

· 论 著 ·

2018—2023 年上海浦东某儿童医学中心肺炎支原体核酸检测结果分析

陈文高,夏周丽,马 纪,张 鑫,吴 颖,潘秋辉,刘 丽[△]

上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心检验科,上海 200127

摘 要:**目的** 分析儿童肺炎支原体(MP)3 种核酸检测结果,探讨 MP 感染的流行病学特征及不同 MP 核酸检测方法的特点。**方法** 收集 2018—2023 年于该院就诊的有 3 种 MP 核酸检测结果的 8 575 例患儿为研究对象,分析不同年份、性别和年龄阳性检出率的差异及不同 MP 核酸检测方法阳性检出率的差异和一致性。**结果** 2020、2021 年 MP 阳性检出率低于 2018、2019、2022、2023 年($P<0.001$)。男性患儿 MP 阳性检出率低于女性患儿($P<0.05$)。6~<12 岁 MP 阳性检出率最高,0~<3 岁最低,12~<18 岁和 3~<6 岁居二者之间,差异有统计学意义($P<0.001$)。MP DNA 荧光 PCR 法阳性检出率最高(23.15%),MP RNA 恒温扩增法(12.82%)次之,MP RNA 双扩增法阳性检出率最低(11.67%),差异有统计学意义($P<0.001$)。MP DNA 荧光 PCR 法与 MP RNA 恒温扩增法一致性相对最好($Kappa=0.597, P<0.001$),其次为 MP RNA 恒温扩增法和 MP RNA 双扩增法($Kappa=0.564, P<0.001$),MP DNA 荧光 PCR 法与 MP RNA 双扩增法一致性最差($Kappa=0.466, P<0.001$)。**结论** 2020、2021 年 MP 阳性检出率下降,6~<12 岁 MP 阳性检出率最高,且不同 MP 核酸检测方法阳性检出率存在明显差异。

关键词:肺炎支原体; 核酸检测; 儿童

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.16.019

中图法分类号:R181.3;R725.1

文章编号:1673-4130(2025)16-2029-06

文献标志码:A

Analysis of Mycoplasma pneumonia nucleic acid detection results at a children's medical center in Pudong, Shanghai from 2018 to 2023

CHEN Wengao, XIA Zhouli, MA Ji, ZHANG Xin, WU Yin, PAN Qiuhui, LIU Li[△]

Department of Clinical Laboratory, Shanghai Children's Medical Center, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200127, China

Abstract:**Objective** To analyze the results of three nucleic acid detection for Mycoplasma pneumoniae (MP) in children, and explore the epidemiological characteristics of MP infection as well as the features of different MP nucleic acid detection methods. **Methods** A total of 8 575 children who visited the hospital from 2018 to 2023 and had results from three different MP nucleic acid detection methods were enrolled as study subjects. The differences in positive detection rates across different years, genders, and ages, as well as the differences and consistency in positive detection rates among the different MP nucleic acid detection methods, were analyzed. **Results** The positive detection rate of MP in 2020 and 2021 was lower than that in 2018, 2019, 2022, and 2023 ($P<0.001$). The positive detection rate of MP in male patients was lower than that in female patients ($P<0.05$). The highest positive detection rate of MP was observed in aged 6 to <12 years, followed by aged 12 to <18 years and aged 3 to <6 years, while the lowest rate was found in aged 0 to <3 years, with a statistically significant difference ($P<0.001$). The MP DNA fluorescent PCR method had the highest positive detection rate (23.15%), followed by the MP RNA isothermal amplification method (12.82%), and the MP RNA dual amplification method had the lowest positive detection rate (11.67%), the differences were statistically significant ($P<0.001$). The consistency between MP DNA fluorescent PCR method and MP RNA isothermal amplification method was relatively the best ($Kappa=0.597, P<0.001$), followed by MP RNA isothermal amplification method and MP RNA dual amplification method ($Kappa=0.564, P<0.001$), the

consistency between MP DNA fluorescence PCR and MP RNA double amplification was the worst ($Kappa = 0.466, P < 0.001$). **Conclusion** The positive rate of MP decreased significantly in 2020 and 2021, and the positive rate of MP was the highest in 6 to <12 years old. There were significant differences in the positive rate of MP among different nucleic acid detection methods.

