大数据技术在超声心动图评估肥厚型心肌病左心室梗阻中的应用

龙珠[1,2] 刘志辉[2通讯作者]
1. 成都中医药大学 四川 成都 610000；
2. 四川省宜宾市第二人民医院 四川 宜宾 644000

摘 要 目的：本研究结合大数据与信息化技术，探讨超声心动图在评估肥厚型心肌病（HCM）患者左心室流出道（LVOT）梗阻程度中的应用价值及效果。方法：采用病例对照研究设计，选取2024年1月至2024年12月四川省宜宾市第二人民医院确诊为HCM的患者共40例，根据LVOT梗阻情况分为两组：梗阻组（n=20）和非梗阻组（n=20）。所有患者均接受经胸超声心动图（TTE）标准检查及Valsalva激发试验，测量指标包括静息与激发状态下的LVOT峰值压差、室间隔基底段厚度、SAM征程度、左心室射血分数及LVOT直径等。结果：梗阻组患者静息状态下LVOTP-G_{max}[（78.2±25.7）mmHgVS（16.5±8.1）mmHg，t=9.872，P<0.001]，激发后LVOTPG_{max}[（138.5±31.6）mmHg VS（22.8±10.3）mmHg，t=15.421，P<0.001]、IVSd[（22.1±3.8）mm VS（18.3±2.7）mm，t=3.742，P<0.001]及SAM征发生率（100% VS 15%，χ^2=32.727，P<0.001）均显著高于非梗阻组。静息LVOTPG_{max}≥30 mmHg诊断梗阻性HCM的灵敏度为95.0%，特异度为90.0%。激发试验可诱发9例非梗阻患者出现隐匿性梗阻（LVOTPG_{max}≥50 mmHg）。结论：基于大数据与信息化技术的超声心动图是评估HCM患者LVOT梗阻的高效、精准工具，对临床分型、危险分层及治疗策略制订具有重要指导作用。

关键词 超声心动图；肥厚型心肌病；左心室流出道梗阻；激发试验

Application of Big Data Technology in Evaluating Left Ventricular Outflow Tract Obstruction in Hypertrophic Cardiomyopathy by Echocardiography

Long Zhu[1,2],Liu Zhi-hui[2Corresponding Author]
1. Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610000, Sichuan Province, China;
2.The Second People's Hospital of Yibin City, Sichuan Province, Yibin 644000, Sichuan Province, China

Abstract Objective: This study integrated big data and information technology to explore the application value and efficacy of echocardiography in assessing the degree of left ventricular outflow tract (LVOT) obstruction in patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM). Methods: A case-control study was designed, enrolling 40 patients diagnosed with hypertrophic cardiomyopathy (HCM) at the Second People's Hospital of Yibin, Sichuan Province, from January 2024 to December 2024. Based on the presence of left ventricular outflow tract (LVOT) obstruction, patients were divided into two groups: the obstructive group (n=20) and the non-obstructive group (n=20). All patients underwent standard transthoracic echocardiography (TTE) and Valsalva provocation testing. Measured parameters included the LVOT peak pressure gradient at rest and during provocation, basal septal thickness, severity of systolic anterior motion (SAM), left ventricular ejection fraction (LVEF), and LVOT diameter. Results: Compared to the non-obstruction group, the obstruction group exhibited significantly higher values for resting LVOTPG_{max} [(78.2±25.7) mmHg vs. (16.5±8.1) mmHg, t=9.872, P<0.001], provoked LVOTPG_{max} [(138.5±31.6) mmHg vs. (22.8±10.3) mmHg, t=15.421, P<0.001], IVSd [(22.1±3.8) mm vs. (18.3±2.7) mm, t=3.742, P<0.001], and a significantly higher incidence of SAM (100% vs. 15%, χ^2=32.727, P<0.001). Using a resting LVOTPG_{max} ≥30 mmHg as the diagnostic threshold for obstructive HCM, the sensitivity was 95.0% and specificity was 90.0%. The provocation test induced latent obstruction (LVOTPG_{max} ≥50 mmHg) in 9 patients from the non-obstruction group. Conclusion: Echocardiography, supported by big data and information technology, serves as an efficient and precise tool for evaluating LVOT obstruction in HCM patients, providing critical guidance for clinical classification, risk stratification, and treatment strategy formulation.

