

MRI 在川崎病冠状动脉 和心肌病变评估中的应用

顾晓红, 孙爱敏, 王 谦, 王静蕾, 朱 铭, 钟玉敏

(上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心放射科, 上海 200127)



摘要: **目的** 探讨 MRI 在儿童川崎病冠状动脉和心肌病变诊断中的应用价值。**方法** 回顾性分析 38 例川崎病患者的心脏 MRI, 包括 3D-SSFP 的冠状动脉成像, 首过灌注成像评估心肌缺血, 对比剂延迟增强 MRI 评估心肌组织学特性, 2D-SSFP 电影序列评价心功能, 同时对 3D-SSFP 和超声心动图测量的冠状动脉瘤最大径进行 Bland-Altman 比较。**结果** 38 例川崎病患者中 28 例 (73.7%) 右冠状动脉(RCA)或左冠状动脉(LCA)瘤样扩张, 左前降支(LAD)瘤的发生率最高, 为 23 例, 其次为 RCA 19 例, RCA 瘤最大径平均为 (7.66 ± 2.10) mm, 高于 LAD (6.11 ± 1.96) mm ($P < 0.05$)。5 例心肌首过灌注显示左心室及室间隔心内膜下缺血, 5 例左心室游离壁及室间隔延迟异常强化, 4 例左心室射血分数 $< 50\%$, 平均为 $(34.0 \pm 15.9)\%$ 。3D-SSFP 和超声心动图测量 RCA 和 LAD 瘤最大径的结果一致。**结论** 利用 MRI 不同序列的成像特点, 可对川崎病的冠状动脉和心肌组织学特性进行综合评估, 包括冠状动脉瘤、血栓、心肌纤维化及心室功能的变化情况。

关键词: 磁共振成像; 川崎病; 冠状动脉瘤; 心肌缺血; 心肌梗死

DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2019.05.028

中图分类号: R445.2; R725.4; R732.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1671(2019)05-0798-05

Application of MRI in evaluation of coronary artery and myocardial lesions in patients with Kawasaki disease

GU Xiaohong, SUN Aimin, WANG Qian, WANG Jinlei, ZHU Ming, ZHONG Yumin

(Department of Radiology, Shanghai Children's Medical Center, Medicine School of

Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, China)

Abstract: Objective To explore the value of MRI in the diagnosis of coronary artery and myocardial lesions in children with Kawasaki disease. **Methods** Cardiac MRI of 38 patients with Kawasaki disease were retrospectively analyzed. MRI sequences included three dimensional steady-state free precession (3D-SSFP) coronary artery imaging, first-pass perfusion to assess myocardial ischemia, late gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging (LGE-MRI) to assess myocardial histology features, and 2D-SSFP cine sequence to evaluate cardiac function. The maximum diameters of coronary aneurysms measured in 3D-SSFP were compared with those measured in echocardiography (ECHO) by Bland-Altman analysis. **Results** Among the 38 cases, there were 28 cases (73.7%) with aneurysmal dilatation in right coronary artery (RCA) or left coronary artery (LCA). The highest incidence of aneurysmal dilatation was in left anterior descending branch (LAD) in 23 cases, and followed by RCA in 19 cases. The maximum diameter of RCA aneurysm (7.66 ± 2.10) mm was higher than that of LAD aneurysm (6.11 ± 1.96) mm with $P < 0.05$. Myocardial first-pass perfusion in 5 cases showed left ventricular and ventricular septum subendocardial ischemia, LGE-MRI in 5 cases showed myocardial delayed enhancement in left ventricular free wall and ventricular septum, and the left ventricular ejection fractions in 4 cases were less than 50%, with an average of $(34.0 \pm 15.9)\%$. 3D-SSFP and ECHO showed good consistency in the maximal diameter measurement of RCA and LAD aneurysm. **Conclusion** The imaging features in different sequences of MRI can be used to comprehensively evaluate the coronary artery and myocardial histological characteristics of Kawasaki disease, including coronary aneurysms, thrombosis, myocardial fibrosis and changes of ventricular function.