Key words: Mycoplasma pneumoniae; nucleic acid detection; children

肺炎支原体(MP)是一种重要的人类呼吸道病原体,与 8%~40%的儿童社区获得性肺炎(CAP)相关^[1]。在全球范围内,由 MP 引起的呼吸道感染中 10%~40%最终会发展为肺炎支原体肺炎(MPP)^[2]。虽然大多数儿童 MPP 是轻度和自限性的,但有些病例可发展为重症和难治性肺炎,常伴有严重的肺和肺外并发症,包括呼吸、循环、消化、血液、泌尿、神经、皮肤黏膜等系统,对儿童的健康构成重大威胁^[3-4]。此外,MP 感染早期缺乏典型和特异性的临床特征,易与病毒或其他细菌病原体引起的呼吸道感染相混淆^[5]。因此,MP 感染的流行病学分析及精准诊断,对本地区 MP 感染的预防、诊断和治疗至关重要。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2018—2023 年于本院就诊、有明显呼吸道感染症状及 3 种 MP 核酸检测结果的患儿为研究对象,排除年龄、性别及数据不全患儿。本研究共收集 8 575 例患儿,其中男 4 755 例(55.45%),女 3 820 例(44.55%)。年龄 0~18 周岁,按年龄将患儿分成 4 组:0~ <3 岁组(4 162 例)、3~ <6 岁组(2 447 例)、6~ <12 岁组(1 706 例)和 12~ <18 岁组(260 例)。2018 年 1 367 例,2019 年 1 698 例,2020 年 1 355 例,2021 年 1 096 例,2022 年 1 328 例,2023 年 1 731 例。

1.2 仪器与试剂 MP DNA 检测采用上海之江生物科技股份有限公司的 MP 及肺炎衣原体(CP)核酸联合检测试剂盒(荧光 PCR 法)和 QuantStudio 5 实时荧光定量 PCR 仪。MP RNA 检测分别采用上海仁度生物科技股份有限公司的 MP 核酸检测试剂盒(RNA 恒温扩增)和 SLAN-96 S 荧光定量 PCR 仪,以及武汉中帜生物科技股份有限公司的 7 种呼吸道病原体核酸检测试剂盒(双扩增法)和 ADC CLIA400 全自动化学发光免疫分析仪。

1.3 方法

1.3.1 MP DNA 检测 MP DNA 检测为 DNA 荧光 PCR 法,利用 PCR 结合 Taqman 技术,对 MP 和 CP 特异性 DNA 片段进行荧光 PCR 的定性检测。具体步骤:先将采集的咽拭子标本进行核酸裂解,再按照试剂盒说明书配制反应试剂、设置反应程序及 PCR 扩增和结果判定。一次采样可同时实现 MP 和 CP 的

双重检测。

1.3.2 MP RNA 检测 本实验室共采用两种 MP RNA 检测方法。第一种为 RNA 恒温扩增法,利用实时荧光核酸恒温扩增检测技术(SAT),使用 M-MLV 反转录酶、T7 RNA 多聚酶和优化探针进行 MP RNA 的定性检测。具体步骤包括磁珠富集咽拭子标本中的 RNA、恒温扩增和结果判定。该方法可实现 MP RNA 的快速检测。第二种为 RNA 双扩增法,采用 T7 核酸扩增和生物素信号放大技术,用于咽拭子标本中甲型流感病毒(FluA)、乙型流感病毒(FluB)、呼吸道合胞病毒(RSV)、人副流感病毒(PIV)、腺病毒(AdV)、MP 和 CP RNA 的定性检测,一次采样可同时实现 7 种病原体 RNA 的检测。具体步骤严格按照试剂盒说明书进行,主要包括:标本预处理、核酸裂解、T7 核酸扩增、信号放大检测和结果判定。

