

论 著 · 胸部

心脏MRI定量评估合并室性心律失常的扩张型心肌病左心室心肌应变力、心肌纤维化的价值*

吴琳 秦淑娟 李芬
高 靳*成都市第三人民医院放射科
(四川 成都 610014)

【摘要】目的 分析心脏磁共振(MRI)定量评估评估合并室性心律失常的扩张型心肌病(non-ischemic dilated cardiomyopathy, DCM)患者左心室心肌应变力、心肌纤维化的价值。方法 回顾性分析2020年11月至2022年5月就诊于本院的160例DCM患者,根据是否合并合并室性心律失常分为合并室性心律失常组和非合并室性心律失常组。所有受检者均接受心脏MRI、心肌特征追踪成像(MR-FT)、心脏MRI延迟增强(DE-MRI)图像检查,对比两组左心室结构、左心室结构参数、左心室心肌应变力、DE-MRI图像,比较合并室性心律失常组不同心功能等级患者左心室结构与功能、左心室心肌应变力,经Spearman相关性分析左心室结构、功能及左心室心肌应变力参数与心功能等级的相关性。结果 合并室性心律失常组LVESTD_{max}、LVEDTD_{max}、LVMM、LVESV、LVEDV比非合并室性心律失常组高,LVEF比非合并室性心律失常组低($P<0.05$);合并室性心律失常组GPRS比非合并室性心律失常组低,GPCS、GPLS比非合并室性心律失常组高($P<0.05$);IV级组LVESV、LVEDV>III级组>I-II级组,LVEF<III级组<I-II级组($P<0.05$);IV级组GPRS<III级组<I-II级组,GPCS、GPLS>III级组>I-II级组($P<0.05$);Spearman相关性分析显示,LVEF、GPRS与心功能等级呈负相关($r<0$, $P<0.05$),LVESV、LVEDV、GPCS、GPLS与心功能等级呈正相关($r>0$, $P<0.05$);合并室性心律失常组有96例(60.00%)左心室心肌出现延迟强化,共1632个节段,其中902个节段(55.27%)出现延迟强化,以壁间延迟强化为主;96例延迟强化心肌中,66例(68.75%)分布在间隔壁部位。结论 心脏MRI可有效反映室性心律失常DCM患者的左心室结构、左心室功能、左心室心肌应变力与心肌纤维化,且与心功能等级密切相关。

【关键词】室性心律失常;扩张型心肌病;
心脏磁共振;左心室心肌应变力;
心肌纤维化;心功能

【中图分类号】R542.2

【文献标识码】A

【基金项目】2021年成都市医学
科研课题(2021024)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.026

Value of Quantitative Evaluation of Left Ventricular Myocardial Strain and Myocardial Fibrosis in Dilated Cardiomyopathy with Concomitant Ventricular Arrhythmias Using Cardiac MRI*

WU Lin, QIN Shu-juan, LI Fen, GAO Jin*.

