

· 综述 ·

常见临床适应症的 30 分钟心脏大血管磁共振:心血管磁共振学会白皮书解读

孔玲玲,孙婷婷,王炳权,李能,邓小毅

【摘要】 近数十年来,心脏磁共振(CMR)在临床应用越来越广泛,但在常规心血管检查因扫描时间较长受到很多限制。30 分钟 CMR 检查技术可以解决工作中常见的临床问题,包括心力衰竭、心肌病、室性心律失常、缺血性心脏病、非缺血性心肌损伤的定性和定量诊断。2022 年 3 月,心脏磁共振成像杂志(JCMR)杂志发表了《常见临床适应症的 30 分钟心脏大血管磁共振:心血管磁共振学会白皮书》,推荐将此扫描流程纳入标准化方案,在 30 分钟或更短时间内完成 CMR 检查,将大力提高 CMR 在临床中的应用,特别是在基层医院推广应用。笔者将对这一共识主要内容进行解读,旨在加速国内快速 CMR 检查技术方案的临床应用。

【关键词】 心肌病;心肌炎;心力衰竭;室性心律失常;缺血性心脏病;非缺血性心肌损伤;心脏磁共振;磁共振成像;临床实践;专家共识

【中图分类号】 R445.2;R542.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2024)03-0416-05
DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.03.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



随着社会发展及国民生活方式变化,尤其是人口老龄化及城镇化进程的加速,居民不健康生活方式问题日益突出,心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)包括冠心病、心力衰竭、恶性心律失常等,对居民健康的影响更加显著。中国心血管健康与疾病报告显示^[1]:2019 年农村、城市 CVD 分别占死因的 46.74%和 44.26%。每 5 例死亡中就有 2 例死于 CVD。近年来心脏磁共振(cardiac magnetic resonance, CMR)逐渐成为临床上心脏常规检查之一,其具有成像参数多、软组织分辨率高、无创、无电离辐射等优点,一次检查即可获得心脏解剖、功能、灌注、组织特征等综合信息。大量研究表明 CMR 已经作为评估常见心脏疾病的无创“参考标准”^[2],并越来越多地应用于心血管诊疗指南中^[3-7]。CMR 对于显示心肌组织结构特征和功能细微变化具有独特敏感性,在患者的治疗和预后评估中起到了重要的作用。但是长时间扫描让较多患者难以接受,而且成本及收益不成比例,限制了其常规广泛开展。所以,推广快速标准化且在大多数设备上均可完成的扫描方案尤为重要。2022 年 3 月,心脏磁共振成像杂志(Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance, JCMR)发表了《常见临床适应症的 30 分钟心脏大血管磁共振:心血管磁共振学会白皮

书》^[8],在这份专家共识中,30 分钟 CMR 检查符合国际心血管实践指南和心血管磁共振学会的标准化方案^[9]。笔者将在本文中对这一共识主要内容进行解读,让国内同道更好地了解该技术方案,加速国内快速 CMR 检查技术方案的临床应用。

适合高效 CMR 的常见心脏疾病

1. 心力衰竭或心肌病

精准诊断对于心力衰竭或心肌病患者的治疗效果至关重要^[10]。心脏电影成像主要用于评估心功能,是计算左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)和右心室射血分数(right ventricular ejection fraction, RVEF)的“参考标准”,可以准确分类为射血分数保留心力衰竭、射血分数中间范围心力衰竭和射血分数降低心力衰竭,并评估患者预后^[11]。CMR 还可以判断心力衰竭的病因,以鉴别扩张型心肌病、肥厚型心肌病^[12]和心肌致密化不全^[13],这些疾病不仅评估患者本身,而且需要考虑对有遗传病风险的患者家属进行评估^[14-16]。

导致心力衰竭或心肌病变的原因可能包括缺血性、非缺血性、浸润性或炎症损伤。钆延迟增强(late-gadolinium-enhancement, LGE)成像技术通过心肌不同强化模式来进行鉴别,心内膜下强化提示梗死瘢痕和缺血性损伤,心肌中层强化提示非缺血性心肌病,心外膜强化以心肌炎为多^[17]。LGE 还可提示心脏结节病^[18-19]和淀粉样变性^[20]等心肌浸润性疾病,均得到组织病理学证实^[21]。

