综 述

# 儿童肺炎支原体肺炎早期诊断及治疗研究进展

刘慧， 徐晓娟， 耿明明

**基金项目**:内蒙古自治区自然科学基金项目(2026MS0146);内蒙古自治区自然科学基金项目(2023MS08031);国家卫生健康委能力建设和继续教育中心(国家卫生健康委党校)2025年度慢病管理研究项目(GWJJMB202510021152)

**作者单位**:017000 内蒙古 鄂尔多斯,鄂尔多斯市中心医院影像科(刘慧,耿明明);014000 内蒙古 包头,包头医学院研究生院(徐晓娟)
**作者简介**:刘慧(1989-),女,医学硕士,主治医师。研究方向:儿科影像与人工智能
**通信作者**:耿明明,E-mail:1016370170@qq. com

【摘要】肺炎支原体肺炎(MPP)是儿童社区获得性肺炎的常见类型,其发病率上升、重症化趋势显著,大环内酯类耐药问题突出,早期精准诊断与规范化治疗是改善MPP预后的核心。儿童MPP早期诊断存在症状不特异、血清学检测有时间窗、分子检测难以区分感染与定植、影像学检查缺乏特异性表现等难点。文章紧扣早期诊断主线,明确区分肺炎支原体感染与MPP、病原检测与临床诊断,系统梳理临床早期识别要点、实验室检测、影像学技术及人工智能辅助诊断的价值与局限,构建“临床筛选-快速病原检测-影像学支持”整合诊断框架;结合耐药现状阐述西医分层治疗、免疫调节治疗,并融入中医“肺炎喘嗽”辨证施治思路,突出中西医结合协同增效优势,为儿童MPP早期精准诊疗、降低重症与后遗症风险提供参考。

【关键词】 肺炎支原体肺炎； 早期诊断； 耐药性； 儿童
doi:10. 20274/j. cnki. issn. 1674-3865. 2026. 05. 005
【中图分类号】 R725. 6 【文献标志码】 A 【文章编号】 1674-3865(2026)05-0391-08

**Research progress on early diagnosis and treatment of Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children**

*LIU Hui[1], XU Xiaojuan[2], GENG Mingming[1]*
*[1]Ordos Central Hospital, Ordos 017000,China;[2]Graduate School, Baotou Medical College, Baotou 014000,China*
**Corresponding author:** GENG Mingming, E-mail:1016370170@qq. com

**Fund program:** Natural Science Foundation of Inner Mongolia Autonomous Region of China(No. 2026MS0146)

【**Abstract**】 Mycoplasma pneumoniae pneumonia(MPP) is a common type of community-acquired pneumonia in children. Its incidence is rising with an obvious severe tendency, and macrolide resistance has become a prominent clinical problem. Early precision diagnosis and standardized treatment are the key to improving prognosis. There are several difficulties in early diagnosis of pediatric MPP, including non-specific early symptoms, time window of serological detection, inability of molecular detection to distinguish infection from colonization, and non-specific imaging manifestations. Focusing on the main line of early diagnosis, the paper clearly distinguishes between Mycoplasma pneumoniae(MP) infection and MPP, and pathogen detection and clinical diagnosis, systematically reviews the value and limitations of early clinical identification, laboratory detection, imaging technology and artificial intelligence-assisted diagnosis, and constructs an integrated diagnosis framework of "clinical screening-rapid pathogen detection-imaging support". Taking the current situation of drug resistance into account, the paper expounds the hierarchical treatment of Western medicine and immunomodulatory therapy, integrating the syndrome differentiation of traditional Chinese medicine for "pneumonia with dyspneic cough" and highlighting the synergistic effect of integrated traditional Chinese and Western medicine. It provides a reference for early precision diagnosis and treatment of pediatric MPP and reducing the risk of severe illness and sequelae.

【**Keywords**】 Mycoplasma pneumoniae pneumonia; Early diagnosis; Drug resistance; Child

肺炎支原体肺炎(Mycoplasma pneumoniae pneumonia, MPP)是由肺炎支原体(Mycoplasma pneumoniae, MP)感染引起的儿童常见肺部炎性疾病,占儿童社区获得性肺炎(community-acquired pneumonia, CAP)的20%~40%,在年龄较大的儿童和流行季节发病率更高,在封闭人群中甚至可高达70%[1-2]。近年来,随着公共卫生防控策略的调整,MPP发病率显著上升,且临床表现趋于重症化[3-4],对早期诊断提出了更高要求。然而,MPP的早期诊断面临三大核心难点:一是血清学检测存在"时间窗"限制,MP-IgM抗体在感染后5~7 d才可检出,过早检测可能存在假阴性[5-6];二是分子生物学检测虽灵敏度高,但MP可在健康儿童咽部定植,易致过度诊断[7-8],且对采样质量要求高,需结合临床与影像综合判断;三是胸部X线表现多样且缺乏病原特异性[5],早期病变易漏诊。MPP呈现异质性表现:(1)症状重,肺部体征不明显;(2)肺部体征不明显,影像学改变明显;(3)气管镜下病变重,临床及影像学改变不明显[9]。上述问题常导致诊断延误、治疗不当,增加患重症与后遗症风险。因此,构建以早期识别为目标、多手段整合的诊断策略,成为当前MPP临床管理的迫切需求。本文将从流行病学特征入手,系统评述血清学、分子生物学、影像学及人工智能辅助诊断技术在MPP早期诊断中的应用进展与局限性,并提出综合诊断框架,以期为儿科医生提供参考。

