

❖ 综述

Research progresses of cardiac magnetic resonance in 2020

WANG Yining, YANG Wenjing, ZHAO Shihua, LU Minjie*

(Department of Magnetic Resonance Imaging, Peking Union Medical College & Chinese Academy of Medical Sciences, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Beijing 100037, China)

[Abstract] MRI has become an important imaging method for examination of cardiovascular diseases due to its advantages of multi-plane, multi-parameter and multi-sequence imaging but non-invasive and non-radiation. Recent years, with the development of hardware and software in MR, cardiac magnetic resonance (CMR) has gradually become a comprehensive assessment tool for diagnosis and differentiation, prognosis and risk stratification, thus being regarded as an indispensable noninvasive imaging method for clinical decision-making. The representative achievements in the field of CMR in 2020 were reviewed in this article.

[Keywords] heart; magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.12.033

2020 年心脏 MR 研究进展

王艺宁, 杨文静, 赵世华, 陆敏杰*

(国家心血管病中心 北京协和医学院 中国医学科学院阜外医院磁共振影像科, 北京 100037)

[摘要] MRI 因具有可多平面、多参数及多序列成像且无创、无辐射的优势而成为心血管疾病的重要影像学检查方法。近年来,随着 MR 硬件与软件的发展,心脏磁共振(CMR)已逐渐成为集诊断与鉴别、判断预后与危险分层等于一体的综合性评估手段,为临床决策所不可或缺。本文对 2020 年 CMR 领域的代表性成果进行综述。

[关键词] 心脏; 磁共振成像

[中图分类号] R54; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2021)12-1898-04

心脏 MR(cardiac MR, CMR)可“一站式”无创评价心脏结构、功能及组织特征,近年来在诊治及评估心血管疾病中发挥越来越重要的作用。2020 年,无论传统技术、新兴技术还是近期初露锋芒的人工智能技术均在心血管领域取得了较大进步。本文对 2020 年 CMR 领域的代表性成果进行综述。

1 非缺血性心肌病

1.1 肥厚型心肌病 MR 延迟钆强化(late gadolinium enhancement, LGE)是评估心肌纤维化的

常用影像学指标。HABIB 等^[1]发现,肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)患者心肌 LGE 与其临床结果显著相关,如射血分数 $\leq 50\%$ 与因心力衰竭(heart failure, HF)入院,故对基线检查时病情较严重者和心尖室壁瘤患者应及早进行 CMR 检查,以评估纤维化程度,从而更好地为临床制定诊治决策提供佐证。伴有左心室心尖动脉瘤(left ventricular apical aneurysm, LVAA)的心尖 HCM 临床罕见,超声心动图易漏诊;YANG 等^[2]发现此类患者收缩期左

[基金项目] 国家自然科学基金(81971588、81771811)、北京市科技计划(Z191100006619021)、北京协和医学院研究生教育教学改革项目(10023201900204)、中国医学科学院临床与转化基金(2019XK320063)、首都卫生发展科研专项(首发 2020-2-4034)。

[第一作者] 王艺宁(1997—),女,黑龙江海伦人,在读硕士。研究方向:心血管磁共振。E-mail: wangyining97@126.com

[通信作者] 陆敏杰,国家心血管病中心 北京协和医学院 中国医学科学院阜外医院磁共振影像科,100037。E-mail: coolkan@163.com

[收稿日期] 2021-03-03 [修回日期] 2021-10-26

心室中部梗阻及出现 LGE 的比例及范围均显著增高,无事件生存率显著降低。心肌 Mapping 定量成像技术可利用组织固有 T1、T2 弛豫信息定量评价受累组织,对早期检出病变及预测其病理类型具有明显优势。XU 等^[3]发现,与健康受试者相比,HCM 患者的心肌 native T1 更长、细胞外容积(extracellular volume, ECV)分数更高,其最大 T1 和 ECV 分数则与左心室质量指数密切相关。

CMR 特征追踪(CMR feature tracking, CMR-FT)技术可早期识别左心房功能障碍及变形,是定量评价心功能的可靠工具。YANG 等^[4]指出,相比健康对照组,非梗阻性 HCM 组患者左心房储备和导管功能均受损;而左心房功能参数与常规功能、基线参数的相关性较弱,总应变与左心房总射血分数、主动应变与左心房活动性射血分数的相关性最强。

1.2 扩张型心肌病 与 HCM 类似,LGE 亦可对扩张型心肌病(dilated cardiomyopathy, DCM)患者进行危险分层及评估其预后具有重要价值。ALBA 等^[5]纳入 1 672 例左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) < 50% 的 DCM 患者,分析结果显示 LGE 是主要终点(全因死亡率、心脏移植或向左心室植入辅助装置)风险增加 1.5 倍的独立预测因子。为预测非缺血性 DCM 患者 3 年心源性猝死(sudden cardiac death, SCD)风险,LI 等^[6]建立定量 LGE 评分模型,并以 295 例一级预防 SCD 患者进行验证,根据评分结果将其中 60 例(60/295, 20.34%)归于高风险组,其 SCD 事件发生率 45.9%,与二级预防患者相当。

