

儿童重症支原体肺炎 MRI 特征及弥散加权成像研究

王蓓, 于彤, 吕艳秋, 徐保平, 赵顺英, 彭芸

【摘要】 目的:探讨儿童重症支原体肺炎及其并发症磁共振成像特征及弥散加权成像诊断价值。**方法:**42 例重症支原体肺炎患儿(男 19 例,女 23 例;平均年龄 6.01 ± 2.58 岁)48h 内行 CT 增强扫描和 MRI 平扫,由两名影像科医生以增强 CT 作标准,总结肺实变及坏死 MRI 特征,测量肺实变和坏死表观弥散系数(ADC)值,采用受试者工作特征(ROC)曲线确定最佳截止值。**结果:** T_2 加权图像肺实变表现为略高信号,坏死病灶分别表现为等信号(8/32),稍高信号(16/39)及高信号(15/32)。ROC 曲线显示 ADC 值用于肺实变与坏死鉴别最佳截断点为 $1.31 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,敏感度 93.8%,特异度 90%。**结论:**ADC 值对肺实变和坏死定量诊断具有良好敏感度和特异度,可优化单纯利用 MRI 图像特征对儿童重症支原体肺炎进行诊断。

【关键词】 磁共振成像;肺炎支原体;肺炎,坏死性;儿童

【中图分类号】 R445.2;R375.2;R563.1;R195.1 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2021)02-0243-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.02.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



MRI diffusion-weighted imaging of severe mycoplasma pneumonia in children WANG Bei, YU Tong, LV Yan-qiao, et al. Department of Radiology, Beijing Childrens Hospital, Capital Medical University, National Center for Childrens Health, Beijing 100045, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to assess the diagnostic value of non-contrast MRI combined with diffusion-weighted imaging (DWI) in the detection of severe mycoplasma pneumonia and complications in children. **Methods:** 42 children with severe mycoplasma pneumonia (19 boys and 23 girls, ages 6.01 ± 2.58 years) were included. Patients were subjected to enhanced CT scan and non-contrast MRI scan within 48 hours. Two pediatric radiologists used enhanced CT as the standard to summarize the MRI features of pulmonary consolidation and necrosis. The apparent diffusion coefficient (ADC) values of the pulmonary consolidation and necrosis were measured, and a receiver operating characteristic (ROC) analysis was used to determine the optimal cutoff value. **Results:** There were 13 cases of severe mycoplasma pneumonia without necrosis and 29 cases of severe mycoplasma necrotizing pneumonia. T_1 weighted image of pulmonary consolidation showed slightly lower signal, and T_2 weighted image showed slightly higher signal. In the T_2 sequence images, the necrotic lesions showed diverse signals, including iso-signal (8/32), slightly high signal (16/39), and high signal (15/32). ROC curve analysis showed that the optimal cut-off value for the differentiation of pulmonary consolidation and necrosis was $1.31 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, the sensitivity was 93.8% at the optimal cut-off value, and the specificity was 90%. **Conclusion:** ADC value has a good sensitivity and specificity in the quantitative diagnosis of pulmonary consolidation and necrosis, and can optimize the diagnosis of severe mycoplasma pneumonia and its complications in children using MRI image features alone.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Mycoplasma pneumoniae; Pneumonia, necrotizing; Child

作者单位:100045 北京,国家儿童医学中心/首都医科大学附属北京儿童医院影像中心(王蓓、于彤、吕艳秋、彭芸),呼吸病房(徐保平),呼吸二科(赵顺英)

作者简介:王蓓(1980—),女,河南郑州人,博士,副主任医师,主要从事胸部影像研究。

通信作者:彭芸, E-mail: ppengyun@hotmail.com

基金项目:北京市医院管理中心儿科学协同发展中心儿科专项项目(XTCX201814);北航-首医大数据精准医疗高精尖创新中心计划(BHME-201908)

支原体肺炎是儿童肺部感染常见类型。近来其发病率呈上升趋势,重症病例数逐渐增多^[1]。影像学对重症支原体肺炎诊断及其并发症评估和预后有重要作用。坏死性肺炎是重症支原体肺炎严重并发症。肺坏死早期缺血期在平扫图像中表现的密度与肺实变相似,不能及时发现^[2,3]。如果能早期发现有助于临床医生及时调整治疗方案。增强 CT 检查是诊断坏死性肺炎金标准,但增强 CT 检查存在电离辐射和对对比剂对人体有不容忽视伤害,尤其是对儿童而言^[4]。