1.4 统计学处理 使用 Excel 2022 进行数据录入整理,SPSS20.0 软件进行数据统计分析。计数资料以例数和百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher-Freeman-Halton 精确检验。一致性分析采用 $Kappa$ 检验, $Kappa$ 值 <0.0 表示一致性极差,0.0~ <0.2 表示一致性微弱,0.2~ <0.4 表示一致性弱,0.4~ <0.6 表示一致性中等,0.6~ <0.8 表示一致性较好, ≥ 0.8 表示几乎完全一致。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同年份 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率比较 MP DNA 荧光 PCR 法 2019 年阳性检出率最高,为 41.11%(698/1 698);2021 年阳性检出率最低,为 6.48%(71/1 096)。MP RNA 恒温扩增法 2023 年阳性检出率最高,为 21.84%(378/1 731);2021 年阳性检出率最低,为 3.83%(42/1 096)。MP RNA 双扩增法 2023 年阳性检出率最高,为 19.70%(341/1 731);2021 年阳性检出率最低,为 3.10%(34/1 096)。3 种 MP 核酸检测方法不同年份阳性检出率比较,差异均有统计学意义($P < 0.001$)。见图 1、表 1。

2.2 不同性别 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率比较 MP DNA 荧光 PCR 法女性患儿阳性检出率为 24.63%(941/3 820),男性患儿为 21.96%(1 044/4 755),差异有统计学意义($P = 0.004$)。MP RNA

恒温扩增法女性患儿阳性检出率为 13.80%(527/3 820),男性患儿为 12.03%(572/4 755),差异有统计学意义($P=0.016$)。MP RNA 双扩增法女性患儿阳性检出率为 12.98%(496/3 820),男性患儿为 10.62%(505/4 755),差异有统计学意义($P<0.001$)。见表 2。

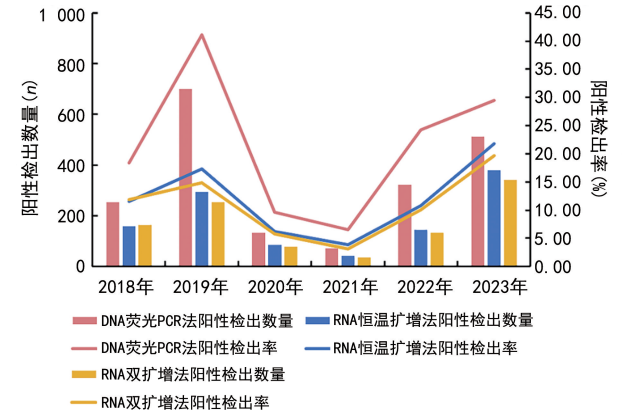


图 1 2018—2023 年 MP 不同核酸检测方法阳性检出情况

表 1 不同年份 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率比较[n(%)]

年份(年)	<i>n</i>	DNA 荧光 PCR 法	RNA 恒温 扩增法	RNA 双扩增法
2018	1 367	252(18.43)	158(11.56)	162(11.85)
2019	1 698	698(41.11)	294(17.31)	253(14.90)
2020	1 355	131(9.67)	84(6.20)	78(5.76)
2021	1 096	71(6.48)	42(3.83)	34(3.10)
2022	1 328	322(24.25)	143(10.77)	133(10.02)
2023	1 731	511(29.52)	378(21.84)	341(19.70)
χ^2		674.93	296.00	252.98
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

表 2 不同性别 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率比较[n(%)]

性别	<i>n</i>	DNA 荧光 PCR 法	RNA 恒温 扩增法	RNA 双扩增法
男	4 755	1 044(21.96)	572(12.03)	505(10.62)
女	3 820	941(24.63)	527(13.80)	496(12.98)
χ^2		8.54	5.92	11.48
<i>P</i>		0.004	0.016	<0.001

2.3 不同年龄 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率比较 MP DNA 荧光 PCR 法 6~<12 岁阳性检出率最高,为 48.59%(829/1 706);其次为 3~<6 岁和 12~<18 岁,阳性检出率分别为 25.13%(615/2 447)和 23.85%(62/260);0~<3 岁阳性检出率最低,为

