

· 临床研究 ·

三维斑点追踪技术诊断心尖肥厚型心肌病的临床价值

虞林飞¹, 汪玉龙¹, 张昱²

摘要 **目的** 分析心尖肥厚型心肌病(AHCM)患者三维斑点追踪技术(3D-STI)参数与心电图参数的相关性,探讨3D-STI诊断AHCM的临床价值。**方法** 选取我院收治的AHCM患者30例(观察组)和同期健康体检者24例(健康组),应用二维超声心动图获取舒张末期室间隔厚度(IVSd)、舒张末期左室后壁厚度(LVPWd)、舒张末期左室内径(LVEDD)及左室射血分数(LVEF);3D-STI获取左室整体纵向应变(GLS)、左室整体圆周应变(GCS)、左室整体径向应变(GRS)及左室整体面积应变(GAS);心电图获取12导联QRS波群振幅总和(Σ QRS)、V1导联S波振幅与V5导联R波振幅之和(SV1+RV5)、V3导联S波振幅与aVL导联R波振幅之和(SV3+RaVL)、V2导联R波振幅与V1导联S波振幅之和(RV2+SV1)、V3导联R波振幅与V1导联S波振幅之和(RV3+SV1),比较两组上述参数的差异。采用Pearson相关分析法分析3D-STI参数与心电图参数的相关性;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析3D-STI参数对AHCM的诊断效能。**结果** 二维超声心动图检查显示,观察组IVSd、LVPWd均高于健康组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$);两组LVEDD、LVEF比较差异均无统计学意义。3D-STI检查显示,观察组GRS、GLS均低于健康组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$);两组GCS和GAS比较差异均无统计学意义。心电图检查显示,观察组12导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1均高于健康组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$);两组SV3+RaVL比较差异无统计学意义。相关性分析显示,GRS与12导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1均呈负相关(均 $P<0.001$);GLS与12导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1均呈正相关(均 $P<0.001$)。ROC曲线分析显示,GRS、GLS诊断AHCM的曲线下面积分别为0.889、0.912。**结论** 3D-STI参数与心电图参数相关,其在诊断AHCM中具有较好的临床价值。

关键词 超声心动描记术;斑点追踪技术,三维;心电图;肥厚型心肌病

[中图法分类号]R540.45

[文献标识码]A

Clinical value of three-dimensional speckle tracking imaging in the diagnosis of apical hypertrophic cardiomyopathy

YU Linfei¹, WANG Yulong¹, ZHANG Yu²

1.Department of Cardiovascular Medicine, Haiyan People's Hospital, Jiaxing 314300, China. 2.Department of Cardiovascular Medicine, the Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310000, China

ABSTRACT **Objective** To analyze the correlation between three-dimensional speckle tracking imaging (3D-STI) parameters and electrocardiogram (ECG) parameters in patients with apical hypertrophic cardiomyopathy (AHCM), and to investigate the clinical value of 3D-STI in the diagnosis of AHCM. **Methods** A total of 30 AHCM patients (observation group) and 24 healthy subjects (healthy group) were enrolled. Parameters including interventricular septal thickness at end-diastole (IVSd), left ventricular posterior wall thickness at end-diastole (LVPWd), left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD), and left ventricular ejection fraction (LVEF) were obtained by two-dimensional echocardiography. 3D-STI was used to measure global longitudinal strain (GLS), global circumferential strain (GCS), global radial strain (GRS), and global area strain (GAS). ECG parameters including the sum of QRS amplitudes in 12 leads (Σ QRS), SV1+RV5, SV3+RaVL, RV2+SV1, and RV3+SV1. The differences of above parameters between two groups were compared. Pearson correlation analysis was performed to analyze the correlation between 3D-STI parameters and ECG parameters. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of 3D-STI for AHCM. **Results** Two-dimensional echocardiography showed IVSd and LVPWd in

the observation group were significantly higher than those in the healthy group (all $P < 0.001$), while no differences were found in LVEDD and LVEF. 3D-STI showed GRS and GLS in the observation group were lower than those in the healthy group (all $P < 0.001$), while GCS and GAS showed no significant differences. ECG showed Σ QRS, SV1+RV5, RV2+SV1, and RV3+SV1 in the observation group were significantly higher than those in the healthy group (all $P < 0.001$). Correlation analysis showed GRS was negatively correlated with Σ QRS, SV1+RV5, RV2+SV1, and RV3+SV1 (all $P < 0.001$), while GLS showed positive correlations with these parameters (all $P < 0.001$). ROC curve analysis showed that the area under the curve of GRS and GLS for diagnosing AHCM were 0.889 and 0.912, respectively. **Conclusion** 3D-STI has significant clinical value in diagnosing AHCM, and 3D-STI parameters are closely correlated with ECG parameters.

