

Evaluation on left ventricular volume and systolic function with three-dimensional echocardiographic automated algorithm in patients with coronary heart disease after percutaneous coronary intervention

WANG Yushan^{1,2}, ZHANG Li^{1,2}, LI Yuman^{1,2}, WU Chun^{1,2}, ZHANG Yu^{1,2}, LI Meng^{1,2},
WANG Shuyuan^{1,2}, SUN Wei^{1,2}, LYU Qing^{1,2}, XIE Mingxing^{1,2*}

(1. Department of Ultrasound, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China; 2. Hubei Province Key Laboratory of Molecular Imaging, Wuhan 430022, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate left ventricular systolic function in patients with coronary heart disease (CHD) after percutaneous coronary intervention (PCI) with three-dimensional echocardiographic automated algorithm (3DEA). **Methods** Fifty patients with CHD were enrolled. Left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), end-systolic volume (LVESV) and ejection fraction (LVEF) were measured before PCI and 1 month and 3 months after PCI by using 3DEA and two-dimensional biplane Simpson's (2DBP) methods. **Results** LVEDV, LVESV and LVEF measured with 3DEA significantly correlated with those with 2DBP ($r=0.92, 0.90, 0.84$). Compared with measurements before PCI, LVEDV and LVESV measured with 3DEA and 2DBP methods decreased, while LVEF increased 1 month and 3 months after PCI (all $P<0.05$). Compared with one month after PCI, LVEDV, LVESV and LVEF measured with 3DEA further improved 3 months after PCI (all $P<0.05$), whereas LVEDV, LVESV and LVEF measured with 2DBP were not significantly different (all $P>0.05$). The time of 3DEA was short, and the reproducibility was higher than that of 2DBP (both $P<0.05$). **Conclusion** 3DEA method is rapid and highly reproducible and highly correlated with 2DBP, therefore may be a useful technique in serially following patients with CHD and assessing responses to PCI.

[Keywords] coronary diseases; percutaneous coronary intervention; ventricular function; echocardiography

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2020.01.002

三维超声心动图自动定量技术评估冠心病患者经皮冠状动脉介入术后左心室容积及收缩功能

汪雨珊^{1,2}, 张丽^{1,2}, 李玉曼^{1,2}, 吴纯^{1,2}, 张雨^{1,2}, 黎梦^{1,2},
王书媛^{1,2}, 孙薇^{1,2}, 吕清^{1,2}, 谢明星^{1,2*}

(1. 华中科技大学同济医学院附属协和医院超声影像科, 湖北 武汉 430022;
2. 分子影像湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430022)

[摘要] **目的** 探讨三维超声心动图自动定量(3DEA)技术对评估冠心病(CHD)患者经皮冠状动脉介入(PCI)术后左

[基金项目] 国家自然科学基金重点项目(81530056)、国家自然科学基金面上项目(81671705)。

[第一作者] 汪雨珊(1994—),女,安徽黄山人,硕士。研究方向:心脏超声。E-mail: 1844944474@qq.com

[通信作者] 谢明星,华中科技大学同济医学院附属协和医院超声影像科,430022;分子影像湖北省重点实验室,430022。

E-mail: xiemx@hust.edu.cn

[收稿日期] 2019-05-08 **[修回日期]** 2019-12-23

心室收缩功能的临床应用价值。**方法** 选取 50 例行 PCI 的 CHD 患者,分别于术前及术后 1 个月、3 个月行超声心动图检查,应用二维双平面 Simpson's 法(2DBP)及 3DEA 技术测量左心室舒张末期容积(LVEDV)、左心室收缩末期容积(LVESV)及左心室射血分数(LVEF)。**结果** 3DEA 测量的 LVEDV、LVESV 及 LVEF 与 2DBP 法测值相关性高($r=0.92, 0.90, 0.84$);与 PCI 术前相比,3DEA 技术及 2DBP 法测量的 PCI 术后 1 个月、3 个月 LVEDV、LVESV 均减低,LVEF 均增加(P 均 <0.05),与 PCI 术后 1 个月比较,PCI 术后 3 个月 3DEA 测量的 LVEDV、LVESV 减低,LVEF 增加(P 均 <0.05),而 2DBP 测量的 LVEDV、LVESV 及 LVEF 差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。与 2DBP 比较,3DEA 技术分析时间短、重复性高(P 均 <0.05)。**结论** 3DEA 技术分析时间短、重复性高,与 2DBP 测值相关性高,能监测到 PCI 术后左心室容积及功能改善,对冠心病患者 PCI 术后疗效评估及长期随访具有临床应用价值。