11.51%(479/4 162)。MP RNA 恒温扩增法 6~<12 岁阳性检出率最高,为 30.48%(520/1 706);12~<18 岁、3~<6 岁次之,阳性检出率分别为 14.62%(38/260)和 13.04%(319/2 447);0~<3 岁阳性检出率最低,为 5.33%(222/4 162)。MP RNA 双扩增法 6~<12 岁阳性检出率最高,为 25.67%(438/1 706);其次为 3~<6 岁和 12~<18 岁,阳性检出率分别为 11.61%(284/2 447)和 11.15%(29/260);0~<3 岁阳性检出率最低,为 6.01%(250/4 162)。不同年龄 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率比较,差异有统计学意义($P<0.001$)。见表 3。

表 3 不同年龄 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率比较[n(%)]

年龄段(岁)	<i>n</i>	DNA 荧光 PCR 法	RNA 恒温 扩增法	RNA 双扩增法
0~<3	4 162	479(11.51)	222(5.33)	250(6.01)
3~<6	2 447	615(25.13)	319(13.04)	284(11.61)
6~<12	1 706	829(48.59)	520(30.48)	438(25.67)
12~<18	260	62(23.85)	38(14.62)	29(11.15)
χ^2		943.31	685.80	454.03
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.4 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率差异分析 MP DNA 荧光 PCR 法阳性检出率最高,为 23.15%(1 986/8 575),其次为 MP RNA 恒温扩增法,阳性检出率为 12.82%(1 099/8 575),MP RNA 双扩增法阳性检出率最低,为 11.67%(1 001/8 575)。对 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率两两进行差异分析,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 4。

表 4 3 种 MP 核酸检测方法阳性检出率差异分析

方法	阳性标本数(<i>n</i>)	阳性检出率(%)	χ^2	<i>P</i>
DNA 荧光 PCR 法	1 985	23.15	310.35	<0.001
RNA 恒温扩增法	1 099	12.82		
DNA 荧光 PCR 法	1 985	23.15	392.63	<0.001
RNA 双扩增法	1 001	11.67		
RNA 恒温扩增法	1 099	12.82	5.21	0.024
RNA 双扩增法	1 001	11.67		

2.5 3 种 MP 核酸检测方法一致性分析 分别对 3 种 MP 核酸检测方法进行两两一致性分析,结果如表 5 所示。根据 *Kappa* 值,3 种 MP 核酸检测方法两两之间均具有中等一致性,其中 DNA 荧光 PCR 法与 RNA 恒温扩增法一致性相对最好,*Kappa* 值为 0.597($P<0.001$),RNA 恒温扩增法与 RNA 双扩增法次之,*Kappa* 值为 0.564($P<0.001$),DNA 荧光 PCR 法与 RNA 双扩增法一致性最差,*Kappa* 值为

0.466($P<0.001$)。

表 5 3 种 MP 核酸检测方法一致性分析(n/n)

项目	DNA 荧光 PCR 法与 RNA 恒温扩增法			DNA 荧光 PCR 法 与 RNA 双扩增法			RNA 恒温扩增法 与 RNA 双扩增法		
	一致性	<i>Kappa</i>	<i>P</i>	一致性	<i>Kappa</i>	<i>P</i>	一致性	<i>Kappa</i>	<i>P</i>
一致性	7 537/8 575	0.597	<0.001	7 229/8 575	0.466	<0.001	7 771/8 575	0.564	<0.001
阳性	1 023/7 537	—	—	820/7 229	—	—	648/7 771	—	—
阴性	6 514/7 537	—	—	6 409/7 229	—	—	7 123/7 771	—	—
不一致性	1 038/8 575	—	—	1 346/8 575	—	—	804/8 575	—	—