## 1 儿童MPP流行病学及临床特征

### 1.1 儿童MPP流行状况

儿童MPP在全球范围内呈周期性流行,通常每3~7年发生1次区域性暴发,每次持续1~2年[10-11]。近年来,我国MPP发病率显著上升,尤其在2023年,6~7月份出现小高峰,8月份略有下降,9月份开学季后发病率再次上升,各地均有高发报道[12-14]。北京地区数据显示,2023年秋冬季门诊患者MP阳性检测率达25.4%,住院患者达48.4%,呼吸科病房中超过50%的儿童被诊断为MPP[15],学龄儿童为主要易感人群[16-17],这与学龄儿童社会活动范围扩大、密切接触增加有关。2020至2022年采取严格的公共卫生措施,抑制了MP传播,但随着防控措施解除,由于"免疫债务"效应,儿童感染率呈上升趋势[18-19]。

### 1.2 儿童MPP临床特征

MPP临床表现多样,早期常以发热、刺激性干咳为主,体温可超过39 ℃,病程通常持续1~2周,干咳可转为湿咳,部分患儿咳嗽剧烈且持久。随病情进展,可出现呼吸音降低和干、湿啰音[20-21]。近年来,MPP的临床特征呈现加重趋势,主要表现为症状更重、病情进展更快、全身炎性反应加剧以及合并感染增多等方面[22]。患儿除中、高度发热外,常伴寒战、头痛、胸痛、胸闷,部分患儿出现喘息,严重者可有呼吸急促甚至呼吸困难[22]。

## 2 儿童MPP早期诊断技术

临床需明确区分两个核心概念:MP感染与MPP疾病。MP感染指病原学检测阳性,但患儿可无症状(无症状定植)或仅表现为上呼吸道感染;MPP则是在MP感染的基础上,出现下呼吸道感染的临床表现(发热、咳嗽、肺部啰音等)及影像学支持(肺实质、间质浸润)[5-6]。

### 2.1 MP感染的实验室诊断方法

#### 2.1.1 血清学检测

血清学检测是儿童MP感染的传统诊断手段,通过检测血清中MP特异性抗体IgM和IgG来提示感染。MP-IgM通常在发病后5~7 d可检出,第3周达峰值,可作为近期感染的指标[5]。MP-IgG约在感染2周后出现,5周达高峰,维持时间较长,其单独检测意义有限,但若在IgG水平较低时,需在间隔2周后采集第2份样本,抗体滴度升高≥4倍方可确定诊断[23-24]。然而,该方法依赖双份血清比对,灵敏度受采样时间影响。IgM抗体存在产生"时间窗"问题,过早检测可能存在假阴性[6,25];而IgG难以区分活动性感染与既往感染[26],均限制了血清学特异性抗体检测在早期诊断中的价值,并且抗体在部分患儿体内可持续存在,使得对短期内再次感染的阳性判断存在困扰。

综上所述,单次IgM或IgG检测结果解释复杂,确诊常需要急性期和恢复期双份血清,间隔至少2周。IgM检测适用于病程5~7 d的患儿,作为回顾性诊断或流行病学调查工具,不适用于早期急诊决策,因其易漏诊。IgG升高阈值不统一,判断"显著升高"缺乏统一标准,依赖实验室主观解读。抗体可持续数月甚至数年,无法区分活动性感染与既往感染。需要强调的是,病原学检测阳性仅提示MP感染,不等同于MPP诊断。因此,检测结果必须结合临床症状、体征及影像学表现进行综合判断。

#### 2.1.2 分子生物学检测技术

聚合酶链反应(polymerase chain reaction, PCR)技术,通过检测MP的特异性核酸序列,实现了高灵敏度和特异度诊断[27]。PCR技术不仅能快速检出病原,还能定量评估病原负荷,有助于判断感染严重

程度和监测疗效。实时荧光定量PCR作为一种改进技术，可对病原核酸进行动态定量检测，临床研究表明其对评估疾病严重程度和预后具有重要意义[28]。2025年《儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南》已将核酸检测列为MP感染最重要的早期确诊方法[5]。多重PCR技术可同时检测多种呼吸道病原，提高诊断效率，减少漏诊，采用靶向下一代测序技术进一步扩展了检测范围，提高了准确率，能够识别单一MP感染或多重病原混合感染，有助于临床合理用药[29-30]。然而，分子检测对样本采集时间和质量要求较高，样本污染或非特异性扩增可能导致假阳性，影响诊断准确性。研究提示，支气管肺泡灌洗液中的支原体DNA载量与疾病严重程度相关，高载量提示病情可能更重[28]。此外，分子检测的成本相对较高，对操作要求严格，在一定程度上限制了其在基层的普及。

总体而言，分子生物学检测技术为MP感染提供了快速、准确的诊断手段，尤其适用于早期诊断和病原载量的评估。但是PCR检测仍存在以下局限：(1)PCR检测无法区分活动性感染与无症状定植、既往感染后的核酸残留，PCR阳性可能仅代表既往感染的核酸残留或无症状定植，而非当前MP感染。(2)样本质量影响大：咽拭子采样不当、样本保存运输不当可导致假阴性。(3)污染风险：实验室污染或非特异性扩增可导致假阳性。