KEY WORDS Echocardiography; Speckle tracking imaging, three-dimensional; Electrocardiogram; Hypertrophic cardiomyopathy

心尖肥厚型心肌病 (apical hypertrophic cardiomyopathy, AHCM) 属于常染色体显性遗传病, 主要是由心肌蛋白编码基因突变导致, 表现为心尖部左室乳头肌水平以下心肌组织肥厚及肥大部位不对称、异常。AHCM 好发于老年群体, 临床症状多不显著, 易出现漏、误诊^[1-2]。目前临床多采用心电图和二维超声心动图诊断 AHCM, 但其受角度、心脏搏动变化及呼吸运动等因素影响, 诊断准确率较低^[3-4]。三维斑点追踪技术 (three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI) 可无创定量评估心肌收缩、舒张功能及同步性, 与二维斑点追踪技术比较, 避免了仅局限平面内追踪心肌运动和结果偏移的影响, 可有效采集左室三维全容积数据, 且无角度依赖性, 不受心肌运动的影响^[5-6], 可以提供详细的心尖部节段运动信息, 实时监测心尖部节段运动和功能的改变。本研究旨在分析 3D-STI 参数与心电图参数的相关性, 探讨 3D-STI 诊断 AHCM 的临床应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2020 年 1 月至 2022 年 1 月我院收治的 AHCM 患者 30 例 (观察组), 男 19 例, 女 11 例, 年龄 65~81 岁, 平均 (72.67 ± 5.11) 岁, 体质指数 (BMI) $20 \sim 24 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(22.10 \pm 1.15) \text{ kg/m}^2$, 心率 (70.40 ± 4.48) 次/min, 收缩压 $(112.17 \pm 3.77) \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$), 舒张压 $(71.70 \pm 4.39) \text{ mmHg}$ 。纳入标准: ①符合《中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南 2023》^[4] 中 AHCM 的诊断标准; ②心功能分级为 I~II 级, 出现胸闷、乏力、心慌、胸痛等临床症状; ③血压正常且临床资料完整; ④年龄 ≥ 65 岁。排除标准: ①恶性肿瘤、严重精神病患者; ②尿毒症、糖尿病等慢性疾病患者; ③合并严重肠道、肝肾、心肺疾病患者。另选同期我院健康体检者 24 例为健康组, 男 13 例, 女 11 例, 年龄 66~

83 岁, 平均 (72.83 ± 4.97) 岁, BMI $20 \sim 24 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(22.33 \pm 1.17) \text{ kg/m}^2$, 心率 (71.08 ± 3.04) 次/min, 收缩压 $(112.46 \pm 3.68) \text{ mmHg}$, 舒张压 $(70.25 \pm 4.04) \text{ mmHg}$ 。两组一般资料比较差异均无统计学意义。本研究经我院医学伦理委员会批准, 所有受检者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声心动图检查: 使用 GE Vivid E9 彩色多普勒超声诊断仪, M5Sc 相控阵探头和 4D-V 全容积探头, 频率 1.0~5.0 MHz。受检者取平卧位, 充分暴露胸部, 同步连接心电图, 将探头置于胸骨左缘第三四肋间, 声束指向右胸锁关节, 探头顺时针旋转至合适角度获取清晰的左室长轴切面, 二维超声心动图测量舒张末期室间隔厚度 (IVSd)、舒张末期左室后壁厚度 (LVPWd)、舒张末期左室内径 (LVEDD); 然后将探头置于心尖搏动处, 声束指向右胸锁关节, 调整探头角度获取标准心尖四腔心切面, 采用双平面 Simpson 法测量左室射血分数 (LVEF)。切换至“4D”模式, 使用 4D-V 全容积探头, 优化单心动周期内的图像清晰度。测量心内膜与外心膜时嘱受检者屏气, 启动“MultiBeat”多心动周期采集功能, 记录连续 4 个心动周期, 获取心脏三维动态影像, 仪器自动测量左室整体纵向应变 (GLS)、整体圆周应变 (GCS)、整体径向应变 (GRS) 及整体面积应变 (GAS), 取绝对值进行统计分析。上述检查均由同一具有 5 年以上工作经验的超声医师完成, 所有参数均重复测量 3 次取平均值。

