论 著

胸部CT定量分析在小儿难治性肺炎支原体肺炎诊断中的应用价值*

钱 瑱* 徐艳鸿 孙宪武
安徽省铜陵市妇幼保健院放射科
(安徽 铜陵 244000)

【摘要】**目的** 分析胸部CT定量分析在小儿难治性肺炎支原体肺炎(RMPP)诊断中的应用价值。**方法** 纳入2022年1月至2023年12月安徽省铜陵市妇幼保健院收治的95例RMPP患儿(记为RMPP组)及同期90例普通MPP患儿(记为MPP组)进行研究，两组患儿均行胸部CT定量分析，对比两组临床症状与体征、实验室指标检测结果与胸部CT定量参数。**结果** RMPP组持续发热时间、住院时间较MPP组延长(*P*＜0.05)，RMPP组肺部浊音、呼吸音下降比例较MPP组更高，RMPP组降钙素原(PCT)、C反应蛋白(CRP)、白细胞计数(WBC)、乳酸脱氢酶(LDH)水平显著高于MPP组，而免疫球蛋白G(IgG)明显低于MPP组(*P*＜0.05)；RMPP组胸部CT中肺门淋巴结肿大、树芽征、肺实变、胸腔积液等发生率较MPP组更高(*P*＜0.05)；RMPP组LV、LV%、MLD、LM高于MPP组，而GGO-300低于MPP组(*P*＜0.05)；胸部CT定量各参数联合评估小儿RMPP的曲线下面积为0.878，高于各指标单独诊断结果(0.794、0.771、0.691、0.796、0.747)，各参数联合诊断RMPP的敏感度、特异度分别为85.42%、83.79。**结论** 胸部CT定量分析应用于小儿RMPP中，有较高诊断价值，尤其是各参数联合时利于提高诊断效能，得在临床推广实践。

【关键词】胸部CT定量；小儿；
难治性肺炎支原体肺炎；诊断价值
【中图分类号】R563.1
【文献标识码】A
【基金项目】安徽省卫生健康委科研项目立项项目(AHWJ2021b100)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.019

Application Value of Quantitative Chest CT Analysis in the Diagnosis of Refractory Mycoplasma Pneumoniae Pneumonia in Children*

QIAN Zhen*, XU Yan-hong, SUN Xian-wu.
Department of Radiology, Tongling Maternal and Child Health Hospital, Tongling 244000, Anhui Province, China

ABSTRACT
Objective To analyze the application value of quantitative chest CT analysis in the diagnosis of refractory Mycoplasma pneumoniae pneumonia (RMPP) in children. ***Methods*** A total of 95 children with RMPP (RMPP group) and 90 children with common MPP (MPP group) who were admitted to Tongling Maternal and Child Health Hospital in Anhui Province from January 2022 to December 2023 were enrolled in the study. Both groups of children received quantitative chest CT analysis. Clinical symptoms and signs, laboratory indexes and quantitative chest CT parameters of the two groups were compared. ***Results*** Compared with MPP group, the duration of fever and length of hospital stay were longer in RMPP group (*P*<0.05). The reduction rate of pulmonary dullness and breath sounds and the levels of procalcitonin (PCT), C-reactive protein (CRP), white blood cell count (WBC) and lactate dehydrogenase (LDH) were higher in RMPP group. The level of immunoglobulin G (IgG) was lower in RMPP group (*P*<0.05). The incidence rates of hilar lymph node enlargement, tree-in-bud sign, lung consolidation and pleural effusion on chest CT were higher in RMPP group (*P*<0.05). LV, LV%, MLD and LM were higher, and GGO (-300) was lower in RMPP group (*P*<0.05). The area under the curve of combination of quantitative chest CT parameters for evaluating RMPP in children was 0.878, greater than that of each parameter (0.794, 0.771, 0.691, 0.796, and 0.747). The sensitivity and specificity of combined diagnosis with various parameters were 85.42% and 83.79%. ***Conclusion*** Quantitative chest CT analysis is of high diagnostic value for RMPP in children. Moreover, combined use of parameters is conducive to improving diagnostic efficacy and is worthy of promotion in clinical practice.
Keywords: Quantitative Chest CT; Child; Refractory Mycoplasma Pneumoniae Pneumonia; Diagnostic Value