Key words Echocardiography; Hypertrophic Cardiomyopathy; Left Ventricular Outflow Tract Obstruction; Provocation Test

肥厚型心肌病（Hypertrophic Cardiomyopathy，HCM）属于遗传性心肌疾患范畴，特征性表现为左心室心肌明显异常增厚，缺乏心脏负荷增加的可解释因素。左心室流出道梗阻（Left Ventricular Outflow Tract Obstruction，LVOTO）构成HCM常见的重要临床病理生理状态；该血流动力学障碍通常源于室间隔基底段显著增厚并与二尖瓣装置在收缩期异常接触共同作用所引起。随着大数据与信息化技术的快速发展，超声心动图检查不再局限于传统的数据收集与分析，而是通过集成高清成像、智能识别与大数据分析功能，实现了对LVOTO障碍程度的精准、高效评估。本研究结合大数据与信息化技术，深入探讨超声心动图在HCM患者LVOT梗阻评估中的应用价值，旨在为临床提供更加科学、精准的诊断与治疗依据[1]。本次研究目的聚焦于系统探讨超声心动图在HCM合并LVOTO患者群体中的诊断效能评估价值，重点解析其量化梗阻程度、揭示隐匿性梗阻及结构—功能关联的能力。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为单中心病例对照性质。选取2024年1月至2024年12月于四川省宜宾市第二人民医院心血管内科就诊的明确诊断为HCM的患者共40例，依据是否存在明确LVOTO（静息或激发后$LVOTPG_{max}$≥30 mmHg定义为梗阻），将入组患者均等划分为梗阻性HCM组（简称梗阻组，n=20）及非梗阻性HCM组（简称非梗阻组，n=20）。所有患者诊断均严格遵循国际共识指南推荐的临床与影像学标准；关键性排除标准明确涵盖合并严重瓣膜疾患、先天性心脏病、未获控制的高血压病、既往接受过针对HCM实施的侵入性室间隔减容干预、存在显著肾功能不全、伴随其他系统性疾病晚期状态，以及图像质量无法保障测量可靠性等情况。利用大数据平台，实现患者信息的电子化采集、存储与分析，确保数据的完整性与可追溯性。同时，建立标准化数据录入与审核流程，减少人为误差，提高数据质量，数据见表1。本研究已签署知情同意书，并通过伦理委员会审查批准。

表1 梗阻组与非梗阻组患者基线资料对比分析

指标	非梗阻组（n=20）	梗阻组（n=20）	统计量（t / χ^2）	P
年龄（岁）	56.3 ± 10.2	53.8 ± 9.5	t=0.840	0.406
性别（男/女，n）	12/8	13/7	χ^2=0.103[1]	0.748
体表面积（m^2）	1.78 ± 0.14	1.81 ± 0.16	t=0.680	0.501
NYHA心功能分级（Ⅱ/Ⅲ/Ⅳ，n）	8/9/3	2/12/6	χ^2=6.400[2]	0.041
高血压病史[有，n（%）]	9（45.0%）	7（35.0%）	χ^2=0.417[1]	0.518
β受体阻滞剂使用[有，n（%）]	17（85.0%）	18（90.0%）	χ^2=0.222[1]	0.637