Department of Radiology, the Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu 610014, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective Quantitative evaluation of dilated cardiomyopathy with concomitant ventricular arrhythmias using cardiac magnetic resonance imaging (MRI) analysis. The value of left ventricular myocardial strain and myocardial fibrosis in patients with DCM. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 160 DCM patients who visited our hospital from November 2020 to May 2022. They were divided into two groups based on whether they had concomitant ventricular arrhythmias: the group with concomitant ventricular arrhythmias and the group without concomitant ventricular arrhythmias. All subjects underwent cardiac MRI, myocardial feature tracking imaging (MR-FT), and delayed contrast-enhanced cardiac MRI (DE-MRI) imaging examinations. The left ventricular structure, left ventricular structural parameters, and left ventricular myocardial strain were compared between the two groups. DE-MRI images were used to compare the left ventricular structure and function, as well as the left ventricular myocardial strain in patients with different levels of concentric function in the group with concomitant ventricular arrhythmias. Spearman correlation analysis was performed to examine the correlation between left ventricular structure, function, and left ventricular myocardial strain parameters with heart function levels. **Results** In the group with ventricular arrhythmias, LVESTD_{max}, LVEDTD_{max}, LVMM, LVESV, and LVEDV were higher than those in the group without ventricular arrhythmias ($P<0.05$), while LVEF was lower than that in the group without ventricular arrhythmias ($P<0.05$). The GPRS was lower in the group with ventricular arrhythmias than in the group without ventricular arrhythmias ($P<0.05$), while GPCS and GPLS were higher in the group with ventricular arrhythmias than in the group without ventricular arrhythmias ($P<0.05$). In the IV grade group, LVESV and LVEDV were higher than those in the III grade group, which were higher than those in the I-II grade group ($P<0.05$). The GPRS was lower in the IV grade group than in the III grade group, which was lower than that in the I-II grade group ($P<0.05$). The GPCS and GPLS were higher in the IV grade group than in the III grade group, which were higher than those in the I-II grade group ($P<0.05$). Spearman correlation analysis showed that LVEF and GPRS were negatively correlated with the cardiac function grade ($r<0$, $P<0.05$), while LVESV, LVEDV, GPCS, and GPLS were positively correlated with the cardiac function grade ($r>0$, $P<0.05$). In the group with ventricular arrhythmias, 96 cases (60.00%) had delayed enhancement in the left ventricular myocardium, with a total of 1632 segments, of which 902 segments (55.27%) had delayed enhancement, mainly in the form of intramural delayed enhancement. Among the 96 cases with delayed enhancement of myocardium, 66 cases (68.75%) were distributed in the interventricular septal wall. **Conclusion** Cardiac MRI can effectively reflect the left ventricular structure, left ventricular function, left ventricular myocardial strain, and myocardial fibrosis in DCM patients with ventricular arrhythmias, and is closely related to the level of cardiac function.

Keywords: Ventricular Arrhythmia; Dilated Cardiomyopathy; Cardiac Magnetic Resonance; Left Ventricular Myocardial Strain Force; Myocardial Fibrosis; Cardiac Function

扩张型心肌病(DCM)是一种以两侧心室扩大、舒张功能不全为典型症状的器质性心脏病,以心肌细胞肥大、变性为主要病理学特征^[1-2]。室性心律失常可导致患者发生心源性猝死,严重威胁患者生命安全^[3]。因此,早期准确评估合并室性心律失常DCM患者的心功能与病情,有助于临床制定科学防治方案,改善患者预后。心脏MRI具有软组织分辨率、空间分辨率、时间分辨率高等特点,且可多平面、多视野成像,全面反映患者心脏功能、心脏形态结构与心肌组织代谢等情况^[4-5]。但心脏MRI由于存在一定禁忌症,且费用较高,致使心脏MRI临床普及率低于二维超声心动图等技术。本研究分析心脏MRI定量评估合并室性心律失常DCM左心室心肌应变力、心肌纤维化的价值。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2020年1月至2023年12月就诊于本院的260例DCM患者纳入合并室性心律失常组。根据是否合并分为合并室性心律失常组($n=160$)和非室性心律失常组($n=100$)。本研究经本医院医学伦理委员会批准,免除受试者知情同意。纳入标准:符合DCM诊断标准^[6];经冠状动脉造影或CT冠状动脉造影检查未发现冠状动脉存在明显异常;均经动态心电图检查;符合室性心律失常诊断参考室早Lown分级^[7];无干扰

【第一作者】吴琳,男,主管技师,主要研究方向:心脏磁共振。E-mail: qag91z@163.com

【通讯作者】高靳,男,主任医师,主要研究方向:心脏磁共振。E-mail: 532559034@qq.com

图像后处理伪影且图像质量好；临床资料完整。排除标准：存在合并束支传导阻滞、心肌梗死、冠心病、高血压、肺心病、瓣膜疾病、中毒性心肌炎、心动过速性心肌病、神经肌肉性疾病、先天性心脏病及缺血性心脏病等引起心肌损害的其他疾病；全身系统性疾病、血液系统疾病；严重感染、恶性肿瘤；精神障碍性疾病、认知功能障碍；幽闭恐惧症；妊娠期或哺乳期。