肺炎支原体肺炎(MPP)属于自限性疾病，儿童MPP感染率高，且有产生长期后遗症的风险，如闭塞性支气管炎与支气管扩张[1-2]。因MPP患儿感染的肺炎支原体(MP)自身无细胞壁，因而目前主要采用大环内酯类抗菌药物干扰病原体蛋白合成对MPP患儿予以治疗，部分MPP患儿于积极治疗后仍出现病情加重现象，发展为难治性MPP(RMPP)，致死率高，因而RMPP的诊治是当前研究热点[3]。目前对于RMPP的诊断主要依赖于影像学分析，包括X线、CT等，X线虽然具备一定诊断价值，但难以提供患儿的肺部病变信息，因此主要应用CT进行诊疗[4]。胸部CT属于临床上诊断儿童肺炎的主要影像方案，尤其是胸部CT定量分析借助人工智能定量分析软件，为客观评估病灶性质提供了可能[5-6]。本文主要分析胸部CT定量分析对于儿童RMPP的诊断价值，以期为RMPP的早期诊治提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2023年12月安徽省铜陵市妇幼保健院收治的95例RMPP患儿(RMPP组)及同期90例普通MPP患儿(MPP组)为研究对象。

纳入标准：(1)年龄＜18岁，均符合MPP的诊断标准[7]，RMPP的诊断标准为基于大环内酯类抗菌药物治疗7 d或更长时间后仍有持续发热表现，或影像学发生恶化；(2)入组前未使用过抗菌药物、糖皮质激素类药物，无严重肺部基础性病变；(3)患儿及其家属对研究内容充分知情，自愿参与且签署知情同意相关文件。排除范围：(1)伴有肺结核、先天性心肺损伤或CT检查禁忌；(2)伴器质性病变或合并其他位置感染、免疫系统异常；(3)存在交流与意识沟通/精神异常。本研究符合赫尔辛基宣言原则。

1.2 方法

1.2.1 临床资料采集 ①收集所有患者的一般资料，包括性别、年龄、发热持续时间、住院时间、临床症状、肺部体征等；②采集受试者的实验室指标[降钙素原(PCT)、C反应蛋白(CRP)、白细胞计数(WBC)、乳酸脱氢酶(LDH)、免疫球蛋白G(IgG)]。

1.2.2 胸部CT检查方法 由家属陪同完成检查，胸部CT定量检查方法：均经德国西门子SOMATOMgo.UP 64排128层螺旋CT予以扫描。患儿仰卧后从肺尖扫描达肺底，管电压=110 kV，管电流=150 mA，螺距=0.875∶1，层间距与层厚均为5 mm，矩阵为512×512。经肺窗与纵膈窗扫描，窗位分别为2000 HU、48 HU，窗宽分别为1100 HU、460 HU。对获得的容积数据经标准算法重组。完成检查后由2名具备10年以上临床工作经验影像医师予以盲法独立阅片，以得出的一致意见为准，若有分歧则由上级医师予以最终诊断意见。

【第一作者】钱 瑱，男，主治医师，主要研究方向：胸腹部影像诊断。E-mail：qianzhen0217@163.com
【通讯作者】钱 瑱

1.2.3 图像后处理与分析 将获取的图像导入至人工智能肺部感染辅助诊断分析系统，经特定算法开展全肺肺叶分割，识别病变区，并推算CT定量参数[病变区域面积(LV)、病变体积百分比(LV%)、病变平均密度(MLD)、病变质量(LM)、低于-300 HU的低密度区(GGO-300)]，LM=病变体积×(病变密度+1000)/1000。

1.3 统计处理 经SPSS 23.0软件对所获得的数据开展统计分析与处理，性别等计数资料采用例和率(%)进行表示，行 χ^2检验，计量资料采用($\bar{x}\pm s$)的形式进行表示，予以两独立样本间t检验。绘制受试者工作特征曲线(ROC)分析诊断价值。均采用双侧检验，α=0.05。

