-week intervention of both azithromycin and conventional treatment, and observation group (52 cases) for 1-week intervention of Jinhua Qinggan Granules, azithromycin and conventional treatment. The changes in clinical effects, remission time for local symptoms (cough, wheezing, fever, pulmonary wet rales), pulmonary function indices (PEF, FEV₁, FEV₁/FVC), immune function indices (CD4⁺, CD8⁺, CD4⁺/CD8⁺), NLRP3 inflammatory pathway factors (Caspase-1, IL-1β, IL-18) and incidence of adverse reactions were detected. **RESULTS** The observation group demonstrated higher total effective rate than the control group ($P<0.05$), along with shorter remission time for local symptoms ($P<0.05$). After the treatment, the two groups displayed increased pulmonary function indices, CD4⁺, CD4⁺/CD8⁺ ($P<0.05$), and decreased CD8⁺, NLRP3 inflammatory pathway factors ($P<0.05$), especially for the observation group ($P<0.05$). No significant difference in incidence of adverse reactions was found between the two groups ($P>0.05$). **CONCLUSION** For the patients with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia, Jinhua Qinggan Granules combined with azithromycin can

收稿日期: 2024-12-10

基金项目: 山东省学校卫生协会儿童青少年生长发育与健康专项课题 (JKZX2023103)

作者简介: 范启睿 (1982—), 男, 主治医师, 研究方向为新生儿疾病、高危儿管理和生长发育管理。Tel: 18663411319, E-mail: 18663411319@163.com

* 通信作者: 吴红波 (1974—), 男, 副主任医师, 研究方向为生长发育和高危儿管理。Tel: 13563428066, (0531) 76256139, E-mail: 13563428066@126.com

safely and effectively improve clinical symptoms, pulmonary functions and immune functions, whose mechanism may contribute to the regulation of NLRP3 inflammasome pathway expressions.

KEY WORDS: Jinhua Qinggan Granules; azithromycin; *Mycoplasma pneumoniae pneumoniae*; NLRP3

肺炎支原体肺炎是儿童高发呼吸道疾病, 临床主要症状为发热、喘息、干咳等, 若急性发作期未获得及时有效治疗易进展为重症肺炎, 甚至引发肝炎、脑膜炎、心肌炎等肺外系统疾病, 严重时可导致死亡^[1-2]。目前, 临床治疗肺炎支原体肺炎的手段主要为支气管扩张、吸入糖皮质激素、口服抗生素(阿奇霉素)等^[3], 但由于肺炎支原体对抗生素的耐药性显著增加, 导致单用该类药物的效果不理想, 病情易反复发作。近年来研究表明, 中医药治疗肺炎支原体肺炎表现出较大优势。金花清感颗粒是2009年中医药专家研发的用于抗流感病毒的中成药, 同时被推荐为新型冠状病毒感染肺炎的防治药物, 在治疗呼吸道感染性疾病中取得良好的效果^[4]。

NOD样受体热蛋白结构域相关蛋白3(NLRP3)炎症小体是机体固有免疫的重要组成部分, 与机体炎症反应发生发展密切相关^[5], 其通路可通过促进炎症因子分泌来促使肺部炎症浸润, 放大炎症级联反应, 在肺炎发生发展过程中起到重要作用^[6]。目前, 关于金花清感颗粒联合阿奇霉素治疗肺炎支原体肺炎的报道较少, 而且与NLRP3炎症小体通路的关系尚未明确, 故本研究对此进行考察, 以期为相关临床治疗提供参考, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2022年6月至2024年6月收治于济南市第二妇幼保健院的103例肺炎支原体肺炎患者, 随机数字法分为对照组(51例)和观察组(52例), 2组一般资料见表1, 可知差异无统计学意义, 具有可比性($P>0.05$)。研究经保健院伦理委员会批准(批号2023063)。

表1 2组临床资料比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Comparison of general data between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

项目	观察组($n=52$)	对照组($n=51$)
性别/[例(%)]		
男	28(53.85)	26(50.98)
女	24(46.15)	25(49.02)
平均年龄/岁	6.17±1.21	6.42±1.28
平均身高/cm	113.84±5.67	114.53±5.86
平均体质量/kg	21.16±1.49	20.82±1.37
平均病程/d	5.21±0.73	5.36±0.78

