

论 著

心脏磁共振IVIM成像定量评估肥厚型心肌病患者左心室壁肥厚程度的价值及临床意义*

郭小会* 冷 琦

北京市大兴区人民医院放射科
(北京 102600)

【摘要】目的 探讨心脏磁共振IVIM成像(CMR-IVIM)对肥厚型心肌病(HCM)患者左心室壁厚度程度的评估价值, 以期临床制定干预方案提供依据。方法 选取我院2021年9月至2022年9月HCM患者55例(共880个心肌节段)作为研究对象, 均行CMR-IVIM检查, 对比左心室壁有无心肌肥厚节段、不同肥厚程度节段CMR-IVIM定量参数[快速表现扩散系数(ADC_{fast})、快速扩散成分所占比例(f值)、慢速表现扩散系数(ADC_{slow})], 分析各参数与左心室壁厚度程度的相关性并评估价值。结果 左心室壁心肌肥厚节段f值、 ADC_{fast} 、 ADC_{slow} 低于无心肌肥厚节段($P<0.05$); 极重度、重度肥厚节段f值、 ADC_{fast} 、 $ADC_{slow}<$ 中度肥厚节段<轻度肥厚节段($P<0.05$); Pearson相关性分析, f值、 ADC_{fast} 、 ADC_{slow} 与左心室壁厚度程度呈负相关($r=-0.563$ 、 -0.471 、 -0.408 , $P<0.05$); f值、 ADC_{fast} 、 ADC_{slow} 诊断心肌肥厚节段的AUC分别为0.730、0.756、0.723, 联合诊断AUC为0.903; f值、 ADC_{fast} 、 ADC_{slow} 评估中度肥厚节段AUC分别为0.769、0.739、0.773, 联合评估AUC为0.900; f值、 ADC_{fast} 、 ADC_{slow} 评估重度及以上肥厚节段AUC分别为0.713、0.721、0.756, 联合评估AUC为0.923。结论 CMR-IVIM各定量参数与HCM患者左心室壁肥厚密切相关, 临床可通过各参数进行早期诊断、评估左心室壁肥厚程度, 为针对性制定后续治疗方案提供参考, 以降低低恶性心血管事件发生风险。

【关键词】心脏磁共振; IVIM成像;
肥厚型心肌病; 左心室壁肥厚

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】北京市卫生科技发展专项基金项目
(2019-2-929)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.09.015

Value and Clinical Significance of Cardiac Magnetic Resonance IVIM Imaging for Quantitative Assessment of Left Ventricular Wall Hypertrophy in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy*

GUO Xiao-hui*, LENG Qi.

Department of Radiology, Daxing District People's Hospital, Beijing 102600, China

ABSTRACT

Objective To investigate the value of cardiac magnetic resonance IVIM imaging (CMR-IVIM) in assessing the degree of left ventricular wall hypertrophy in patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM), in order to provide a reference for early clinical assessment of the disease and formulation of treatment plans. **Methods** 55 patients with HCM (a total of 880 myocardial segments) from September 2021 to September 2022 in our hospital were selected as study subjects, all of whom underwent CMR-IVIM examination to compare the presence or absence of hypertrophic segments in the left ventricular wall, quantitative CMR-IVIM parameters [proportion of fast diffusion components (f value), fast apparent diffusion coefficient (ADC_{fast}), slow apparent diffusion coefficient (ADC_{slow})] in segments with different degrees of hypertrophy, and to analyze the correlation and assessment value of each parameter with the degree of left ventricular wall hypertrophy. **Results** f-value, ADC_{fast} , and ADC_{slow} were lower in left ventricular wall hypertrophy segments than in non-hypertrophy segments ($P<0.05$); f-value, ADC_{fast} , and ADC_{slow} in very severe and severe hypertrophy segments < moderate hypertrophy segments < mild hypertrophy segments ($P<0.05$); Pearson correlation analysis, f-value, ADC_{fast} , and ADC_{slow} were negatively correlated with the degree of LV wall hypertrophy ($r=-0.563$, -0.471 , -0.408 , $P<0.05$). The AUCs of f-value, ADC_{fast} , and ADC_{slow} for diagnosing myocardial hypertrophy segments were 0.730, 0.756, and 0.723, respectively, and the combined diagnostic AUC was 0.903; the AUCs of f-value, ADC_{fast} , and ADC_{slow} for assessing moderate hypertrophy segments were 0.769, 0.739, and 0.773, respectively, and the combined assessment AUC was 0.900; the AUCs of f value, ADC_{fast} , and ADC_{slow} assessed AUCs of 0.713, 0.721, and 0.756 for severely hypertrophic segments and 0.923 for the joint assessment, respectively. **Conclusion** The quantitative parameters of CMR-IVIM are closely related to left ventricular wall hypertrophy in HCM patients, which can be used for early diagnosis and assessment of the degree of left ventricular wall hypertrophy, and provide a reliable basis for clinical targeting of appropriate intervention programs to reduce the risk of negative cardiovascular events.