作者单位: 215600 江苏,江苏大学附属张家港海洋医院影像科

作者简介: 孔玲玲(1983-),女,江苏盐城人,副主任技师,主要从事磁共振成像技术工作。

通讯作者: 邓小毅, E-mail: 13921956545@139.com

基金项目: 江苏省张家港市科学技术局科技计划项目(ZKS2141, ZKS2042)

2. 室性心律失常

室性心律失常患者通常有潜在的心脏病,可能会危及生命,其通常由受损心肌内的折返或触发活动导致。由于 CMR 能够准确描述心脏结构形态和功能,其非常适合诊断与室性心律失常相关的多种潜在心脏病^[22-23]。

心脏病患者由于室性心律失常的发生,猝死的风险相应增加。目前,用于确定患者是否需要植入心律转复除颤器的主要指标是 LVEF^[24],然而,仅凭 LVEF 预测猝死风险并不可靠,因为 LVEF 降低的患者可能不会出现危及生命的室性心律失常,而其他患者尽管 LVEF 保持不变,但仍会发生心源性猝死。Pontone 等^[25]研究结果证明,基于 CMR 的 LVEF 与 LGE 的心肌特征相结合,在识别植入心律转复除颤器后受益的室性心律失常患者方面优于超声心动图。LGE 作为鉴别心律失常病因的价值已在缺血性心脏病、扩张型心肌病、肥厚型心肌病和浸润性心肌病中得到证实^[26]。

3. 缺血性心脏病

缺血性心脏病即冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病),是由冠状动脉血管发生粥样硬化病变而引起血管腔狭窄或阻塞造成心肌缺血、梗死而导致的心脏疾病。LGE 作为评估心肌梗死瘢痕的参考标准^[27]。心肌梗死或瘢痕均表现为高信号,表明心肌活性丧失,同时伴随受累心肌节段运动异常。如果 LGE 显示的瘢痕透壁范围小于 50%,可以在血运重建后恢复心肌功能^[28-29]。

灌注成像结合负荷的 CMR 检查技术,在确定缺血心肌的部位和范围方面优于单光子发射计算机断层扫描和超声心动图^[30-31]。在患者预后方面,LGE 成像与冠状动脉血流储备分数的参考标准相比等效,且成本更低^[32]。研究证实,灌注成像正常的患者预后良好,而灌注成像异常患者发生不良心血管事件几率大大增加^[33-35]。因此,胸痛评估和诊断指南明确了适用于患有或未患有已知冠心病患者的 CMR 适应症^[36]。

4. 心肌炎

临床中急性胸痛可以由多种原因引起,不少胸痛患者并不是冠心病所致,心肌炎或者非冠状动脉阻塞等比较常见。多个研究显示新型冠状病毒患者合并心肌损伤比例高,这也是引起胸痛的原因之一,CMR 主要表现为心肌炎信号改变^[37-38]。所以,在新型冠状病毒大流行期间,严重急性呼吸综合征患者更多,CMR 可以对这些心肌病变进行鉴别,准确区分缺血性和非缺血性心肌损伤,同时还能显示心肌和心包炎症程度及范围^[39]。

CMR 基本条件

1. 工作流程

白皮书要求快速的 CMR 扫描方案需要由接受过培训的医生和技术人员进行高效配合,并在常规检查中对扫描方案保持一致性,提高检查效率。在增强检查期间还需要一名护士和有资质的医生共同监测患者有无药物过敏情况。

患者准备:在扫描当前患者时,确保下一个患者已经在等候区完成扫描前准备和筛查 CMR 禁忌症,放置好静脉留置针,并且对患者进行屏气训练,以提高图像采集效率,对于不能屏气配合的患者可以让家属协助。如果患者有心脏植入装置,检查时必须遵照植入装置说明书和相关指南评价其安全性。

CMR 检查室准备:除了为患者做好检查前准备外,当技术人员将患者放置在磁共振检查台上开始扫描前,应提前将高压注射器和其他设备放在检查室内,这样可以避免在扫描过程中浪费时间。检查前还需要使用心电图门控,在患者胸口皮肤上贴上与 CMR 兼容电极片,要保证心电图达到最佳检查效果。