2. 心电图检查: 使用 GE MAC800 心电图仪, 患者取平卧位, 常规 12 导联心电图同步记录, 仔细观察导联波形态, 测量 12 导联 QRS 波群振幅总和 (Σ QRS)、V1 导联 S 波振幅与 V5 导联 R 波振幅之和 (SV1+RV5)、V3 导联 S 波振幅与 aVL 导联 R 波振幅之和 (SV3+RaVL)、V2 导联 R 波振幅与 V1 导联 S 波振幅之和 (RV2+SV1)、V3 导联 R 波振幅与 V1 导联 S 波振幅之和 (RV3+SV1), 所有参数均重复测量 3 次取平

均值。

三、统计学处理

应用 SPSS 25.0 统计软件, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用独立样本 t 检验; 计数资料以频数或率表示, 采用 χ^2 检验。相关性分析采用 Pearson 相关分析法; 绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析 3D-STI 参数对 AHCM 的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组二维超声心动图参数比较

观察组 IVSd、LVPWd 均高于健康组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.001$); 两组 LVEDD、LVEF 比较差异均无统计学意义。见表 1。

表 1 两组二维超声心动图参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	LVEDD(cm)	LVEF(%)	IVSd(mm)	LVPWd(mm)
健康组	4.60±0.51	57.44±10.62	10.44±1.62	9.07±0.89
观察组	4.57±0.58	55.13±9.75	16.30±2.57	13.24±2.65
t 值	0.199	0.832	-9.721	-7.371
P 值	0.843	0.409	<0.001	<0.001

LVEDD: 舒张末期左室内径; LVEF: 左室射血分数; IVSd: 舒张末期室间隔厚度; LVPWd: 舒张末期左室后壁厚度

二、两组 3D-STI 参数比较

观察组 GRS、GLS 均低于健康组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.001$); 两组 GCS、GAS 比较差异均无统计学意义。见表 2 和图 1。

三、两组心电图参数比较

观察组 12 导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1 均高于健康组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.001$); 两组 SV3+RaVL 比较差异无统计学意义。见表 3。

