

论 著

3D-STI联合3.0T磁共振成像在肥厚型心肌病左心室收缩功能早期改变中的评估价值

王世鹏^{1,*} 刘军德¹ 张仲莲¹
陈云锋¹ 郭彩霞¹ 孙东东²

1.武威肿瘤医院超声医学科

2.武威肿瘤医院影像科(甘肃武威 733000)

【摘要】目的 探讨三维斑点追踪技术(3D-STI)联合3.0T磁共振成像(MRI)对肥厚型心肌病(HCM)左心室收缩功能早期改变的评估作用。方法 选取我院2022年1月至2024年1月收治的80例HCM患者为HCM组,按1:1比例选择同期于我院体检的健康体检者80例为对照组,2组均进行3D-STI、3.0T MRI检查。比较2组超声心动图指标及3D-STI、3.0T MRI指标。超声心动图指标包括左室舒张末室间隔最大厚度(IVSD)、左房容积指数(LAVI)、左室质量指数(LVMI)、收缩末容积(LVESV)、舒张末容积(LVEDV)、射血分数(LVEF)、二尖瓣口舒张早期血流速度峰值(E值)、二尖瓣口舒张晚期血流速度峰值(A值)、E/A、二尖瓣环舒张早期峰值运动速度e'。3D-STI指标包括整体纵向应变(GLS)、整体径向应变(GRS)、整体轴向应变(GCS)、整体面积应变(GAS)。3.0T MRI指标包括LVEDV、LVESV、LVEF、高峰射血时间(TPER)、高峰射血率(PER)、高峰充盈率(PFR)、高峰充盈时间(TPFR)。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析3D-STI、3.0T MRI评估HCM的价值。结果 HCM组IVSD、LAVI、LVMI、A高于对照组,LVEDV、e'低于对照组($P<0.05$)。HCM组GLS、GCS、GAS值大于对照组,GRS值低于对照组($P<0.05$)。HCM组LVEDV、PER、PFR低于对照组($P<0.05$)。3D-STI联合3.0T MRI评估HCM的曲线下面积(AUC)为0.969,高于3D-STI的0.865及3.0T MRI的0.895($Z=4.064$ 、 3.225 , $P<0.05$)。结论 3D-STI、3.0T MRI能发现HCM左心室收缩功能早期改变,二者联合应用可取得理想的评估效果。

【关键词】三维斑点追踪技术; 3.0T磁共振成像; 肥厚型心肌病; 左心室收缩功能

【中图分类号】R542.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.024

Evaluation Value of 3D-STI Combined with 3.0T Magnetic Resonance Imaging in Early Changes of Left Ventricular Systolic Function in Hypertrophic Cardiomyopathy

WANG Shi-peng^{1,*}, LIU Jun-de¹, ZHANG Zhong-lian¹, CHEN Yun-feng¹, GUO Cai-xia¹, SUN Dong-dong².

1.Department of Ultrasound Medicine, Wuwei Cancer Hospital, Wuwei 733000, Gansu Province, China

2.Department of Imaging, Wuwei Cancer Hospital, Wuwei 733000, Gansu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the effect of 3D speckle tracking (3D-STI) combined with 3.0T magnetic resonance imaging (MRI) on the early changes of left ventricular systolic function in hypertrophic cardiomyopathy (HCM). **Methods** 80 patients with HCM admitted to our hospital from January 2022 to January 2024 were selected as the HCM group, and 80 healthy patients who underwent physical examination in our hospital during the same period were selected as the control group in a 1:1 ratio. 3D-STI and 3.0T MRI examinations were performed in both groups. The echocardiographic indexes, 3D-STI and 3.0T MRI indexes of the two groups were compared. The echocardiographic indicators included left ventricular end-diastolic septal maximum thickness (IVSD), left atrial volume index (LAVI), left ventricular mass index (LVMI), end-systolic volume (LVESV), end-diastolic volume (LVEDV), ejection fraction (LVEF), mitral orifice peak diastolic blood velocity (E value), and late mitral orifice diastolic blood flow Peak velocity (A value), E/A, early peak mitral ring diastolic motion velocity e'. The 3D-STI index includes overall longitudinal strain (GLS), overall radial strain (GRS), overall axial strain (GCS), and overall area strain (GAS). The 3.0T MRI parameters included LVEDV, LVESV, LVEF, peak ejection time (TPER), peak ejection rate (PER), peak filling rate (PFR), and peak filling time (TPFR). Receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted to analyze the value of 3D-STI and 3.0T MRI in evaluating HCM. **Results** IVSD, LAVI, LVMI and A in HCM group were higher than those in control group, LVEDV and e' were lower than those in control group ($P<0.05$). GLS, GCS and GAS values in HCM group were higher than those in control group, and GRS values in HCM group were lower than those in control group ($P<0.05$). LVEDV, PER and PFR in HCM group were lower than those in control group ($P<0.05$). The area under the curve (AUC) of HCM evaluated by 3D-STI combined with 3.0T MRI was 0.969, which was higher than 0.865 for 3D-STI and 0.895 for 3.0T MRI ($Z=4.064$, 3.225 , $P<0.05$). **Conclusion** 3D-STI and 3.0T MRI can detect the early changes of left ventricular systolic function in HCM, and the combined application of the two can achieve an ideal evaluation effect.