1.2 方法

1.2.1 检查方法 仪器选用MAGNETOM Skyra 3.0T MRI系统(德国西门子)，心脏专用8通道阵列线圈与心电门控技术。取仰卧位，将心电电极贴于胸前，与心电门控相连。(1)心脏电影成像扫描：用快速小角度激发成像序列进行心脏冠状位、矢状位、心脏轴位定位扫描，获得覆盖心尖至主动脉根部的心脏假短轴位图像。利用DOT定位技术，于心脏假短轴位图像上定位左心房中心、右心室角、主动脉根部、二尖瓣中心和心尖位置，在患者屏气状态下快速扫描获得左心室长轴定位图像。电影成像采用真实稳态自由进动序列，逐层扫描左心室长轴、短轴。采集参数：矩阵256×256，视野340mm×250mm，回波时间1.43ms，重复时间45.64ms，层厚8mm，翻转角80°。(2)心脏DE-MRI。经肘静脉注入钆喷酸葡胺注射液，在MRI后30min内立即注射0.2mL或0.4ml/kg的钆喷酸葡胺注射液。10min后进行心肌延迟扫描，扫描范围包括1层两腔心切面、8层左室短轴位、1层四腔心切面。

1.2.2 图像分析 将扫描数据导入CEADw4.2工作站，在MRI专用显示器上借助Argus心脏功能软件进行处理，测量左心室结构指标[左心室心肌质量(LVMM)、左室舒张末期最大横径(LVEDTD_{max})、左室收缩末期最大横径(LVESTD_{max})]。在短轴电影序列图像中描绘短轴位左心室外膜、心内膜轮廓(图1)，计算左心室功能指标[左心室射血分数(LVEF)、左心室收缩末期容积(LVESV)、左心室舒张末期容积(LVEDV)]。通过自动追踪每个心动周期左心室心肌轮廓，测定左心室心肌应变力指标[全局周向峰值应变(GPCS)、全局纵向峰值应变(GPLS)、全局径向峰值应变(GPRS)]，每指标重复测量3次，取平均值。

1.3 观察指标 (1)对比非合并室性心律失常组、合并室性心律失常组左心室结构指标、左心室功能指标、左心室心肌应变力与DE-MRI图像结果；(2)对比合并室性心律失常组不同心功能分级患者左心室结构指标、左心室功能、左心室心肌应变力指标；(3)经Spearman相关性分析左心室结构、功能及左心室心肌应变力参数与心功能分级的相关性。

1.4 统计学方法 采用SPSS 23.0统计学软件。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，三组比较采用方差分析，组间两两比较采用q检验检验；计数资料采用 χ^2 检验；采用Spearman相关性分析指标之间的关系。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 非合并室性心律失常组和合并室性心律失常组一般资料对比