注:—为此项无数据。

3 讨 论

MP 是引起儿童急性呼吸道感染的重要病原体^[6]。近年来随着 MP 耐大环内酯类药物株的广泛出现,使得 MP 感染成为一个严重的公共卫生问题,造成了巨大的经济和社会负担^[7]。MP 感染具有全球性感染和周期性流行的特点,但随着 2020 年新型冠状病毒感染的全球大流行,多种呼吸道病原体的流行病学特征被显著改变,特别是 2023 年多地区 MP 的感染出现异常激增的现象^[6]。MP 主要经飞沫传播,感染症状与其他呼吸道病原体相似,在临床症状和特征上不易区分^[8-9]。虽然 MP 诊断的金标准是 MP 培养,但培养条件苛刻、生长缓慢,缺乏早期诊断价值。MP 核酸检测因灵敏度和特异度高,目前已被广泛用于 MP 的早期诊断,对 MP 的早诊早治、抑制疾病进展和传播具有重要作用^[10-12]。然而,随着核酸检测技术的发展,市面上出现了多种 MP 核酸检测方法,如 MP DNA/RNA 检测、MP 单靶标/多靶标检测、MP 恒温扩增/双扩增等,不同的核酸检测方法基于不同的检测原理。因此,分析不同 MP 核酸检测方法的结果,不仅可阐明该地区 MP 的流行病学特点,也可阐述不同 MP 核酸检测方法的异同,对当地 MP 的预防和诊疗具有重要意义。

本研究发现 3 种 MP 核酸检测方法均在 2019 年有个 MP 阳性检出率高峰,2020 和 2021 年阳性检出率明显降低,2022 和 2023 年阳性检出率明显回升。该结果与相关研究一致,原因可能为 2020 年初新型冠状病毒感染大暴发,为防止新型冠状病毒感染疫情的传播,在全球范围内实施了严格佩戴口罩、勤洗手、减少密闭聚集性活动等非药物干预措施(NPIs),该措施不仅阻止了新型冠状病毒感染的传播,也阻止了 MP 的传播,导致新型冠状病毒感染流行期间 MP 阳性检出率的下降^[13-15]。在新型冠状病毒感染疫情结束后,MP 的阳性检出率异常激增,XU 等^[6]、CHEN 等^[16]和 MEYER-SAUTEUR 等^[17]的报道也发现该现象,推测原因为群体免疫水平下降,大众对 MP 感

染的易感性增加,使得 2023 年 MP 阳性检出率激增。以上结果表明严格佩戴口罩、保持社交距离、勤洗手等 NPIs 可有效阻隔一些呼吸道病原体的传播,而长期处于低免疫状态会促进呼吸道病原体感染的暴发,提示适当的 NPIs 及呼吸道病原体疫苗的接种可能是较为有效的防控措施。

本研究发现 3 种 MP 核酸检测方法女性患儿的 MP 阳性检出率均明显高于男性患儿,差异有统计学意义($P<0.05$),该结果与胡韶华等^[18]报道的上海地区 2014 年 1 月到 2018 年 12 月儿童 MP 阳性检出率性别结果一致,本研究是对上海地区儿童 MP 流行病学的补充。然而,本研究与 GUO 等^[19]报道的北京地区不同性别儿童 MP 阳性检出率有差异,具体原因可能与地区差异相关,且本研究是否能表明上海地区女性儿童更容易发生 MP 感染还有待进一步探讨。

在本研究中,3 种 MP 核酸检测方法均发现,6~<12 岁阳性检出率均最高,其次为 12~<18 岁和 3~<6 岁,最后为 0~<3 岁,差异有统计学意义($P<0.001$)。有研究报道,7 岁以上儿童 MP 阳性检出率最高^[19-21],本研究结果进一步支持了该结论,一方面原因可能是该阶段儿童免疫力仍处于不完善状态,在受到 MP 感染时,抗体产生的能力相对较弱;另一方面可能是学校群体生活进一步加剧了该年龄段儿童 MP 的传播。此外,上述结果可能也与肺炎疫苗的接种存在关系,虽然针对人的 MP 疫苗目前仍在研发阶段^[22],但在我国上海,为婴幼儿接种非强制要求的、自费承担的非免疫规划肺炎疫苗(如 13 价肺炎疫苗)已越发常见,研究报道 2019 年及 2020 年婴幼儿肺炎疫苗及时接种率分别为 50.96%和 47.74%^[23],但这是否会减少婴幼儿 MP 的感染还有待进一步探讨。12~<18 岁 MP 阳性检出率低于 6~<12 岁,最主要的原因可能是该年龄段儿童免疫力相对最强,这进一步提示免疫力对一些病原体感染的预防具有重要作用。