Keywords: Three-dimensional Spot Tracking Technology; 3.0T Magnetic Resonance Imaging; Hypertrophic Cardiomyopathy; Left Ventricular Systolic Function

肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)是一种遗传性心脏病,患者可能长期无典型症状,也可能于运动后发生呼吸困难、心悸、胸痛、气短等表现,突发致命性心律失常发生风险较高。研究表明HCM发病原因与遗传、免疫功能异常、感染等相关,随着病情进展,可能引起血栓栓塞、进行性心衰、猝死等不良事件^[1-3]。这类患者主要病理表现为心肌细胞肥大,可致左心室收缩功能异常^[4]。若能尽早对患者的左心室收缩功能予评估,则对HCM诊疗有益。二维斑点追踪技术(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)既往在心肌功能评估中应用广泛,取得了一定效果,但追踪范围较局限^[5]。3D-STI则能弥补2D-STI的不足,可于三维方向对心肌功能予评估,同步生成应变-时间曲线^[6]。此外,心脏磁共振对评估心脏结构有重要作用,能观察心血管疾病的形态学改变,对心肌细胞坏死、心肌纤维化等予以识别。3.0T磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)具有分辨率高、扫描速度快等特点,与1.5T MRI相比,其在信噪比、频谱成像效果等方面有明显改善^[7]。本研究旨在探讨3D-STI联合3.0T MRI评估HCM患者左心室收缩功能早期改变的价值,以期提高评估效果,报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院2022年1月至2024年1月收治的80例HCM患者为HCM组,按1:1比例选择同期于我院体检的健康体检者80例为对照组,2组均进行3D-STI、3.0T MRI检查。患者均对研究知情同意,研究方案获伦理委员会批准,2组一般资料比较无差异($P>0.05$)。

纳入标准HCM组:符合《中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南》^[8]中HCM诊断标准;年龄 ≥ 18 周岁;二维超声心动图示室间隔厚度超过15mm;左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)高于50%;认知、沟通正常,能配合3D-STI、3.0T MRI检查。纳入标准对照组:同期体检的健康志愿者;年龄 ≥ 18 周岁;认知、沟通均正常,能配合3D-STI、3.0T MRI检查。排除标准:因先天性心脏病、瓣膜病、冠心病等导

【第一作者】王世鹏,男,副主任医师,主要研究方向:心血管超声诊断及超声介入诊断及治疗。E-mail: kjkjha@163.com

【通讯作者】王世鹏

致的心室壁肥厚；既往有心脏手术史；图像质量差，难以分析；患肿瘤疾病；严重感染。

表1 2组一般资料比较

组别	性别		年龄(岁)	体质量指数(kg/m ²)	吸烟史	饮酒史
	男	女				
HCM组(n=80)	41	39	46.91±8.24	22.41±3.04	34	28
对照组(n=80)	43	37	48.82±7.05	22.19±2.07	30	22
χ^2/t	0.100		1.575	0.535	0.417	1.047
P	0.752		0.117	0.593	0.519	0.306