MRI 无辐射优势,已成为评估儿童肺部疾病潜在成像方式^[5]。扩散加权成像(DWI)是 MRI 的一种功能成像序列,用于肺部感染性疾病与肺癌鉴别^[6],但尚未应用于儿童重症支原体肺炎。本研究目的是显示儿童重症支原体肺炎 MRI 特征及利用 DWI 序列定量鉴别肺实变和坏死灶,特别是对早期缺血时期肺组织评估,为进一步研究肺部 MRI 在儿童肺部感染临床应用铺平道路。

材料与方法

本研究得到医院伦理委员会批准,患儿家长签署知情同意书。

1. 研究对象

入组标准^[6]: 血支原体抗体阳性或咽拭子支原体聚合酶链反应检测阳性;胸部 CT 示肺叶或肺段实变,无空洞及囊泡形成。排除标准: 肺先天性囊性病变。

入组对象: 42 名重症支原体肺炎患儿, 19 名男童和 23 名女童, 平均年龄为 6.01 ± 2.58 岁, 年龄范围 4~9 岁。

2. 扫描设备及参数

所有儿童在增强 CT 检查结束后 48h 内行 MRI 平扫检查。

胸部增强 CT: 采用 64 排 CT 扫描机(Discovery CT750 HD; GE Healthcare), 扫描范围从胸腔入口至膈肌水平。扫描参数: 管电压 80~120 kV, 自动毫安, 球管转速 0.65 s/r, 螺距 1.375, 层厚 5 mm, 层间距 1 mm。对比剂碘克沙醇(320 mg I/mL), $1.0 \sim 2.0$ mL/kg。

MRI 检查: 采用 3.0T MR(发现 Discovery CT 750 HD; GE Healthcare), 八通道心脏线圈, 患儿呈仰卧位扫描。扫描序列: ①轴面 T_2 SSFSE 序列: TR 1591.1 ms, TE 68.0 ms, 矩阵 352×254 , 层厚 4.0 mm, 间距 1.0 mm, 激励次数 1。② T_2 加权 PROPELLER 序列: TR 11429 ms, TE 109 ms, 层厚 4.0 mm, 间距 1.0 mm, 矩阵 320×320 , 激励次数 1.5。③轴面 T_1 加权脂肪抑制 LAVA 序列: TR 4.2 ms, TE 2.0 ms, 层厚 3.0 mm, 矩阵 256×224 , 激励次数 1。④脂肪抑制单次

回波平面成像(EPI)序列: b 值分别为 0 和 600 s/mm^2 , TR 2341 ms, TE Min, 层厚 4.0 mm, 层间距 1.0 mm, 层数 24, 矩阵 320×160 , 激励次数 2。b 值 0 和 600 s/mm^2 对所有患者重新计算 ADC 图。

3. 实验室检查

所有儿童在入院后接受 C 反应蛋白、D-2 聚体及支气管镜灌洗检查。CRP 正常参考值 $< 8 \text{ mg/L}$, D 二聚体用免疫比浊法, 正常参考值 $0 \sim 0.243 \text{ ng/mL}$ 。

4. 随访

42 名患儿进行隔期复查直至病灶吸收。

5. 图像评估

根据重症支原体是否出现并发症坏死肺炎, 将病例分为无坏死性重症支原体肺炎和坏死性重症支原体肺炎。坏死病灶为肺实变强化程度弥漫减低或实变内出现无强化灶低密度。两位儿科影像医生(10 年和 5 年 CT 和 MR 诊断经验)分别对患儿胸部增强 CT 图像行独立阅片, 确定了肺实变和坏死位置和范围, 以增强 CT 作为金标准, 观察 MR 相应层面图像病灶信号表现, 总结肺实变和坏死在 MR 上影像特征。DWI 图像对比骨骼肌信号强度, 观察病灶信号强度。

使用工作站软件(AW4.6 Functool, GE Healthcare), 在表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图像上勾画病灶, 获得病变 ADC 值。由两位儿科影像医生根据增强 CT 图像中肺实变和坏死灶位置在相应 ADC 图上进行感兴趣的区域(regions of interest, ROI)勾画。ROI 面积 $> 100 \text{ mm}^2$, 避开肺内大血管、支气管。每个病灶 ROI 测量 3 次, 求出平均值。