[关键词] 冠状动脉疾病;经皮冠状动脉介入治疗;心室功能;超声心动描记术

[中图分类号] R541.4; R540.45 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2020)01-0006-05

冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)在中国心血管疾病死因中居第 2 位,疾病负担持续增加^[1]。目前经皮冠状动脉介入(percutaneous coronary intervention, PCI)是治疗冠心病的重要手段,通过疏通闭塞或狭窄冠状动脉改善血流动力学状态,从而恢复心肌血流灌注^[2]。准确评估冠心病患者左心室容积及收缩功能改变对于评估病情、选择治疗方案、监测疗效及判断预后具有重要意义^[3]。三维超声心动图(three-dimensional echocardiography, 3DE)能真实反映心脏三维立体结构,指南^[4]推荐用其评估可满足声窗条件患者的左心室容积及功能。三维超声心动图自动定量(three-dimensional echocardiographic automated algorithm, 3DEA)技术是更为简便的在机容积自动定量 3DE 技术^[5],可准确定量随机人群左心室容积和功能,包括节段性室壁运动异常患者^[6-7]。本研究旨在利用 3DEA 测量冠心病患者 PCI 术前、术后左心室容积和收缩功能,探讨其在冠心病患者 PCI 术后随访中的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2018 年 3—7 月 50 例接受 PCI 术的冠心病患者,男 32 例,女 18 例,年龄 55~67 岁,平均(59.2±2.7)岁。纳入标准:①冠状动脉造影检查确诊病变血管狭窄率 $\geq 75\%$;②具有胸闷、胸痛等症状,内科治疗无明显改善,择期或急诊行冠状动脉造影检查及 PCI 术治疗;③患者自愿参加本研究并签署知情同意书。排除标准:①左心室 17 节段 ≥ 3 个节段显示不清;②心律失常;③肥厚型心肌病、扩张型心肌病、风湿性心脏病、先天性心脏病、心脏瓣膜病及导致右心增大疾病。

1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器 采用 Philips EPIQ7C 超声心动图诊断仪,配备常规二维超声系统及三维超声自动定量 HeartModel(HM)系统及 S5-1、X5-1 探头(频率 3.5~5.0 Hz)。

1.2.2 常规二维超声心动图图像采集及分析 连接心电图,完成常规二维超声心动图检查。将探头置于心尖,采集连续 4 个心动周期的心尖四腔及心尖二腔动态图像,采用双平面 Simpson's(2DBP)法测量左心室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左心室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)及左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF),记录 2DBP 分析测量所需时间。

1.2.3 3DEA 图像采集及分析 连接心电图,将探头置于心尖,调节探头角度清晰显示心尖四腔及心尖二腔图像,调节图像深度、增益、扇角及聚焦,使左室显示最佳,待心电图稳定后点击 HM 键进入 HM 模式,调节扇角及深度使容积帧频 ≥ 18 Hz;嘱患者于呼气末屏气,点击“Acquire”键,采集连续 4 个心动周期,至少采集 3 个 3DE 数据集。对获取的 3DE 数据进行在机分析;选取 HM 模式图像,点击 HM 键,检查自动重建的左心室三维心腔轮廓,对自动重建欠佳的节段进行手动微调,获得 LVEDV、LVESV、LVEF,见图 1,并记录 3DEA 分析测量所需时间。

1.2.4 重复性检验 随机抽取 20 例,分别对 3DEA、2DBP 测量的 LVEDV、LVESV 和 LVEF 进行观察者内及观察者间重复性检验。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 23.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。对所有患者共 150 次超声心动图检查的 3DEA、2DBP 法的 LVEDV、LVESV 和 LVEF 测值进行 Pearson 相关性分析及 Bland-Altman 一致性分析,计算相关系数(r)、偏倚($bias$)、一致性区间(limit of agreement)和精确度(LOA 百分比误差)。两种技术之间测值比较采用配对 t 检验,PCI 术前及术后 1 个月、3 个月测值比较采用重复测量资料的方差分析。采用组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)进行观察者间及观察者内

重复性分析。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床资料 患者心率(112±19)次/分。稳定性心绞痛 7 例(7/50, 14.00%), 不稳定性心绞痛 6 例(6/50, 12.00%); 非 ST 段抬高型心肌梗死 14 例(14/50, 28.00%), ST 段抬高型心肌梗死 23 例(23/50, 46.00%)。36 例(36/50, 72.00%)存在节段性室壁运动异常; 31 例(31/50, 62.00%)心功能不全。