#### 2.1.3　其他实验室指标

血常规及炎症指标在儿童MP感染的早期辅助诊断中具有一定价值。血常规常表现为白细胞计数正常或轻度升高，中性粒细胞比例多升高，而淋巴细胞比例相对降低[31]。炎症标志物如C反应蛋白、血清淀粉样蛋白A及降钙素原在MP感染中通常呈轻至中度升高，虽单独诊断特异性有限，但有助于判断感染性质、评估严重程度及鉴别细菌感染[32-33]。研究显示，C反应蛋白与血清淀粉样蛋白A在MP感染诊断中均具较高临床价值[34]，而超敏C反应蛋白联合MP-IgM检测可提升诊断效能(准确度82.9%、灵敏度91.3%)[35]。此外，降钙素原联合MP-IgM检测也能提高诊断准确度(76.1%)，优于单独检测MP-IgM(准确度71.0%)[36]。在免疫学层面，MP感染后细胞免疫与体液免疫均发生特征性改变。T淋巴细胞亚群分析显示，$CD4^+$T细胞计数升高，$CD4^+/CD8^+$比值变化，反映了机体针对MP的特异性免疫应答[37]。细胞因子如白细胞介素-6、γ干扰素等水平也与病情严重程度及肺部炎症程度相关，为疾病早期识别与病情评估提供了潜在生物标志物[38]。但这些指标单独使用无法确诊MP感染，更不能诊断MPP，需结合病原学结果、临床表现及影像学表现综合判断。

### 2.2　儿童MPP影像学特征及其在诊断中的应用

影像学检查在MPP早期诊断中扮演重要角色，不同技术各有优劣，需根据临床场景合理选择。

#### 2.2.1　胸部X线检查

胸部X线检查是儿童MPP早期筛查的常用工具，但其早期征象往往缺乏特异性。研究显示，在MPP早期，胸部X线可表现为单侧或双侧肺野斑片状、云絮状或网格状模糊影，密度较淡，边界不清，以下肺野为著[39]。一项针对80例MPP患儿的影像学分析发现，X线影像特征中，间质性浸润(66.25%)、肺部纹理增多(48.75%)和肺门影增大(42.50%)是较为常见的早期表现[40]。这些改变反映了MPP早期对肺间质和支气管周围组织的侵犯。然而，由于这些征象非特异性，单纯依靠X线检查进行早期诊断存在一定局限性，易导致漏诊或误判，因此需要结合临床表现、实验室检查等进行综合判断[41-42]。

#### 2.2.2　高分辨率计算机断层扫描(high-resolution computed tomography，HRCT)

HRCT能够清晰显示肺实质与间质病变，是评估肺部细微结构的重要影像学方法[43]。在MPP早期，HRCT常表现为小叶中心性结节、树芽征及磨玻璃密度影，这些征象反映了病变起始于细支气管及其周围间质[44]。针对儿童MPP的HRCT研究显示，支气管壁增厚是最常见的影像学表现(69.9%)，树芽征与磨玻璃样改变亦较为多见，而这些细微改变在普通X线片上往往难以察觉[44-45]。一项对比研究证实，HRCT对MPP病灶，尤其是右肺上叶及左肺上下叶的检出率显著高于X线检查[40]。此外，HRCT还可显示支气管壁增厚、支气管血管束增粗，以及沿支气管血管束分布的斑片状实变[39]。胡孝娟等[46]基于200例住院儿童MPP研究发现低剂量CT扫描在诊断儿童MPP中的准确度为91.00%(182/200)，灵敏度为92.86%(143/154)，特异度为84.78%(39/46)。于程程等[47]研究发现胸部HRCT评分和中性粒细胞与淋巴细胞比值(neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR)对MPP具有诊断价值，单独应用NLR的受试者工作特征曲线下面积(area under the receiver operating characteristic curve, AUC)0.700(95%*CI* 0.589～0.812)，胸部CT评分AUC为0.870(95%*CI* 0.800～0.941)；而两者联合检测的AUC为0.900(95%*CI* 0.841～0.959)，显然两者联合检测在MPP诊断中具有更高的临床价值。总体而言，与X线相比，HRCT能更早、更清晰地显示MPP的早期细微改变。胸腔积液

在早期MPP中相对少见，但HRCT可敏感地发现少量积液[48]。需要注意的是，CT检查的辐射剂量相对较高，在儿童中尤其应重视辐射防护，临床应用中需权衡利弊。

#### 2.2.3 肺部超声

肺部超声作为一种无辐射、可床旁快速实施的影像学技术，近年来在儿童肺炎，包括MPP的诊断、评估及管理中扮演着越来越重要的角色[49]。肺部超声能避免传统X线胸片、胸部CT的辐射限制，并对胸膜下肺实变和胸腔积液显示出较高的诊断敏感性[50]。大量研究证实，肺部超声对CAP具有很好的诊断准确性，其特征性声像图表现如实变、动态支气管充气征等已成为重要诊断依据，其应用已从单纯的定性诊断拓展至对实变范围、肺不张程度及胸腔积液的半定量评估，为病情严重程度分级提供可视化依据[49,51]。彩色多普勒超声可通过检测病变区血流信号，帮助鉴别胸膜下肺脓肿和脓胸，胸膜下肺脓肿显示残留的坏死性肺实质有彩色血流，而脓胸无彩色血流信号[52]。静脉超声造影的应用得到初步探索，能清晰显示肺实质灌注，若实变区域无强化，则高度提示肺坏死或脓肿形成，为复杂性肺炎的早期识别提供了新工具[53]。尽管肺部超声在诊断儿童肺炎方面表现出色，但受空气和骨骼干扰，无法直接评估纵隔、肺门及中央气道病变，对深部肺炎检测能力有限，肺尖、肩胛骨深部等区域成像困难，且检查的准确性高度依赖操作者经验。目前更多作为CT的补充和动态监测手段，用于频繁随访以监测实变吸收和积液变化，从而减少不必要的CT复查次数。