比 2组的年龄、性别、体质量指数、体表面积、心率、收缩压、舒张压等差异无统计学意义(P>0.05)。

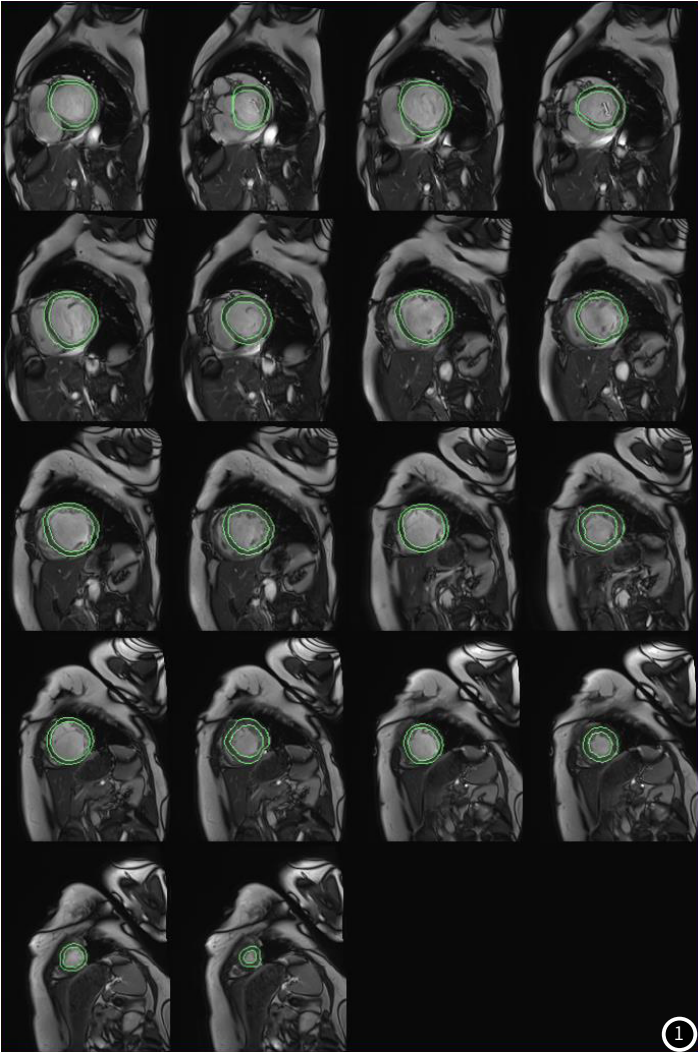


图1 心功能短轴位绘制图。

2.2 非合并室性心律失常组和合并室性心律失常组左心室结构与功能对比 合并室性心律失常组LVESTD_{max}、LVEDTD_{max}、LVMM、LVESV、LVEDV比非合并室性心律失常组高，LVEF比非合并室性心律失常组低(P<0.05)，见表1。

表1 非合并室性心律失常组和合并室性心律失常组左心室结构与功能对比

组别	例数	左心室结构			左心室功能		
		LVESTD _{max} (cm/m ²)	LVEDTD _{max} (cm/m ²)	LVMM(g/m ²)	LVESV(ml/m ²)	LVEDV(ml/m ²)	LVEF(%)
非合并室性心律失常组	100	1.54±0.36	2.34±0.84	82.42±12.84	24.65±4.72	64.85±10.286	58.45±5.95
合并室性心律失常组	160	3.82±0.43	4.15±0.51	103.72±19.08	113.69±27.46	142.65±21.74	35.96±4.72
t值		44.209	21.627	9.852	32.108	33.504	41.863
P值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.3 非合并室性心律失常组、合并室性心律失常组左心室心肌应变力对比 合并室性心律失常组GPRS比非合并室性心律失常组低，GPCS、GPLS比非合并室性心律失常组高(P<0.05)，见表2。

2.4 合并室性心律失常组不同心功能分级患者左心室结构与功能对比 合并室性心律失常组不同心功能分级患者的LVESTD_{max}、LVEDTD_{max}、LVMM相比，差异无统计学意义(P>0.05)；IV级组

LVESV、LVEDV>Ⅲ级组>Ⅰ-Ⅱ级组，LVEF<Ⅲ级组<Ⅰ-Ⅱ级组(P<0.05)。见表3与图2。

2.5 合并室性心律失常组不同心功能分级患者左心室心肌应变力对比 IV级组GPRS<Ⅲ级组<Ⅰ-Ⅱ级组，GPCS、GPLS>Ⅲ级组>Ⅰ-Ⅱ级组(P<0.05)，见表4。

表2 非合并室性心律失常组、合并室性心律失常组左心室心肌应变力对比(%)

组别	例数	GPCS	GPRS	GPLS
非合并室性心律失常组	100	-19.72±3.89	43.86±6.82	-14.05±3.34
合并室性心律失常组	160	-6.32±1.48	7.16±1.52	-5.62±1.18
t值		39.294	65.581	29.172
P值		0.000	0.000	0.000

表3 合并室性心律失常组不同心功能分级患者左心室结构与功能对比

组别	例数	左心室结构			左心室功能		
		LVESTD _{max} (cm/m ²)	LVEDTD _{max} (cm/m ²)	LVMM(g/m ²)	LVESV(ml/m ²)	LVEDV(ml/m ²)	LVEF(%)
I - II 级组	70	3.61±0.78	4.02±1.21	98.69±15.51	76.52±10.74	86.35±18.54	44.52±4.75
III级组	52	3.28±0.69	4.29±0.84	103.02±16.72	106.86±26.35 ^a	123.47±29.54 ^a	36.64±5.02 ^a
IV级组	38	4.24±0.61	4.48±0.73	105.12±18.24	141.32±30.02 ^{ab}	167.54±41.02 ^{ab}	31.74±4.73 ^{ab}
F值		0.851	0.716	0.542	121.513	284.695	172.261
P值		0.362	0.428	0.496	0.000	0.000	0.000