2. 硬件、扫描仪和快速 CMR 的安全性

临床磁共振成像中常见的扫描仪包括 1.5T 和 3T。大多数 CMR 检查可以在 1.5T 场强下进行,因为 1.5T 的心电门控信号稳定、比吸收率低、电影序列不易产生磁敏感伪影,但是 3T 具有高信噪比,提高了心肌灌注和延迟增强的成像质量,总体来说 3T 磁共振成像优势更加显著。

白皮书建议增强扫描需要配备有自动注射功能的高压注射器,要求注射流率至少 3 mL/s,以确保精准的对比剂注射时间。在日常工作中要对患者进行实时监测并定期进行急救演练,熟悉急救流程,一旦出现意外情况能快速将患者从扫描仪孔径中移出,并在检查室外进行复苏抢救。结合本院实际情况,设备间配备急救按钮,出现对比剂过敏等紧急情况急救中心能够迅速到达现场,保障患者的生命安全。

30 分钟 CMR 检查的基本扫描技术

白皮书要求标准心脏检查的扫描技术包括定位像、心肌灌注成像、电影成像和 LGE 成像,这些技术可以组合成一个高效且标准化的扫描方案,并在 30 分钟内完成高质量的 CMR。下面将对每一项检查步骤进行更详细的说明(表 1)。

1. 定位像

标准面定位像包括横轴面、冠状面、矢状面,通常在一次屏气内完成并结合心电图门控在单个心动周期内采集。之后在整个心脏周期内收集一组横轴面(8~

表1 标准化 30 分钟 CMR 检查的基本技术

CMR 技术	CMR 序列	扫描方案	扫描时间
定位像	单次激发 FSE、GRE 或者亮血 bSSFP	标准心脏定位:二腔心、四腔心、三腔心、短轴位	5 min
心肌负荷灌注成像	饱和恢复 bSSFP 或 GRE	短轴位(基底部、中间部、心尖部);四腔心;静脉注射对比剂(流率 3~7 mL/s, 30 mL 生理盐水冲洗)	5 min
电影成像	k 空间分段电影 bSSFP 或者 k-空间分段电影 GRE,例如,减少磁化伪影	标准心脏平面:二腔心、四腔心、三腔心;采用呼气末屏气方式	8~10 min
LGE	二维 IR bSSFP 或 GRE,相位敏感反转恢复序列	选择使正常心肌为零的反转时间,最好采用短轴位;标准心脏平面(与电影成像相同)	5~10 min

注:bSSFP 为平衡稳态自由进动,FSE 为快速自旋回波,GRE 为梯度回波,IR 为反转恢复

10 mm 层厚)图像,可采用单次激发快速自旋回波、梯度回波或亮血平衡稳态自由进动(balanced steady-state free precession, bSSFP)序列。最后,使用相同的单次激发技术获得心脏层面定位像,包括长轴二腔心、四腔心、三腔心或左室流入流出道和短轴二腔心。对于经验丰富的技术人员来说,采集的时间总共不超过 5 分钟。

2. 心肌负荷灌注成像

心肌负荷灌注成像是检测心肌缺血的主要 CMR 方法。常采用饱和恢复 bSSFP 序列或梯度回波序列。正常心肌组织灌注呈高信号,而灌注减少的心肌缺血区域对比剂浓度低,呈低信号。采用小剂量注射双嘧达莫或者腺苷药物,待冠状动脉快速扩张后,立刻采用静脉团注方式,以 3~7 mL/s 的流率注射对比剂,获得动态灌注图像。对比剂剂量取决于对比剂类型和患者体重,注射对比剂后应持续注射 30 mL 生理盐水。当对比剂到达左心室之前,嘱咐患者屏住呼吸,以避免出现运动伪影或图像错层。灌注扫描序列时间一般在 1 min 左右,延迟 15 min 后进行静息灌注成像可以缩短扫描时间,包括患者准备和恢复时间负荷灌注成像约需 5 min。心肌负荷灌注成像目前在国内临床实际开展较少,大多数医院常规只进行静息灌注成像,扫描时间一般 1 min 左右。