2.2 3DEA 与 2DBP 相关性和一致性分析 以 2DBP 为标准, 3DEA 测量的 LVEDV、LVESV 及 LVEF 与其相关性较高(P 均<0.001), LVEDV 及 LVEF 与其一致性好(精确度<30%), LVESV 与其一致性欠佳(精确度>30%)(表 1)。

2.3 3DEA 与 2DBP 定量 PCI 术前、术后左心室容积及收缩功能测值变化 与 PCI 术前相比, P 术后 1 个月、3 个月两种超声方法测量的 LVEDV、LVESV 均减低, LVEF 均增加(P 均<0.05); 与术后 1 个月相比, 术后 3 个月 3DEA 测量的 LVEDV、LVESV 减低, LVEF 增加(P 均<0.05), 而 2DBP 测量的 LVEDV、LVESV 及 LVEF 差异均无统计学意义(P 均>0.05), 见表 2。

2.4 3DEA 与 2DBP 分析时间和重复性比较 3DEA 平均分析时间(65.26±13.56)s 较 2DBP(124.71±21.49)s 明显缩短(t=19.93, P<0.001)。3DEA 测值观察者内及观察者间重复性高于 2DBP。3DEA 测量的 LVEDV、LVESV 和 LVEF 观察者内 ICC 分别为 0.95、0.94 和 0.96, 观察者间 ICC 分别为 0.92、0.90 和 0.91; 2DBP 测量的 LVEDV、LVESV 和 LVEF 观察者内 ICC 分别为 0.83、0.81 和 0.83, 观察者间 ICC 分别为 0.81、0.74 和 0.80。

表 1 三维超声自动定量技术和常规二维双平面法相关性和一致性分析

参数	3DEA	2DBP	相关系数	偏倚	一致性区间	精确度(%)
LVEDV(ml)	116.32±13.76*	94.26±10.39	0.92	18.62	30.23	28.71
LVESV(ml)	55.64±10.82*	45.85±10.57	0.90	11.53	19.32	38.07
LVEF(%)	51.71±3.94	49.42±4.46	0.84	3.71	9.78	19.34

注: * : 与 2DBP 相比, P<0.05

表 2 3DEA、2DBP 定量 PCI 术前、术后左心室容积和收缩功能测值($\bar{x} \pm s$)

检查方法	检查时间	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	LVEF (%)
3DEA	术前	130.36±15.72	73.65±12.87	43.75±3.92
	术后 1 个月	112.17±8.85*	51.54±6.78*	52.57±3.69*
	术后 3 个月	101.43±7.91*#	38.37±4.84*#	60.57±3.81*#
2DBP	术前	107.35±19.43	60.57±10.36	44.34±4.44
	术后 1 个月	96.97±10.56*	45.45±6.21*	53.26±4.24*
	术后 3 个月	91.39±8.24*	32.74±5.16*	59.73±4.75*

注: * : 与术前同种检查方法比较, P<0.05; # : 与术后 1 个月同种检查方法比较, P<0.05

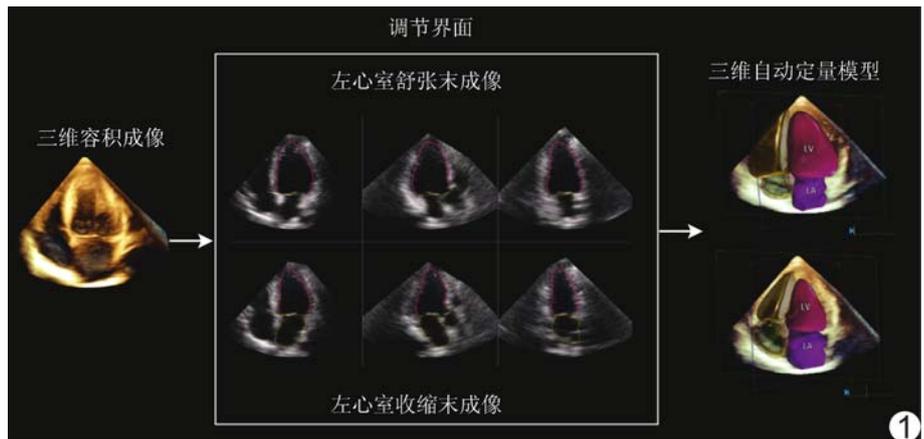


图 1 3DEA 技术 根据冠心病患者的高帧率 3DE 数据集(左)自动检测出左心室内膜表面, 软件自动计算 LVEDV、LVESV 及 LVEF。肉眼观察自动重建的三维心腔轮廓, 对局部自动勾画不准确的节段进行手动微调(中), 再次生成左心室心腔的三维彩色模型(右), 并记录 LVEDV、LVESV 及 LVEF