1.2 检查方法

全部研究对象均接受统一规范的经胸超声心动图（TTE）评估。设备选用飞利浦EPIQCVx高档心血管超声诊断系统，匹配S5-1相控阵探头（频率范围1 ~ 5 MHz）。标准化图像切面采集流程涵盖胸骨旁左心室长轴切面、短轴系列切面（基底、乳头肌、心尖水平）、心尖四腔心、心尖两腔心、心尖长轴切面及LVOT非标准长轴切面[2]。在超声心动图检查过程中，引入智能识别软件，该软件能够自动识别心脏结构、测量关键参数（如LVOT直径、室间隔厚度等），并实时反馈测量结果。此外，通过大数据分析技术，对超声心动图数据进行深度挖掘，发现潜在的临床规律与风险因素，为临床决策提供更加全面的数据支持。

核心观察测量项目包括：①结构指标：室间隔基底部最大舒张末期厚度（IVSd）、左心室后壁厚度（LVPWd）、左心室流出道最小舒张末期直径（于胸骨旁长轴切面测量）、左心房前后径指数（LADI）；②功能指标：左心室射血分数（LVEF，采用双平面Simpson法计算）；③血流动力学指标：静息状态下连续波多普勒（CW）记录获取LVOT峰值瞬时压差（$LVOTPG_{max}$），应用修正Bernoulli方程换算（压力阶差=4 × 流速^2）[3]。

1.3 统计学分析

采用SPSS 26.0软件进行数据统计分析。连续变量经Kolmogorov-Smirnov检验判断正态性：正态分布数据以均数 ± 标准差表示，组间比较采用独立样本t检验；非正态分布数据以中位数（四分位数间距）表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验。分类变量以频数（百分比）表示，组间比较采用χ^2检验或Fisher确切概率法。灵敏度与特异度按标准公式计算。所有检验均为双侧，P < 0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 激发试验（Valsalva动作）对左心室流出道压差的影响（见表2）

表2 激发试验前后两组患者LVOT峰值压差变化情况

指标	非梗阻组（n=20）	梗阻组（n=20）	t / χ^2	P
激发后$LVOTPG_{max}$（mmHg）	22.8 ± 10.3	138.5 ± 31.6	t=15.421	< 0.001
激发试验致压差上升幅度ΔP_G（mmHg）	6.3 ± 5.1	60.3 ± 21.2	t=11.342	< 0.001
Valsalva动作诱发隐匿性梗阻阳性例数（%）	9（45.0%）	—	N/A	N/A

2.2 静息状态下超声心动图参数组间比较（见表3）

表3 两组患者静息状态核心超声心动图测量参数差异

指标	非梗阻组（n=20）	梗阻组（n=20）	t / χ^2	P
静息LVOTPGmax（mmHg）	16.5 ± 8.1	78.2 ± 25.7	t=9.872	< 0.001
室间隔厚度IVSd（mm）	18.3 ± 2.7	22.1 ± 3.8	t=3.742	< 0.001
左心室流出道直径（mm）	19.2 ± 2.0	17.1 ± 1.9	t=3.536	0.001
左心室射血分数LVEF（%）	68.4 ± 6.2	66.8 ± 7.5	t=0.757	0.454
左心房前后径指数LADI（mm/m²）	27.0 ± 4.8	32.5 ± 5.3	t=3.378	0.002
SAM征（阳性比例，%）	3（15.0%）	20（100.0%）	χ^2=32.727	< 0.001
中/重度二尖瓣反流（比例，%）	1（5.0%）	15（75.0%）	χ^2=21.333	< 0.001

3 讨论

结果表明，超声心动图通过获取静息与激发状态的血流动力学及形态学双重信息，为HCM患者的临床分型（梗阻性VS非梗阻性）提供了关键判别依据。通过大数据平台对两组患者静息状态下的超声心动图参数进行深度分析（见表3），发现梗阻组患者的LVOT峰值压差、室间隔厚度等指标显著高于非梗阻组。智能识别软件的应用显著提高了参数测量的准确性与效率，减少了人为因素导致的误差。同时，大数据分析还揭示了LVOT压差与室间隔厚度之间的潜在关联，为临床提供了新的诊断思路。在激发试验过程中，通过无线传输技术将超声心动图数据实时传输至控制室，便于医疗团队进行远程监控与数据分析。结果显示，Valsalva动作显著增加了非梗阻组患者的LVOT压差，部分患者甚至达到了隐匿性梗阻的标准。大数据分析进一步揭示了激发试验前后LVOT压差的变化规律，为临床识别隐匿性梗阻提供了科学依据。