Key words: magnetic resonance imaging; Kawasaki disease; coronary aneurysm; myocardial ischemia; myocardial infarction

川崎病是目前儿童后天性心脏病种最常见的病因

之一, 为特殊类型的非特异性体动脉血管炎, 主要侵犯中等大小血管, 可累及心血管系统, 特别是冠状动脉, 可引起冠状动脉瘤样扩张、血栓形成及狭窄等, 同时可侵犯心肌组织, 包括心肌水肿及冠状动脉病变所致的

作者简介: 顾晓红 (1972-), 女, 上海市人, 本科, 主治医师。研究方向: 小儿心脏病影像学诊断。

通信作者: 孙爱敏, E-mail: aiminsun217@yahoo.ca

心肌缺血及心肌梗死, 心功能损害等^[1-3]。目前 MRI 已经作为一种成熟的技术应用于儿童先天性心脏解剖结构、组织学特性及心功能成像中, 本文探讨其在综合评估川崎病中冠状动脉及心肌病变中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2013 年 3 月至 2018 年 1 月在上海儿童医学中心进行心脏 MRI 检查的 38 例临床确诊川崎病患者, 其中男 29 例, 女 9 例; 年龄 11 月~15 岁, 平均(6.50±4.02)岁。

1.2 检查方法 采用 Philips 1.5T Achieva MR 扫描仪。8 通道心脏相控阵线圈。<5 岁或不能配合的患者给予 10% 水合氯醛 0.4 mL/kg 口服或苯巴比妥 5 mg/kg 肌肉注射镇静。

1.2.1 MRI 扫描方案 (1) 电影序列: 采用 2D cine SSFP(B-TFE)横轴位(主动脉弓水平至横膈水平)、四腔位、短轴位(心底部至心尖部)扫描。扫描参数: TR<4.8 ms, TE<2.4 ms, 反转角 60°, 层厚 5~8 mm, 层间隔 0.5~0.8 mm, FOV 260~330 mm×155~255 mm, 体素 1.2~1.4 mm×1.3~1.7 mm, 每层 20~25 幅图像, 3~4 次激励, 回顾性心电门控, 自由呼吸或控制呼吸。(2) 首过灌注扫描: B-TFE T₁WI, 采集心室短轴位图像。扫描参数: TR<3 ms, TE<2 ms, 反转角 50°, 层厚 5~8 mm, 层间隔 3~6 mm, 共 3 层。非离子型对比剂(Gd-DTPA 或钆双胺), 剂量 0.1 mmol/kg。(3) 增强血管造影 4D TRAK 序列。4D TRAK 扫描参数: 体位冠状位, 体素 1.2~1.5×1.3~1.5×0.75~0.9 mm³, (锁孔)百分比 keyhole 40%, 8 次动态扫描。非离子型对比剂(Gd-DTPA 或钆双胺), 剂量 0.1 mmol/kg, 注射对比剂后 12 s 开始扫描。注射对比剂后用 5~10 mL 生理盐水稀释。(4) 延迟增强序列(late gadolinium enhancement magnetic resonance imaging, LGE-MRI) 采用 2D-PSIR(phase sensitive inversion recovery TFE), 4D TRAK 后 10~15 min 采集短轴位和四腔位图像。(5) 三维稳态自由推进(three dimensional steady-state free precession, 3D-SSFP)序列 全心成像: 采集框为冠状位, 覆盖心脏及周围大血管。自由呼吸, 运用前瞻性心电门控和膈肌导航技术, 在呼吸末, 采集心脏收缩末期或舒张中晚期图像, 心电图触发延迟时间和图像采集窗宽因人而异, 具体通过高时间分辨率(60~80 幅/心动周期)、2D SSFP(B-TFE)电影序列的四腔心获得。收缩相对静止期为右房室沟右冠状动脉停止运动至三尖瓣开始开放间期, 舒张相对静止期为右冠状动脉停止运动至心房开始收缩间期。扫描参数: TR<4.8 ms, TE≤2 ms, 反转角 90°, FOV 250~320 mm×

145~250 mm, 体素 1.2~1.7 mm×1.2~1.7 mm×0.6~1 mm。Sense 因子: 2, T₂ 预脉冲(T₂ preparation) 25 ms, 采集窗宽 45~100 ms, 1 次激励。膈肌导航窗宽为 3~7 mm。门控效率 35%~65%。(6) 相位对比技术(phase-contrast magnetic resonance imaging, PC MR): 测量房室瓣过瓣血流流速和流量。扫描参数: TR 3.1 ms, 反转角 20°, 层厚 4 mm, FOV 180~240 mm×135~180 mm, 矩阵 256×192, 2 次采集, 流速编码值为 120~150 cm/s。完整 MRI 扫描时间 35~45 min。