Keywords: Cardiac Magnetic Resonance; IVIM Imaging; Hypertrophic Cardiomyopathy; Left Ventricular Wall Hypertrophy

肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)为一种左心室壁肥厚的遗传病, 临床特征表现为心肌细胞间质纤维化、肥大、排列紊乱等^[1]。报道显示^[2-3], HCM患者心脏外膜无异常表现, 但由于心肌血管壁增厚、冠状动脉循环受损等影响致使心肌缺血, 从而导致HCM病情进展, 是HCM患者病死的重要危险因素之一。HCM心肌微血管功能障碍与左心室肥厚程度密切相关, 为临床评估心血管事件发生的主要指标, 因此, 尽早对HCM患者左心室壁肥厚程度进行评估至关重要^[4]。目前临床评估心肌病方案主要包括心脏磁共振(CMR)、冠状动脉微循环阻力指数等, 其中CMR具有无创、无辐射、分辨率高等优点, 可通过后处理软件测定多参数定量指标, 而多扩散敏感因子(b)体系不相干运动(IVIM)技术可定量呈现微循环变化信号, 直观反映组织灌注病理学信息^[5-6]。但临床关于其应用于评估HCM患者相关研究较少, 基于此, 本研究试分析CMR-IVIM对HCM患者左心室壁肥厚程度的评估价值及临床意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料 经我院伦理委员会审核批准, 选取我院2021年9月至2022年9月HCM患者55例(共880个心肌节段)作为研究对象, 其中男31例, 女24例, 年龄38~62岁, 平均年龄(51.84 ± 3.28)岁; 体质量指数 $21.3\sim26.5\text{kg/m}^2$, 平均体质量指数(23.64 ± 1.12) kg/m^2 ; 其中临床表现胸痛13例, 胸闷23例, 心悸14例, 无症状5例。

纳入标准: 均符合HCM临床诊断标准, 经影像学检查显示存在左心室壁肥厚, 壁厚 $\geq 15\text{mm}$, 或存在HCM家族史, 壁厚 $\geq 13\text{mm}$; 直系亲属或法定监护人知晓本研究并签订同意书。排除标准: 合并其他心脏疾病; 合并严重心律失常导致图像质量不佳者; 具有室间隔部分心肌切除术或酒精消融术者; 精神异常或无法配合本研究检查者; 磁共振检查禁忌症者; 合并自身免疫性疾病、循环系统疾病。

1.2 方法 CMR-IVIM检查: 所有患者入院后均采用美国GE750 3.0T超导型磁共振成像系统检查, 选用8通道心脏相控线圈, 胸前导联心电图门控、呼吸门控技术。采用平衡稳态自由进动序列行四腔心序列扫描, 回波时间(TE): 1.1~1.5ms, 重复时间(TR): 2.8~3.0 ms, 视

【第一作者】郭小会, 男, 主治医师, 主要研究方向: 影像技术。E-mail: sephea70@21cn.com

【通讯作者】郭小会

野(FOV): 320mm×370mm, 翻转角: 60°~70°, 层厚: 8mm。IVIM扫描: IVIM序列触发延迟(TD)时间为左心室舒张晚期运动幅度最小时间点, 分别采集不同b值(0、50、100、200、400、600 s/mm²)左心室短轴基底段、心尖段、中间段图像, 矩阵: 84×128, TE: 56.0ms, TR: 300ms, 层间距: 18mm, 层厚: 5.0mm, TD:350~600ms; FOV: 400mm×400mm, 呼气末屏气扫描时间: 16~25s; 静脉注射0.2mmol/kg钆喷酸葡胺, 行相位敏感反转恢复序列扫描, 扫描时复制电影序列范围, 获得延迟增强图像。