2 结　果

2.1 RMPP组及MPP组临床资料比较 RMPP组持续发热时间、住院时间较MPP组延长($P<0.05$)，RMPP组肺部浊音、呼吸音下降比例高于MPP组($P<0.05$)；RMPP组血清PCT、CRP、WBC、LDH水平高于MPP组，RMPP组IgG低于MPP组($P<0.05$)；两组其他资料比较差异无显著性($P>0.05$)。见表1。

2.2 RMPP组及MPP组胸部CT影像特征比较 RMPP组胸部CT中肺门淋巴结肿大、支气管壁增厚、树芽征、磨玻璃影、肺实变和胸腔积液与胸膜增厚发生率高于MPP组($P<0.05$)，两组其他CT影像特征差异无显著性($P>0.05$)。见表2。

2.3 RMPP组及MPP组胸部CT定量参数比较 RMPP组LV、LV%、MLD、LM高于MPP组，而GGO-300低于MPP组($P<0.05$)。见表3。

2.4 胸部CT定量对RMPP的诊断价值 各胸部CT定量参数联合分析评估小儿RMPP的曲线下面积为0.878，高于各指标单独诊断结果(0.794、0.771、0.691、0.796、0.747)，联合诊断的敏感度、特异度分别为85.42%、83.79%。见表4、图1。

2.5 典型病例 见图2、图3。

表1 RMPP组及MPP组临床资料比较

项目	类型		RMPP组(n=95)	MPP组(n=90)	χ^2/t值	P值
性别	男		53(55.79)	47(52.22)	0.237	0.627
	女		42(44.21)	43(47.78)		
年龄(岁)		-	7.68±0.79	7.52±0.78	1.386	0.167
持续发热时间(d)		-	13.09±1.42	11.38±1.25	8.675	<0.001
住院时间(d)		-	11.87±1.26	10.46±1.12	8.028	<0.001
临床症状	咳嗽		88(92.63)	83(92.22)	0.011	0.916
	呼吸困难		24(25.26)	15(16.67)	2.053	0.152
	气促		21(22.11)	17(18.89)	0.293	0.588
	胸痛胸闷		12(12.63)	6(6.67)	1.872	0.171
肺部体征	肺部浊音		23(24.21)	7(7.78)	9.186	0.002
	吸气凹陷征		18(18.95)	9(10.00)	2.968	0.085
	呼吸音下降		36(37.89)	17(18.89)	8.167	0.004
实验室指标	PCT(ng/mL)		0.56±0.07	0.24±0.03	40.022	<0.001
	CRP(mg/L)		32.45±3.68	10.15±1.27	54.490	<0.001
	WBC(×10^9/L)		11.02±1.34	9.45±0.98	9.055	<0.001
	LDH(IU/L)		589.13±61.22	463.15±47.58	15.569	<0.001
	IgG(g/L)		716.33±76.48	812.35±84.56	8.108	<0.001

表2 RMPP组及MPP组胸部CT影像特征比较

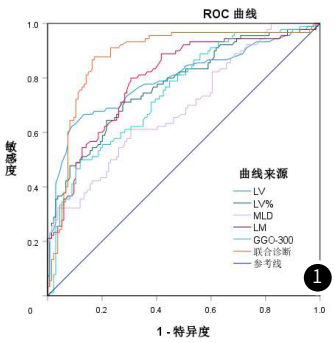
项目	RMPP组(n=95)	MPP组(n=90)	χ^2	P值
病灶分布				
左肺	58(61.05)	61(67.78)	1.426	0.490
右肺	21(22.11)	19(21.11)		
双肺	16(16.84)	10(11.11)		
大叶性肺炎	16(16.84)	12(13.33)	0.443	0.506
肺门淋巴结肿大	46(48.42)	17(18.89)	17.948	<0.001
支气管壁增厚	37(38.95)	16(17.78)	10.132	<0.001
树芽征	23(24.21)	11(12.22)	4.428	0.035
斑点状或斑片状实变影	40(42.11)	31(34.44)	1.147	0.284
磨玻璃影	89(93.68)	68(75.56)	11.825	<0.001
肺不张	15(15.79)	16(17.78)	0.131	0.717
肺实变	21(22.11)	9(10.00)	4.985	0.026
胸腔积液	22(23.16)	10(11.11)	4.689	0.030
胸膜增厚	53(55.79)	21(23.33)	20.285	<0.001