1.2.2 图像分析 用 MIP 技术在工作站进行 3D SSFP 图像冠状动脉重建。同时用飞利浦工作站心脏分析软件测量左右心室收缩末和舒张末的容量, 射血分数, 用体表面积进行校正。同时测量二尖瓣及三尖瓣的过瓣血流流速, 测量 E 峰/A 峰比值。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 11.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。右冠状动脉和左前降支最大径比较采用独立样本 *t* 检验, *P*<0.05 表示差异有统计学意义。应用 Medcal 软件中 Bland-Altman 比较 3D-SSFP 和超声心动图(echocardiography, ECHO) 冠状动脉瘤最大径测量结果的一致性。

2 结果

冠状动脉扩张的定义根据 1984 年日本厚生省的标准^[2]和 2012 年中华医学会儿科学分会心血管组标准, 小于 5 岁的>3 mm, 大于 5 岁的>4 mm, 或是相邻节段的 1.5 倍, 冠状动脉瘤诊断标准: 直径>4 cm。

本组心率为 62~131 次/min, 平均(96.97±16.08)次/min。心率最快 131 次/min, 3D-SSFP 成像仍可较清晰显示右冠状动脉(right coronary artery, RCA) 全程瘤样扩张(图 1)、左前降支(left anterior descending artery, LAD)及左回旋支近端及中段瘤样扩张。

38 例中 28 例(73.7%) 存在 RCA 或左冠状动脉(left coronary artery, LCA) 扩张, 同时存在 RCA 和 LAD 扩张 15 例。LAD 扩张的发生率最高, 为 23 例, 其中多发 3 例(13.0%), 3 例直径 6~8 mm, 5 例直径 ≥8 mm。RCA 扩张(图 2) 19 例, 其中多发或长段瘤样扩张 13 例(68.5%), 6 例直径 6~8 mm, 8 例直径 ≥8 mm。扩张的 LAD 最大径平均值 3.1~10.3 mm, 瘤样扩张的 RCA 最大径 4.5~12.1 mm, RCA 瘤样扩张程度高于 LAD, 两者比较有统计学意义(*P*=0.018, *P*<0.05)(表 1)。左回旋支(left circumflex, LCX) 瘤样扩张 7 例, LCA 分叉处瘤样扩张 6 例, 左冠状动脉主干(left main coronary artery, LMCA) 瘤样扩张 3 例。1 例 RCA 瘤随访 3 年仍持续存在。

3 例冠状动脉内血栓形成, 1 例为 LMCA, 2 例为

LAD。1 例 LAD 瘤样扩张伴血栓形成(图 3A)治疗 38 d 后血栓减小(图 3B)

38 例中合并的心肌病变见表 2。5 例首过灌注显示左心室及室间隔心内膜下缺血(图 4),除 1 例冠状动脉形态正常外,其余 4 例同时存在 RCA、LAD 和 LMCA 瘤,1 例 LMCA 瘤同时伴有血栓形成。

5 例延迟钆剂增强(late gadolinium enhancement, LGE-MRI)显示室间隔及左心室游离壁心内膜下延迟异常强化(图 5),除 1 例冠状动脉形态正常外,其余 4 例同时存在 RCA 和 LAD 瘤,2 例 LAD 伴有血栓形成。

4 例左心室扩大,同时伴左心室射血分数<50%

(12%~48%),平均(34.0±15.9)%。2 例二尖瓣轻至中度反流,1 例中度反流。

3D-SSFP 和 ECHO(检查间隔 1 周之间)在 RCA 及 LAD 瘤的最大值测量结果的一致性评价中,2 组测量值差值均<1.96 个标准差,其中 3D SSFP 和 ECHO 测量 RCA 瘤最大径的差值平均数(0.18±1.25) mm,仅 1 个点(4.3%)位于可信区间外(图 6A),两者测量 LAD 瘤的最大径的差值平均数(0.19±0.90) mm,也仅 1 个点(5.3%)位于可信区间外(图 6B),显示 3D-SSFP 和 ECHO 评价冠状动脉瘤直径有很好的 consistency。