图像分析: 将原始图像上传至后处理软件, 获取双指数模型拟合图, 根据17节段划分法, 测量不同节段心肌ROI快速表观扩散系数(ADC_{fast})、慢速表观扩散系数(ADC_{slow})、快速扩散成分所占比例(f), 测量时避免将心外膜外脂肪、心腔内血池成分归为ROI。每个节段测量3次, 取平均值。

左心室壁肥厚程度评估标准: 于短轴电影图像测量EDTH, 根据各节段EDTH分为无肥厚节段组(EDTH<15mm)和肥厚节段组(EDTH≥15mm), 其中肥厚节段组分为轻度: 15~20mm、中度: 21~25mm、重度: 26~30mm、极重度: >30mm肥厚节段。所有数据由2位具有丰富经验的影像医师进行测量及分析。

1.3 观察指标 (1)比较左心室壁有无心肌肥厚节段CMR-IVIM定量参数(f值、ADC_{fast}、ADC_{slow})。 (2)比较左心室壁不同肥厚程度节段CMR-IVIM定量参数。 (3)分析CMR-IVIM定量参数与左心室壁肥厚程

度的相关性。 (4)分析CMR-IVIM定量参数对心肌肥厚节段的诊断价值。 (5)分析CMR-IVIM定量参数对左心室壁肥厚程度的评估价值。

1.4 统计学方法 采用统计学软件SPSS 22.0处理数据, 符合正态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较t检验, 多组间比较以单因素方差进行分析, 两两比较以LSD-t检验, Pearson行相关性分析, 诊断价值分析采用ROC曲线, 获取曲线下面积(AUC), $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 左心室壁有无心肌肥厚节段CMR-IVIM定量参数 左心室壁心肌肥厚节段f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}低于无心肌肥厚节段($P<0.05$), 见表1。有无心肌肥厚节段CMR-IVIM的典型影像表现见图1。

2.2 左心室壁不同肥厚程度节段CMR-IVIM定量参数 单因素方差分析, 左心室壁不同肥厚程度节段f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}差异有统计学意义($P>0.05$); 两两比较: 极重度、重度肥厚节段f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}<中度肥厚节段<轻度肥厚节段($P<0.05$); 极重度肥厚节段f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}与重度肥厚节段差异无统计学意义($P>0.05$), 见表2。不同肥厚程度节段CMR-IVIM的典型影像表现见图2。

2.3 CMR-IVIM定量参数与左心室壁肥厚程度的相关性 Pearson相关性分析, f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}与左心室壁肥厚程度(赋值: 轻度=1, 中度=2, 重度=3, 极重度=4)呈负相关($P<0.05$), 见表3。

表1 左心室壁有无心肌肥厚节段CMR-IVIM定量参数比较

组别	个数	f值	ADC _{fast} (mm ² /s)	ADC _{slow} (mm ² /s)
心肌肥厚节段	207	0.531±0.082	0.027±0.009	0.003±0.001
无心肌肥厚节段	673	0.625±0.104	0.050±0.015	0.007±0.002
t		11.913	20.928	27.721
P		<0.001	<0.001	<0.001

表2 左心室壁不同肥厚程度节段CMR-IVIM定量参数比较

组别	个数	f值	ADC _{fast} (mm ² /s)	ADC _{slow} (mm ² /s)
轻度肥厚节段	116	0.561±0.061 ^{abd}	0.034±0.008 ^{abd}	0.006±0.002 ^{abd}
中度肥厚节段	51	0.509±0.044 ^{acd}	0.021±0.006 ^{acd}	0.004±0.001 ^{acd}
重度肥厚节段	24	0.472±0.028 ^{bc}	0.014±0.004 ^{bc}	0.002±0.001 ^{bc}
极重度肥厚节段	16	0.470±0.025 ^{bc}	0.013±0.003 ^{bc}	0.002±0.001 ^{bc}
F		33.355	102.993	63.269
P		<0.001	<0.001	<0.001

注: 与重度肥厚节段比较, ^a $P<0.05$; 与中度肥厚节段比较, ^b $P<0.05$; 与轻度肥厚节段比较, ^c $P<0.05$; 与极重度肥厚节段比较, ^d $P<0.05$ 。