本研究发现 MP DNA 荧光 PCR 法阳性检出率

(23.15%) 高于 MP RNA 恒温扩增法 (12.82%) 和 RNA 双扩增法 (11.67%), 差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。这可能与 DNA 和 RNA 的核酸特性有关。研究报道 RNA 在 MP 死亡后会被快速降解, DNA 因其更稳定且降解周期较长, 使得 MP RNA 在一些临床症状尚未完全消失的患儿标本中已出现转阴, 而 MP DNA 因窗口期较长在许多临床症状已消失的患儿标本中仍为阳性^[24]。该研究解释了本研究上述发现: MP DNA 荧光 PCR 法阳性检出率高于 RNA 恒温扩增法和 RNA 双扩增法, 本研究结果也进一步表明 MP DNA 检测和 RNA 检测存在一定的差异。此外, MP RNA 恒温扩增法 (12.82%) 阳性检出率稍高于 RNA 双扩增法 (11.67%), 差异有统计学意义 ($P = 0.024$)。MP RNA 恒温扩增法和双扩增法虽然都是 MP RNA 检测, 但 MP RNA 恒温扩增是一种将实时荧光检测技术和核酸恒温扩增技术相结合的方法, 只进行 MP RNA 的快速检测, 而 MP RNA 双扩增法是一种 RNA 恒温扩增和生物素信号放大技术相结合的多重 RNA 检测技术, 可同时进行 7 种病原体 (FluA、FluB、RSV、PIV、AdV、MP 和 CP) 的 RNA 检测, 适用于多重鉴别诊断^[25]。不同检测原理和适用场景可能是导致 MP RNA 恒温扩增法阳性检出率稍高于 RNA 双扩增法的原因。

最后, 本研究结果显示, 3 种 MP 核酸检测方法两两之间均具有中等一致性, 但 MP DNA 荧光 PCR 法与 MP RNA 恒温扩增法一致性相对最好 ($Kappa = 0.597, P < 0.001$), MP RNA 恒温扩增法与 RNA 双扩增法次之 ($Kappa = 0.564, P < 0.001$), MP DNA 荧光 PCR 法与 MP RNA 双扩增法检测结果一致性最差 ($Kappa = 0.466, P < 0.001$)。这可能与 DNA 和 RNA 的本身特性及不同试剂盒的检测原理和应用场景不同有关。尽管如此, 相对于传统培养学方法, MP DNA 和 MP RNA 检测对 MP 的早期诊断均具有重要作用, 被《儿童肺炎支原体呼吸道感染实验室诊断中国专家共识》推荐为二级和一级检测方法^[26]。因此, 临床应结合患儿实际情况和 MP 核酸检测方法的特性和原理, 在 MP 早期感染时采用 MP DNA 和 (或) RNA 检测, 在评价 MP 感染转归和疗效时采用 MP RNA 检测, 在不明确具体病原体时采用 MP RNA 双扩增法进行多通量病原体筛选。

综上所述, 佩戴口罩、勤洗手和保持社交距离等 NPIs 及维持一定水平免疫力可预防 MP 感染。MP DNA 和 MP RNA 均可用于 MP 的早期诊断, 但不同试剂盒检测原理和适用场景不同, 临床可根据实际情况选择合适的 MP 核酸检测方法来实现快速、精准的 MP 诊断。本研究仍存在一些不足之处。标本来源只集中于本院, 数据代表性不足, 需扩大样本量、多中心

等进一步验证。本项目数据跨度年限较长, 无法对患儿的临床特征, 如出现症状时间、是否有药物治疗等临床信息进行系统性回顾分析, 进而无法从检测结果不一致的标本中深入剖析这 3 种 MP 核酸检测结果差异的原因, 这也是本项目最主要的不足之处。

参考文献

[1] 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, 15(10): e748.