1.2 纳入标准 ①符合肺炎支原体肺炎诊断标准^[7]; ②年龄1~12岁; ③患者监护人了解本研究, 签署知情同意书。

1.3 排除标准 ①合并肺结核、支气管炎、支气管哮喘等其他呼吸道疾病; ②合并先天性心脏病; ③合并感染性、免疫性、血液系统疾病; ④严重心肝肾功能不全; ⑤对本研究药物过敏或不适。

1.4 治疗手段 2组均采用止咳、化痰、退热、雾化吸入、抗菌等常规治疗。

1.4.1 对照组 给予阿奇霉素(哈尔滨华瑞生化药业有限责任公司, 国药准字H20073926, 0.25g/片), 每天1次, 每次10mg/kg, 连续治疗1周。

1.4.2 观察组 在对照组基础上加用金花清感颗粒[聚协昌(北京)药业有限公司, 国药准字Z20160001, 5g/袋], 每天2次, 每次5g, 连续治疗1周。

1.5 疗效评价 参照文献[8]报道, ①痊愈, 临床症状消失或基本消失, 影像学检查显示肺部炎症吸收; ②显效, 临床症状明显改善, 影像学检查显示肺部炎症明显缩小; ③有效, 临床症状好转, 影像学检查显示肺部炎症有所吸收; ④无效, 临床症状未改善甚至加重, 影像学检查显示炎症未吸收甚至扩散。总有效率 = [(痊愈例数+显效例数+有效例数)/总例数] × 100%。

1.6 指标检测

1.6.1 局部症状缓解时间 记录2组咳嗽、气喘、发热、肺部湿啰音缓解时间。

1.6.2 肺功能指标 采用Jaeger肺功能仪检测呼气峰流速(PEF)、第1秒用力呼气量(FEV₁)、第1秒用力呼气量与用力肺活量比值(FEV₁/FVC)。

1.6.3 免疫功能指标 治疗前后采集2组患者空腹静脉血各3mL, 采用FACSCalibur流式细胞仪(美国BD公司)检测外周血CD4⁺、CD8⁺水平, 计算CD4⁺/CD8⁺。

1.6.4 NLRP3炎症通路因子水平 治疗前后采集2组患者空腹静脉血各3mL, 保存于EDTA抗凝试管中, 2500r/min离心10min(半径8cm)取血清, ①NLRP3 mRNA, 血清总RNA以Trizol试剂盒

提取,再通过反转录试剂盒合成 cDNA,其表达以荧光定量聚合酶链式反应试验法进行检测,引物合成由上海生工生物工程股份有限公司进行, *NLRP3*, 正向 5'-AACAGCACCTCACTTCCAG-3', 反向 5'-ACACCACAACCTCCGAATG-3'; *GAPDH*, 正向, 5'-GCACCGTCAAGGCTGAGAAC-3', 反向 5'-GCACCGTCAAGGCTGAGAAC-3', 再以 *GAPDH* 为内参,采用 $2^{-\Delta\Delta CT}$ 法计算 *NLRP3* mRNA 相对表达量, Trizol、反转录试剂盒均购于日本 TaKaRa 公司; ②通路相关因子水平,采用酶联免疫吸附试验(相关试剂盒均购自上海酶联生物科技有限公司)检测半胱氨酸天冬氨酸蛋白 1 (Caspase-1)、白细

胞介素-1 β (IL-1 β)、白细胞介素-18 (IL-18) 水平。

1.6.5 不良反应发生率 治疗期间,记录 2 组不良反应发生情况,计算其发生率。

1.7 统计学分析 通过 SPSS 26.0 软件进行处理,计量资料以 ($\bar{x}\pm s$) 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用配对样本 *t* 检验;计数资料以百分率表示,组间比较采用卡方检验。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效 观察组总有效率高于对照组 ($P<0.05$),见表 2。

表 2 2 组临床疗效比较 [例 (%)]

Tab. 2 Comparison of clinical effects between the two groups [case (%)]

组别	例数/例	痊愈	显效	有效	无效	总有效
观察组	52	23(44.23)	18(34.61)	9(17.31)	2(3.85)	50(96.15) [#]
对照组	51	16(31.37)	19(37.25)	7(13.73)	9(17.65)	42(82.35)

注:与对照组比较,[#] $P<0.05$ 。

2.2 局部症状缓解时间 观察组症状缓解时间短 于对照组 ($P<0.05$),见表 3。

表 3 2 组局部症状缓解时间比较 ($d, \bar{x}\pm s$)