表3 CMR-IVIM定量参数与左心室壁肥厚程度的相关性

参数	左心室壁肥厚程度	
	r	P
f值	-0.563	<0.001
ADC _{fast}	-0.471	<0.001
ADC _{slow}	-0.408	<0.001

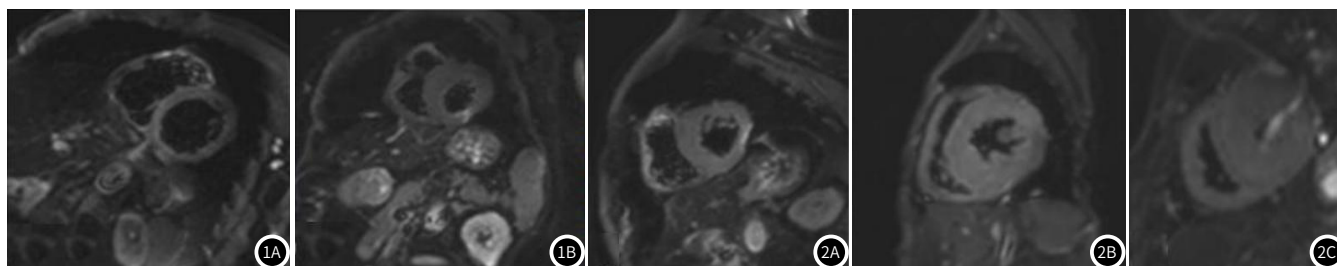


图1A~图1B 有无心肌肥厚节段CMR-IVIM的典型影像表现。图1A: 正常人b值0s/mm²时图像, 显示心肌未见明显灌注缺损区; 图1B: HCM患者b值0s/mm²时图像, 心肌可见明显的灌注缺损。

图2A~图2C 不同肥厚程度节段CMR-IVIM的典型影像表现。图2A~图2C 分布代表轻度、中度、重度肥厚节段b值0s/mm²时图像, 显示左室壁肥厚程度逐渐增加, 心肌灌注缺损区面积逐渐增大。