[2] ZHUO L Y, HAO J W, SONG Z J, et al. Predicting the severity of mycoplasma pneumoniae pneumonia in pediatric and adult patients: a multicenter study[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 22978.

[3] SONG X, ZHOU N, LU S, et al. New-generation tetracyclines for severe macrolide-resistant *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children: a retrospective analysis[J]. BMC Infect Dis, 2024, 24(1): 1166.

[4] ZHANG X, SUN R, HOU J, et al. Clinical characteristics and risk factors of pulmonary embolism with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 24043.

[5] 袁炜华, 邓婷, 冯月平. 儿童呼吸道感染中肺炎支原体 IgM 抗体的检测结果及临床意义分析[J]. 中国实用医药, 2021, 16(4): 56-58.

[6] XU L, WANG P, WANG Y, et al. Epidemiological, clinical, and genotypic characteristics of pediatric *Mycoplasma pneumoniae* infections: an 8-year survey in Suzhou, China in the pre- and post-COVID-19 eras[J]. Front Microbiol, 2024, 15: 1483152.

[7] WANG C, WEN J, YAN Z, et al. Suppressing neutrophil itaconate production attenuates *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. PLoS Pathog, 2024, 20(11): e1012614.

[8] 宋波, 王玲玲, 丰新倩, 等. 儿童肺炎支原体感染核酸与四种血清学抗体检测方法比较[J]. 医学信息, 2024, 37(18): 166-169.

[9] ROWLANDS R S, MEYER SAUTEUR P M, BEETON M L, et al. *Mycoplasma pneumoniae*: not a typical respiratory pathogen[J]. J Med Microbiol, 2024, 73(10): 001910.

[10] 王涛, 吴瑛. 2023 年浙江省德清县儿童肺炎支原体感染情况及影响因素分析[J]. 中国公共卫生管理, 2024, 40(4): 570-573.

[11] 中华中医药学会儿童肺炎协作创新共同体, 中国中药协会儿童健康与药物研究专业委员会, 《中国实用儿科杂志》编辑委员会, 等. 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.

[12] WANG Y S, ZHOU Y L, BAI G N, 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.

[13] MEYER-SAUTEUR P M, BEETON M L. Mycoplasma pneumoniae; delayed re-emergence after COVID-19 pandemic restrictions[J]. Lancet Microbe, 2024, 5(2): e100-e101.

[14] 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.

[15] DUNGU K H S, HOLM M, HARTLING U, et al. Mycoplasma pneumoniae incidence, phenotype, and severity in children and adolescents in Denmark before, during, and after the COVID-19 pandemic; a nationwide multicentre population-based cohort study [J]. Lancet Reg Health Eur, 2024, 47: 101103.

[16] CHEN J, ZHANG J, LU Z, et al. Mycoplasma pneumoniae among Chinese outpatient children with mild respiratory tract infections during the coronavirus disease 2019 pandemic[J]. Microbiol Spectr, 2022, 10(1): e0155021.

[17] MEYER-SAUTEUR P M, BEETON M L, ULDUM S A, et al. Mycoplasma pneumoniae detections before and during the COVID-19 pandemic; results of a global survey, 2017 to 2021 [J]. Euro Surveill, 2022, 27(19): 2100746.

[18] 胡韶华, 陈黎, 赵梦, 等. 上海地区儿童肺炎支原体感染流行病学特征分析[J]. 检验医学, 2023, 38(1): 14-17.

[19] GUO D X, HU W J, WEI R, et al. Epidemiology and mechanism of drug resistance of Mycoplasma pneumoniae in Beijing, China; a multicenter study[J]. Bosn J Basic Med Sci, 2019, 19(3): 288-296.

[20] GAO M, YAO X, MAO W, et al. Etiological analysis of virus, mycoplasma pneumoniae and chlamydia pneumoniae in hospitalized children with acute respiratory infections in Huzhou[J]. Virol J, 2020, 17(1): 119.