约 10% 的急性心肌炎转归为 DCM,是 < 35 岁年轻人发生 SCD 的主要原因之一。既往研究^[7]表明,对比剂注射早期(2 min) native T1 缩短 70% 或以上可确定急性心肌炎,诊断敏感度为 93%,特异度为 100%,准确率为 95%,诊断价值高于晚期(10~15 min) T1 缩短及 ECV 分数。左心室重构是反映 DCM 患者 HF 严重程度的指标之一。XU 等^[8]随访发现,无论有无左心室反向重构(left ventricular reverse remodeling, LVRR),DCM 患者心肌 native T1 均明显下降;特发性 DCM 患者中,LGE 缺失、T2 及 ECV 分数降低是 LVRR 的显著预测因子。TAYAL 等^[9]发现近期发病的 DCM 患者整体圆周应变(global circumferential strain, GCS)、整体径向应变(global radial strain, GRS)、短轴轮廓应变、长轴应变、间质心肌纤维化、替代性心肌纤维化及右心室收缩储备均与 LVRR 无关。

VERDONSCHOT 等^[10]观察 251 例 DCM 患者的亲属及 251 名 LVEF 正常受试者,发现即使 LVEF 正常,DCM 患者亲属的收缩功能障碍发生率也明显高于对照组,提示整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)可用于早期筛查无症状 DCM。

2 缺血性心肌病

冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary atherosclerotic heart disease, CHD)是我国心血管疾病患者的主要死因。药物负荷 CMR 可通过评估心肌灌注及室壁运动鉴别缺血心肌与存活心肌,具有重要应用价值。KINNEL 等^[11]通过血管扩张剂负荷灌注 CMR 评估冠状动脉搭桥术后患者预后,发现诱导性缺血是主要心血管不良事件(major adverse cardiovascular events, MACE)及心源性死亡发生率较高的独立预测因素。PEZEL 等^[12]对无 CHD 的 75 岁以上患者行双嘧达莫应激性 CMR,发现诱导性缺血是 MACE 较高发生率的独立预测因素。近年应变成像已逐渐用于量化左心室心肌形变,以弥补 LVEF 衡量整体收缩功能的不足。LENG 等^[13]评估以左心房应变作为预测 ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)患者长期预后指标的可行性,发现校正已知危险因素后,左心房存储应变及导管应变是 MACE 的独立预测因子,较传统预测因子具有更高价值。

及时再灌注治疗是治疗急性心肌梗死最有效的策略,可显著降低死亡率,但再灌注损伤会引起微血管病变、加重心肌水肿和心肌内出血。ALKHALIL 等^[14]对接受直接经皮冠状动脉介入治疗后的 STEMI 患者进行 CMR 检查,发现术后 3 h 内心肌损伤范围 $\geq 1\ 400\text{ ms}$ 者 24 h 和 6 个月时 LGE 及梗死范围均较大。另一项基础研究^[15]发现,对于猪再灌注心肌梗死模型,以 $R2^*$ 可较 $R2^*$ 及 $T2^*$ 更准确地检测心肌内出血,且受水肿影响较小。魏晓婷等^[16]量化观察 STEMI 患者急性期左心室心肌应变及心功能改变,发现节段峰值径向应变为 24.65% 时,其检出微血管阻塞的敏感度及特异度分别为 89.0% 及 60.6%,提示 CMR-FT 技术可用于风险分层。

3 其他

3.1 HF 心肌组织炎症被认为是 HF 的重要病理生理机制。LAGAN 等^[17]尝试区分心肌组织中超小型超顺磁氧化铁是由巨噬细胞主动摄取还是被动分布,结果显示慢性缺血性心肌病患者梗死心肌和远端心肌中存在持续活跃的巨噬细胞浸润,为心肌炎症-HF 假

说提供了证据。基于心肌应变的 CMR-FT 技术可通过描记心内膜或心外膜获得心肌形变信息,以早期发现心肌结构功能的细微变化。XU 等^[18]报道,基于 CMR-FT 技术的 GLS、GCS 及 GRS 区分 HF 患者与健康人、预测急性 HF 的不良预后效果优于 LVEF。HE 等^[19]发现射血分数保留型 HF 伴原发性高血压患者左心室应变明显受损,高血压组患者仅左心室 GLS 明显低于对照组;总收缩期峰值纵向应变率的诊断价值最高,敏感度为 85.7%,特异度为 52.8%。

