

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2025.09.002

心血管疾病专题

非缺血性扩张型心肌病钆延迟强化形态学差异对预后的影响及其与心电图特征的关联

贺婷,游琴,屈玄中,刘伟,何昕

基金项目: 湖南省卫生健康委科研计划项目(202203012538)

作者单位: 410300 长沙, 南华大学附属浏阳市人民医院心血管内科(贺婷、游琴、屈玄中、何昕), 影像科(刘伟)

通信作者: 何昕, E-mail: hexin1958@126.com



【摘要】目的 探讨非缺血性扩张型心肌病(NIDCM)患者心脏磁共振(CMR)延迟强化形态学差异对预后的影响,并分析其与心电图特征的关联。**方法** 选取2022年1月—2024年6月南华大学附属浏阳市人民医院心血管内科诊治的接受CMR检查的NIDCM患者387例,根据CMR延迟强化形态分为线状组255例和条片状组132例。绘制Kaplan-Meier生存曲线,比较2组NIDCM患者随访12个月生存率;多因素Cox回归分析NIDCM患者全因死亡的影响因素;多因素Logistic回归分析NIDCM患者CMR延迟强化形态学差异的影响因素。**结果** 条片状组下壁导联T波倒置比例、前侧壁导联T波倒置比例、I度房室传导阻滞比例高于线状组($\chi^2/P=22.016/<0.001$ 、 $13.595/<0.001$ 、 $14.448/<0.001$);随访12个月,线状组生存率为95.29%,高于条片状组的82.58%(Log-Rank $\chi^2=17.381$, $P<0.001$);多因素Cox回归分析显示,条片状强化是NIDCM患者发生全因死亡的独立危险因素[$HR(95\%CI)=4.011(1.952\sim8.243)$];多因素Logistic回归分析显示,下壁导联T波倒置、前侧壁导联T波倒置、I度房室传导阻滞是NIDCM患者出现条片状强化的独立危险因素[$OR(95\%CI)=2.936(1.496\sim5.880)$ 、 $2.095(1.301\sim3.370)$ 、 $5.034(1.816\sim16.258)$]。**结论** 不同CMR延迟强化形态学特征的NIDCM患者预后有明显差异,条片状强化患者的死亡风险更高。心电图检查下壁、前侧壁导联T波倒置和I度房室传导阻滞与条片状强化具有明确关联,为风险分层提供了新思路。

【关键词】 非缺血性扩张型心肌病;心脏磁共振;延迟强化;预后;心电图**【中图分类号】** R542.2**【文献标识码】** A

Impact of morphological differences in gadolinium late enhancement on prognosis in dilated cardiomyopathy and their association with electrocardiographic characteristics

He Ting*, You Qin, Qu Xuanzhong, Liu Wei, He Xin.* Department of Cardiology, Liuyang People's Hospital Affiliated to University of South China, Hunan, Changsha 410300, China

Funding program: Scientific Research Project of Hunan Provincial Health Commission (202203012538)

Corresponding author: He Xin, E-mail: hexin1958@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the prognostic impact of morphological differences in cardiac magnetic resonance (CMR)-derived late gadolinium enhancement (LGE) patterns and their associations with electrocardiographic (ECG) characteristics in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy (NIDCM). **Methods** A prospective cohort study was conducted involving 387 NIDCM patients who underwent CMR at the Department of Cardiology, Liuyang People's Hospital Affiliated to University of South China, between January 2022 and June 2024. Based on CMR LGE morphology, patients were divided into a linear enhancement pattern group ($n=255$) and a patchy enhancement pattern group ($n=132$). Kaplan-Meier analysis was used to compare 12-month survival. Multivariate Cox and Logistic regression analyses were performed to identify predictors of all-cause mortality and patchy LGE, respectively. **Results** The proportions of inverted T waves in inferior leads, inverted T waves in anterolateral leads, and first-degree atrioventricular block were significantly higher in the patchy pattern group compared to the linear pattern group ($\chi^2/P=22.016/<0.001$, $13.595/<0.001$, $14.448/<0.001$, respectively). At the 12-month follow-up, the survival rate was higher in the linear pattern group (Log-Rank $\chi^2=17.381$, $P<0.001$). Multivariate Cox regression showed that a patchy enhancement pattern was an independent risk factor for all-cause mortality [$HR(95\%CI)=4.011(1.952\sim8.243)$]. Multivariate logistic regression revealed that inverted T waves in inferior leads, inverted T waves in anterolateral leads, and first-degree atrioventricular block were independent risk factors for the presence of a patchy LGE pattern [$OR(95\%CI)=2.936(1.496\sim5.880)$, $2.095(1.301\sim3.370)$, $5.034(1.816\sim16.258)$, respectively]. **Conclusion** Morphological characteristics of CMR LGE in NIDCM patients show significant prognostic differences. Patients with a patchy enhancement pattern have a higher risk