#### 2.2.4 胸部磁共振成像（magnetic resonance imaging，MRI）

因MRI无电离辐射、卓越的软组织对比度和多参数成像能力，成为儿科影像学中有吸引力的工具。在儿童MPP，特别是复杂肺炎的诊断与评估中，胸部MRI展现出独特的优势[54]。扩散加权成像（diffusion-weighted imaging，DWI）通过检测水分子扩散受限程度来区分病变性质，脓胸和肺脓肿中的黏稠脓液导致水分子扩散明显受限，表现为DWI高信号、表观扩散系数（apparent diffusion coefficient，ADC）值降低；而单纯性胸腔积液则表现为扩散不受限[55]，为无创区分复杂性胸腔积液与单纯积液提供了重要依据。此外，有研究通过定量分析肺实变与坏死病变的ADC值，发现肺实变ADC值高于坏死病变，最佳截断点$1.31\times10^{-3}$ $mm^2/s$，敏感度及特异度均达到90%[56]。

综上所述，儿童MPP影像学早期诊断应遵循分层选择原则：胸部X线用于常规初筛；肺部超声为早期首选无辐射手段；低剂量HRCT用于疑难、重症与并发症鉴别；MRI用于复杂病例的无创评估。见表1。合理选择和综合利用上述影像技术，将有助于实现儿童MPP的早期诊断和个体化治疗。

### 2.3 人工智能在儿童MPP诊断中的应用前景

人工智能技术近年来已实现快速发展，其在儿童MPP早期诊断中的潜力日益受到关注。但目前仍缺乏可推广至临床的MPP诊断模型，现有研究多处于单中心、回顾性、小样本阶段。Peng等[57]基于27项血常规指标构建了用于儿童MPP诊断的机器学习预测模型，区分MPP与非MPP的AUC达0.980。影像组学通过从CT图像中高通量提取大量定量特征（如纹理、形状、小波特征），为构建儿童MPP的诊断模型开辟了新途径。已有研究利用影像组学特征成功区分MPP与其他类型肺炎，如王超等[58]利用CT影像组学特征鉴别儿童MPP与肺炎链球菌肺炎，AUC达0.823，能够有效区分儿童MPP与其他类型肺炎。Meng等[59]提出的临床-影像征象-影像组学联合模型，在训练集、验证集及测试集中的AUC分别达到0.996、0.972和0.986，充分说明

**表1 不同影像技术在儿童MPP早期诊断中的应用比较**

**Table 1 Comparison of different imaging techniques in the early diagnosis of MPP in children**

| 检查方法 | 优势 | 局限 | 早期诊断适用场景 |
|---|---|---|---|
| 胸部X线 | 便捷、普及、低成本 | 敏感度低，早期间质病变易漏诊 | 初步筛查、病情动态监测 |
| 胸部HRCT | 显示支气管管壁增厚、树芽征、树雾征、磨玻璃影 | 辐射剂量较高 | 疑难病例、重症评估、并发症诊断 |
| 肺部超声 | 无辐射、床旁可重复、对胸膜下实变和胸腔积液敏感 | 操作者依赖，深部及中央病变受限 | 胸膜下实变、胸腔积液的动态评估、治疗后复查 |
| 胸部MRI | 无辐射、软组织对比佳、DWI可鉴别肺实变与坏死 | 费用高、检查时间长、需镇静、普及度低 | 复杂肺炎鉴别（如肺脓肿vs. 脓胸） |

注：MPP，肺炎支原体肺炎；HRCT，高分辨率计算机断层扫描；DWI，扩散加权成像；MRI，磁共振成像

了整合临床与影像多模态信息在儿童MPP鉴别诊断中的有效性。Li等[60]使用基于CT的影像组学模型来区分儿童MPP与细菌性肺炎伴发的胸腔积液，AUC达0.917，显示出良好的鉴别能力。深度学习算法在儿童MPP影像学早期诊断中展现出巨大潜力，能够自动检测和分割胸部影像中的病灶，从而显著提高对早期微小病变的识别能力。例如，一项研究利用3种深度卷积神经网络（ResNet50、DenseNet121和EfficientNetv2-S）基于胸部X线片区分儿童MPP与病毒性肺炎，其中ResNet50模型在验证集中准确度达0.800，并在外部测试集中表现出良好的鲁棒性，准确度分别为0.827和0.833[61]。人工智能技术在儿童MPP早期诊断方面虽有一定提升，但仍处于探索阶段，具体为：（1）数据异质性与标注标准化不足，不同机构间的影像和设备差异影响模型泛化能力；（2）模型可解释性差，临床医生难以理解人工智能决策依据；（3）前瞻性临床验证缺失，多数模型未在真实临床场景中验证其有效性。未来应构建多中心、前瞻性队列，融合临床、实验室、影像及基因组学数据，开发可解释性强、便于临床部署的辅助诊断工具。随着人工智能技术的不断成熟，基于大数据的人工智能诊断工具有望成为推动MPP早期精准诊断的关键力量。

### 2.4　儿童MPP综合诊断

基于上述分析，儿童MPP早期诊断遵循以“临床筛选-快速病原检测-影像学支持”为主线的诊断思路。（1）临床筛选：学龄期儿童，急性起病，持续发热伴刺激性干咳，外周血白细胞正常或轻度升高，C反应蛋白轻至中度升高，临床可疑MPP。（2）快速病原检测：根据2025年《儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南》[5]，首选核酸PCR检测，结果阳性，病原学支持；若结果阴性但临床高度怀疑，可于发病5～7 d后复查MP-IgM。需注意：核酸检测阳性不等同于MPP，须结合临床表现。（3）影像学支持：对于住院、重症或诊断不明者，行胸部X线检查或肺部超声；若X线阴性但临床表现重、如出现喘息等症状，可考虑低剂量CT[62]。影像学典型表现（支气管壁增厚、树芽征、磨玻璃影等）可增强诊断信心。（4）综合诊断：结合临床表现、病原学检测结果及影像学表现，可提高MPP的诊断准确度。