Tab. 3 Comparison of remission time for local symptoms between the two groups ($d, \bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	咳嗽	气喘	发热	肺部湿啰音
观察组	52	5.54 \pm 1.26 [#]	3.63 \pm 0.86 [#]	2.79 \pm 0.41 [#]	5.33 \pm 1.14 [#]
对照组	51	7.42 \pm 1.39	5.38 \pm 0.92	3.51 \pm 0.57	6.64 \pm 1.26

注:与对照组比较,[#] $P<0.05$ 。

2.3 肺功能指标 治疗后,2 组 PEF、FEV₁、FEV₁/FVC 升高 ($P<0.05$),以观察组更明显 ($P<0.05$),见表 4。

2.4 免疫功能指标 治疗后,2 组 CD4⁺、CD8⁺ 水平及 CD4⁺/CD8⁺ 升高 ($P<0.05$),CD8⁺ 降低 ($P<0.05$),以观察组更明显 ($P<0.05$),见表 5。

表 4 2 组肺功能指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab. 4 Comparison of pulmonary function indices between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	PEF/(L·s ⁻¹)		FEV ₁ /L		(FEV ₁ /FVC)/%	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	52	3.36 \pm 0.48	4.64 \pm 0.59 ^{*#}	1.76 \pm 0.27	2.88 \pm 0.54 ^{*#}	72.43 \pm 5.24	81.24 \pm 5.47 ^{*#}
对照组	51	3.29 \pm 0.46	4.13 \pm 0.54 [*]	1.81 \pm 0.29	2.26 \pm 0.48 [*]	72.68 \pm 5.52	74.96 \pm 5.36 [*]

注:与同组治疗前比较,^{*} $P<0.05$;与对照组治疗后比较,[#] $P<0.05$ 。

表 5 2 组免疫功能指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab. 5 Comparison of immune function indices between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	CD4 ⁺ /%		CD8 ⁺ /%		CD4 ⁺ /CD8 ⁺	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	52	30.49 \pm 3.53	38.78 \pm 4.23 ^{*#}	34.62 \pm 3.48	28.36 \pm 3.13 ^{*#}	0.88 \pm 0.23	1.37 \pm 0.31 ^{*#}
对照组	51	30.61 \pm 3.62	34.37 \pm 4.18 [*]	34.37 \pm 3.31	31.24 \pm 3.39 [*]	0.89 \pm 0.26	1.10 \pm 0.28 [*]

注:与同组治疗前比较,^{*} $P<0.05$;与对照组治疗后比较,[#] $P<0.05$ 。

2.5 NLRP3 炎症通路因子水平 治疗后,2 组 NLRP3 mRNA 表达及 Caspase-1、IL-1 β 、IL-18 水平降低 ($P<0.05$),以观察组更明显 ($P<0.05$),见表 6。

2.6 不良反应发生率 治疗期间,2 组不良反应均主要为腹泻、恶心呕吐、皮疹等。对照组发生 5 例,观察组发生 6 例,2 组不良反应发生率 (9.80%、11.32%) 比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表6 2组 NLRP3 炎症通路因子水平比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab. 6 Comparison of NLRP3 inflammatory pathway factor levels between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	NLRP3 mRNA		Caspase-1/(pg·mL ⁻¹)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	52	2.34±0.59	1.37±0.36 ^{*#}	37.86±5.63	24.42±3.71 ^{*#}
对照组	51	2.28±0.56	1.86±0.42 [*]	38.13±5.87	29.68±4.14 [*]

组别	例数/例	IL-1β/(pg·mL ⁻¹)		IL-18/(pg·mL ⁻¹)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	52	63.84±6.63	41.28±5.42 ^{*#}	174.72±10.47	109.86±6.84 ^{*#}
对照组	51	63.26±6.81	48.73±6.17 [*]	176.53±10.69	124.64±7.47 [*]

注：与同组治疗前比较，**P*<0.05；与对照组治疗后比较，#*P*<0.05。

3 讨论

肺炎支原体肺炎是一种由肺炎支原体引起的呼吸道疾病，是儿科社区获得性肺炎的主要形式，占比超过40%，而且本病发病率逐年升高，表现出低龄化趋势，对儿童身心健康造成严重威胁^[9]。肺炎支原体入侵肺部后，可通过促进气道炎症反应、破坏黏膜上皮细胞、增加气道分泌物等方式来影响支气管上皮纤毛运动，损害肺部正常通气功能，进而引发一系列呼吸道症状^[10]。抗生素是治疗肺炎支原体肺炎的常用手段，但长期应用容易增加病原菌耐药性及不良反应，故探讨更有效的治疗方案对患儿具有积极意义。