6. 统计分析

使用统计软件(SPSS, 版本 21.0)进行统计分析。临床信息计量资料采用独立样本 t 或 t' 检验进行组间比较。计数资料采用 χ^2 检验和 Fisher 确切概率法进行组间比较, $P < 0.05$ 表示差异具有显著性意义。受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线分析用 ADC 值来鉴别肺实变和坏死病灶诊断能力, 找到最佳截断点。高于最佳截断点值, 被认为是肺实变, 低于最佳截断点值被认为是坏死病变。

结 果

1. 临床特征

无坏死灶重症支原体肺炎 13 例, 坏死性重症支原体肺炎 29 例(表 1)。

重症支原体肺炎多发生在学龄期儿童, 坏死性重症支原体肺炎发生平均年龄小, 发热时间长。6 例支气管镜检查正常, 4 例为无坏死重症支原体肺炎。

表 1 儿童重症支原体肺炎临床特征

临床特征	无坏死重症 支原体肺炎 (N=13)	重症坏死性 支原体肺炎 (N=29)	t/ χ ²	P
平均年龄(月)	87.56±15.812	62.67±14.908	3.873	>0.05
女/男	8/5	15/29	0.349	>0.05
持续发热时间(天)	6.67±0.866	14.93±3.453	8.821	<0.05
D-2 聚体(mg/mL)	1.0±0.397	4.08±0.577	14.077	<0.05
CRP(mg/l)	34.56±4.531	46±9.258	3.447	<0.05
支气管镜异常[n(%)]	9	27	fisher 法	0.063

1. 无坏死重症支原体肺炎

13 例肺实变在 LAVA 图像表现为略低信号, SS-FSE T₂ 及 PROPELLER T₂ 图像表现为略高信号, 信号均匀(图 1)。

8 例患儿在 T₂ 图像有 18 枚淋巴结肿大, 淋巴结的大小和位置与 CT 一致, 8 枚位于上腔静脉后方, 6 枚位于肺门区域, 4 枚位于气管隆突下方。6 例患儿在 T₂ 图像为条状高信号胸腔积液。

2. 坏死性重症支原体肺炎

CT 增强图像 16 例坏死灶沿着肺叶/肺段分布, 表现为肺实变强化减弱, 强化减低区域内见条状增强血管影。16 例坏死病灶 MRI 图像信号不均匀。LAVA 图像 6 例为略低信号, 10 例为等信号。T₂WI 图像 3 例表现为不均匀略低信号(图 2)和 13 例为略高信号, 信号强度与肺实变相似。

13 例坏死性支原体肺炎患儿在增强 CT 图像示沿肺叶/段分布肺实变不均匀强化, 23 个坏死病变表现为未强化或强化减低。坏死灶大小不等, 直径约 2~20 mm, 信号不一致(图 3)。LAVA T₁ 加权图像 8 个坏死灶为等信号, 15 个坏死灶为低信号。T₂ 加权图像 15 个坏死灶表现为高信号, 信号同脑脊液信号; 3 个坏死灶为略高信号, 同肺实变相似; 5 个坏死灶为略低信号。

20 例患儿 T₂ 加权图像发现 38 枚肿大淋巴结, 大小与位置和 CT 一致, 20 枚位于腔静脉后方, 10 枚位于肺门区域, 8 枚位于气管隆突下方。18 例患儿出现胸腔积液, 在 T₂ 加权图像为条状及带状高信号。

3. 肺实变和坏死 DWI 图像特征及 ADC 值

DWI 图像肺实变及坏死灶为稍高信号。重症支原体肺炎中肺实变 ADC 平均值为 $(1.59 \pm 0.26) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。坏死病变 ADC 值 $(0.94 \pm 0.35) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。肺实变与坏死病变 ADC 值 ($P < 0.001$) 之间存在显著差异(图 4)。ROC 曲线分析表明曲线下面积 0.931 (CI: 0.855~1)(图 5), 最佳截断点 $1.31 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 最佳截断点时灵敏度 93.8%, 特异度 90%。