表 1 冠状动脉瘤的分布情况及 3D SSFP 测量冠状动脉瘤的最大径

	LAD	RCA	LCX	LMCA	LCB
例数(个)	23	19	7	3	6
冠状动脉瘤最大径(mm)	6.11±1.96	7.66±2.10	5.48±1.08	5.73±2.47	6.45±2.90
<i>t</i>			2.47		
<i>P</i>			0.018		

注:LCB,左冠状动脉分叉

表 2 心肌病变和相关冠状动脉病变分布情况

	例数	合并 RCA 和 LAD 瘤(例)	合并血栓(例)	正常冠状动脉(例)
心肌缺血性改变	5	4	1(LMCA)	1
心肌延迟异常强化	5	4	2(LAD)	1
左心室射血分数降低(<50%)	4	2	1(LAD)	2

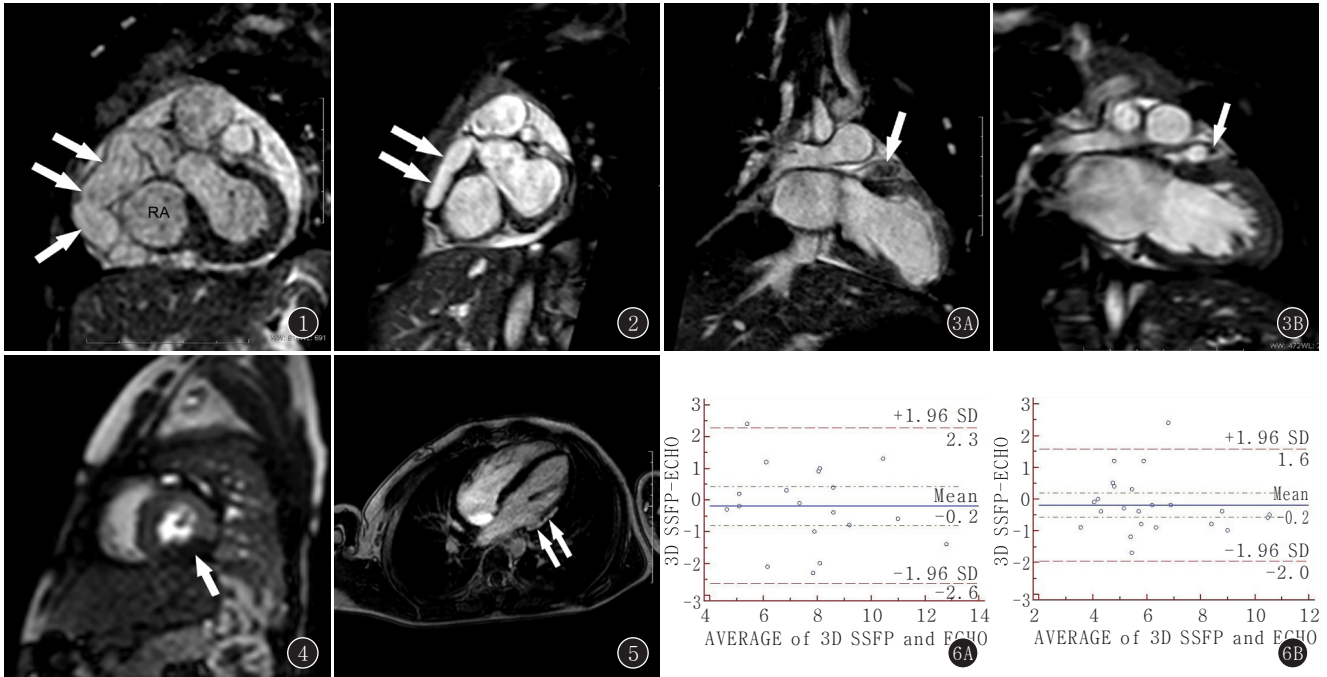


图 1 男,5 岁,心率 131 次/min,伴心律不齐,RCA 全程瘤样扩张。RA=右心房 图 2 3D-SSFP MIP 显示 RCA 近端、中段瘤 图 3A,B 男,6 岁,LAD 瘤样扩张伴血栓形成。A.治疗前;B.治疗后 图 4 心肌灌注成像显示心尖左心室下壁充盈缺损 图 5 LGE MRI 显示左心室基底下侧壁心内膜下及肌层延迟异常强化 图 6A,B 3D SSFP 和 ECHO 冠状动脉瘤的最大径测量结果的 Bland-Altman 图。A.RCA;B.LAD