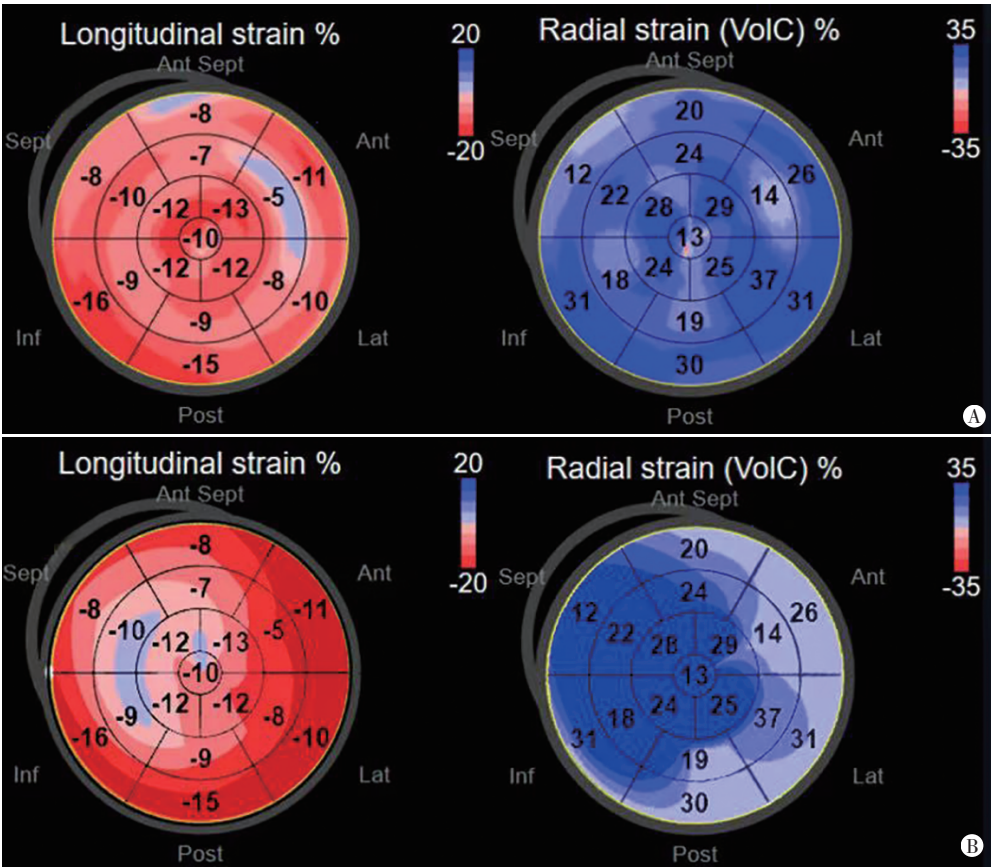
四、相关性分析

相关性分析显示, GRS 与 12 导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1 均呈负相关 (均 $P < 0.001$); GLS 与 12 导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1 均呈正相关 (均 $P < 0.001$)。见表 4。

表 2 两组 3D-STI 参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	GRS	GLS	GCS	GAS
健康组	47.01±3.44	21.45±2.65	33.44±1.67	36.07±5.44
观察组	35.28±8.96	15.32±3.77	33.94±5.68	35.12±4.65
t 值	6.057	-6.738	0.418	-0.692
P 值	<0.001	<0.001	0.678	0.492

GRS: 整体径向应变; GLS: 整体纵向应变; GCS: 整体圆周应变; GAS: 整体面积应变



A: 健康组 (男, 72 岁) GLS 为 22.26%, GRS 为 48.31%; B: 观察组 (男, 75 岁) GLS 为 13.16%, GRS 为 30.16%

图 1 两组 3D-STI 检测牛眼图

表3 两组心电图参数比较($\bar{x}\pm s$) mV

组别	12 导联 Σ QRS	SV1+RV5	RV2+SV1	RV3+SV1	SV3+RaVL
健康组	13.48 $\pm$ 3.35	1.27 $\pm$ 0.66	1.41 $\pm$ 0.37	1.39 $\pm$ 0.36	1.28 $\pm$ 0.64
观察组	21.54 $\pm$ 7.35	4.23 $\pm$ 0.83	2.79 $\pm$ 0.82	2.76 $\pm$ 0.68	1.59 $\pm$ 0.73
<i>t</i> 值	-5.352	-12.942	-8.225	-9.499	-1.665
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.102

Σ QRS:QRS 波群振幅总和;SV1+RV5:V1 导联 S 波振幅与 V5 导联 R 波振幅之和;RV2+SV1:V2 导联 R 波振幅与 V1 导联 S 波振幅之和;RV3+SV1:V3 导联 R 波振幅与 V1 导联 S 波振幅之和;SV3+RaVL:V3 导联 S 波振幅与 aVL 导联 R 波振幅之和

表4 3D-STI 参数与心电图参数的相关性分析

3D-STI 参数	12 导联 Σ QRS		SV1+RV5		RV2+SV1		RV3+SV1	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
GRS	-0.859	<0.001	-0.861	<0.001	-0.582	<0.001	-0.614	<0.001
GLS	0.687	<0.001	0.769	<0.001	0.746	<0.001	0.851	<0.001

Σ QRS:QRS 波群振幅总和;SV1+RV5:V1 导联 S 波振幅与 V5 导联 R 波振幅之和;RV2+SV1:V2 导联 R 波振幅与 V1 导联 S 波振幅之和;RV3+SV1:V3 导联 R 波振幅与 V1 导联 S 波振幅之和;SV3+RaVL:V3 导联 S 波振幅与 aVL 导联 R 波振幅之和

五、3D-STI 参数对 AHCM 的诊断效能

ROC 曲线分析显示,GRS、GLS 诊断 AHCM 的曲线下面积分别为 0.889 (95% 可信区间:0.802~0.976, $P<0.001$)、0.912(95% 可信区间:0.837~0.986, $P<0.001$),对应的截断值分别为 43.89%、19.28%,灵敏度分别为 86.7%、90.0%,特异度分别为 83.3%、82.1%。见图 2。