of death. ECG characteristics, specifically inverted T waves in inferior and anterolateral leads and first-degree atrioventricular block, are significantly associated with a patchy LGE pattern, providing new insights for risk stratification.

【Key words】 Non-ischemic dilated cardiomyopathy; Cardiac magnetic resonance; Late gadolinium enhancement; Prognosis; Electrocardiogram

非缺血性扩张型心肌病(non-ischemic dilated cardiomyopathy, NIDCM)是一种以左心室扩大和收缩功能障碍为特征的心肌疾病,其病因复杂且预后差异显著。临床实践中,部分左心室射血分数(LVEF)严重降低的患者可能长期稳定,而某些 LVEF 轻度下降者(>35%)却可能因恶性心律失常或心源性猝死迅速恶化^[1-2]。这种异质性表明,亟须探索更精细化的标志物以优化风险分层策略。心脏磁共振(cardiovascular magnetic resonance, CMR)钆延迟强化(late gadolinium enhancement, LGE)通过识别心肌纤维化为 NIDCM 的风险评估提供了新维度。大量研究证实,LGE 的存在与多种不良结局如全因死亡、恶性心律失常风险显著相关^[3-5]。此外,LGE 范围每增加 1%,全因死亡风险亦会显著增加^[6-8]。然而,现有研究多聚焦于 LGE 的“有无”或“定量范围”,而对 LGE 的位置、模式等的临床意义关注不足,对于 LGE 的形态差异如线状或条片状对预后的影响仍有待深入探索^[9-10]。本研究通过评估 LGE 形态学差异对 NIDCM 患者全因死亡的预测价值,分析其与心电图特征的关联,提出基于多模态参数的风险分层流程,指导个体化临床决策,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2022 年 1 月—2024 年 6 月南华大学附属浏阳市人民医院心血管内科诊治的接受 CMR 检查的 NIDCM 患者 387 例,其中男 269 例,女 118 例,年龄(61.37 ± 12.76)岁,糖尿病 76 例,高血压 126 例,心房颤动 71 例。根据 CMR 延迟强化形态将 NIDCM 患者分为线状组 255 例和条片状组 132 例。本研究遵守《赫尔辛基宣言》,已经获得医院伦理委员会批准(伦审字(科研)[2022]第(003)号),患者或家属知情同意并签署知情同意书。

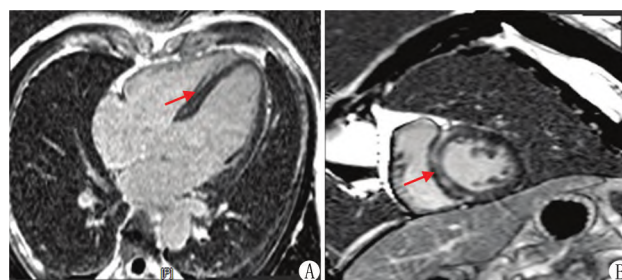
1.2 病例选择标准 (1)纳入标准:符合《中国扩张型心肌病诊断与治疗指南》^[2]制定的 NIDCM 诊断标准。(2)排除标准:①缺血性心肌病即冠状动脉造影提示冠状动脉有意义狭窄(>50%)或负荷试验可诱导的心肌缺血的证据;②急性心肌炎;③肥厚型心肌病、致心律失常性右室心肌病;④心脏结节病或心肌淀粉样变;⑤严重高血压、心脏瓣膜病如风湿性心脏病或先天性结构性心脏病。