注：与 I - II 级组相比，^aP<0.05；与III级组相比，^bP<0.05。

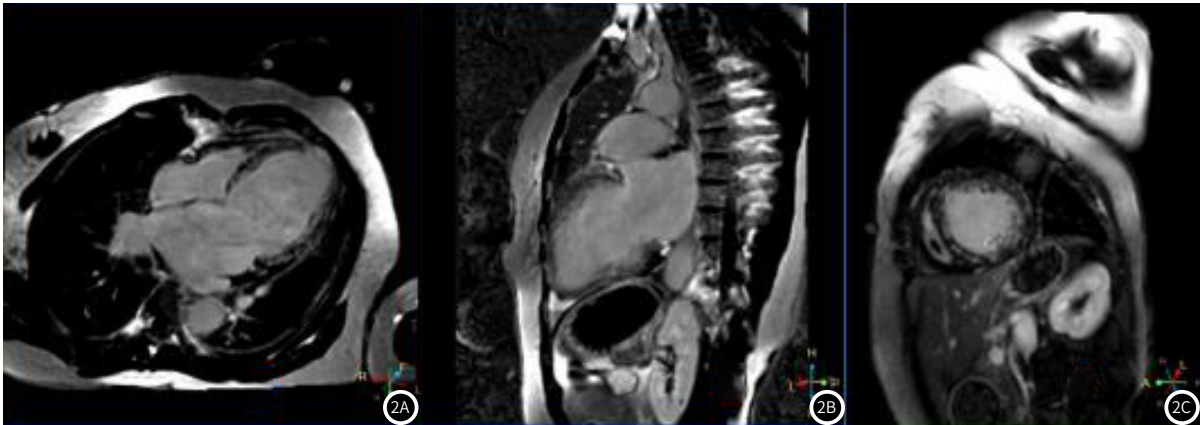


图2 合并室性心律失常DCM患者的心脏MRI影像学特征。1. 左房、左室扩大(左房前后径54mm, 左室横径78mm); 2. 左室心肌广泛纤维化延迟增强左室弥漫斑片状强化信号。2A延迟强化四腔心位, 2B延迟强化两腔心位, 2C延迟强化短轴位。

表4 合并室性心律失常组不同心功能分级患者左心室心肌应变力对比(%)

组别	例数	GPCS	GPRS	GPLS
I - II 级组	70	-13.62±3.02	14.36±4.15	-10.62±2.51
III级组	52	-9.42±2.53	9.85±2.71	-6.81±1.25
IV级组	38	-4.02±1.84	5.61±2.78	-3.98±1.75
F值		166.553	83.118	145.335
P值		0.000	0.000	0.000

注：与 I - II 级组相比，^aP<0.05；与III级组相比，^bP<0.05。

2.6 合并室性心律失常组左心室结构与功能、心肌应变力指标与心功能等级的相关性 Spearman相关性分析显示，左心室结构指标与心功能等级无明显相关性($r>0, P>0.05$)；LVEF、GPRS与心功能等级呈负相关($r<0, P<0.05$)，LVESV、LVEDV、GPCS、GPLS与心功能等级呈正相关($r>0, P<0.05$)。见表5。

2.7 非合并室性心律失常组、合并室性心律失常组DE-MRI图像结果分析 合并室性心律失常组有96例(60.00%)左室心肌出现延迟强化，使用17节段方法分析，96例左室心肌共1632个节段，其中902个节段(55.27%)出现延迟强化，以壁间延迟强化为主。96例延迟强化心肌中，66例(68.75%)分布在间隔壁部位。见表6、7。