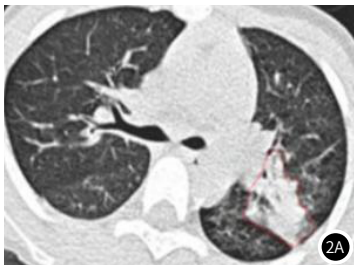
表3 RMPP组及MPP组胸部CT定量参数比较

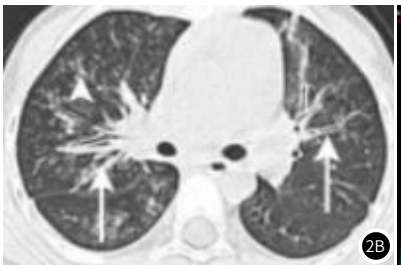
项目	RMPP组(n=95)	MPP组(n=90)	t值	P值
LV(mL)	61.42±6.35	6.79±0.82	80.968	<0.001
LV%(%)	6.43±0.68	0.78±0.11	77.855	<0.001
MLD(HU)	-235.48±26.15	-411.34±42.63	34.019	<0.001
LM(g)	62.11±6.35	8.97±1.42	77.564	<0.001
GGO-300	0.3567±0.168	0.5672±0.193	7.924	<0.001

表4 胸部CT定量对RMPP的诊断价值

项目	敏感度(%)	特异度(%)	截断值	曲线下面积	95%CI
LV(mL)	79.56	73.88	22.37	0.794	0.730~0.858
LV%(%)	81.35	78.62	4.35	0.771	0.707~0.835
MLD(HU)	78.67	70.43	303.76	0.691	0.620~0.761
LM(g)	82.43	81.11	22.32	0.796	0.735~0.856
GGO-300	76.06	72.13	0.4715	0.747	0.682~0.812
各项指标联合	85.42	83.79	-	0.878	0.827~0.928







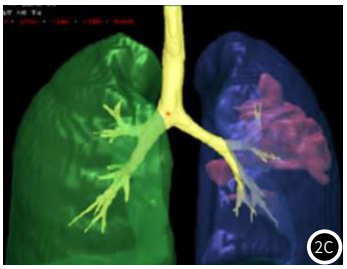


图1 胸部CT定量诊断RMPP的ROC曲线。

图2 患儿男，9岁，诊断为GMPP。2A：横轴位CT发现左肺上叶片状实变影；2B：冠状位CT发现支气管壁管壁增厚、弥漫性树芽征，2C：肺区三维分割图，清晰观察到病灶于三维空间中分布情况(红色区)。

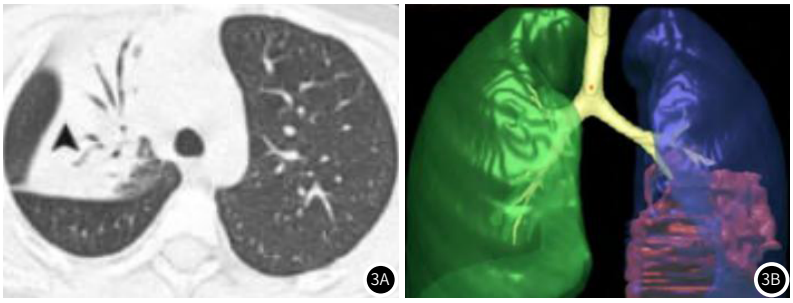


图3 患儿女，8岁，诊断为普通MPP。3A：横轴位CT可见单纯大叶性肺实变影，3B：肺区三维分割图发现病灶范围较大(红色区)。

3 讨 论

RMPP有诱发哮喘恶化、胸膜炎、心肌炎等病变风险，因而准确的影像学诊断对于及时治疗疾病、合理给药治疗意义重大，目前MP培养是诊断MPP金标准方案，但对于培养条件要求高且MP的生长进程缓慢，在临床应用受限[8]。CT检查可清晰显示MPP患儿肺内病变情况，在临床实际工作中MPP的影像学表现复杂多样，敏感度差，需探讨其高效诊断方案[7]。计算机肺部感染辅助诊断系统在人工智能技术发展下不断优化，获得的胸部CT定量参数也为RMPP的诊治提供了更多可能[8]。