阿奇霉素是一种广谱抗菌药物，属于大环内酯类抗生素类，具有半衰期长、组织渗透性强、血药浓度高等特点，可有效杀灭肺炎支原体，发挥抗菌作用，但对肺部炎症反应的控制效果不理想^[11]。中医认为，肺炎支原体肺炎可归属于“肺炎喘嗽”“外感热病”范畴，大多由肺卫不固、外感风邪引起，风热之邪侵犯于肺，肺气郁闭发为本病^[12]，治则治法应为清热解毒。金花清感颗粒是基于中医经典名方银翘散、麻杏石甘汤而创新的中成药，组方药材包括金银花、知母、浙贝母、黄芩等，方中金银花、薄荷清热解毒、疏散风热、清利头目，石膏、浙贝母、黄芩清热化痰、散结解毒，知母滋阴润燥，牛蒡子清热利咽、宣肺发疹，青蒿清透虚热，麻黄利水消肿、发汗透疹，苦杏仁止咳化痰，甘草调和诸药，诸药配伍，共奏疏风宣肺、清热解毒功效，并且所含的生物碱、木脂素、黄酮等成分具有抗炎、抑菌、抗氧化、调节免疫功能等功效^[13]。

本研究发现，与对照组比较，观察组总效率更高，局部症状缓解时间更快，肺功能恢复效果更好，提示在阿奇霉素的基础上联用金花清感颗粒可提高对肺炎支原体肺炎的疗效，其原因可能是金花

清感颗粒中的有效成分能促进肺部炎性渗出物吸收，提高肺炎支原体清除率，从而改善临床症状及体征，加快恢复进程。另外，与对照组比较，观察组免疫功能改善程度更明显，表明金花清感颗粒可通过多靶点、多通路调节免疫功能，从而发挥治疗作用^[14]。

NLRP3 炎症小体是 NOD 样受体家族的模式识别受体，当机体受到病原体入侵或内源性危险信号刺激时可通过靶向激活下游信号通路，促进炎症因子分泌，诱导细胞焦亡及炎症反应，参与感染、炎症性疾病发展过程^[15-16]。Caspase-1 是 NLRP3 炎症小体的效应蛋白，在后者通路中起到重要作用，并且过度活化的 Caspase-1 主要通过促进下游炎症因子的成熟和释放，诱导炎症发生和细胞凋亡，抑制免疫系统的正常功能，放大全身免疫反应^[17]。IL-1β、IL-18 是重要促炎因子，是 NLRP3 炎症小体通路的下游产物，NLRP3 表达升高会促进 Caspase-1 活化，后者通过切割 IL-1β 前体、IL-18 前体来促使其大量成熟并释放入血，进而激活下游炎症信号通路^[18]。肺炎支原体感染会激活 NLRP3 炎症小体，上调 Caspase-1、IL-1β、IL-18 表达，诱导细胞焦亡及促炎细胞因子释放，NLRP3 炎症小体通路在肺炎支原体肺炎病情发生发展中发挥重要促进作用^[19]。NLRP3 在肺炎支原体肺炎患儿中的表达异常升高，而且与机体主要促炎因子水平呈正相关，同时 NLRP3 炎症小体不仅通过增加肺部炎症浸润，促使肺炎支原体肺炎病情发生，又与肺炎支原体肺炎病情严重程度相关^[20]，通过靶向下调 NLRP3 炎症小体信号通路表达可有效抑制其介导的巨噬细胞焦亡，减轻肺部炎症反应和肺炎支原体诱导的急性肺损伤，促进肺功能恢复，从而达到治疗目的^[21]。本研究发现，治疗后观察组外周血 NLRP3 炎症小体、通路相关因子水平低于对照组，可能与下调 NLRP3 炎症小体通路表达相关。