## 3　儿童MPP治疗进展

### 3.1　抗菌治疗

#### 3.1.1　一线药物：大环内酯类药物的应用与局限性

大环内酯类抗生素（阿奇霉素等）因组织浓度高、半衰期长、安全性好，仍为儿童MPP的首选药物[63]。然而，MP对大环内酯类的耐药率在全球范围尤其是亚洲地区呈上升趋势[64-65]。耐药菌株的流行导致单纯使用大环内酯类药物时，患儿退热缓慢、咳嗽及影像学改善不佳，病程延长[66]。一项针对CAP的荟萃分析也证实，与大环内酯类敏感的MPP患儿相比，大环内酯类耐药MPP患儿发热持续时间平均延长1.71 d，住院时间平均延长1.61 d，且发热在开始使用大环内酯类药物治疗后持续超过48 h的风险增加[67]。因此，虽然大环内酯类药物是治疗MPP的首选药物，但是其耐药性已成为临床治疗的主要障碍。

#### 3.1.2　二线药物：四环素类和氟喹诺酮类药物

针对大环内酯类耐药或重症患儿，四环素类（如多西环素、米诺环素）和氟喹诺酮类（如左氧氟沙星、莫西沙星）成为重要的替代治疗选择[66]。国内外指南已放宽对8岁以上重症或耐药MPP患儿使用多西环素的限制，认为其短期疗程对骨骼和牙齿发育的影响风险较低[68]。一项荟萃分析显示，与继续使用大环内酯类相比，换用四环素类药物治疗大环内酯类耐药MPP，能缩短发热持续时间和住院时间，并提高治疗成功率[69]。氟喹诺酮类药物对MP具有良好的抑制和杀灭作用，尤其适用于合并其他细菌感染或混合感染无法排除的复杂病例[5,70]。但需严格权衡儿童应用中的潜在软骨毒性和神经系统不良反应，仅限用于难治性、重症或复杂性肺炎，并在专业指导下使用。

### 3.2　免疫调节治疗

适应证与时机：糖皮质激素在儿童MPP治疗中的核心作用是抑制由MP感染引发的过度免疫炎症反应和细胞因子风暴，这对于重症和难治性MPP病例至关重要[71]。研究表明，对于表现为持续高热、肺部影像学迅速进展、C反应蛋白显著升高的患儿，糖皮质激素是关键的治疗药物[72]。一项针对儿童难治性MPP的系统评价和荟萃分析显示，在常规治疗基础上加用糖皮质激素，能显著提高总有效率，缩短退热时间、咳嗽时间及住院时间，并促进肺部炎症吸收[73]。研究指出，对于住院的MPP患儿，特别是重症病例，理想的糖皮质激素起始治疗时间可能在病程的5～10 d，尤以6～7 d为佳[74]。早期使用可有效缓解症状，改善影像学表现并缩短病程[73]。

除糖皮质激素，其他免疫调节剂在治疗重症或难治性MPP中也有探索性应用。静脉注射丙种球蛋白适用于合并严重中枢神经系统并发症、血液系统异常或对激素反应不佳的危重症病例[68]。其作用机制包括中和毒素和调节免疫[75]。对于个别难治

性、激素依赖的病例，钙调神经磷酸酶抑制剂（如他克莫司）和细胞因子拮抗剂（如托珠单抗）在个案报道中有所提及[76]。然而，这些药物在儿童MPP中的确切疗效和安全性仍需通过大规模临床研究进一步验证[63]。值得注意的是，这些治疗大多属于超说明书用药，因此必须严格掌握适应证，并在多学科团队讨论后谨慎使用[77]。专家共识强调，对于涉及神经系统或免疫系统的严重肺外并发症，可以考虑选择丙种球蛋白进行治疗[27]。总体而言，免疫调节治疗是控制过度炎症反应的重要手段，但需根据患儿具体情况进行个体化选择和应用。

### 3.3 中医辅助治疗

儿童MPP属中医学“肺炎喘嗽”范畴，病机以风热闭肺、痰热壅肺为核心，恢复期可见阴虚肺热或肺脾气虚[78]。临床辨证分型主要包括风热闭肺证、痰热闭肺证、痰湿闭阻证、痰瘀互结证及阴虚肺热证，治疗以宣肺化痰、清热祛瘀为则[5,78]。多项随机对照试验表明，在西医常规治疗基础上辨证联用中药汤剂可提高临床疗效。例如，桑菊饮合止嗽散联合阿奇霉素治疗风热闭肺证MPP，总有效率可达94.29%，优于单用阿奇霉素的74.29%[79]；麻杏石甘汤合清金化痰汤治疗痰热闭肺证，可显著降低C反应蛋白、白细胞介素-6水平并改善肺功能[80]。此外，中药针剂（痰热清注射液、热毒宁注射液）联合阿奇霉素亦可提高总有效率、降低炎症因子水平[81-82]。需要指出的是，目前中医药治疗MPP的临床研究多存在样本量小，随机化和盲法实施不充分以及辨证分型标准不统一等局限，证据质量有待进一步提升[78]。因此，中医治疗应在西医综合治疗基础上予以辨证施治，不宜单独替代治疗。

## 4 结语

儿童MP感染的早期诊断正从依赖传统血清学方法，转向以高灵敏度分子检测为核心、整合多维度临床与影像信息的综合模式。然而，PCR阳性与临床定植的区分、影像学非特异性表现、人工智能模型临床验证不足等问题仍需进一步解决。“临床筛选-快速病原检测-影像学支持”综合判断是诊断MPP的重要手段，为临床实践提供了可操作的路径。

治疗方面，大环内酯类抗生素的高耐药率已成为主要挑战，早期识别耐药菌株对指导个体化治疗至关重要。未来，应推动快速分子诊断技术在基层的普及，融合人工智能进行影像分析与耐药预测，并加强多中心临床研究验证，这些举措将是实现儿童MPP精准诊疗、改善患儿预后的关键方向。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 刘慧：实施研究，撰写论文；
徐晓娟：文献检索；
耿明明：研究指导，论文修改

## 参考文献

[1] Waites KB, Xiao L, Liu Y, et al. Mycoplasma pneumoniae from the respiratory tract and beyond[J]. Clin Microbiol Rev, 2017, 30(3):747-809.