1.2 方法

1.2.1 3D-STI检查 仪器为Philips iE33超声诊断仪及S5-1相控阵探头、X5-1矩阵容积探头，探头频率分别为1.0~5.0MHz、1.0~3.0MHz。受试者选取左侧卧位，保持呼吸平静，首先行二维超声心动图检查(S5-1探头)，测量左室舒张末室间隔最大厚度(interventricular septal depth, IVSD)、左房容积指数(left atrial volume index, LAVI)、左室质量指数(left ventricular mass index, LVMI)、收缩末容积(left ventricular end systolic volume, LVESV)、舒张末容积(left ventricular end diastolic volume, LVEDV)、LVEF、二尖瓣口舒张早期血流速度峰值(E峰)、二尖瓣口舒张晚期血流速度峰值(A峰)、E/A、二尖瓣环舒张早期峰值运动速度e'。然后切换X5-1探头，选择心尖四腔观，调整为3D模式，实时显示心尖两腔观、四腔观图像，对图像进行调节，清晰展现心内膜，图像满意后则按下Acquire键，对左室全容积动态图像(3个心动周期)予存储，并将图像传送至Tom Tec工作站(后处理软件为4D LV-Analysis 3.0)，对心内膜线进行自动追踪，充分展现心尖两腔心、三腔心、四腔心以及心尖部、中部和底部切面。针对各切面心内膜追踪线至左室内膜边界予以手动调整，软件自动得出左室收缩期(16节段)三维峰值应变均值，即整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)、整体径向应变(global radial strain, GRS)、整体轴向应变(global circumferential strain, GCS)、整体面积应变(global area strain, GAS)。

1.2.2 3.0T MRI检查 仪器为联影uMR790 3.0T MRI仪，受试者选

择仰卧位，首先对心脏整体进行扫描，收集冠状位、轴位、矢状位图片。选择舒张末期四腔心图像，于房室瓣至心尖扫描，获取左室短轴位视图(8~10层)。待扫描完毕，将图像利用Mass analysis软件以及Argus软件予以处理，得出相应指标，包括LVEDV、LVESV、LVEF、高峰射血时间(time to peak ejection rate, TPER)、高峰射血率(peak ejection rate, PER)、高峰充盈率(peak filling rate, PFR)、高峰充盈时间(time to peak filling rate, TPFR)。

1.3 统计学方法 经SPSS 20.0软件予统计学处理，计数资料以[n(%)]表示，行 χ^2 检验。满足正态分布与方差齐性的计量资料以(±s)表示，行t检验。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析3D-STI、3.0T MRI评估HCM的价值，曲线下面积(area under curve, AUC)比较用Z检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2组二维超声心动图指标比较 HCM组IVSD、LAVI、LVMI、A较对照组增高，LVEDV、e'较对照组降低(P<0.05)，见表2。

2.2 2组3D-STI指标比较 HCM组GLS、GCS、GAS值大于对照组，GRS值较对照组降低(P<0.05)，见表3。

2.2 2组3.0T MRI指标比较 HCM组LVEDV、PER、PFR较对照组降低(P<0.05)，见表4。3.0T MRI影像图见图1~图3。

表2 2组二维超声心动图指标比较

组别	IVSD(mm)	LAVI(mL/cm ²)	LVMI(g/cm ²)	LVESV(mL)
HCM组(n=80)	20.49±4.01	26.98±8.16	120.46±31.49	36.82±8.20
对照组(n=80)	9.11±0.67	19.25±4.02	70.34±8.96	39.41±9.11
t	25.036	7.601	13.692	1.890
P	<0.001	<0.001	<0.001	0.061

续表2

组别	LVEDV(mL)	LVEF(%)	E(cm/s)	A(cm/s)	E/A	e'(cm/s)
HCM组(n=80)	84.16±18.05	57.62±4.96	73.28±13.34	60.02±9.04	1.22±0.43	5.42±1.55
对照组(n=80)	100.69±10.45	59.13±5.72	74.42±10.08	56.18±6.46	1.32±0.35	13.07±2.76
t	7.089	1.784	0.610	3.091	1.613	21.616
P	<0.001	0.076	0.543	0.002	0.109	<0.001

表3 2组3D-STI指标比较(%)

组别	GLS	GRS	GCS	GAS
HCM组(n=80)	-9.92±2.05	30.42±5.10	-13.82±3.40	-20.49±2.27
对照组(n=80)	-14.67±2.71	48.51±7.12	-18.94±2.45	-32.46±3.55
t	12.503	18.475	10.928	25.408
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 3D-STI、3.0T MRI评估HCM的价值 纳入表3、表4中差异显著变量进行研究，其中3D-STI指标为GLS、GRS、GCS、GAS，3.0T MRI指标为LVEDV、PER、PFR。采用多因素Logistic回归模型分别得出GLS、GRS、GCS、GAS联合以及LVEDV、PER、PFR联合评估HCM的预测概率，绘制ROC曲线，对应分别得出3D-STI、3.0T MRI评估HCM的AUC。3D-STI联合3.0T MRI评估时，利用多因素Logistic回归模型得出上述所有指标(GLS、