综上所述,金花清感颗粒联合阿奇霉素可改善肺炎支原体肺炎患者临床症状、肺功能及免疫功能,其机制可能与调控 NLRP3 炎症小体通路表达有关。但存在不足,如样本量少、单中心研究、结果可能存在偏倚等,今后仍需进一步验证。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 杨帆, 张仁和, 徐新润, 等. 肺炎支原体 IgM 抗体、PCT、超敏 C 反应蛋白联合检测对儿童肺炎支原体感染的诊断价值[J]. *中国临床研究*, 2023, 36(2): 295-298.
- [3] Ding G D, Zhang X B, Vinturache A, *et al.* Challenges in the treatment of pediatric *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Eur J Pediatr*, 2024, 183(7): 3001-3011.
- [4] 石乃欣, 吴圣贤. 金花清感颗粒治疗新型冠状病毒感染的理论探析[J]. *天津中医药大学学报*, 2024, 43(9): 769-772.
- [5] Harris J, Borg N A. The multifaceted roles of NLRP3-modulating proteins in virus infection[J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 987453.
- [6] Jing X H, Zhao G Y, Wang G B, *et al.* Naringin alleviates pneumonia caused by *Klebsiella pneumoniae* infection by suppressing NLRP3 inflammasome[J]. *Biomed Pharmacother*, 2024, 170: 116028.
- [7] 刘瀚旻, 马融. 儿童肺炎支原体肺炎中西医结合诊治专家共识(2023年)[J]. *中国实用儿科杂志*, 2024, 39(3): 161-167; 222.
- [8] 常忠莲, 韦薇. 小青龙合小柴胡汤加减治疗大环内酯类药物无反应性肺炎支原体肺炎临床疗效[J]. *中华中医药杂志*, 2024, 39(7): 3824-3827.
- [9] Song Z, Jia G Y, Luo G Z, *et al.* Global research trends of *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children: a bibliometric analysis[J]. *Front Pediatr*, 2023, 11: 1306234.
- [10] Liu J R, He R X, Zhang X Y, *et al.* Clinical features and “early” corticosteroid treatment outcome of pediatric *mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2023, 13: 1135228.
- [11] 李向京, 杨成胜, 李建玲. 孟鲁司特钠片联合阿奇霉素注射液治疗小儿肺炎支原体肺炎的临床研究[J]. *中国临床药理学杂志*, 2023, 39(7): 915-919.
- [12] Chen Z, Shi Q Y, Peng Y Y, *et al.* Traditional Chinese medicine oral liquids combined with azithromycin for *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children: a Bayesian network meta-analysis[J]. *Front Pharmacol*, 2021, 12: 652412.
- [13] 朱艳慧, 韩德恩, 陈俭双, 等. 金花清感颗粒中抑制中性粒细胞胞外诱捕网形成活性成分的筛选与验证[J]. *中国医院药学杂志*, 2023, 43(11): 1191-1200.
- [14] 林嘉荣, 郑慰武, 曾贵兴, 等. 金花清感颗粒治疗新型冠状病毒肺炎网络药理学研究[J]. *中药材*, 2020, 43(8): 2070-2076.
- [15] Myubu N E, Chiliza T E. Exploring the use of medicinal plants and their bioactive derivatives as alveolar NLRP3 inflammasome regulators during *Mycobacterium tuberculosis* infection[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(17): 9497.
- [16] Liu X, Lin Z, Yin X. Pellino2 accelerate inflammation and pyroptosis *via* the ubiquitination and activation of NLRP3 inflammation in model of pediatric pneumonia[J]. *Int Immunopharmacol*, 2022, 110: 108993.
- [17] Zhao X, Chen C, Han W N, *et al.* EEBR induces Caspase-1-dependent pyroptosis through the NF- κ B/NLRP3 signalling cascade in non-small cell lung cancer[J]. *J Cell Mol Med*, 2024, 28(3): e18094.
- [18] Fujimura K, Karasawa T, Komada T, *et al.* NLRP3 inflammasome-driven IL-1 β and IL-18 contribute to lipopolysaccharide-induced septic cardiomyopathy[J]. *J Mol Cell Cardiol*, 2023, 180: 58-68.
- [19] Yang L, Zhang C, Liu Y, *et al.* The therapeutic potential of neutrophil extracellular traps and NLRP3 inflammasomes in *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Immunol Invest*, 2024, 53(6): 975-988.
- [20] 奚玉秀, 陈晓宇, 崔盈, 等. 小儿肺炎支原体肺炎 TLR4、NLRP3 炎症小体表达及其与疾病进展的关系[J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33(1): 129-132.
- [21] Song Z, Han C G, Luo G Z, *et al.* Yinqin Qingfei granules alleviate *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia *via* inhibiting NLRP3 inflammasome-mediated macrophage pyroptosis[J]. *Front Pharmacol*, 2024, 15: 1437475.