1.3 观测指标与方法

1.3.1 临床资料收集:通过电子病历系统收集入选患

者的临床资料:(1)一般资料。包括性别、年龄、身高、体质量。(2)合并症。包括糖尿病、高血压、心房颤动。(3)心功能指标。包括 HR、SBP、DBP、LVEF、左心室舒张末期内径(LVEDD)。(4)心电图相关参数。包括 QRS 波宽度、T 波倒置、异常 Q 波、碎裂 QRS 波、完全性左束支传导阻滞(LBBB)、完全性右束支传导阻滞(RBBB)、低电压等。

1.3.2 CMR 检查及图像资料分析:采用西门子 3.0T-CMR,常规扫描包括黑血序列即单次激发快速自旋回波序列(HASTE)进行横轴位扫描定位、回顾性心电图门控真实稳态自由进动梯度回波(True FISP)序列行 T1 加权扫描及 T2 抑脂扫描;然后由肘静脉注入钆喷酸葡胺 0.15 mmol/kg,注射速度为 1.0 ml/s,行心肌灌注成像及功能电影成像,再次静脉注入对比剂 10~15 min 后采用相位敏感反转恢复 PSIR 序列于心脏短轴位及四腔心切面采集 LGE 图像。图像采集完成后,应用离线心血管图像后处理软件进行常规心功能分析,并由 2 名有经验的放射诊断医生对纳入患者 CMR 图像进行判读,一致性采用 Kappa 检验进行评估[Kappa 值=0.82(95%CI 0.76~0.88)],如出现分歧,则由 1 名心内科医师再判断。线状 LGE 表现为细长、线状,边界较清晰,多单独分布于室间隔中层,也可见多发分布于心游离壁;条片状 LGE 表现为较宽的不规则条片状或斑片状,分布 ≥ 2 个相邻节段,见图 1。



注:A.多发线状;B.条片状。

图 1 CMR 延迟强化形态示例

Fig.1 Examples of CMR late gadolinium enhancement morphology

1.3.3 随访:所有患者在纳入研究后即开始随访,每 6 个月随访 1 次,通过电话、微信、门诊方式,随访 12 个月,具体方式为查阅门诊随访病历资料或与患者主治医师沟通,通过电话联系患者或家属了解是否出现终点事件,主要终点事件为全因死亡。随访截至患者出

现主要终点事件/最后一次可联系到患者/2025 年 1 月(为增加统计效力,分析纳入了截至 2025 年 6 月的随访数据)。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以频数或构成比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用 Kaplan-Meier 法绘制生存曲线,比较 2 组 NIDCM 患者无终点事件生存率;Cox 回归模型校正筛选 NIDCM 患者发生全因死亡的危险因素;多因素 Logistic 回归分析心电图参数与强化形态的关联。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组临床资料比较 条片状组下壁导联 T 波倒置比例、前侧壁导联 T 波倒置比例、I 度房室传导阻滞比例高于线状组($P<0.01$);2 组其他临床资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

表 1 线状组与条片状组 NIDCM 患者临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between the linear pattern group and the patchy pattern group of NIDCM patients