[2] Wang YS, Zhou YL, Bai GN, et al. Expert consensus on the diagnosis and treatment of macrolide-resistant Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children[J]. World J Pediatr, 2024, 20(9):901-914.

[3] Atkinson TP, Waites KB. Mycoplasma pneumoniae Infections in childhood[J]. Pediatr Infect Dis J, 2014, 33(1):92-94.

[4] Sun Q, Hao J, Zhou Q, et al. Clinical characteristics and treatment outcomes of pediatric drug-resistant Mycoplasma pneumoniae pneumonia in the Post-COVID-19 Era[J]. Infect Drug Resist, 2025, 18:957-963.

[5] 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（2025年版）[J]. 中华临床感染病杂志（中英文）, 2025, 18(6):401-410.

[6] de Groot RCA, Estevão SC, Meyer Sauteur PM, et al. Mycoplasma pneumoniae carriage evades induction of protective mucosal antibodies[J]. Eur Respir J, 2022, 59(4):2100129.

[7] de Groot RCA, Streng BMM, Bont LJ, et al. Resurgence of Mycoplasma pneumoniae infections in children: emerging challenges and opportunities[J]. Curr Opin Infect Dis, 2025, 38(5):468-476.

[8] Meyer Sauteur PM, Unger WW, Nadal D, et al. Infection with and carriage of Mycoplasma pneumoniae in children[J]. Front Microbiol, 2016, 7:329.

[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]. 新发传染病电子杂志, 2024, 9(1):73-79.

[10] Beeton ML, Zhang XS, Uldum SA, et al. Mycoplasma pneumoniae infections, 11 countries in Europe and Israel, 2011 to 2016[J]. Euro Surveill, 2020, 25(2):1900112.

[11] Meyer Sauteur PM, Beeton ML. Mycoplasma pneumoniae: delayed re-emergence after COVID-19 pandemic restrictions[J]. Lancet Microbe, 2024, 5(2):e100-101.

[12] Zhang XB, He W, Gui YH, et al. Current Mycoplasma pneumoniae epidemic among children in Shanghai: unusual pneumonia caused by usual pathogen[J]. World J Pediatr, 2024, 20(1):5-10.

[13] Li H, Li S, Yang H, et al. Resurgence of Mycoplasma pneumonia by macrolide-resistant epidemic clones in China[J]. Lancet Microbe, 2024, 5(6):e515.

[14] World Health Organization. WHO statement on reported clusters of respiratory illness in children in northern China[EB/OL]. (2023-11-22) [2025-12-01]. https://www.who.int/news/item/22-11-2023-who-statement-on-reported-clusters-of-respiratory-illness-in-children-in-northern-china.

[15] Yan C, Xue GH, Zhao HQ, et al. Current status of Mycoplasma

pneumoniae infection in China[J]. World J Pediatr, 2024,20(1):1-4.

[16] Yan L, Dong H, Zhang H, et al. Positive rates of Mycoplasma pneumoniae antibodies in children before, during and after COVID-19 outbreak: an observational study in Chengdu, China from 2017 to 2024[J]. Front Microbiol, 2025,16:1649615.

[17] Mao J, Niu Z, Liu M, et al. Comparison of the epidemiological characteristics of mycoplasma pneumoniae infections among children during two epidemics in Wuhan from 2018 to 2024[J]. BMC Pediatr, 2025,25(1):71.

[18] Liu P, Xu M, Lu L, et al. Resurgence of common respiratory viruses and mycoplasma pneumoniae after ending the zero-COVID policy in Shanghai[J]. Sci Rep, 2025,15(1):1765.

[19] Ma J, Guo P, Mei S, et al. Influence of COVID-19 pandemic on the epidemiology of Mycoplasma pneumoniae infections among hospitalized children in Henan, China[J]. Heliyon, 2023,9(11):e22213.

[20] 许沙沙,郭连峰,吴妍,等. 儿童肺炎支原体肺炎临床特征和流行病学分析[J]. 中华医院感染学杂志,2017,27(14):3307-3310.

[21] Medjo B, Atanaskovic-Markovic M, Radic S, et al. Mycoplasma pneumoniae as a causative agent of community-acquired pneumonia in children: clinical features and laboratory diagnosis [J]. Ital J Pediatr, 2014,40:104.

[22] ESGMAC MAPS study group. Global spatiotemporal dynamics of Mycoplasma pneumoniae re-emergence after COVID-19 pandemic restrictions: an epidemiological and transmission modelling study[J]. Lancet Microbe, 2025,6(4):101019.

[23] Waites KB, Talkington DF. Mycoplasma pneumoniae and its role as a human pathogen[J]. Clin Microbiol Rev, 2004,17(4):697-728.

[24] Meyer Sauteur PM, Jacobs BC, Spuesens EB, et al. Antibody responses to Mycoplasma pneumoniae: role in pathogenesis and diagnosis of encephalitis? [J]. PLoS Pathog, 2014, 10(6):e1003983.

[25] Choo S, Kim SH, Lee E. Clinical significance of Mycoplasma pneumoniae specific IgM titer in children hospitalized with Mycoplasma pneumoniae pneumonia[J]. BMC Infect Dis, 2022, 22(1):470.