数据明确显示，梗阻组患者静息状态下LVOT峰值压差、室间隔基底段厚度、左心房前后径指数均显著超越非梗阻组患者（所有P值均小于0.05）。其中，LVOT峰值压差作为直接反映梗阻严重程度的血流动力学金标准指标，其诊断效能最优（以静息≥30 mmHg为界值，敏感性与特异性分别高达95%和90%）。室间隔增厚（尤其基底段）与LVOT内径变窄，为梗阻形成提供了必需的结构基础。本研究中梗阻组SAM征发生率为100%，远高于非梗阻组（15%），这与血流动力学结果高度一致。SAM征引发继发性二尖瓣对合不良最终引起的中重度二尖瓣反流（发生率梗阻组75% VS 非梗阻组5%），进一步佐证了LVOTO存在情况下左心室—左心房压力传递的异常升高机制，并通过左心房扩张这一持续性压力超负荷征象获得印证[4]。

本次研究观测到一个具有高度临床意义的发现：在超声心动图静息压差检测不足以确立LVOTO诊断的20例患者中，Valsalva动作诱导的激发试验成功诱发了9例（45%）患者出现符合隐匿性梗阻标准的显著压差升高（≥50 mmHg）。这一结果深刻揭示：基于静息单一时刻的评估可能漏诊相当比例的潜在梗阻风险人群[5]。Valsalva动作通过降低前负荷并适度减少后负荷的生理调节作用，动态模拟患者日常活动状态诱发的迷走张力抑制和胸腔内压力波动[6]。超声心动图动态激发试验的应用必要性在此项研究中得到突出强调，并有效弥补了静息评估存在的局限性[7]。

4 结论

基于大数据与信息技术的超声心动图检查显著提高了肥厚型心肌病患者左心室流出道梗阻评估的精准度与效率。智能识别软件与大数据分析技术的应用使得参数测量更加准确、数据分析更加深入，为临床提供了更加科学、全面的诊断依据。未来，随着技术的不断进步，大数据与信息化将在心血管疾病诊断领域发挥更加重要的作用。因此，建议所有诊断为HCM的患者均应接受包含智能识别与大数据分析的系统性超声心动图评估。

参考文献

[1]宗璐,曹永峰.超声心动图与常规心电图检查对肥厚型心肌病的诊断效能[J].实用医学影像杂志,2024,25(6):409-412.

[2]刘喜珠.超声心动图在肥厚型心肌病患者诊断中的应用效果分析[J].黑龙江医药,2023,36(4):951-954.

[3]许晖.超声心动图与心电图对扩张型心肌病患者心功能的评估价值分析[J].现代诊断与治疗,2024,35(15):2300-2301,2304.

[4]林弘皓,邓一楠.肥厚型心肌病患者左室舒张功能障碍的超声心动图评估及相关临床症状分析[J].现代医用影像学,2024,33(8):1526-1528.

[5]田园,闫媛媛,史海宏.超声心动图联合三维斑点追踪成像技术对心肌淀粉样变和肥厚型心肌病的诊断价值[J].新乡医学院学报,2024,41(9):840-846.

[6]陶佳.超声心动图评估室间隔基底段形态在肥厚型心肌病左心室流出道梗阻中的机制研究[D].北京:北京协和医学院,2024.

[7]陈君美.超声心动图联合激发试验在肥厚型心肌病运动管理中的临床应用价值[D].杭州:浙江中医药大学,2024.

（本文编辑 王 冬）