GRS、GCS、GAS、LVEDV、PER、PFR)联合评估HCM的预测概率，绘制ROC曲线，对应得出3D-STI、3.0T MRI联合评估HCM的AUC。3D-STI、3.0T MRI评估HCM的AUC分别为0.865、0.895，二者联合评估的AUC为0.969。3D-STI联合3.0T MRI评估HCM的AUC高于3D-STI、3.0T MRI($Z=4.064$ 、 3.225 , $P<0.05$)，见表5及图4~6。

表4 2组3.0T MRI指标比较

组别	LVEDV(mL)	LVESV(mL)	LVEF(%)	TPER(ms)	PER(EDV/s)	PFR(EDV/s)	TPFR(ms)
HCM组(n=80)	85.32±15.23	35.91±7.69	57.99±5.03	213.74±40.67	1.63±0.39	1.46±0.22	277.51±41.81
对照组(n=80)	101.46±13.62	38.08±9.77	59.71±6.54	216.85±42.15	4.25±0.81	3.59±1.15	275.92±46.27
t	7.065	1.561	1.865	0.475	26.067	16.271	0.228
P	<0.001	0.121	0.064	0.636	<0.001	<0.001	0.820

表5 3D-STI、3.0T MRI评估HCM的价值

检查方式	AUC	标准误	P	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)
3D-STI	0.865	0.028	<0.001	0.802-0.914	81.01	81.48
3.0T MRI	0.895	0.025	<0.001	0.837-0.938	84.81	82.72
3D-STI联合3.0T MRI	0.969	0.011	<0.001	0.929-0.990	87.34	93.83