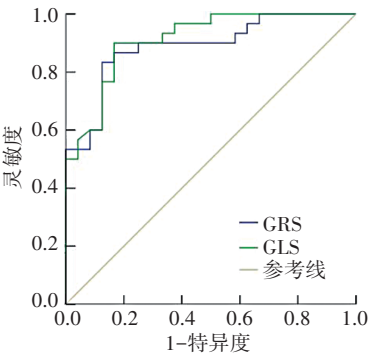


图2 GRS、GLS 诊断 AHCM 的 ROC 曲线图

讨 论

AHCM 是一种以老年男性为主要发病群体的心肌疾病,其病理生理特征主要表现为左室舒张功能显著降低,导致心室舒张期充盈受限及功能受损。与一般肥厚型心肌病不同,AHCM 患者未伴左室流出道压力阶差及梗阻性改变,因此其血流动力学改变相对较轻,临床症状较为隐匿^[7-8]。心电图是目前诊断 AHCM 的可靠工具,其工作机制主要基于心肌肥厚会导致心外膜面电位排列紊乱及动作电位时长增加,从而形成

明显的 T 波倒置^[9]。既往文献^[10-11]报道,AHCM 的心电图特征主要表现为左室高压电、左胸前导联 ST 段压低、V4~6 导联深尖倒置 T 波、无室间隔 Q 波、aVL 导联可见深窄 Q 波等。由于轻度或无节段性 AHCM 患者临床症状不显著,故其准确诊断具有一定困难,亟需寻找一种可准确评估潜在心脏功能障碍的方法。基因检测在判断 AHCM 一级亲属是否携带致病基因突变及确定其长期随访必要性等方面具有重要价值。然而,目前基因检测技术仅能识别约 30%~40% 的已知致病性或可能致病性突变,且存在检测周期长、费用高及数据分析复杂等不足,临床应用仍有一定局限。3D-STI 结合了三维成像和斑点追踪技术,能够通过识别心肌回声斑点在三维空间内的运动,追踪心脏的动态轨迹,从而获得左室心肌在多个方向上的应变参数,可以更全面地了解左室功能状态^[12-14]。本研究旨在分析 3D-STI 参数与心电图参数的相关性,探讨 3D-STI 诊断 AHCM 的临床应用价值。

本研究二维超声心动图检查结果显示,观察组 IVSd、LVPWd 均高于健康组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$),表明 IVSd 和 LVPWd 均为反映心脏室壁厚度的重要参数,提示 AHCM 患者可能由于心肌细胞的肥厚性改变,导致其室间隔和左室后壁厚度增加。3D-STI 检查结果显示,观察组 GRS、GLS 均低于健康组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。GRS 是反映心肌在径向上的形变能力;GLS 是反映心肌在纵向上的形变能力,AHCM 患者由于心肌细胞肥厚和纤维化改变,进而影响心肌的收缩和舒张功能,使心肌顺应性和弹性降低,导致心室的充盈和射血能力受到影响^[15]。此外,心肌缺血和微循环障碍也可能进一步加剧心肌功能损伤,导致 GLS 降低。

AHCM 患者的心电图特征主要表现为显著的 T 波倒置,R 波增高,且 T 波随 ST 段发生下移。本研究心电图检查结果显示,观察组 12 导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1 均高于健康组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。分析原因主要与心肌肥厚与心脏电活动的异常有关,心肌肥厚导致心室壁增厚(尤其是左室),这会改变心电图向量,使 QRS 波群的振幅和形态发生变化。此外,本研究观察组与对照组 SV3+RaVL 比较差异无统计学意义,分析原因可能与样本量、特定年龄段人群的生理特征及其他潜在因素有关。心电图参数的变化与 3D-STI 中左室心肌应变参数降低相呼应,共同为 AHCM 的诊断提供了有力的依据。

本研究相关性分析显示,GRS 与 12 导联 Σ QRS、

SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1均呈负相关(均 $P<0.001$); GLS 与 12 导联 Σ QRS、SV1+RV5、RV2+SV1、RV3+SV1 均呈正相关(均 $P<0.001$),表明 3D-STI 参数与心电图参数具有一定的相关性。分析原因为心电图可记录心脏电活动的变化,间接反映心肌传导过程,心肌肥厚时心电图上相应导联的电压会升高;而 3D-STI 通过追踪心肌斑点的运动,直接评估心肌的形变和收缩功能^[16],心电图的异常(如 QT 间期延长、ST 段改变等)往往与心肌机械功能的异常(如应变、扭转等)有关,这种电-机械耦联机制进一步解释了 3D-STI 参数与心电图参数在评估心脏功能时表现出的相关性^[17]。本研究 ROC 曲线分析显示,GRS、GLS 诊断 AHCM 的曲线下面积分别为 0.889、0.912,提示 GRS 和 GLS 在诊断 AHCM 方面具有较高价值。与姜峰等^[18]研究结论一致。