项 目	线状组 (<i>n</i> =255)	条片状组 (<i>n</i> =132)	χ^2/t 值	<i>P</i> 值
男[例(%)]	178(69.8)	91(68.9)	0.030	0.861
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	61.39 $\pm$ 12.94	61.33 $\pm$ 12.42	0.520	0.853
糖尿病[例(%)]	56(22.0)	20(15.2)	2.526	0.110
高血压[例(%)]	85(33.3)	41(31.1)	0.489	0.651
心房颤动[例(%)]	45(20.3)	26(19.7)	0.017	0.546
HR($\bar{x}\pm s$,次/min)	89.80 $\pm$ 21.23	89.95 $\pm$ 17.51	0.022	0.099
SBP($\bar{x}\pm s$,mmHg)	131.44 $\pm$ 20.65	134.75 $\pm$ 22.41	1.198	0.831
DBP($\bar{x}\pm s$,mmHg)	84.63 $\pm$ 15.83	83.66 $\pm$ 13.90	0.706	0.283
QRS 波宽度($\bar{x}\pm s$,ms)	114.17 $\pm$ 25.57	113.02 $\pm$ 23.58	0.190	0.465
LVEDD($\bar{x}\pm s$,mm)	68.04 $\pm$ 8.04	69.37 $\pm$ 8.82	1.605	0.218
LVEF($\bar{x}\pm s$,%)	33.50 $\pm$ 8.52	33.91 $\pm$ 10.30	0.295	0.586
T 波倒置[例(%)]				
前壁	44(17.3)	24(18.2)	0.021	0.820
下壁	17(6.7)	31(23.5)	22.016	<0.001
前侧壁	65(25.5)	65(49.2)	13.595	<0.001
高侧壁	41(16.1)	27(20.5)	0.802	0.284
Q 波形成(前壁)[例(%)]	45(17.6)	15(11.4)	0.530	0.105
碎裂 QRS 波[例(%)]	54(24.3)	33(25.0)	0.030	0.683
I 度房室传导阻滞[例(%)]	5(2.0)	16(12.1)	14.448	<0.001
频发室性早搏[例(%)]	53(20.8)	22(16.7)	0.701	0.331
LBBB[例(%)]	33(12.9)	18(13.6)	0.077	0.848
RBBB[例(%)]	19(7.5)	12(9.1)	0.403	0.573
低电压[例(%)]	19(7.5)	11(8.3)	0.020	0.758

2.2 线状组与条片状组生存分析 随访 12 个月,NIDCM 患者 387 例发生死亡共 35 例,生存率为 90.96%(352/387)。线状组生存率为 95.29%(243/255),中位生存时间估计值为 11.83 个月,条片状组生存率为 82.58%(109/132),中位生存时间估计值为

11.35 个月,提示条片状组生存率低于线状组,差异有统计学意义(Log-Rank $\chi^2=17.381,P<0.001$),见图 2。

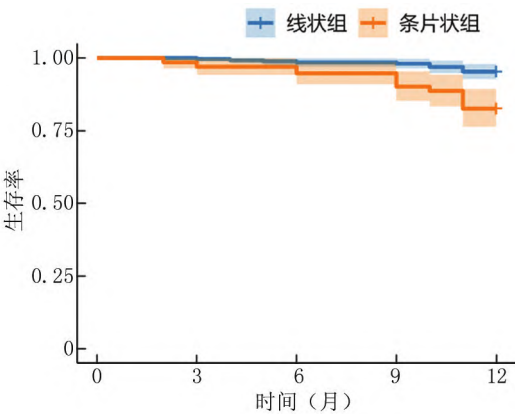


图 2 线状组与条片状组 Kaplan-Meier 生存曲线比较
Fig.2 Comparison of Kaplan-meier survival curves between the linear pattern group and the patchy pattern group

2.3 多因素 Cox 回归分析 NIDCM 患者全因死亡的影响因素 以 NIDCM 患者预后为因变量(1=死亡,0=生存),以上述结果中 $P<0.05$ 项目为自变量(其中强化类型作为分类变量纳入模型,以线状组作为参考组,条片状组与线状组进行比较)进行多因素 Cox 回归分析,结果显示:条片状强化是 NIDCM 患者发生全因死亡的独立危险因素($P<0.01$),见表 2。

表 2 影响 NIDCM 患者全因死亡的多因素 Cox 回归分析
Tab.2 Multivariate Cox regression analysis of factors influencing all-cause mortality in NIDCM patients

指 标	β 值	SE 值	Wald 值	<i>P</i> 值	HR 值	95%CI
下壁 T 波倒置	1.140	0.449	2.541	0.770	1.140	0.473~2.745
前侧壁 T 波倒置	1.410	0.359	3.929	0.338	1.410	0.698~2.85
I 度房室传导阻滞	0.238	1.029	0.231	0.163	0.238	0.032~1.787
条片状强化	4.011	0.367	10.915	<0.001	4.011	1.952~8.243

2.4 多因素 Logistic 回归分析 NIDCM 患者 LGE 形态学差异的影响因素 以 NIDCM 患者 LGE 形态为因变量(1=条片状,0=线状),以表 1 中 $P<0.05$ 项目为自变量进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示:下壁导联 T 波倒置、前侧壁导联 T 波倒置、I 度房室传导阻滞是 NIDCM 患者出现条片状强化的独立危险因素($P<0.01$),见表 3。