表5 合并室性心律失常组左心室结构与功能、心肌应变力指标与心功能等级的相关性

指标	左心室结构			左心室功能			左心室心肌应变力		
	LVESTD _{max}	LVEDTD _{max}	LVMM	LVESV	LVEDV	LVEF	GPCS	GPRS	GPLS
r	0.213	0.172	0.128	0.593	0.612	-0.702	0.513	-0.612	0.426
P	0.096	0.109	0.127	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表6 非合并室性心律失常组、合并室性心律失常组DE-MRI图像结果对比 [节段数(%)]

组别	延迟强化节段	壁间延迟强化	透壁性延迟强化	内膜下延迟强化
非合并室性心律失常组	0	0	0	0
合并室性心律失常组	902	596(66.08)	206(22.84)	72(7.98)

表7 非合并室性心律失常组、合并室性心律失常组DE-MRI图像结果对比 [例(%)]

组别	例数	前壁延迟强化	侧壁延迟强化	下壁延迟强化	间隔壁延迟强化
非合并室性心律失常组	0	0	0	0	0
合并室性心律失常组	96	36(37.50)	34(35.42)	26(27.08)	66(68.75)

3 讨 论

DCM的具体发病机制尚未完全阐明，但多认为与自身免疫、感染、遗传等诸多因素相关^[8]。本病在形态学上的主要征象表现为双心室或左心室扩大，并合并心室壁变薄，病理学上的主要表现以不同程度的间质纤维化、心肌细胞代偿性肥大、广泛心肌细胞萎缩等为主^[9-10]。大部分患者早期虽无明显症状，但心脏功能与结构已出现左心室收缩功能降低、心脏增大等表现，一旦出现症状5年内60%患者会死亡。DCM左心室结构和功能破坏，导致左室射血分数减低，引发电生理特性改变，导致心律失常。

心脏MRI通过心电门控与屏气电影法扫描，可获得整个心动周期的多幅清晰图像，借助半自动结合手动描绘出左心室外膜、内膜轮廓，可精确显示左心室生理结构与功能指标^[11]。杨利娟^[12]等研究报道，DCM不同心功能等级患者的二维超声心动图中LVESV、LVEDV指标相比差异不显著，而心脏MRI的左心室功能参数存在明显差异，可见相比二维超声心动图，心脏MRI更利于反映患者左心室容积与心功能。本研究中，合并室性心律失常组LVESTD_{max}、LVEDTD_{max}、LVMM、LVESV、LVEDV比非合并室性心律失常组高，LVEF比非合并室性心律失常组低，表明室性心律失常DCM患者存在心肌质量增加、室壁变薄等影像学表现，造成间质纤维化、心肌细胞肥大变性等典型病理变化。心肌应变力是心肌收缩后长度与初始长度的比值，常用于心血管疾病患者的心肌变形与机械运动评估中，可准确反映心室收缩期肌纤维长度变化。MR-FT不需额外扫描序列与标注目标，可通过真实稳态自由进动成像序列，无创性定量评估心肌局部运动、整体做功与功能情况。同时，MR-FT具有可重复、快速、半自动等优势，可有效弥补既往激发回波技术、心肌标注技术等方式序列存在的空间分辨率低、扫描时间长、径向应变数据缺失等不足，更加精准反映左心室功能与运动情况^[13-14]。李舒曼^[15]等研究报道，MR-FT可定量测定合并室性心律失常DCM患者的心肌应变力，有效识别左室心肌功能障碍，且一定程度上明确左心室心肌应变力与纤维走行的关系。本研究中，合并室性心律失常组GPRS比非合并室性心律失常组低，GPCS、GPLS比非合并室性心律失常组高，提示合并室性心律失常DCM患者左心室整体功能受损。DCM患者左心室呈球形扩大、肌束角度趋于水平，一定程度上会降低心肌应变力；同时，心肌变薄、左心室压力增加会减弱肌纤维变化能力，从而降低心肌应变力。经Spearman相关性分析显示，LVEF、GPRS与心功能分级呈负相关，GPCS、GPLS、LVESV、LVEDV与心功能分级呈正相关，表明心脏MRI可反映合并室性心律失常DCM患者心功能、心肌应变力，且参数与心功能分级密切相关。