[21] 郑素娟, 张雅洁. 2018—2020 年广州市海珠区肺炎支原体感染的流行病学分析[J]. 国际检验医学杂志, 2021, 42(14): 1765-1768+1772.

[22] VILELA-RODRIGUES T C, JAISWAL A K, LEMES M R, et al. An immunoinformatics-based designed multi-epitope candidate vaccine (mpme-VAC/STV-1) against Mycoplasma pneumoniae [J]. Comput Biol Med, 2022, 142: 105194.

[23] 龚大崑, 梁曼. 2010—2020 年上海市婴幼儿肺炎疫苗和轮状病毒疫苗接种及时性影响因素[J]. 江苏预防医学, 2022, 33(2): 149-152.

[24] 王慧英, 汤昱, 董利利, 等. 肺炎支原体 RNA 检测用于肺炎患儿疾病诊断和疗效监测[J]. 检验医学, 2023, 38(9): 865-869.

[25] 徐正, 何成山, 任书文, 等. 双扩增法检测呼吸道病原体 RNA 的性能评价[J]. 中国医药, 2021, 16(11): 1669-1673.

[26] 中华医学会儿科学分会临床检验学组. 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.

(收稿日期: 2025-01-02 修回日期: 2025-05-11)

(上接第 2028 页)

[11] SHAKOOR Z, AFAIFI A, ALAMRO B, et al. Prevalence of IgG-mediated food intolerance among patients with allergic symptoms[J]. Ann Saudi Med, 2016, 36(6): 386-390.

[12] 卓广超, 王昊, 郑辉. 杭州市儿童 7 种食物不耐受情况调查分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(10): 2402-2404.

[13] 鄂建飞, 刘利洪, 徐开渝, 等. 德阳地区 524 例食物不耐受患者食物特异性抗体检测结果分析[J]. 应用预防医学, 2021, 27(2): 106-109.

[14] 张健, 吴国荣, 孙果, 等. 无锡地区皮肤病患儿童血清食物特异性 IgG 的检测结果分析[J]. 中国免疫学杂志, 2020, 36(11): 1365-1369.

[15] WANG H Y, LI Y, LI J J, et al. Serological investigation of IgG and IgE antibodies against food antigens in patients with inflammatory bowel disease[J]. World J Clin Cases, 2019, 7(16): 2189-2203.

[16] SCHÄFER T, BÖHLER E, RUHDORFER S, et al. Epidemiology of food allergy/food intolerance in adults; associations with other manifestations of atopy[J]. Allergy, 2001, 56(12): 1172-1179.

[17] DE-MARTINO M, NOVEMBRE E, GALLI L, et al. Allergy to different fish species in cod-allergic children; In vivo and in vitro studies[J]. J Allergy Clin Immunol, 1990, 86(6): 909-914.

[18] ZHOU M J, ZHOU Y, ZHANG M, et al. Investigation of 14 food allergen-specific IgG antibodies in 1299 children [J]. Int J Food Prop, 2016, 19(1): 25-30.

[19] 李文亮, 崔小健, 郑力胜, 等. 天津地区婴儿食物特异性 IgG 抗体分析[J]. 中国城乡企业卫生, 2021, 36(11): 158-160.

[20] WU M X, WANG X F, SUN L, et al. Associations between food-specific IgG and health outcomes in an asymptomatic physical examination cohort [J]. Nutr Metab, 2022, 19(1): 22.

[21] WŁODARCZYK K, SMOLIŃSKA B, MAJAK I. Tomato allergy: the characterization of the selected allergens and antioxidants of tomato (solanum lycopersicum)—a review [J]. Antioxidants, 2022, 11(4): 644.

[22] GUO R, WANG L, YUAN X P, et al. Skin Prick testing to identify food allergens in 8393 children and adolescents with asthma in Chongqing, Southwest China[J]. Med Sci Monit, 2019, 25: 8221-8229.

(收稿日期: 2024-12-12 修回日期: 2025-05-11)