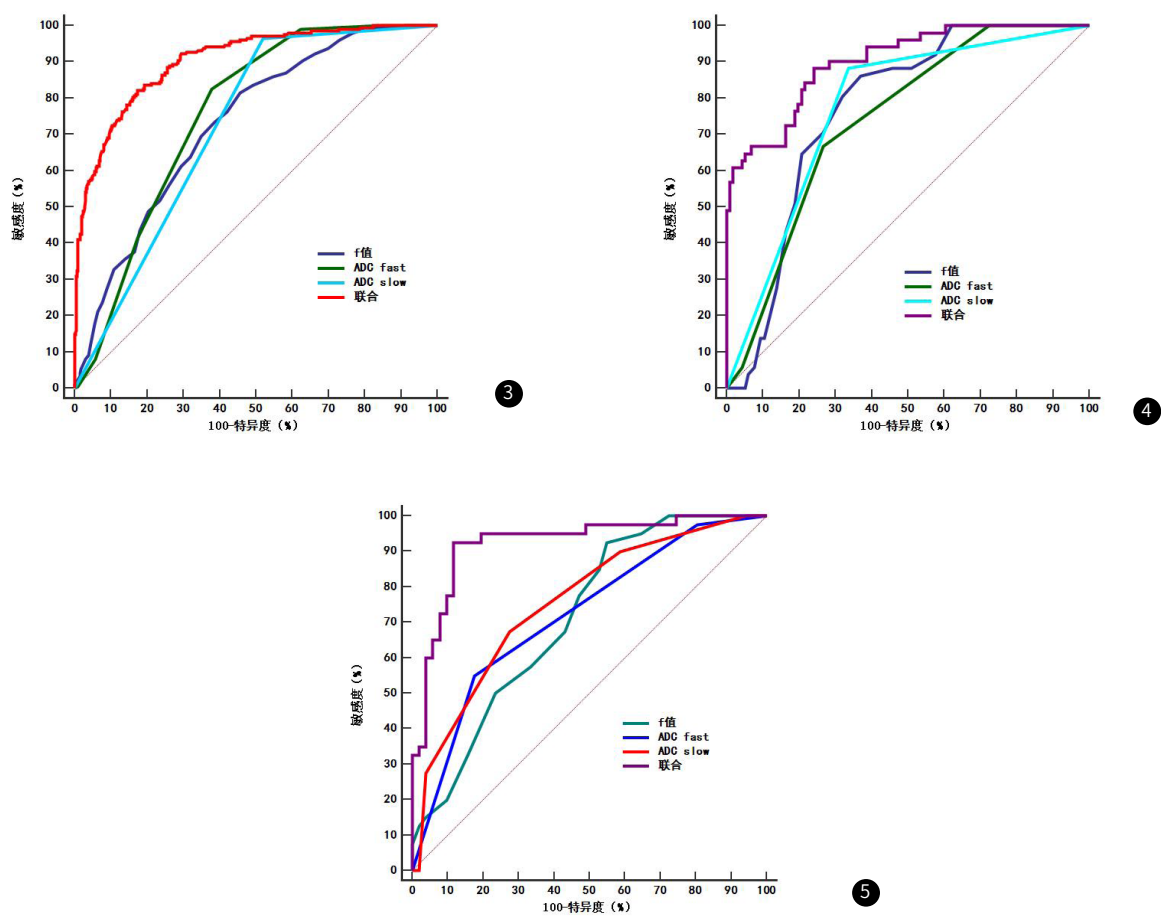


图3 CMR-IVIM定量参数对心肌肥厚节段的诊断价值
图4 CMR-IVIM定量参数对中度肥厚节段的评估价值
图5 CMR-IVIM定量参数对重度及以上肥厚节段的评估价值

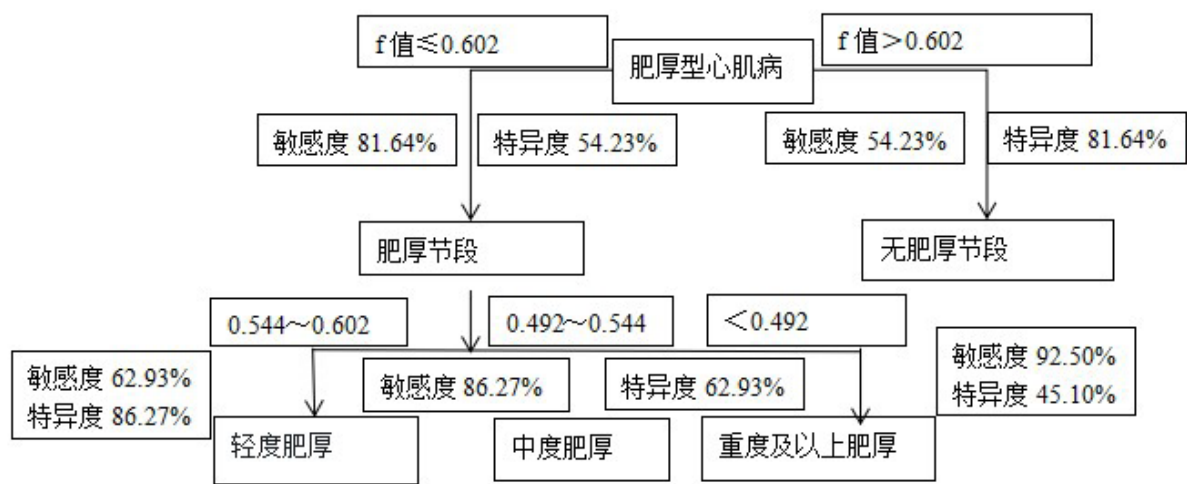


图6 诊断流程图

2.4 CMR-IVIM定量参数对心肌肥厚节段的诊断价值 以左心室壁心肌肥厚节段作为阳性样本,左心室壁无心肌肥厚节段作为阴性样本,绘制ROC曲线,结果显示,f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}诊断心肌肥厚节段的AUC为0.730(95%CI: 0.699~0.759)、0.756(95%CI: 0.726~0.784)、0.723(95%CI: 0.692~0.752),三者联合诊断心肌肥厚节段的AUC,0.903(95%CI: 0.882~0.922),大于各参数单独诊断($P<0.05$),见图3。