3 讨论

本研究通过前瞻性队列分析证实 NIDCM 患者 CMR 延迟强化的形态学特征具有显著预后差异,条片状延迟强化患者的全因死亡率高于线状组,且在校正

表 3 影响 NIDCM 患者 LGE 形态学差异的多因素 Logistic 回归分析

Tab.3 Multivariate Logistic regression analysis of factors influencing morphological differences in LGE patterns among NIDCM patients

指 标	β 值	SE 值	P 值	Wald 值	OR 值	95%CI
下壁导联 T 波倒置	2.936	0.347	0.002	5.575	2.936	1.496~5.880
前侧壁导联 T 波倒置	2.095	0.242	0.002	4.518	2.095	1.301~3.370
I 度房室传导阻滞	5.034	0.548	0.003	7.362	5.034	1.816~16.258

LVEF 等传统危险因素后,其预测价值仍独立存在。这一结果提示,强化形态的差异不仅仅是影像学表现的不同,可能反映了心肌纤维化的空间分布特征及其对心脏结构和功能的深层次影响。

既往研究多关注延迟强化的“存在与否”或“累及范围”,而本研究通过细化形态学分类,揭示了更精准的风险分层信息。自 2006 年首次探讨 LGE 在 NIDCM 预后中的意义以来,众多相关研究陆续展开,这些研究普遍认为 LGE 可作为预后不良的标志^[7-8,11]。然而,不同研究中 LGE 的预测效能却存在显著差异,特别是在不同的临床终点上,例如对于复合终点事件,LGE 的 HR 值为 1.45,而对于心律失常事件,HR 值可能高达 14^[7,10,12]。这说明仅依靠 LGE 作为风险评估的依据是不充分的,无法实现理想的风险分层精确度。此后,多项研究证实了 LGE 累及范围与不良预后的相关性,但其测量复杂且需要高级的 CMR 后处理软件,并且目前对于量化 LGE 的测量方法和参数尚未达成共识^[13]。

相比之下,形态学分类(条片状/线状)具有更高的临床可操作性,且与病理生理机制直接关联。线状强化多见于室间隔中层,为 NIDCM 早期最常见的强化模式,可能与遗传性心肌病的纤维化模式相关,而心肌炎等获得性心肌损伤或遗传性 DCM 患者晚期常表现为跨壁或多灶性的条片状强化,累及范围较大,其病理本质是心肌细胞坏死后的替代性纤维化,当出现透壁性纤维化病灶时,破坏心肌电传导的连续性,成为室性心动过速或心室颤动的解剖基础,这一机制可能解释了条片状强化患者猝死风险更高的现象^[14-17]。这一机制得到既往病理研究的支持:透壁性纤维化(对应条片状 LGE)破坏心肌电传导连续性,促进折返性心律失常;而血清纤维化标志物(如 Galectin-3、sST2)在条片状 LGE 患者中显著升高,进一步佐证其与活跃纤维化进程的关联^[18]。

本研究发现尽管线状组和条片状组中位生存时间接近,但条片状组早期病死率显著升高,提示其不良事件多集中于随访前期。这可能与透壁性纤维化导致早期恶性心律失常风险骤增有关,而线状组以渐进性心力

衰竭进展为主。该研究的发现对 NIDCM 患者从风险分层到治疗优化均具有重要的临床意义。当前指南主要依赖 LVEF 评估猝死风险,但约 50% 的猝死发生于 LVEF>35% 的患者,而部分条片状强化患者即使 LVEF 轻度降低,其死亡风险仍显著升高,这意味着可能需重新评估器械治疗的适应证人群,基于 CMR 多参数的风险预测模型将成为临床医生在临床决策中的重要工具^[19]。另外,近年来针对心肌纤维化的药物如醛固酮受体拮抗剂、SGLT2 抑制剂已显示出延缓心室重构的潜力,条片状强化患者可能从早期强化抗纤维化治疗中获益更多,因此,未来可能需开展更多基于强化形态的干预研究来证实这一观点以实现更精准化的诊疗。