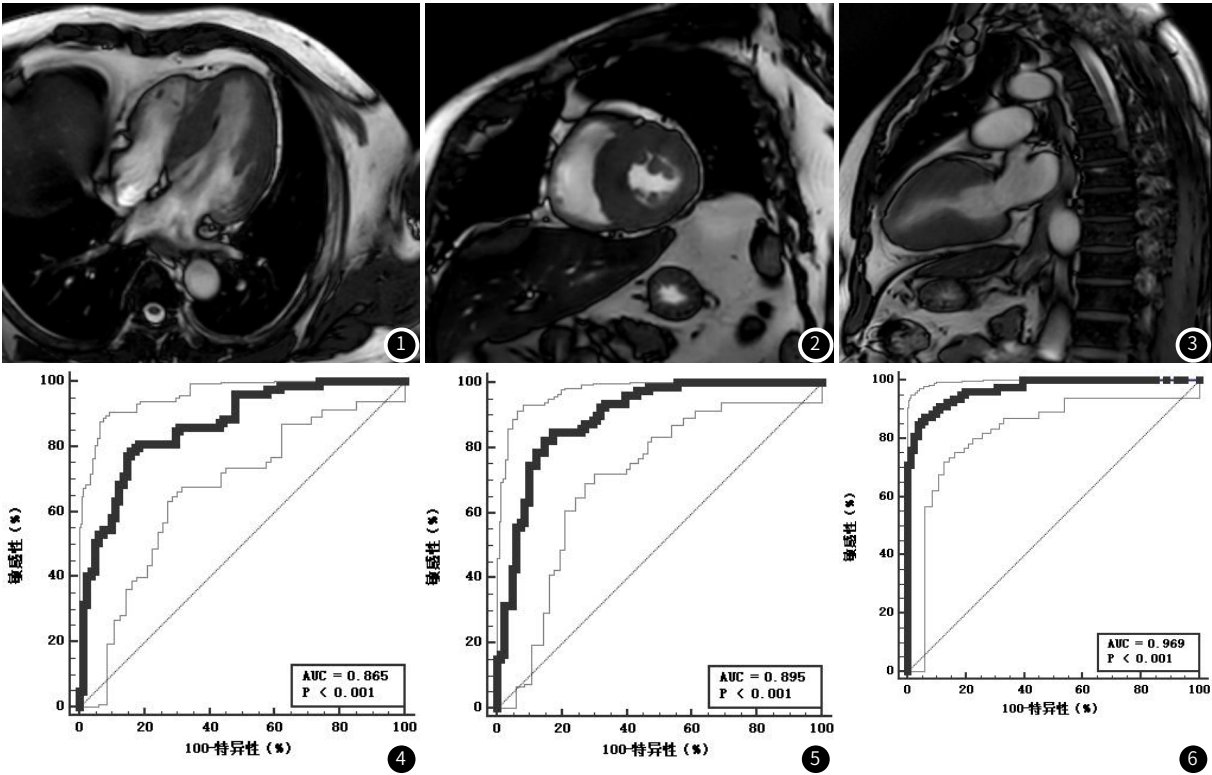


图1 左心室长轴面影像图，左心室长轴面提示左室壁增厚。图2 左心室短轴面影像图，左心室短轴面提示左室壁增厚。图3 左心室矢状位影像图，矢状位提示左室壁显著增厚。图4 3D-STI评估HCM的ROC曲线。图5 3.0T MRI评估HCM的ROC曲线。图6 3D-STI联合3.0T MRI评估HCM的ROC曲线。

3 讨 论

HCM是较常见的一种遗传性心肌病,组织学改变包括心肌结构紊乱、心肌细胞肥大等,可引起冠状动脉腔狭窄,致心肌细胞处于缺血状态,促进心肌细胞坏死,并导致间质纤维化,削弱左心室心肌顺应性以及心肌弹性,降低左心室收缩功能^[9-10]。尽早发现左心室收缩功能改变,有利于HCM的早期诊断,及时采取干预措施。经胸超声心动图具有价格实惠、重复性好、操作简单、无创等特点,在HCM诊断中有所应用,但其对心脏结构、形态以及功能的评价不够全面,导致漏诊率高。3D-STI可于空间立体内对心肌运动进行追踪,追踪范围优于2D-STI,能更好的评估心脏局部以及整体功能,反映心脏收缩协调性,测量偏倚小^[11-12]。3.0T MRI则能精准提供心脏结构、形态学等信息,空间分辨率高,对细微结构显示良好。将3D-STI与3.0T MRI联用,是否能提升HCM左心室收缩功能早期改变的评估价值,有待进一步探究。

本研究提示,与对照组相比,HCM组IVSD、LAVI、LVMI、A增高,LVEDV、e'降低。其中LVEDV、A、e'与心室舒张功能有关,上述指标异常提示患者存在左心室舒张功能障碍,而常规超声心动图对左心室收缩功能的评估则欠佳。心肌收缩包括径向收缩、纵向收缩以及圆周收缩,3D-STI通过评估GLS、GRS、GCS、GAS,则能反映心室收缩变化,更全面的了解心室形态改变。本研究显示,与对照组相比,HCM组GLS、GCS、GAS值更高,GRS值降低,其中GLS、GCS、GAS均为负值,负值较大表明患者心肌细胞形变能力差,存在心肌收缩障碍。究其原因:(1)HCM患者伴有心肌缺血,导致左室收缩功能减弱^[13];(2)患者心肌细胞的排列处于紊乱状态,致心肌收缩功能损害^[14];(3)伴有心肌纤维化,导致心肌细胞纵向、径向、轴向的形变能力下降,心肌纤维化越严重,心肌细胞的形变能力越差,导致GLS、GRS、GCS、GAS异常^[15]。王玲娟等^[16]发现,GCS、GLS、GRS与HCM患者的心肌纤维化密切相关,心肌纤维化患者的心肌细胞纵向、径向、轴向形变能力下降,表明心肌纤维化对左心室收缩功能影响较大。

3.0T MRI具有精准度高、重复性好等特点,能通过不同切面展现心肌肥厚情况,全面评估心脏形态,易发现微小病灶。本研究针对HCM患者采用3.0T MRI检查,提示与对照组相比,HCM组LVEDV、PER、PFR降低。LVEDV也可通过常规超声心动图评估,能反映心室舒张功能,LVEDV下降即HCM患者存在左心室舒张功能障碍。PER、PFR能反映心室快速充盈期以及快速射血期容积的最大变化速率,二者降低可能与LVMI增加,从而引起的舒张末期、收缩末期室内压上调相关,表明HCM患者心室顺应性减低。张娜^[17]以扩张性心肌病患者进行研究,亦发现患者的PER、PFR值低于健康志愿者。本次通过ROC曲线,发现3D-STI联合3.0T MRI能提高HCM的评估价值,AUC高达0.969,敏感度87.34%,特异度93.83%。3D-STI能展现心脏三维解剖结构,对心肌运动变化情况予追踪,3.0T MRI能对心脏形态予以全面评估,二者结合,能进一步为HCM左心室收缩功能早期改变提供依据。