2.5 CMR-IVIM定量参数对左心室壁肥厚程度的评估价值

以中度肥厚节段作为阳性样本,轻度肥厚节段作为阴性样本,绘制ROC曲线,结果显示,f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}评估中度肥厚节段的AUC为0.769(95%CI: 0.698~0.831)、0.739(95%CI: 0.666~0.804)、0.773(95%CI: 0.702~0.834),三者联合评估中度肥厚节段的AUC为0.900(95%CI: 0.844~0.941),大于各参数单独评估($P<0.05$),见图4。

因重度与极重度肥厚节段f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}无明显差异,故将两者合并统计为重度及以上。以重度及以上肥厚节段作为阳性样本,中度肥厚节段作为阴性样本,绘制ROC曲线,结果显示,f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}评估重度及以上肥厚节段的AUC为0.713(95%CI: 0.609~0.803)、0.721(95%CI: 0.617~0.810)、0.756(95%CI: 0.654~0.840),三者联合评估重度及以上肥厚节段的AUC为0.923(95%CI: 0.847~0.968),大于各参数单独评估($P<0.05$),见图5。

2.6 诊断流程图 以f值为例,绘制f值诊断流程图,见图6。

3 讨论

HCM为一种遗传性心脏病,临床典型特征为左心室壁非对称性肥厚^[7]。数据表明^[8],HCM我国总体患病率约为0.18%,且近年来发病率呈上升趋势,其总体预后良好,但部分心肌微血管功能严重障碍者可出现致命性心源性死亡,而HCM患者左心室壁肥厚程度与心肌微血管功能密切相关。因此,积极探讨HCM患者左心室壁肥厚程度早期评估方案具有重大意义。

CMR为目前临床评估HCM病情的主要方案,既往多通过CMR心肌灌注成像技术进行检查,但需注射造影剂,对脑、肾脏均具有一定毒性反应,存在一定局限性^[9-10]。IVIM技术可同时实现组织内微循环灌注、水分子扩散定量检测,通过勾画ROI可获取反映组织微循环灌注的参数^[11]。本研究结果显示,HCM患者左心室壁心肌肥厚节段f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}低于无心肌肥厚节段,据此可推测f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}对于评估HCM患者左心室壁心肌是否肥厚具有一定价值,进一步行ROC分析发现,各参数联合评估诊断心肌肥厚节段AUC可达0.903(95%CI: 0.882~0.922),优于单一参数诊断,提示临床可通过CMR-IVIM各参数定量评估诊断HCM患者心肌是否肥厚,与既往魏柯香等^[12]学者研究结果基本一致。

报道显示^[13],HCM患者左心室壁肥厚可提高负性心脏事件风险分层,且左心室壁肥厚程度越高,心功能越差。国外学者^[14-15]研究表明,HCM左室壁重度肥厚患者的猝死风险高于左室壁轻度肥厚者,而CMR可准确测量左室壁厚度。本研究结果发现,极重度、重度肥厚节段f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}<中度肥厚节段<轻度肥厚节段,说明CMR-IVIM各参数可有效评估HCM患者左心室壁肥厚程度。笔者认为,HCM患者自身心肌细胞肥大,心肌无再生毛细血管,导致心肌血管量减少,血流灌注降低,肥厚心肌中血管内膜增生可促使微血管管壁增厚,扩张时血管阻力提高,且随肥厚程度提高,肥厚心肌僵硬程度随之升高,促使左心室舒张功能下降,增加了血流阻力,f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}参数随之发生变化^[16-18]。本研究进一步行相关性分析发

现,f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}与左心室壁肥厚程度呈负相关($r=-0.563$ 、 -0.471 、 -0.408 , $P<0.05$),进一步证实CMR-IVIM各定量参数与HCM患者左心室壁肥厚程度密切相关。基于上述研究结果,本研究首次采用ROC分析CMR-IVIM各定量参数对HCM患者左心室壁肥厚程度评估价值,结果发现f值、ADC_{fast}、ADC_{slow}联合评估中度肥厚节段的AUC为0.900(95%CI: 0.844~0.941),联合评估重度及以上肥厚节段的AUC为0.923(95%CI: 0.847~0.968),具有较高诊断价值。