3. 电影成像

电影成像是通过多次屏气采集多层短轴位图像,获得每层短轴位心动周期内的动态图像。可用于评估瓣膜功能、整体和节段收缩力、室壁运动异常,以及计算 LVEF 和 RVEF。由于原始(k 空间)数据必须以分段方式在多个心动周期内采集,因此需要患者屏气以减少呼吸伪影。研究表明,采用呼气末屏气可以保证层面间的位置一致性^[9]。电影图像需要在不同的方向采集,以全面评估心功能,包括多层短轴二腔、长轴二腔、四腔及三腔心采集。扫描时需要患者进行屏气,每个层面扫描时间约为 5~15 s,加上屏气之间的恢复,每 30 秒左右采集一层,共采集 16 层左右,完成常规电影序列大约需要 8 min,是 CMR 检查中最耗时的部分之一。专家共识指出可以通过减少相位编码方

向、降低相位编码方向的分辨率、增加读出带宽、应用并行采集技术和使用部分傅里叶变换技术来缩短屏气时间。对于不能屏气配合的患者,可以通过多次(3~4 次)平均自由呼吸或实时采集来减轻呼吸伪影。为了提高 CMR 检查效率,电影成像放在注射对比剂后采集,充分利用 LGE 成像等待的 10~15 min 时间,目前国内 CMR 检查中,更习惯首先进行电影扫描,对于灌注后进行电影成像需要更多的推广应用。

4. LGE 成像

LGE 是在静脉注射钆对比剂 10~15 min 后进行扫描成像。正常心肌在注射对比剂后 10~15 min,对比剂廓清,显示为低信号,但是坏死心肌会残留对比剂,显示为高信号。LGE 图像是使用反转恢复序列或梯度回波序列采集图像。通过 scout 预扫描确定最佳反转时间(inversion time, TI),以使正常心肌信号为零,最大程度提高正常和坏死心肌之间的对比度。目前临床上相位敏感反转恢复序列应用较多,该序列在 180°反转脉冲之后分别在两次心动周期采集了两次信号,利用相位校正,能保证正常心肌信号被抑制,并可以纠正 TI 偏差导致的抑制效果差。LGE 图像仅采集舒张末期的单个时相,因此每个心动周期的采集窗口可能比电影扫描长得多,但不应超过 200 ms(心动过速患者采集时间窗更短)。LGE 成像的总采集时间为 5~10 min(取决于采集的层面数量)。

30 分钟 CMR 检查额外功能成像

白皮书要求标准心脏检查的扫描技术包括定位像、心肌灌注、电影和 LGE 成像。在临床实践中,怀疑心肌炎患者一般需要 T₂WI 黑血序列观察心肌水肿范围及程度。随着定量参数序列的发展,定量 T₁-mapping、T₂-mapping 得到广泛研究和应用,对于配备了相应序列的医院可能会增加这些定量序列成像。例如,在非缺血性心肌病患者中,可以获得心肌的 T₁WI 和 T₂WI,或者可以获得定量 T₁ 和 T₂ 值,以更好地描述心肌特征,更准确地诊断特定类型的心肌病并评估治疗效果^[40]。对于右心相关疾病患者,可能需要对右心进行电影和 LGE 成像(如右心室流出道和右心室流

入道切面),评估致心律失常性心肌病的右室功能^[41]。

结 论

大多数磁共振设备可通过 30 分钟 CMR 检查对常见心肌病变进行定性和定量检测。影像科检查人员应加强与临床医生的合作,为广大心血管病患者提供更可靠的诊疗方案。这份共识中虽然没有涉及医生和技术人员的培训方案,但这种高效率的检查方案可促使影像科室改进和优化工作流程。需要特别说明的是,30 分钟内完成心脏的扫描方案,离不开受检者良好的心率和屏气配合,而且该时间是净扫描时间不包括前期准备和后期观察时间,且需要额外附加序列的检查时间也不包括在内。

参考文献:

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组,胡盛寿.中国心血管健康与疾病报告 2021 概要[J].中国循环杂志,2022,37(6):553-578.
- [2] 王家鑫,杨凯,赵世华.2020 SCMR 心血管磁共振临床指征专家共识解读[J].磁共振成像,2021,12(5):85-89.
- [3] Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines [J]. *Circulation*, 2021, 143(5): e72-e227.
- [4] Dorbala S, Ando Y, Bokhari S, et al. ASNC/AHA/ASE/EANM/HFSA/ISA/SCMR/SNMMI expert consensus recommendations for multimodality imaging in cardiac amyloidosis: part 1 of 2-evidence base and standardized methods of imaging [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2021, 14(7): e000029.
- [5] Dorbala S, Ando Y, Bokhari S, et al. ASNC/AHA/ASE/EANM/HFSA/ISA/SCMR/SNMMI expert consensus recommendations for multimodality imaging in cardiac amyloidosis: part 2 of 2-diagnostic criteria and appropriate utilization [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2021, 14(7): e000030.
- [6] 石美晶,费宇杰,陶静雯,等.心脏磁共振在左心房评价中的临床应用与研究进展[J].放射学实践,2021,36(1):128-132.
- [7] 张莉莎,郝发宝.CMR 对扩张性心肌病的应用价值[J].国际医学放射学杂志,2022,45(2):157-162,200.
- [8] Raman SV, Markl M, Patel AR, et al. 30-minute CMR for common clinical indications: a society for cardiovascular magnetic resonance white paper [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2022, 24(1): 1-11.
- [9] Kramer CM, Barkhausen J, Bucciarelli-Ducci C, et al. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2020, 22(1): 17.
- [10] Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(16): e147-e239.
- [11] Peterzan MA, Rider OJ, Anderson LJ. The role of cardiovascular magnetic resonance imaging in heart failure [J]. *Card Fail Rev*, 2016, 2(2): 115-122.
- [12] Mitropoulou P, Georgiopoulos G, Figliozzi S, et al. Multi-modality imaging in dilated cardiomyopathy: with a focus on the role of cardiac magnetic resonance [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2020, 7: 97.
- [13] van Waning JI, Caliskan K, Chelu RG, et al. Diagnostic cardiovascular magnetic resonance imaging criteria in noncompaction cardiomyopathy and the yield of genetic testing [J]. *Can J Cardiol*, 2021, 37(3): 433-442.
- [14] Piriou N, Marteau L, Kyndt F, et al. Familial screening in case of acute myocarditis reveals inherited arrhythmogenic left ventricular cardiomyopathies [J]. *ESC Heart Fail*, 2020, 7(4): 1520-1533.
- [15] Ommen SR, Mital S, Burke MA, et al. 2020 AHA/ACC guideline for the diagnosis and treatment of patients with hypertrophic cardiomyopathy: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines [J]. *Circulation*, 2020, 142(25): e558-e631.
- [16] Jurlander R, Mills HL, Espersen KI, et al. Screening relatives in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: yield of imaging and electrical investigations [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(2): 175-182.
- [17] Gaztanaga J, Paruchuri V, Elias E, et al. Prognostic value of late gadolinium enhancement in nonischemic cardiomyopathy [J]. *Am J Cardiol*, 2016, 118(7): 1063-1068.
- [18] Watanabe E, Kimura F, Nakajima T, et al. Late gadolinium enhancement in cardiac sarcoidosis: characteristic magnetic resonance findings and relationship with left ventricular function [J]. *J Thorac Imaging*, 2013, 28(1): 60-66.
- [19] Blankstein R, Waller AH. Evaluation of known or suspected cardiac sarcoidosis [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2016, 9(3): e000867.
- [20] Fontana M, Pica S, Reant P, et al. Prognostic value of late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance in cardiac amyloidosis [J]. *Circulation*, 2015, 132(16): 1570-1579.
- [21] Iles LM, Ellims AH, Llewellyn H, et al. Histological validation of cardiac magnetic resonance analysis of regional and diffuse interstitial myocardial fibrosis [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(1): 14-22.
- [22] Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, et al. 2017 AHA/ACC/HRS guideline for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines and the heart rhythm society [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(14): e91-e220.
- [23] Andreini D, Dello Russo A, Pontone G, et al. CMR for identifying the substrate of ventricular arrhythmia in patients with normal echocardiography [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(2 Pt 1): 410-421.
- [24] Goldberger JJ, Buxton AE, Cain M, et al. Risk stratification for arrhythmic sudden cardiac death [J]. *Circulation*, 2011, 123(21): 2423-2430.
- [25] Pontone G, Guaricci AI, Andreini D, et al. Prognostic benefit of cardiac magnetic resonance over transthoracic echocardiography for the assessment of ischemic and nonischemic dilated cardiomyopathy patients referred for the evaluation of primary prevention implantable cardioverter-defibrillator therapy [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2016, 9(10): e004956.