另外,尽管 CMR 对 NIDCM 患者的危险分层提供了重要价值,但其成本高、普及率低的问题限制了其广泛应用。心电图(ECG)作为一种便捷、可重复、低成本的诊断和预后工具,其特定特征与 LGE 的形态关联及预后价值尚未得到充分研究。既往研究表明侧壁导联 T 波倒置、低电压等与 NIDCM 患者 LGE 存在与否相关,而 LBBB 是 LVEF 保留的 NIDCM 患者室间隔中层纤维化的危险因素,碎裂 QRS 波的程度则可能与纤维化程度相关^[20-22]。笔者进一步发现下壁导联 T 波倒置及 I 度房室传导阻滞与 LGE 形态学有密切关联。因此,对于基层医院而言,ECG 可以通过多维度特征分析,反映 NIDCM 患者的部分 LEG 特征,为该特殊人群的危险分层和个体化治疗提供了可操作性强的临床工具。基于本研究结果,推荐对条片状 LGE 的 NIDCM 患者(即使 LVEF>35%)加强心律失常监测,并参考《ESC 心力衰竭指南》^[23]中扩大埋藏式心脏复律除颤器(ICD)植入人群的建议。

本研究的局限性:(1)单中心研究,存在选择偏倚风险,且样本量较小,随访时间短;(2)ECG 参数局限性:单次 ECG 数据在随访期间可能会动态变化,且未分析动态 ECG(如室性早搏负荷)或其他 ECG 参数(如室内阻滞),可能遗漏部分预测信息。(3)未探索分子机制:缺乏心肌活检或血清标志物数据,无法明确纤维化激活通路与 ECG 特征的分子关联。

4 结 论

综上所述,本研究发现 NIDCM 患者 CMR 延迟强化形态学差异是独立于传统指标(如 LVEF)的预后预测因子,条片状强化死亡风险显著增高,为 NIDCM 患者的危险分层提供了新指标。而对于基层医院可通过 ECG 多维度特征,低成本识别高危患者,优化治疗决策。未来需通过多中心前瞻性研究验证形态学分类的普适性,并探索 CMR 与 ECG 特征联合建模的临床价值,以推动 NIDCM 精准诊疗体系的建立。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