3 讨论

3.1 3D-SSFP 序列对冠状动脉瘤样扩张及血栓形成的评估 冠状动脉瘤是川崎病中最常见的并发症, 主要由于血管壁内皮细胞和平滑肌细胞受到炎症浸润影响, 破坏了血管壁结构的完整性, 引起冠状动脉扩张和冠状动脉瘤。冠状动脉瘤最常受累的部位为 LAD 近端, 其次 RCA 近端, LMCA, LCX 及 RCA 远端^[2]。本组中冠状动脉瘤好发的部位与之相似, 但 RCA 的扩张程度则大于 LAD。随着病程早期静脉注射免疫球蛋白等的应用^[3], 冠状动脉瘤的发生率已经由 25% 降到 5%~10%, 50%~70% 的冠状动脉瘤可在 1~2 年冠状动脉病变完全恢复, 但仍有部分病例瘤样扩张会持续存在^[1,4]。瘤样扩张的冠状动脉由于流速减慢有血栓形成风险, 所以系列随访至关重要, 可及时干预减少心肌缺血及梗死等并发症的发生。

目前超声心动图 (echocardiography, ECHO) 仍是川崎病冠状动脉病变影像检查方法的首选^[4], 对于近端及中段冠状动脉瘤诊断敏感性及特异性较高, 但 ECHO 图像易受透声窗影响, 对冠状动脉中远端及分支病变的检出有局限性。近年来 CT 技术发展迅速, 双源 CT 及宽探测器 CT 的应用, 成像的时间及空间分辨率得以提高, 辐射剂量明显降低, 已经普遍应用于儿童先天性心脏病及冠状动脉病变的诊断中。但生长发育阶段的儿童对辐射的敏感性远高于成人, 在儿童中应用仍应谨慎选择, 所以 CT 是 ECHO 是很好的补充手段, 但不适宜作为随访手段。作为金标准的心血管造影因为其创伤性, 目前已较少应用。

近年来, MRI 技术不断提高, MRI 在儿童心脏病解剖结构诊断中的应用中越来越广泛及成熟^[5-7], 如无需对比剂的血管成像 3D-SSFP 序列, 不同于传统对比剂增强的血管成像, 引入了心电门控及膈肌导航技术, 可选择呼吸末以及心脏运动周期中相对静止的收缩末期或舒张中晚期进行成像, 克服了呼吸及心脏搏动的运动伪影, 可清晰显示运动幅度较大的主动脉根部和冠状动脉。3D-SSFP 冠状动脉成像质量与准确的心电触发时相选择及合理的采集窗宽密切相关^[7-8]。心电触发延迟时间及采集窗宽可以从高时间分辨率 (每个心动周期 60~80 幅的图像) 的 2D Cine SSFP 四腔心序列中获得。成人 3D-SSFP 冠状动脉成像的心电触发时间一般选择舒张中晚期, 儿童由于心率较快, 一般 >80 次/min, 所以心电触发时间多选择收缩末期成像^[8-9], 且尽可能选择相对窄的采集窗宽。3D-SSFP 成像无需对比剂, 利用高信号的血流和低信号的心肌和血管壁之间的自然对比进行成像, 但 3D-SSFP 序列

组织信号强度取决于 T_2/T_1 的比值, 由于对比剂可缩短 T_1 值, 所以本组均在注射对比剂后进行 3D SSFP 成像, 可以提高血池与血管壁的对比如度, 更清晰显示冠状动脉解剖结构。本组中 3D-SSFP 可全程显示 RCA 瘤, LMCA、LAD 和左回旋支近端, 中段也均可清晰显示, 远端显示仍有局限性。3D-SSFP 在显示冠状动脉管腔扩张的同时, 还可以显示管腔内的充盈缺损, 即血栓形成。本组中 1 例 RCA 瘤随访 3 年持续存在, 1 例 LAD 血栓形成经治疗后好转。所以, 3D-SSFP 序列是评估冠状动脉瘤的变化及监测血栓形成很好的随访手段^[9]。