3.2 先天性心脏病 法洛四联症(Tetralogy of Fallot, TOF)是最常见的先天性心脏病之一。MONTI 等^[20]发现未接受肺动脉瓣置换术(pulmonary valve replacement, PVR)TOF 患者的右心室间隔 GRS 明显高于接受 PVR 者。KARIMIBIDHENDI 等^[21]基于生成式对抗网络,通过生成合成的 CMR 图像及其对应的腔室分割来综合增强训练数据集,结果显示全自动分割心腔与手动分割结果的一致性较好,提示该方法可用于分析主动脉弓异常、心病及 TOF 等先天性心脏病。

3.3 瓣膜病 GUGLIELMO 等^[22]发现中、重度二尖瓣关闭不全二尖瓣脱垂患者的 GCS 较健康人减低,而其 native T1 值升高。LIU 等^[23]对有 I、II a 类手术指征的二尖瓣关闭不全患者进行 CMR 检查及心肺运动试验,发现与对照组相比,二尖瓣关闭不全患者心肌纤维化更加明显,且经病理证实,但目前对于心肌纤维化在二尖瓣关闭不全继发的终末期 HF 中的临床意义尚不明。

3.4 高血压 高血压引起的心肌肥厚、心肌纤维化及 HF 等均为心血管不良事件的重要原因。ZHAUNG 等^[24]建立猪高血压模型,定量评价 3 个月内 ECV 分数和 native T1 随时间的动态变化,结果显示高血压组心肌 ECV 分数和 native T1 均有所增加;且 ECV 分数与纵向舒张应变率呈正相关, native T1 与 GRS 及 GCS 呈正相关;提示高血压性心脏病存在早期心肌间质纤维化,随高血压进展, ECV 分数及 T1 值均升高。

3.5 新型冠状病毒肺炎 2020 年全球范围内爆发新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019, COVID-19),目前检测病毒核酸仍是诊断 COVID-19 的金标准,但因标本取样不规范、污染和技术问题等导致的假阴性时有发生。影像学可早期提示 COVID-19 并监测临床病程^[25]。HUANG 等^[26]回顾性分析 26 例有心脏症状的 COVID-19 患者,发现 15 例常规 MRI 表现异常,14 例出现心肌水肿,8 例出现 LGE,提示临床应

注意 COVID-19 恢复期患者可能出现的心肌损伤。ZOGHBI 等^[27]对大流行期间使用 CMR 技术提出普适性建议,如应尽量采取时长在 30 min 以内的 CMR 扫描方案及推迟非紧急检查,以降低病毒传播风险、节约医疗资源。

4 小结与展望

2020 年,通过发展药物负荷成像、心肌特征追踪及人工智能融合等技术,CMR 在心血管疾病基础研究与临床应用领域不断深入与拓展,并逐步向细胞代谢与分子生物学等领域迈进,有望在细胞分子水平上探讨心血管疾病发病机制,使病理影像化成为现实。目前 CMR 仍受采集时间长、扫描规划繁琐、空间分辨率较低和运动相关伪影等因素的限制。随着新技术的开发及跨学科合作,如 MR 指纹技术和 CMR Multitasking,未来 CMR 将进一步为临床诊治心血管疾病及预后危险分层提供更加全面、准确的信息。

[参考文献]

- [1] HABIB M, ADLER A, FARDFINI K, et al. Progression of myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy: A cardiac magnetic resonance study[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2021, 14(5):947-958.
- [2] YANG K, SONG Y Y, CHEN X Y, et al. Apical hypertrophic cardiomyopathy with left ventricular apical aneurysm: Prevalence, cardiac magnetic resonance characteristics, and prognosis[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2020, 21(12): 1341-1350.
- [3] XU J, ZHUANG B, SIRAJUDDIN A, et al. MRI T1 mapping in hypertrophic cardiomyopathy: Evaluation in patients without late gadolinium enhancement and hemodynamic obstruction [J]. Radiology, 2020, 294(2):275-286.
- [4] YANG Y, YIN G, JIANG Y, et al. Quantification of left atrial function in patients with non-obstructive hypertrophic cardiomyopathy by cardiovascular magnetic resonance feature tracking imaging: A feasibility and reproducibility study [J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2020, 22(1):1.
- [5] ALBA A C, GAZTANAGA J, FOROUTAN F, et al. Prognostic value of late gadolinium enhancement for the prediction of cardiovascular outcomes in dilated cardiomyopathy: An international, multi-institutional study of the MINICOR Group[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2020, 13(4):e010105.
- [6] LI X, FAN X, LI S, et al. A novel risk stratification score for sudden cardiac death prediction in middle-aged, nonischemic dilated cardiomyopathy patients: The ESTIMATED score [J]. Can J Cardiol, 2020, 36(7):1121-1129.
- [7] PALMISANO A, BENEDETTI G, FALETTI R, et al. Early T1