本研究发现，RMPP组持续发热时间、住院时间较MPP组延长，RMPP组肺部浊音、呼吸音下降比率及血清PCT、CRP、WBC、LDH水平更高，RMPP组IgG低于MPP组，与陈兵等[9]的报道结果相近，表明相比于MPP，RMPP患儿的持续发热时间更长，实验室指标如CRP、PCT等升高更明显，病情更为严重，需强化对于MPP患儿的观察，结合影像技术明确诊断，减少演变为RMPP的风险[10]。

在CT影像特点上，既往冀少华等[11]的CT检查中，重症MPP胸腔积液等CT影像发生率高于轻症患儿。本研究结果与之一致，RMPP胸部CT异常表现(肺门淋巴结肿大、支气管壁增厚、树芽征、磨玻璃影、肺实变和胸腔积液与胸膜增厚)更为显著。其中支气管壁增厚同支气管堵塞、通气不畅有关联；磨玻璃影属于肺内图像密度轻度升高，肺纹理清晰，其本质为间质炎症；肺实变说明肺实质的受累范围广，是MPP进展表征；胸腔积液后会引起气促与呼吸困难等[12]。因此应重点关注MPP的这些征象，或可成为诊断RMPP的有利依据。

本研究RMPP组的各项CT定量参数(除GGO-300外)更高，这与张琳清[13]观察结果一致，也同RMPP肺部病理机制吻合，MPP早期病变所致的磨玻璃灶发展为肺实变，引起CT定量参数改变。呼甜等[14]的研究也发现，RMPP患儿的胸部CT定量指标均更高，加入胸部CT定量后，RMPP患儿临床模型的预测效能明显提升，含LV%模型的重分类改善指数(NRI)=0.9515，综合判别改善指数(IDI)=0.1615，含所有CT定量指标模型的NRI、IDI分别为1.1004、0.2583。因而胸部CT定量指标可显著提升RMPP患儿临床模型的预测效能与鉴别能力。本研究也得出的一致结果，在ROC曲线上观察到各胸部CT定量参数联合评估小儿RMPP的曲线下面积为0.878，高于各指标单独诊断结果(0.794、0.771、0.691、0.796、0.747)。与常规检查手段相比，胸部CT图像清晰、分辨率高，经直观观察患儿肺部病变位置、形态与肺部纹理改变，借助CT定量参数，可量化MPP的病情严重程度，有效判断MPP病情，推断出RMPP，为临床分级诊疗提供依据[15]。万绍春等[16]也发现，LV、LM鉴别诊断RMPP的AUC分别为0.875、0.867。LV、LQ为RMPP的危险因素。在CT定量指标的截断值上，雷禹等[17]的多因素Logistic回归分析发现，LV%＞4.2、MLD＞-296.36 HU、LQ＞21.6 g为RMPP的独立危险因素，本研究中LV、LV%、MLD、LM、GGO-300诊断RMPP的截断值分别为22.37 mL、4.35%、303.76 HU、22.32 g、0.4715，因而CT定量分析利于鉴别MPP及RMPP患儿，LV、LV%、MLD、LM、GGO-300等胸部CT定量参数客观表示了以往视觉评估中肺门淋巴结肿大、支气管壁增厚、树芽征、磨玻璃影、肺实变和胸腔积液与胸膜增厚等的概念，继而提供更为具体的截断值对RMPP进行鉴别。