3.2 MRI 对心肌病变及心功能的评价 川崎病除了可引起冠状动脉瘤, 不同时期还可引起不同的心肌损害。急性期, 在病程的 1~2 周, 微血管及小血管炎所致的血管壁渗透性增高, 可引起心肌水肿^[10]。慢性期, 继发于冠状动脉瘤内血栓形成以及冠状动脉狭窄, 可引起心肌缺血性的改变, 以及心肌梗死, 严重心肌损害可引起低心排量。ECHO 和 CT 在心功能及心肌组织学特性评估方面有局限性, 而 MRI 的多种序列则可以反映不同时期的心肌的病变。在急性期, 水肿心肌 T_2 WI 序列可呈高信号, 或心肌与骨骼肌的 T_2 比值 > 2^[11]。慢性期, 心肌缺血性改变可通过首过灌注成像^[12-14] 显示心肌缺血的部位、范围。心肌梗死则可通过 LGE-MRI 在注射对比剂后 15 min 左右成像, 显示梗死的心肌, 受损心肌因心肌纤维化可产生异常强化^[14-16]。LGE-MRI 可以帮助了解心肌的活性, 对预后及治疗有重要指导作用。本组中有 5 例左心室游离壁及室间隔 LGE-MRI 延迟异常强化。其中 1 例并无冠状动脉瘤, 所以不可单纯以冠状动脉瘤的有无, 来判断病情恢复及预后, 即使冠状动脉瘤恢复, 仍可发生冠状动脉瘤后继发性心肌受损。严重心肌病变可引起左心功能不全^[3], 本组中有 4 例左心室射血分数 < 50%, 其中 1 例严重低下, 仅 12%。MRI 心功能的评价既可以通过目前已经发展成熟的 2D cine SSFP 序列, 测量左右心室的舒张末及收缩末容积, 心输出量及射血分数等, 对左右心室收缩功能做出定量评估, 以及定性发现左右心室局部心肌壁的正常运动, 同时还可通过 PC MRI 同时测量二尖瓣及三尖瓣过瓣血流, 计算 E/A 数值, 来检测有无左右心室心肌间的不协调运动, 异常运动, 及舒张功能不全^[17]。

川崎病的病程是一个变化的过程, 不仅会引起冠状动脉瘤, 还会继发血栓形成, 同时引起心肌缺血和梗死, 以及心功能下降等, 所以需要系列随访, 进行危险分层和治疗管理。MRI 可利用其多种序列的多元化

成像,对川崎病的心血管病变进行综合评估,包括冠状动脉的解剖结构,心肌的灌注情况,心肌的活性以及心功能的情况,是川崎病长期随访的很好的检查手段。

参考文献:

[1] MCCRINDLE B W, ROWLEY A H, NEWBURGER J W, et al. Diagnosis, Treatment, and Long-Term Management of Kawasaki Disease: A Scientific Statement for Health Professionals From the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2017, 135 (17): e927 – e999. DOI:10.1161/CIR.0000000000000484.

[2] NEWBURGER J W, TAKAHASHI M, GERBER M A, et al. Diagnosis, treatment, and long-term management of Kawasaki disease: a statement for health professionals from the Committee on Rheumatic Fever, Endocarditis, and Kawasaki Disease, Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association. *Cardiovascular Disease in the Young* [J]. *Pediatrics*, 2004, 114 (6): 1708 – 1733. DOI:10.1542/peds.2004-2182.

[3] NEWBURGER J W, TAKAHASHI M, BURNS J C, et al. Kawasaki disease [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 67 (14): 1738 – 1749. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.12.073.

[4] 孙雪瑞, 孙妍, 杨娇, 等. 单中心 338 例川崎病并发冠状动脉瘤的超声诊断与随访分析 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2018, 27 (2): 139 – 142. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2018.02.009.

[5] HUSSAIN T, LOSSNITZER D, BELLSHAM-REVELL H, et al. Three dimensional dual-phase whole-heart MR imaging: clinical implications for congenital heart disease [J]. *Radiology*, 2012, 263 (2): 547 – 554. DOI: 10.1148/radiol.12111700.

[6] 孙爱敏, 钟玉敏, 王谦, 等. 双时相 3D SSFP 成像技术在先天性心脏病诊断中的应用初探 [J]. *放射学实践*, 2014, 29 (8): 860 – 863. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.08.003.

[7] 杨波, 胡春峰, 徐凯, 等. 1.5T MR 多序列检查对房间隔、室间隔缺损的诊断价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2015, 31 (5): 751 – 754, 771. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2015.05.012.