- myocardial MRI mapping: Value in detecting myocardial hyperemia in acute myocarditis [J]. *Radiology*, 2020, 295 (2): 316-325.
- [8] XU Y, LI W, WAN K, et al. Myocardial tissue reverse remodeling after guideline-directed medical therapy in idiopathic dilated cardiomyopathy [J]. *Circ Heart Fail*, 2021, 14 (1):e007944.
- [9] TAYAL U, WAGE R, NEWSOME S, et al. Predictors of left ventricular remodelling in patients with dilated cardiomyopathy—a cardiovascular magnetic resonance study [J]. *Eur J Heart Fail*, 2020, 22(7):1160-1170.
- [10] VERDONSCHOT J A J, MERKEN J J, BRUNNER-LA ROCCA H P, et al. Value of speckle tracking-based deformation analysis in screening relatives of patients with asymptomatic dilated cardiomyopathy [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13 (2 Pt 2):549-558.
- [11] KINNEL M, SANGUINETI F, PEZEL T, et al. Prognostic value of vasodilator stress perfusion CMR in patients with previous coronary artery bypass graft [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22(11):1264-1272.
- [12] PEZEL T, SANGUINETI F, KINNEL M, et al. Prognostic value of dipyridamole stress perfusion cardiovascular magnetic resonance in elderly patients >75 years with suspected coronary artery disease [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22 (8):904-911.
- [13] LENG S, GE H, HE J, et al. Long-term prognostic value of cardiac MRI left atrial strain in ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *Radiology*, 2020, 296(2):299-309.
- [14] ALKHALIL M, BORLOTTI A, de MARIA G L, et al. Hyper-acute cardiovascular magnetic resonance T1 mapping predicts infarct characteristics in patients with ST elevation myocardial infarction [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2020, 22(1):3.
- [15] ROSSELLO X, LOPEZ-AYALA P, FERNANDEZ-JIMENEZ R, et al. R2 prime ($R2'$) magnetic resonance imaging for post-myocardial infarction intramyocardial haemorrhage quantification [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(9):1031-1038.
- [16] 魏晓婷, 邹锦森, 胡根文, 等. 磁共振特征追踪技术定量左心室应变评估急性 STEMI 患者微血管阻塞 [J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(2):229-234.
- [17] LAGAN J, NAISH J H, SIMPSON K, et al. Substrate for the myocardial inflammation-heart failure hypothesis identified using novel USPIO methodology [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2021, 14(2):365-376.
- [18] XU L, PAGANO J J, HAYKOWSKY M J, et al. Layer-specific strain in patients with heart failure using cardiovascular magnetic resonance: Not all layers are the same [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2020, 22(1):81.
- [19] HE J, SIRAJUDDIN A, LI S, et al. Heart failure with preserved ejection fraction in hypertension patients: A myocardial MR strain study [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2021, 53(2):527-539.
- [20] MONTI C B, SECCHI F, CAPRA D, et al. Right ventricular strain in repaired Tetralogy of Fallot with regards to pulmonary valve replacement [J]. *Eur J Radiol*, 2020, 131:109235.
- [21] KARIMI-BIDHENDI S, ARAFATI A, CHENG A L, et al. Fully-automated deep-learning segmentation of pediatric cardiovascular magnetic resonance of patients with complex congenital heart diseases [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2020, 22(1):80.
- [22] GUGLIELMO M, FUSINI L, MUSCOGIURI G, et al. T1 mapping and cardiac magnetic resonance feature tracking in mitral valve prolapse [J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(2):1100-1109.
- [23] LIU B, NEIL D A H, PREMCHAND M, et al. Myocardial fibrosis in asymptomatic and symptomatic chronic severe primary mitral regurgitation and relationship to tissue characterisation and left ventricular function on cardiovascular magnetic resonance [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2020, 22(1):86.
- [24] ZHAUNG B, CUI C, SIRAJUDDIN A, et al. Detection of myocardial fibrosis and left ventricular dysfunction with cardiac MRI in a hypertensive swine model [J]. *Radiol Cardiothorac Imaging*, 2020, 2(4):e190214.
- [25] YANG W, SIRAJUDDIN A, ZHANG X, et al. The role of imaging in 2019 novel coronavirus pneumonia (COVID-19) [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(9):4874-4882.
- [26] HUANG L, ZHAO P, TANG D, et al. Cardiac involvement in patients recovered from COVID-2019 identified using magnetic resonance imaging [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13 (11):2330-2339.
- [27] ZOGHBI W A, DICARLI M F, BLANKSTEIN R, et al. Multimodality cardiovascular imaging in the midst of the COVID-19 pandemic: Ramping up safely to a new normal [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(7):1615-1626.