- [26] Di Marco A, Anguera I, Schmitt M, et al. Late gadolinium enhancement and the risk for ventricular arrhythmias or sudden death in dilated cardiomyopathy: Systematic review and meta-analysis[J]. *JACC Heart Fail*, 2017, 5(1): 28-38.
- [27] Emrich T, Halfmann M, Schoepf UJ, et al. CMR for myocardial characterization in ischemic heart disease: state-of-the-art and future developments[J]. *Eur Radiol Exp*, 2021, 5(1): 14.
- [28] Kim RJ, Wu E, Rafael A, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction[J]. *New Engl J Med*, 2000, 343(20): 1445-1453.
- [29] Selvanayagam JB, Kardos A, Francis JM, et al. Value of delayed-enhancement cardiovascular magnetic resonance imaging in predicting myocardial viability after surgical revascularization[J]. *Circulation*, 2004, 110(12): 1535-1541.
- [30] Schwitter J, Wacker CM, Wilke N, et al. MR-IMPACT II: magnetic resonance imaging for myocardial perfusion assessment in coronary artery disease trial: perfusion-cardiac magnetic resonance vs. single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease: a comparative multicentre, multivendor trial[J]. *Eur Heart J*, 2013, 34(10): 775-781.
- [31] Danad I, Szymonifka J, Twisk JWR, et al. Diagnostic performance of cardiac imaging methods to diagnose ischaemia-causing coronary artery disease when directly compared with fractional flow reserve as a reference standard: a meta-analysis[J]. *Eur Heart J*, 2017, 38(13): 991-998.
- [32] Nagel E, Greenwood JP, McCann GP, et al. Magnetic resonance perfusion or fractional flow reserve in coronary disease[J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(25): 2418-2428.
- [33] Pezel T, Hovasse T, Kinnel M, et al. Prognostic value of stress cardiovascular magnetic resonance in asymptomatic patients with known coronary artery disease[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2021, 23(1): 19.
- [34] Vincenti G, Masci PG, Monney P, et al. Stress perfusion CMR in patients with known and suspected CAD: prognostic value and optimal ischemic threshold for revascularization[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(5): 526-537.
- [35] Antiochos P, Ge Y, Steel K, et al. Evaluation of stress cardiac magnetic resonance imaging in risk reclassification of patients with suspected coronary artery disease[J]. *JAMA Cardiol*, 2020, 5(12): 1401-1409.
- [36] Writing Committee M, Gulati M, Levy PD, et al. 2021 AHA/ACC/AASE/ CHEST/SAEM/SCCT/SCMR guideline for the evaluation and diagnosis of chest pain: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 78(22): e187-e285.
- [37] Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19)[J]. *JAMA Cardiol*, 2020, 5(11): 1265-1273.
- [38] Ho JS, Sia CH, Chan MY, et al. Coronavirus-induced myocarditis: A meta-summary of cases[J]. *Heart Lung*, 2020, 49(6): 681-685.
- [39] Ferreira VM, Schulz-Menger J, Holmvang G, et al. Cardiovascular magnetic resonance in nonischemic myocardial inflammation: expert recommendations[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(24): 3158-3176.
- [40] Messroghli DR, Moon JC, Ferreira VM, et al. Clinical recommendations for cardiovascular magnetic resonance mapping of T₁, T₂, T₂* and extracellular volume: A consensus statement by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) endorsed by the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI)[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2017, 19(1): 75.
- [41] Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D, et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the Task Force Criteria[J]. *Eur Heart J*, 2010, 31(7): 806-814.

(收稿日期: 2022-11-06 修回日期: 2023-04-15)