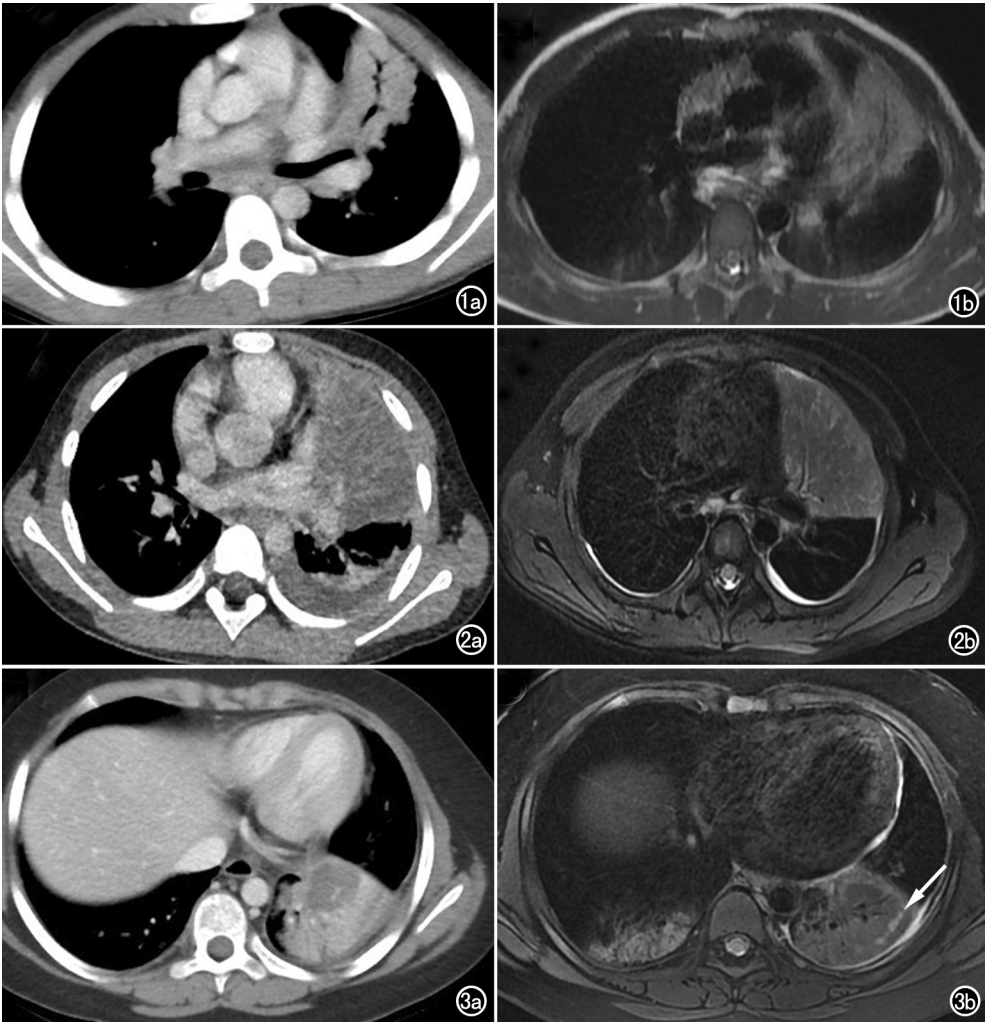


图 1 无坏死重症支原体肺炎。女, 10 岁。a) 轴面增强 CT 图示左上肺均匀强化肺实变, 实变内有支气管充气征; b) 对应增强 CT 相应层面, 轴面 SSFSE T₂ 加权图像示左上肺实变为略高信号。图 2 坏死性重症支原体肺炎。男, 8 岁。a) 轴面增强 CT 图示左上肺累及肺叶坏死病变, 强化程度减弱; b) 相应 MRI 层面, 轴面 PROPELLER T₂ 加权图示左上肺坏死病变呈略低信号。图 3 男, 9 岁, 坏死性重症支原体肺炎。a) 轴面增强 CT 图示左下肺实变不均匀强化, 其内见条状、斑片状低密度影; b) 轴面 PROPELLER T₂ 加权图示同层面坏死病灶为低信号及高信号(箭)。

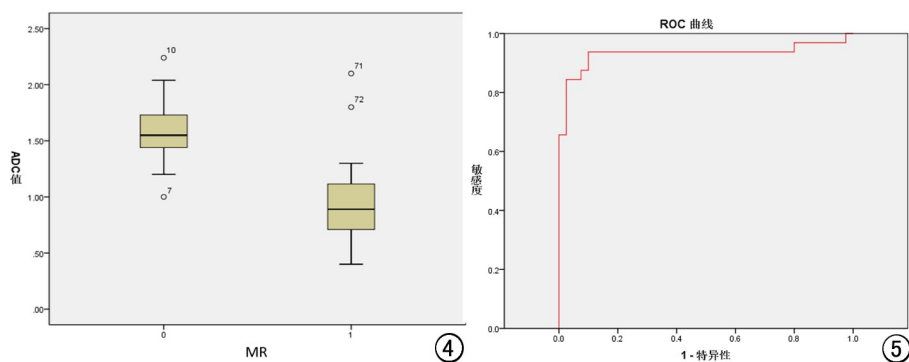


图 4 框图示实变与坏死 ADC 值。肺实变和坏死病变 ADC 平均值分别为 $(1.59 \pm 0.26) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $(0.94 \pm 0.35) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