[26] Kumar S, Kumar S. Mycoplasma pneumoniae: Among the smallest bacterial pathogens with great clinical significance in children[J]. Indian J Med Microbiol, 2023,46:100480.

[27] Gao L, Sun Y. Laboratory diagnosis and treatment of *Mycoplasma pneumoniae* infection in children: a review[J]. Ann Med, 2024,56(1):2386636.

[28] Liu J, Zhao F, Lu J, et al. High Mycoplasma pneumoniae loads and persistent long-term Mycoplasma pneumoniae DNA in lower airway associated with severity of pediatric Mycoplasma pneumoniae pneumonia[J]. BMC Infect Dis, 2019,19(1):1045.

[29] Fu C, Mo L, Feng Y, et al. Detection of Mycoplasma pneumoniae in hospitalized pediatric patients presenting with acute lower respiratory tract infections utilizing targeted next-generation sequencing[J]. Infection, 2025,53(4):1437-1447.

[30] Li M, Wang J, Yao Z, et al. Metagenomic-based pathogen surveillance for children with severe pneumonia in pediatric intensive care unit[J]. Front Public Health, 2023,11:1177069.

[31] Leng M, Xu L, Dong Z, et al. The clinical significance of pathogen loads and macrolide resistance levels for macrolide-resistant *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children[J]. J Inflamm Res, 2024,17:7339-7346.

[32] Robinson JL, Kellner JD, Crotts J, et al. Accuracy of the diagnosis of pneumonia in Canadian pediatric emergency departments: A prospective cohort study[J]. PLoS One, 2024,19(12):e0311201.

[33] Tsai CM, Tang KS, Cheng MC, et al. Use of saliva sample to detect C-reactive protein in children with pneumonia[J]. Pediatr Pulmonol, 2020,55(9):2457-2462.

[34] Long ME, Mallampalli RK, Horowitz JC. Pathogenesis of pneumonia and acute lung injury[J]. Clin Sci(Lond), 2022, 136(10):747-769.

[35] 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.

[36] 王建斌,袁慧,聂晓伟,等. 血清降钙素原联合呼吸道病原体抗体检测对小儿肺炎的诊断价值分析[J]. 中国医药,2020,15(7):1093-1096.

[37] Shen X, Li W, Qi J, et al. The diagnostic value of lymphocyte profiling for infectious mononucleosis and mycoplasma pneumoniae pneumonia[J]. Front Pediatr, 2025,13:1607857.

[38] Xu X, Sheng Y, Yang L, et al. Immunological features of pediatric interstitial pneumonia due to *Mycoplasma pneumoniae* [J]. Front Pediatr, 2021,9:651487.

[39] Xiao S, Zeng S, Kou Y. Clinical value and radiographic features of low dose CT scans compared to X rays in diagnosing mycoplasma pneumonia in children[J]. Sci Rep, 2025,15(1):9162.

[40] 王俊芳. 高分辨率CT、X线小儿肺炎支原体肺炎的影像特征及诊断效能对比[J]. 影像研究与医学应用,2022,6(18):151-153.

[41] Chen L, Yin J, Liu X, et al. Thromboembolic complications of Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children[J]. Clin Respir J, 2023,17(3):187-196.

[42] 李晓鹏. 儿童支原体肺炎的CT及X线影像学分析[J]. 中国CT和MRI杂志,2018,16(9):17-19.

[43] Tanaka H. Correlation between Radiological and Pathological Findings in Patients with Mycoplasma pneumoniae Pneumonia [J]. Front Microbiol, 2016,7:695.

[44] 孙龙伟,陈杰华,黎耀文,等. 儿童肺炎支原体肺炎的病理及影像学表现特点[J]. 新发传染病电子杂志,2024,9(1):98-103.

[45] Chen S, Ke S, Vinturache A, et al. Pulmonary embolism associated with Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children [J]. Pediatr Pulmonol, 2023,58(12):3605-3608.

[46] 胡孝娟,史倩菲,徐永军. 低剂量CT扫描在小儿肺炎支原体肺炎诊断中的价值探讨[J]. 影像研究与医学应用,2024,8(13):126-128.

[47] 于程程,黄姗姗,王晨. 高分辨率胸部CT联合血清学指标对青少年肺炎支原体肺炎的诊断价值[J]. 影像研究与医学应用,2025,9(19):36-39.

[48] Wang J, Xia C, Sharma A, et al. Chest CT findings and differential diagnosis of Mycoplasma pneumoniae pneumonia and Mycoplasma pneumoniae combined with streptococcal pneumonia in children[J]. J Healthc Eng, 2021,2021:8085530.