心肌纤维化是一种可引起心脏间质重构的心脏病理性改变，DCM、高血压性心脏病、心脏瓣膜病、肥厚型心肌病等诸多心血管病变中较为常见^[16]。正常心肌细胞致密，MRI造影剂难以透过心肌细胞膜。本研究中的非合并室性心律失常组心肌区域未出现延迟强化。但当合并室性心律失常DCM出现心肌炎、心肌细胞坏死与纤维化形成时，会一定程度上损伤细胞膜完整性，此时造影剂容易进入细胞，故多数呈现为延迟强化。本研究中，室合并室性心律失常组有96例(60.00%)左室心肌出现延迟强化，多分布在

间隔壁部位，且以壁间延迟强化为主，表明DE-MRI有利于评估心肌纤维化。

综上所述，心脏MRI可有效反映合并室性心律失常DCM患者的左心室结构、左心室功能、左心室心肌应变力与心肌纤维化，且与心功能等级密切相关，可指导临床合理诊治。

参考文献

[1] Cojan-Minzat B0, Zlibut A, Agoston-Coldea L. Non-ischemic dilated cardiomyopathy and cardiac fibrosis[J]. Heart Fail Rev, 2021, 26(5): 1081-1101.

[2] Augusto JB, Eiros R, Nakou E, et al. Dilated cardiomyopathy and arrhythmogenic left ventricular cardiomyopathy: a comprehensive genotype-imaging phenotype study[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2021, 21(3): 326-336.

[3] 张建英, 胡凌云, 张福洲, 等. 心脏MRI在扩张型心肌病中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(2): 217-222.

[4] 杨丽, 刘振华, 张自力, 等. 心脏核磁共振延迟强化对心肌病心功能的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(10): 44-47.

[5] 赵初, 李小虎, 王婷婷, 等. 心脏磁共振纵向弛豫时间定量在肥厚型心肌病和扩张型心肌病中的应用价值[J]. 安徽医科大学学报, 2021, 56(3): 490-493.

[6] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心肌病诊断与治疗建议工作组. 心肌病诊断与治疗建议[J]. 中华心血管病杂志, 2007, 35(1): 5-16.

[7] 吕聪敏, 汤建民. 临床实用心电图学[M]. 北京: 科学出版社, 2016, 6.

[8] 郭阳, 丁守坤. 扩张型心肌病患者心功能与Lp-PLA2表达水平的关系及最佳诊断阈值探讨[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(2): 46-48.

[9] 马慧慧. 扩张型心肌病合并心力衰竭预后风险的列线图模型构建[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(11): 58-60.

[10] 赵康艳, 武峰, 宋晶, 等. 心脏磁共振延迟强化成像联合血清NT-proBNP及Hcy检测评估非缺血性心肌病预后的价值[J]. 中国医学装备, 2022, 19(4): 65-69.

[11] Li Y, Xu Y, Tang S, et al. Left atrial function predicts outcome in dilated cardiomyopathy: fast long-axis strain analysis derived from MRI[J]. Radiology, 2022, 302(1): 72-81.

[12] 杨利娟, 金学蔚. MRI与二维超声心动图对原发扩张型心肌病心功能评价及其与NYHA分级的相关性[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(7): 56-59.

[13] Azuma M, Kato S, Sekii R, et al. Extracellular volume fraction by T1 mapping predicts improvement of left ventricular ejection fraction after catheter ablation in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy and atrial fibrillation[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37(8): 2535-2543.

[14] Purmah Y, Cornhill A, Lei LY, et al. Mid-wall striae fibrosis predicts heart failure admission, composite heart failure events, and life-threatening arrhythmias in dilated cardiomyopathy[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 1739.

[15] 李舒曼, 程敬亮, 张勇, 等. 磁共振心肌组织追踪技术定量评估扩张型心肌病左心室心肌应变力的价值[J]. 放射学实践, 2020, 35(11): 1429-1434.

[16] Kübler J, Burgstahler C, Brendel JM, et al. Cardiac MRI findings to differentiate athlete's heart from hypertrophic (HCM), arrhythmogenic right ventricular (ARVC) and dilated (DCM) cardiomyopathy[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37(8): 2501-2515.