图 5 ROC 曲线分析示 ADC 值诊断性能。

4.随访

13 例无坏死重症支原体肺炎中肺实变吸收时间 $(15 \pm 2.3) \text{ d}$, 6 例在病灶区域残留索条影。

16 例累及肺叶或肺段坏死灶在 CT 增强检查后 7d, 12 例坏死病灶出现空洞, 4 例显示为单一空洞(直径大小约 4~15mm), 8 个病例显示多发小空洞(直径为 <2mm)。肺内病变吸收时间范围约 0.5~5 个月。16 例都残留后遗症, 原坏死病灶累及肺叶体积缩小, 7 例出现闭塞性支气管炎, 9 例局部残留纤维索条。

13 例小片状坏死灶吸收时间范围约 0.5~2 月, 其中 9 例在坏死病变随访中出现小空洞, 6 例有纤维索条残留。

讨 论

本研究显示了重症支原体肺炎及其并发症坏死性肺炎 MR 特征, 并根据 ADC 值来鉴别肺实变和坏死。利用 MRI 对儿童重症支原体肺炎患儿进行有效地诊断和评估可避免射线和对比剂带给儿童的危害。

支原体肺炎是儿童社区获得性呼吸道感染重要病原体^[8]。近年, 肺炎支原体感染发病率呈上升趋势^[1], 重症病例逐渐增多, 临床症状重, 是我国学龄期儿童中导致坏死性肺炎最常见病原菌之一。本研究中发现年龄越小, 持续发热时间越长, 越容易出现坏死, 考虑可能与儿童年龄小, 免疫功能发育不完善有关。本研究还发现患儿 CRP 水平与病情轻重呈正相关, 这与以往研究结果相似^[9,10]。重症支原体肺炎儿童血液处于高凝状态, 容易形成微血栓阻塞肺内小血管引起肺实质缺血、坏死^[9,11]。本研究中坏死性支原体肺炎患儿血浆中 D2 聚体升高, 提示临床医生如 D2 聚体升高, 则需要及时进行影像学检查除外出现坏死性肺炎。

肺实变在 MR 图像信号表现和文献报道一致^[5,11], T_2 图像显示不同程度稍高信号, 考虑可能和肺泡内含有嗜中性粒细胞和渗出物有关。坏死病变信

号是多种多样的, 可能是处于坏死不同阶段, 含有不同成分。

本研究中坏死病灶在 T_2 加权图像显示为略低信号。 T_2 加权图像低信号显示病变可能含有钙化、纤维组织、胶原蛋白和顺磁性物质。本研究中坏死灶在 T_2 加权图像显示略低信号原因尚不清楚, 考虑病变内可能存在出血。但这种 T_2 加权图像示为略低信号病灶需要与其他肺部感染相鉴别, 如 Kwaku 等^[12] 发现干酪性肺结核中坏死灶在 $T_2/\text{FS-}T_2\text{WI}$ 上也显示为低信号。他们认为可能是

巨噬细胞吞噬了大量顺磁性自由基^[13]。另外研究中一些坏死病灶在 T_2 加权图像上表现为稍高信号, 与肺实变相二者不能鉴别, 因此这种单纯依靠影像医生用肉眼根据病灶信号不同来鉴别肺实变及坏死病灶是非常困难的。

依靠肺实变和坏死灶在 DWI 序列的信号进行鉴别也是无法准确区分。我们定量分析了肺实变和坏死灶 ADC 值发现二者的值是不同的。本研究中肺实变 ADC 值高于坏死病变 ADC 值。这可能是由于坏死病变是由大量蛋白含量物质和细胞组成, 细胞密度高, 细胞之间粘度高, 限制了水分子运动, 致使 ADC 值低。利用 ADC 值定量诊断肺实变和坏死敏感度及特异度均达到 90% 以上, 弥补主观诊断不能鉴别肺实变和坏死。由于 DWI 加权序列可提供疾病某些病理过程中分子特性信息。文献研究利用 ADC 值来帮助临床判断炎症严重程度及肺部良、恶性肿瘤鉴别且 ADC 值测量值是可靠且可重复的^[14]。