[49] Musolino AM, Tomù P, Supino MC, et al. Lung ultrasound features of children with complicated and noncomplicated community acquired pneumonia: A prospective study[J]. Pediatr Pulmonol, 2019,54(9):1479-1486.
[50] Yan JH, Yu N, Wang YH, et al. Lung ultrasound vs chest radiography in the diagnosis of children pneumonia: Systematic evidence[J]. Medicine(Baltimore), 2020,99(50):e23671.
[51] de Benedictis FM, Kerem E, Chang AB, et al. Complicated pneumonia in children[J]. Lancet, 2020,396(10253):786-798.
[52] Chen HJ, Yu YH, Tu CY, et al. Ultrasound in peripheral pulmonary air-fluid lesions. Color Doppler imaging as an aid in differentiating empyema and abscess[J]. Chest, 2009, 135(6): 1426-1432.
[53] Deganello A, Rafailidis V, Sellars ME, et al. Intravenous and intracavitary use of contrast-enhanced ultrasound in the evaluation and management of complicated pediatric pneumonia [J]. J Ultrasound Med, 2017,36(9):1943-1954.
[54] Hirsch FW, Sorge I, Vogel-Claussen J, et al. The current status and further prospects for lung magnetic resonance imaging in pediatric radiology[J]. Pediatr Radiol, 2020,50(5):734-749.
[55] Yucel S, Aycicek T, Ceyhan Bilgici M, et al. 3 Tesla MRI in diagnosis and follow up of children with pneumonia[J]. Clin Imaging, 2021,79:213-218.
[56] 王蓓,于彤,吕艳秋,等. 儿童重症支原体肺炎MRI特征及弥散加权成像研究[J]. 放射学实践,2021,36(2):243-247.
[57] Peng X, Liu Y, Zhang B, et al. A preliminary prediction model of pediatric Mycoplasma pneumoniae pneumonia based on routine blood parameters by using machine learning method[J]. BMC Infect Dis, 2024,24(1):707.
[58] 王超,徐鹏,黄国强,等. 影像组学联合CT特征鉴别儿童支原体与非支原体肺炎[J]. 中国介入影像与治疗学,2024,21(3):155-159.
[59] Meng H, Wang TD, Zhuo LY, et al. Quantitative radiomics analysis of imaging features in adults and children Mycoplasma pneumonia[J]. Front Med(Lausanne), 2024,11:1409477.
[60] Li J, Si J, Yang Y, et al. The value of CT-based radiomics for differentiation of pleural effusions in bacterial pneumonia and *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children[J]. Transl Pediatr, 2025,14(1):70-79.
[61] Lan XH, Zhang YX, Yuan WH, et al. Image-based deep learning in diagnosing mycoplasma pneumonia on pediatric chest X-rays[J]. BMC Pediatr, 2024,24(1):720.
[62] 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.
[63] 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.
[64] Kim K, Jung S, Kim M, et al. Global trends in the proportion of macrolide-resistant Mycoplasma pneumoniae infections: A systematic review and Meta-analysis[J]. JAMA Netw Open, 2022,5(7):e2220949.
[65] Yen MH, Yan DC, Wang CJ, et al. The clinical significance of and the factors associated with macrolide resistance and poor macrolide response in pediatric Mycoplasma pneumoniae infection: A retrospective study[J]. J Microbiol Immunol Infect, 2023,56(3):634-640.
[66] Tsai TA, Tsai CK, Kuo KC, et al. Rational stepwise approach for Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children[J]. J Microbiol Immunol Infect, 2021,54(4):557-565.
[67] Chen YC, Hsu WY, Chang TH. Macrolide-Resistant Mycoplasma pneumoniae Infections in Pediatric Community-Acquired Pneumonia[J]. Emerg Infect Dis, 2020,26(7):1382-1391.
[68] 高恒妙,钱素云. 难治性、暴发性及大环内酯类耐药肺炎支原体肺炎的治疗[J]. 中国小儿急救医学,2021,28(1):1-6.
[69] Ahn JG, Cho HK, Li D, et al. Efficacy of tetracyclines and fluoroquinolones for the treatment of macrolide-refractory Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Infect Dis, 2021,21(1):1003.
[70] Cardinale F, Chironna M, Chinellato I, et al. Clinical relevance of Mycoplasma pneumoniae macrolide resistance in children[J]. J Clin Microbiol, 2013,51(2):723-724.
[71] 李锋丽,李新宇,李玉洁,等. 儿童难治性支原体肺炎治疗中糖皮质激素的研究进展[J]. 中国医学工程,2025,33(11):100-105.
[72] Ding W, Guo Y, Chen H, et al. Clinical features and risk factors for severe macrolide-resistant mycoplasma pneumoniae pneumonia induced by 23 S rRNA A2063G mutation: a retrospective observational study[J]. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 2025,44(10):2475-2486.
[73] Qiu JL, Huang L, Shao MY, et al. Efficacy and safety of azithromycin combined with glucocorticoid on refractory Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2020,99(22):e20121.
[74] Liu J, He R, Zhang X, et al. Clinical features and "early" corticosteroid treatment outcome of pediatric *mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2023,13: 1135228.
[75] Jia SL, Ni FF, Ma YJ, et al. Clinical analysis of primary nephrotic syndrome complicated by plastic bronchitis in children [J]. Klin Padiatr, 2021,233(2):63-68.
[76] Grünwald P, Mockenhaupt M, Panzer R, et al. Erythema multiforme, Stevens-Johnson syndrome/toxic epidermal necrolysis-diagnosis and treatment[J]. J Dtsch Dermatol Ges, 2020,18(6):547-553.
[77] Sharplin L, Goyal V. *Mycoplasma pneumoniae* respiratory tract infections in children: when and how to diagnose and treat[J]. Breathe(Sheff), 2025,21(4):250046.
[78] 张春霞,杨金香,高聪慧,等. 加味小柴胡汤治疗小儿支原体肺炎临床研究[J]. 四川中医,2020,38(4):187-190.
[79] 尹巧丽,谢斌. 桑菊饮合止咳散加减联合阿奇霉素治疗小儿肺炎支原体感染疗效研究[J]. 中医临床研究,2022,14(6):147-148.
[80] 王清,刘敏,卢田甜. 麻杏石甘汤合清金化痰汤加减辅助西药治疗小儿肺炎支原体肺炎(痰热闭肺证)疗效观察[J]. 四川中医,2023,41(8):101-104.
[81] 毛高峰. 痰热清注射液联合阿奇霉素治疗支原体肺炎患儿的效果[J]. 中国民康医学,2023,35(10):120-122.
[82] 高招英. 热毒宁注射液联合阿奇霉素治疗小儿支原体肺炎的临床效果及对炎性因子水平的影响[J]. 临床合理用药,2023, 16(1):114-117.

（收稿日期:2026-03-30 修回日期:2026-04-15）