综上所述,3D-STI 参数与心电图参数相关,其在诊断 AHCM 中具有较好的临床价值,且但本研究为单中心、小样本、回顾性研究,其结果可能存在偏倚,今后需行大样本、多中心研究进一步探讨。

参考文献

- [1] Toyoda S, Ida K, Kitagawa Y, et al. Pacemaker treatment for apical hypertrophic cardiomyopathy in the setting of an apical ventricular aneurysm[J]. JACC Case Rep, 2021, 3(8):1150-1155.
- [2] Abdalla MS, Pudasainee P, Ramachandran A, et al. Rare occurrence of apical hypertrophic cardiomyopathy among hispanics [J]. Cardiol Res, 2022, 13(6):393-397.
- [3] 文雯,王娟丽,王艳.心电图联合超声心动图对心尖肥厚型心肌病诊断价值[J].青岛大学学报(医学版),2021,57(2):271-275.
- [4] 国家心血管病中心心肌病专科联盟,中国医疗保健国际交流促进会心血管病精准医学分会“中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南 2023”专家组.中国成人肥厚型心肌病诊断与治疗指南 2023[J].中国循环杂志,2023,38(1):1-33.
- [5] Nemes A, Kormányos Á, Rácz G, et al. Normal reference values of tricuspid annular dimensions and functional properties in healthy adults using three-dimensional speckle-tracking echocardiography (insights from the magyar-healthy study) [J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(1):121-132.
- [6] Nemes A, Kormányos Á, Vezendi K, et al. Left atrial volumetric and functional properties in hemophilia-insights from a three-dimensional speckle-tracking echocardiographic magyar-path study [J]. J Cardiovasc Echogr, 2022, 32(3):148-153.
- [7] Rosu RO, Lupsor A, Necula A, et al. Anatomical-MRI correlations in adults and children with hypertrophic cardiomyopathy [J]. Diagnostics (Basel), 2022, 12(2):489.
- [8] Falasconi G, Pannone L, Slavich M, et al. Atrial fibrillation in hypertrophic cardiomyopathy: pathophysiology, diagnosis and management [J]. Am J Cardiovasc Dis, 2020, 10(4):409-418.
- [9] Bhattacharya M, Lu DY, Ventoulis I, et al. Machine learning methods for identifying atrial fibrillation cases and their predictors in patients with hypertrophic cardiomyopathy: the HCM-AF-Risk Model [J]. CJC Open, 2021, 3(6):801-813.
- [10] 陆晓兰,孙莉莉,秦海蓓.心尖肥厚型心肌病与非 ST 段抬高型心肌梗死的心电图鉴别诊断[J].现代医学,2021,49(5):531-535.
- [11] 王密,王明磊,杨秀慧,等.应用体表心电图鉴别左心室肥厚[J].临床心电图学杂志,2021,30(2):88-90.
- [12] 夏良华,董云,孟凡霞,等.三维斑点追踪超声心动图在心尖肥厚型心肌病诊断中的应用[J].同济大学学报(医学版),2021,42(5):616-621.
- [13] 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.
- [14] 徐莉,汪健飞,郑枫,等.超声心动图评价急性心肌梗死 II 期心脏康复前后心功能及同步性[J].江苏大学学报(医学版),2023,33(1):54-56,62.
- [15] 纳丽莎,刘蕾,朱力,等.超声三维斑点追踪成像联合心脏磁共振成像——钆延迟增强序列对成人肥厚型心肌病左室整体收缩功能与心肌纤维化的关联性研究[J].中华超声影像学杂志,2020,29(1):6-12.
- [16] 黎梦,章子铭,吕清,等.三维斑点追踪技术评价肥厚型心肌病患者左心室心肌力学特点[J].中华医学超声杂志(电子版),2021,18(3):250-257.
- [17] 李慕子,李慧,孟红,等.实时三维超声心动图自动定量技术评价肥厚型心肌病患者左心房容积及功能的应用价值[J].中国循环杂志,2022,37(5):487-493.
- [18] 姜峰,盛红专,耿海华,等.RT-3DE 联合 2D-STI 评估肥厚型梗阻性心肌病患者经皮室间隔消融术后左心功能变化[J].中国超声医学杂志,2022,38(10):1110-1114.

(收稿日期:2024-01-14)