综上所述，胸部CT定量分析对RMPP患儿有较高的鉴别诊断意义，可量化其肺门淋巴结肿大、支气管壁增厚、树芽征、磨玻璃影、肺实变和胸腔积液与胸膜增厚等概念，预测RMPP风险。本研究也存在一定局限性，如研究样本量小可能引起数据偏倚，此外一些MP及其他病原体感染者无法检测到，这也可能引起RMPP，后续需进一步扩大样本量予以分析。

参考文献

[1]袁怀平,刘凯,刘文雅,等.胸部CT薄层重建联合乳酸脱氢酶及C反应蛋白诊断儿童难治性肺炎支原体肺炎[J].中国医学影像学杂志,2023,31(4):375-378,384.
[2]肖爱菊,王团结,吴湘涛,等.纤支镜支气管灌洗对儿童难治性肺炎支原体肺炎临床症状、炎症因子水平的影响[J].罕少疾病杂志,2020,27(03):7-8+54.
[3]马兵,左继华,张学丽,等.血清S100A8、S100A9水平与小儿难治性肺炎支原体肺炎病情严重程度及预后的关系[J].山东医药,2024,64(7):70-73.
[4]韩美蓉.难治性肺炎支原体肺炎患儿肺部CT改变类型与其肺通气功能的相关性研究[J].中国药物与临床,2021,21(19):3298-3300.
[5]Lanza E,Ammirabile A,Casana M,et al.Quantitative chest CT analysis to measure short-term sequelae of COVID-19 pneumonia:a monocentric prospective study[J].Tomography,2022,8(3):1578-1585.
[6]郭子祺,田茜,廉丽敏.低剂量呼气相胸部CT参数与慢性支气管炎肺功能的关系分析[J].罕少疾病杂志,2024,31(07):43-45.
[7]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):161-167,222.
[8]冯伟,胡仁明,刘维德,等.CT检查小儿肺炎支原体肺炎的临床价值[J].医学影像学杂志,2024,34(1):30-32.
[9]阮桂萍,蔡芳,黄咏梅,等.胸部CT联合血清肺炎支原体抗体对小儿肺炎支原体肺炎的诊断价值[J].医学影像学杂志,2024,34(5):162-164.
[10]AlDalilah Y,Ganeshan B,Endozo R,et al.Filtration-histogram based texture analysis and CALIPER based pattern analysis as quantitative CT techniques in idiopathic pulmonary fibrosis:head-to-head comparison[J].Br J Radiol,20 22,95(1134):20210957.
[11]陈兵,张梦琦,封浩然.小儿难治性肺炎支原体肺炎临床特点、实验室指标及高分辨CT影像特点分析[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(5):83-85.
[12]郭先锋,杨亚娟,苑书华,等.难治型支原体肺炎患儿的CT影像特征分析[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(8):42-44.
[13]冀少华,李春敏,宋晨,等.X线联合CT在小儿支原体肺炎诊断中的应用及影像特点分析[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(10):59-61.
[14]贾春阳,时胜利.儿童腺病毒肺炎胸部CT表现与临床特点分析[J].临床放射学杂志,2023,42(3):472-476.
[15]张琳清,呼甜,何思怡,等.基于定量CT对难治型支原体肺炎ANN模型的构建[J].影像科学与光化学,2024,42(4):371-377.
[16]呼甜,雷禹,阴玮灵,等.基于定量CT对难治型支原体肺炎预测价值的研究[J].临床放射学杂志,2023,42(12):1918-1922.
[17]Qian Y,Tao Y,Wu L,et al.Model based on the automated AI-driven CT quantification is effective for the diagnosis of refractory Mycoplasma pneumoniae pneumonia[J].Sci Rep,2024,14(1):16172.
[18]万绍春,李光媚,楼晓莉,等.胸部CT联合中性粒细胞与淋巴细胞比值及D-二聚体在难治性支原体肺炎患儿中的评估价值分析[J].中国妇幼保健,2024,39(21):4333-4337.
[19]雷禹,冯旭霞,呼甜,等.基于定量CT对儿童难治性支原体肺炎的分析研究[J].放射学实践,2022,37(11):1428-1431.

(收稿日期：2025-02-21) (校对：姚丽娜 排版：张鸿燊)