[8] TANGCHAROEN T, BELL A, HEGDE S, et al. Detection of coronary artery anomalies in infants and young children with congenital heart disease by using MR Imaging [J]. *Radiology*, 2011, 259 (1): 240 – 247. DOI: 10.1148/radiol.10100828.

[9] GREIL G F, SEEGER A, MILLER S, et al. Magnetic resonance angiography and vessel wall imaging in children with Kawasaki disease [J]. *Pediatr Radiol*, 2007, 37: 666 – 673. DOI: 10.1007/s00247-007-0498-x.

[10] HARADA M, YOKOUCHI Y, OHARASEKI T, et al. Histopathological characteristics of myocarditis in acute-phase Kawasaki disease [J]. *Histopathology*, 2012, 61 (6): 1156 – 1167. DOI: 10.1111/j.1365-2559.2012.04332.x.

[11] MAVROGENI S, PAPAPOPOULOS G, HUSSAIN T, et al. The emerging role of cardiovascular magnetic resonance in the evaluation of Kawasaki disease [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2013, 29 (8): 1787 – 1798. DOI: 10.1007/s10554-013-0276-9.

[12] TACKE C E, KUIPERS I M, GROENINK M, et al. Cardiac magnetic resonance imaging for noninvasive assessment of cardiovascular disease during the follow-up of patients with kawasaki disease [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2011, 4 (6): 712 – 720. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.111.965996.

[13] FRATZ S, CHUNG T, GREIL G F, et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2013, 15: 51. DOI: 10.1186/1532-429X-15-51.

[14] 马新伟, 许建铭, 王培军, 等. 多模态磁共振心肌灌注成像对冠心病心肌活性的诊断价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2018, 34 (6): 881 – 884. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2018.06.017.

[15] 李莉佳. 心脏磁共振研究技术发展及其主要临床应用 [J]. *实用放射学杂志*, 2017, 33 (11): 1790 – 1792. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2017.11.037.

[16] ETESAMI M, GILKESON R C, RAJIAH P, et al. Utility of late gadolinium enhancement in pediatric cardiac MRI [J]. *Pediatr Radiol*, 2016, 46 (8): 1096 – 1113. DOI: 10.1007/s00247-015-3526-2.

[17] SUN A M, AIHABSHAN F, CHEUNG M, et al. Delayed onset of tricuspid valve flow in repaired tetralogy of Fallot: an additional mechanism of diastolic dysfunction and interventricular dyssynchrony [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2011, 13: 43. DOI: 10.1186/1532-429X-13-43.

(收稿日期: 2018-08-21; 修回日期: 2018-09-04)

(上接第 758 页)

[5] 马红钦, 姚若全. 肝肉瘤样癌 1 例并文献复习 [J]. *现代肿瘤医学*, 2012, 20 (4): 765 – 767. DOI: 10.3969/j.issn.1672-4992.2012.04.33.

[6] 黄海建, 余英豪, 郑智勇. 肝肉瘤样癌的临床病理特征 [J]. *世界华人消化杂志*, 2010, 18 (17): 1780 – 1785. DOI: 10.3969/j.issn.1009-3079.2010.17.007.

[7] YOSHIDA N, MIDORIKAWA Y, KAJIWARA T, et al. Hepatocellular carcinoma with sarcomatoid change without anticancer therapies [J]. *Case Rep Gastroenterol*, 2013, 7 (1): 169 – 174. DOI: 10.1159/000350558.

[8] WATANABE Y, MATSUMOTO N, OGAWA M, et al. Sarcomatoid hepatocellular carcinoma with spontaneous intraperitoneal bleeding [J].

Intern Med, 2015, 54 (13): 1613 – 1617. DOI: 10.2169/internal-medicine.54.3523.

[9] KAMAT R N, WAGHMARE R S. Sarcomatoid hepatocellular carcinoma with bilateral adrenal metastases [J]. *J Assoc Physicians India*, 2013, 61 (5): 354 – 356.

[10] 李英丽, 吴秀蓉. 混合型肝癌的 CT 和 MRI 表现 [J]. *中华放射学杂志*, 2012, 46 (8): 701 – 704. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.08.008.

[11] 梁丹, 李强, 柴琛. 肝脏原发性癌肉瘤 1 例报告 [J]. *临床肝胆病杂志*, 2014, 30 (11): 1206 – 1208. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2014.11.030.

(收稿日期: 2018-06-06; 修回日期: 2018-08-04)