综上所述,3D-STI联合3.0T MRI能尽早对HCM左心室收缩功能改变进行评估,及时发现病变,利于早期诊疗。本研究不足如下:(1)样本量少,可能致结论偏倚;(2)尚未深入观察心肌纤维化与左心室收缩功能的相关性,之后需扩大样本量对此予探讨。

参考文献

- [1] Manisty C H, Jordan J H, Hundley W G. Automated noncontrast myocardial tissue characterization for hypertrophic cardiomyopathy: holy grail or false prophet? [J]. *Circulation*, 2021, 144 (8): 600-603.
- [2] Kwon S, Lee H J, Han K D, et al. Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality in 7666 adults with hypertrophic cardiomyopathy (HCM): more physical activity is better [J]. *Brit J Sport Med*, 2021, 55 (18): 1034-1040.
- [3] Schenk A, Fields N. Mavacamten—a targeted therapy for hypertrophic cardiomyopathy [J]. *J Cardiovasc Pharm*, 2023, 81 (5): 317-326.
- [4] 李颖, 赵含章, 李静, 等. 运动负荷斑点追踪成像对非梗阻性肥厚型心肌病左心室功能的评价 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2020, 28 (8): 581-585, 590.
- [5] 赵亚西, 汪海飞, 刘柳, 等. 三维斑点追踪技术和二维斑点追踪技术评价心肌梗死患者左室心肌应变特征 [J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30 (5): 754-758.
- [6] 范泽政, 王静, 杨帆, 等. 三维斑点追踪技术在鉴别心脏淀粉样变与肥厚型心肌病和高血压心脏病中的应用 [J]. *中国超声医学杂志*, 2019, 35 (7): 604-607.
- [7] 魏柯香, 陈梓桐, 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.
- [8] 中华医学会心血管病学分会中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南编写组, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南 [J]. *中华心血管病杂志*, 2017, 45 (12): 1015-1032.
- [9] Macnamara J P, Dias K A, Jr C M H, et al. Limits to submaximal and maximal exercise in patients with hypertrophic cardiomyopathy [J]. *J Appl Physiol*, 2022, 133 (4): 787-797.
- [10] Marian A J. Molecular genetic basis of hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Circ Res*, 2021, 128 (10): 1533-1553.
- [11] 张娟, 王静, 朱晓丽, 等. 三维斑点追踪技术联合常规超声心动图评价肥厚型心肌病肌小节突变携带者左心室功能的早期改变 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2020, 29 (2): 104-109.
- [12] 罗志程, 邓新源, 梁菊香, 等. 3.0T MR心肌延迟强化诊断心肌病的价值及影像特点分析 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20 (12): 84-85.
- [13] 赵苗, 李慕子, 王婧金, 等. 分层应变技术评价肥厚型心肌病患者左心室收缩功能 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2022, 14 (2): 164-167.
- [14] 王迪, 史学功, 郑慧, 等. 自动心肌运动定量分析技术对肥厚型心肌病患者左心室心肌收缩功能的评估 [J]. *心脑血管病防治*, 2020, 20 (5): 508-511.
- [15] 张博, 侯敏, 李江华, 等. 速度向量成像技术对肥厚型心肌病左心室扭转功能和收缩功能的影响 [J]. *现代生物医学进展*, 2020, 20 (19): 3770-3773.
- [16] 王玲娟, 李彬彬, 吴泽, 等. 超声三维斑点追踪成像联合心脏磁共振成像评估肥厚型心肌病患者左室整体收缩功能与心肌纤维化相关性研究 [J]. *临床军医杂志*, 2021, 49 (12): 1352-1355.
- [17] 张娜. 三维超声斑点追踪成像和MRI检查对扩张性心肌病患者心室舒缩功能的影像学特征 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19 (5): 7-10.

(收稿日期: 2024-05-24)

(校对编辑: 姚丽娜、韩敏求)