本研究局限性首先是病例数量较少, 其次是呼吸和心脏运动引起图像伪影, 影响病变观察和 ADC 测量准确性, 需要进一步增加病例数量, 改善图像质量。另外重症支原体肺炎肺部并发症包括肺不张、坏死性肺炎、肺栓塞及闭塞性支气管炎等。我们只研究坏死性肺炎, 其他并发症并未研究, 需要进一步用 MRI 来评估重症支原体肺炎及其他并发症。

本研究表明 MRI 可有效诊断儿童重症支原体肺炎, 及时发现并发症坏死性肺炎, 避免了 X 线辐射和对比剂对儿童的伤害。

参考文献:

- [1] Sobieszczanska BM, Kasprzykowska U, Duda-Madej A, et al. Relevance of serology for Mycoplasma pneumoniae infection among children with persistent cough[J]. Adv Clin Exp Med, 2014, 23 (2): 185-190.

- [2] Wang RS, Wang SY, Hsieh KS, et al. Necrotizing pneumonitis caused by *Mycoplasma pneumoniae* in pediatric patients: report of five cases and review of literature[J]. *Pediatric Infectious Disease J*, 2004, 23(6): 564-567.
- [3] 李娅, 王倩, 袁刚, 等. 儿童重症肺炎支原体肺炎的 CT 表现与预后相关性[J]. *放射学实践*, 2020, 35(2): 234-237.
- [4] Brody AS, Frush DP, Huda W, et al. American academy of pediatrics section on R. radiation risk to children from computed tomography[J]. *Pediatrics*, 2007, 120(3): 677-682.
- [5] Gorkem SB, Coskun A, Yikilmaz A, et al. Evaluation of pediatric thoracic disorders: comparison of unenhanced fast-imaging-sequence 1.5T MRI and contrast-enhanced MDCT[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 200(6): 1352-1357.
- [6] Cakmak V, Ufuk F, Karabulut N. Diffusion-weighted MRI of pulmonary lesions: comparison of apparent diffusion coefficient and lesion-to-spinal cord signal intensity ratio in lesion characterization[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 45(3): 845-854.
- [7] 张晗, 尚云晓. 重症肺炎支原体肺炎早期识别[J]. *中国实用儿科杂志*, 2015, 30(3): 176-179.
- [8] 范永琛. 肺炎支原体感染的流行病学[J]. *中华儿科杂志*, 2016, 54(2): 196-197.
- [9] 郭山春, 徐传伟, 刘玉芹, 等. 不同类型肺炎支原体肺炎儿童血浆凝血酶节蛋白和 D-二聚体的变化[J]. *中国当代儿科杂志*, 2013, 15(8): 619-622.
- [10] Seo YH, Kim JS, Seo SC, et al. Predictive value of C-reactive protein in response to macrolides in children with macrolide-resistant *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Korean J Pediatr*, 2014, 57(4): 186-192.
- [11] Tanaka H. Correlation between radiological and pathological findings in patients with *mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2016, 11(7): 695.
- [12] Peprah KO, Andronikou S, Goussard P. Characteristic magnetic resonance imaging low T₂ signal intensity of necrotic lung parenchyma in children with pulmonary tuberculosis[J]. *J Thoracic Imaging*, 2012, 27(3): 171-174.
- [13] Bernaerts A, Vanhoenacker FM, Parizel PM, et al. Tuberculosis of the central nervous system: overview of neuroradiological findings[J]. *Eur Radiol*, 2003, 13(8): 1876-1890.
- [14] 石林, 郑小华, 黄小华, 等. 多模态 DWI 在急性胰腺炎严重程度分级中的价值[J]. *放射学实践*, 2019, 34(2): 183-187.

(收稿日期: 2020-01-06 修回日期: 2020-06-18)

欢迎订阅 2021 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术期刊, 创刊至今已 36 周年。遵照同行评议、价值导向、等效应用原则, 国内各大学、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序, 《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。2018 年 8 月, 《放射学实践》杂志再次入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999 年之后的第 5 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

主要栏目: 论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊, 每册 25 元, 全年定价 300 元。

国内统一刊号: ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号: 38-122

电话: (027) 69378385

E-mail: fsxsjzz@163.com 网址: <http://www.fsxsj.net>

编辑部地址: 430199 武汉市蔡甸区中法新城同济医院专家社区别墅 C 栋