综上所述,CMR-IVIM各定量参数可有效评估HCM患者左心室壁肥厚,为临床早期诊断、评估左心室壁肥厚程度提供依据,以制定相应干预方案,改善预后。

参考文献

- [1] Ho CY,Mealiffe ME,Bach RG,et al.Evaluation of mavacamten in symptomatic patients with nonobstructive hypertrophic cardiomyopathy[J].J Am Coll Cardiol,2020,75(21):2649-2660.
- [2] 孔慧慧,曹佳鑫,田晋帆,等.心脏磁共振特征追踪技术对肥厚型心肌病与轻度高血压心脏病的鉴别意义[J].临床放射学杂志,2022,41(9):1660-1664.
- [3] Solomon T,Filipovska A,Hool L,et al.Preventative therapeutic approaches for hypertrophic cardiomyopathy[J].J Physiol,2021,599(14):3495-3512.
- [4] 赵茜,李连曦,豆伟.多普勒超声心动图评价肥厚型心肌病患者心肌特征及心功能的临床研究[J].临床和实验医学杂志,2022,21(13):1451-1454.
- [5] Pradella S,Grazzini G,De Amicis C,et al.Cardiac magnetic resonance in hypertrophic and dilated cardiomyopathies[J].Radiol Med,2020,125(11):1056-1071.
- [6] 刘宗才,刘新峰,王荣品,等.心脏磁共振组织追踪技术定量分析肥厚型心肌病左心室心肌应变[J].临床放射学杂志,2022,41(6):1025-1028.
- [7] Ranjbarvaziri S,Kooiker KB,Ellenberger M,et al.Altered cardiac energetics and mitochondrial dysfunction in hypertrophic cardiomyopathy[J].Circulation,2021,144(21):1714-1731.
- [8] 戴思露,张瑞芳,段会参,等.压力-应变环对非对称性肥厚型心肌病局部心肌做功的定量研究[J].中国超声医学杂志,2022,38(8):855-858.
- [9] Petersen SE,Khanji MY,Plein S,et al.European Association of Cardiovascular Imaging expert consensus paper:a comprehensive review of cardiovascular magnetic resonance normal values of cardiac chamber size and aortic root in adults and recommendations for grading severity[J].Eur Heart J Cardiovasc Imaging,2019,20(12):1321-1331.
- [10] 方良瑞,肖晶晶,范莉萍,等.心脏磁共振电影成像纹理特征与传统心功能参数分析肥厚型心肌病心衰程度的对比研究[J].重庆医科大学学报,2022,47(6):719-726.
- [11] Małek ŁA,Marczak M,Miłosz-Wieczorek B,et al.Cardiac involvement in consecutive elite athletes recovered from Covid-19:A magnetic resonance study[J].J Magn Reson Imaging,2021,53(6):1723-1729.
- [12] 魏柯香,陈梓烟,何秀超,等.3.0 T心脏磁共振体素内不相干运动技术评估肥厚型心肌病患者微血管功能障碍[J].第二军医大学学报,2019,40(3):277-283.
- [13] 李洁,左蕾,阳慧婷,等.氯沙坦对非梗阻性肥厚型心肌病患者心肌肥厚程度的影响[J].临床内科杂志,2021,38(1):23-26.
- [14] Cabrera Borrego E,Bermúdez-Jiménez FJ,Ruiz RM,et al.Regression of left ventricular hypertrophy in a case of sarcomeric hypertrophic cardiomyopathy:an unexpected outcome[J].JACC Case Rep,2020,2(6):935-937.
- [15] Grajewski KG,Stojanovska J,Ibrahim EH,et al.Left ventricular hypertrophy:evaluation with cardiac MRI[J].Curr Probl Diagn Radiol,2020,49(6):460-475.
- [16] 李志明,韩丹,杞天付,等.心脏磁共振T1 mapping技术评估肥厚型心肌病心肌纤维化[J].中国医学影像学杂志,2022,30(4):341-347.
- [17] 徐森,孙玉,侯洁,等.心脏磁共振成像评价肥厚型心肌病左心室乳头肌形态学改变的初步研究[J].磁共振成像,2021,12(9):15-19.
- [18] Saberi S,Cardim N,Yamani M,et al.Mavacamten favorably impacts cardiac structure in obstructive hypertrophic cardiomyopathy:EXPLORER-HCM cardiac magnetic resonance substudy analysis[J].Circulation,2021,143(6):606-608.

(收稿日期:2022-11-10)

(校对编辑:韩敏求)