贺婷;设计研究方案,实施研究过程,进行统计分析及论文撰写;游琴、屈玄中、刘伟;实施研究过程,资料搜集整理;何昕;设计研究方案,论文修改

参考文献

- [1] Li S, Wang Y, Yang W, et al. Cardiac MRI risk stratification for dilated cardiomyopathy with left ventricular ejection fraction of 35% or higher[J]. *Radiology*, 2022, 306(3): 213059. DOI: 10.1148/radiol.213059.
- [2] 中华医学会心血管病学分会,中国心肌炎心肌病协作组. 中国扩张型心肌病诊断和治疗指南[J]. *临床心血管病杂志*, 2018, 34(5): 421-434. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2018.05.001.
- [3] Helali J, Ramesh K, Brown J, et al. Late gadolinium enhancement on cardiac MRI: A systematic review and meta-analysis of prognosis across cardiomyopathies[J]. *Int J Cardiol*, 2025, 419: 132711. DOI: 10.1016/j.ijcard.2024.132711.
- [4] Feng XY, Zheng YC, Yang YX, et al. Utilization of cardiac magnetic resonance imaging for assessing myocardial fibrosis in prognosis evaluation and risk stratification of patients with dilated cardiomyopathy[J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2025, 26(1): 25654. DOI: 10.31083/rcm25654.
- [5] 张天悦,冯钰玲,吴兴强,等. 心脏磁共振在扩张型心肌病危险分层及预后评估中的应用进展[J]. *磁共振成像*, 2021, 12(3): 95-97, 101. DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2021.03.023.
- [6] Romano S, Judd RM, Kim RJ, et al. Feature-tracking global longitudinal strain predicts death in a multicenter population of patients with ischemic and nonischemic dilated cardiomyopathy incremental to ejection fraction and late gadolinium enhancement[J]. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 2018, 11(10): 1419-1429. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.10.024.
- [7] Feng XY, He WF, Zhang TY, et al. Association between late gadolinium enhancement and outcome in dilated cardiomyopathy: A meta-analysis[J]. *World J Radiol*, 2023, 15(11): 324-337. DOI: 10.4329/wjr.v15.i11.324.
- [8] Eichhorn C, Koeckerling D, Reddy RK, et al. Risk stratification in nonischemic dilated cardiomyopathy using CMR imaging: A systematic review and meta-analysis[J]. *Jama*, 2024, 332(18): 1535-1550. DOI: 10.1001/jama.2024.13946.
- [9] Halliday BP, Baksi AJ, Gulati A, et al. Outcome in dilated cardiomyopathy related to the extent, location, and pattern of late gadolinium enhancement[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(8): 1645-1655. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.07.015.
- [10] Alba AC, 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. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.119.010105.
- [11] Ma HY, Xie GY, Tao J, et al. Identification of patients with nonischemic dilated cardiomyopathy at risk of malignant ventricular arrhythmias: Insights from cardiac magnetic resonance feature tracking[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2024, 24(1): 29-38. DOI: 10.1186/s12872-023-03655-4.
- [12] Neilan TG, Coelho-Filho OR, Danik SB, et al. CMR quantification of myocardial scar provides additive prognostic information in nonischemic cardiomyopathy[J]. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 2013, 6(9): 944-954. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.05.013.
- [13] Barison A, Aimo A, Mirizzi G, et al. The extent and location of late gadolinium enhancement predict defibrillator shock and cardiac mortality in patients with non-ischaemic dilated cardiomyopathy[J]. *International Journal of Cardiology*, 2020, 307: 180-186. DOI: 10.1016/j.ijcard.2020.02.028.
- [14] Lau C, Gul U, Liu B, et al. Cardiovascular magnetic resonance imaging in familial dilated cardiomyopathy[J]. *Medicina*, 2023, 59(3): 439. DOI: 10.3390/medicina59030439.
- [15] Miia H, Sari K, Tiina H, et al. Late gadolinium enhanced cardiovascular magnetic resonance of lamin A/C gene mutation related dilated cardiomyopathy[J]. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 2011, 13(1): 30. DOI: 10.1186/1532-429X-13-30.
- [16] Li JH, Xu XQ, Zhu YJ, et al. Subendocardial involvement as an underrecognized cardiac MRI phenotype in myocarditis[J]. *Radiology*, 2022, 302(1): 61-69. DOI: 10.1148/radiol.2021211276.
- [17] Ferreira VM, Schulz-Menger J, Holmvang G, et al. Cardiovascular magnetic resonance in nonischemic myocardial inflammation[J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2018, 72(24): 3158-3176. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.09.072.
- [18] Nr I, Sp C, Ow L, et al. Global longitudinal strain and plasma biomarkers for prognosis in heart failure complicated by diabetes: A prospective observational study[J]. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2024, 24(1): 141. DOI: 10.1186/s12872-024-03810-5.
- [19] Argentiero A, Carella MC, Mandunzio D, et al. Cardiac magnetic resonance as risk stratification tool in non-ischemic dilated cardiomyopathy referred for implantable cardioverter defibrillator therapy-state of art and perspectives[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(24): 7752. DOI: 10.3390/jcm12247752.
- [20] Chayanopparat P, Boonyasirinant T, Prapan N, et al. Electrocardiographic characteristics associated with late gadolinium enhancement and prognostic value in patients with dilated cardiomyopathy[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10: 1281563. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1281563.
- [21] Liu X, Li M, Chen J, et al. Association between left bundle branch block and ventricular septal mid-wall fibrosis in patients with preserved left ventricular ejection fraction[J]. *Journal of Electrocardiology*, 2024, 83: 21-25. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2024.01.002.
- [22] Marume K, Noguchi T, Kamakura T, et al. Prognostic impact of multiple fragmented QRS on cardiac events in idiopathic dilated cardiomyopathy[J]. *EP Europace*, 2021, 23(2): 287-297. DOI: 10.1093/europace/eaab193.
- [23] Assenza GE, Krieger E, Baumgartner H, et al. AHA/ACC vs ESC guidelines for management of adults with congenital heart disease: JACC guideline comparison[J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2021, 78(19): 1904-1918. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.09.010.

(收稿日期:2025-03-24)