3 讨论

心血管疾病是我国重大公共卫生问题, 而冠心病是其中最常见者。PCI 是治疗冠心病的重要手段, 术后可以使用多种影像学方法评价疗效, 如冠状动脉造影可直接评估支架处血管狭窄情况, 心肌灌注显像和 MRI 有利于评估节段血流灌注及解剖结构。超声心动图是临床上最广泛使用的便捷的影像学检查技术, 是术后疗效监测的理想手段[8-9]。左心室容积和收缩功能是超声心动图评估的重要指标, 目前推荐使用

2DBP^[4]。研究^[10]表明,相对于二维超声心动图,3DE 定量评价心腔容积和功能具有更高准确性和重复性,但传统 3DE 获取和分析图像过程繁琐,使其临床应用受到限制。

本研究显示,对比 2DBP,3DEA 分析所需时间更短,与既往研究^[5,11]结果一致,原因在于 3DEA 基于心脏三维图像数据库,根据待测对象的心脏三维图像整体形态和曲率,从数据库中挑选出最匹配的模型,自动计算左心室容积和射血分数,故可显著减少分析时间,并有利于降低操作难度和主观性误差,提高重复性和准确性^[5]。

TSANG 等^[5]以 MRI 为金标准,发现 3DEA 能准确、可重复地定量左心容积和功能。TAMBORINI 等^[11]将 3DEA 与二维、三维超声及 MR 分别进行对比分析,均显示出较高相关性。MEDVEDOFSKY 等^[6]也证实该技术在大批随机心脏疾病患者中具有很高可行性和准确性。王江涛等^[7]报道,3DEA 可以快捷、准确地定量节段性室壁运动异常。本研究中 3DEA 技术与 2DBP 测量的 LVEDV、LVEF 相关性和一致性高,LVESV 相关性高,与以往研究结果一致^[11-12],提示 3DEA 技术能较为准确地评估冠心病患者左心室容积和 LVEF。

冠心病患者 PCI 术后 1 个月、3 个月左心室容积较术前缩小,LVEF 升高,表明 PCI 术可以改善冠心病患者左心室重构,提高左心室收缩功能,与既往应用实时 3DE 等技术的研究结果一致^[2,13]。与 PCI 术后 1 个月相比,术后 3 个月 3DEA 测量的左心室容积和功能进一步改善,提示 3DEA 可监测冠心病患者 PCI 术后左心室容积和功能恢复情况。监测左心室容积和收缩功能的改变对判断左心室重构情况、患者治疗管理和预后判断具有临床价值。MCMURRAY 等^[3]认为左心室功能受损是心肌梗死后死亡率的主要预测因素,而 LVESV 较 LVEDV 或 LVEF 对生存率的预测值更高。对于非 ST 段抬高型心肌梗死患者,监测 LVEF 对于指导药物治疗和判断侵入性治疗的时机具有临床指导作用^[9]。ST 段抬高型心肌梗死后左心室功能恢复是动态变化过程,必要时应对功能恢复情况进行重复评估^[8]。

本研究显示 3DEA 重复性较 2DBP 更高,原因可能在于相比二维超声心动图,3DEA 不仅能够减少操作者间变异,更能减低观察者内变异,同时三维图像还可避免二维图像几何假设和采图时平面外运动的影响。MEDVEDOFSKY 等^[14]研究证实,相对于 2DBP,

3DEA 技术观察者内及观察者间变异更低、重复性更好,可提升结果的标准化水平。

本研究存在一定局限性:①排除了声窗不佳者,因而不能将结论推广至此类人群;②排除了心律失常患者,但既往研究^[15]表明,3DEA 定量评价房颤患者左心室容积和功能与传统三维超声检查结果的相关性高($r=0.88\sim 0.98$);③缺乏 MRI 作为金标准对照;④样本量较少,尚需扩大样本量进一步研究。

综上所述,3DEA 技术分析时间短、重复性高,与 2DBP 相关性高,能监测冠心病患者 PCI 术后左心室容积及功能改善,对 PCI 术后疗效评估及随访具有临床应用价值。

[参考文献]

- [1] ZHANG X H, LU Z L, LIU L. Coronary heart disease in China [J]. Heart, 2008, 94(9):1126-1131.
- [2] 陈爱芳,鹿丽.冠心病患者 PCI 手术前后左心室运动功能观察 [J]. 山东医药, 2015, (27):60-61.
- [3] MCMURRAY J J, ADAMOPOULOS S, ANKER S D, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC [J]. Eur Heart J, 2012, 33(14):1787-1847.
- [4] LANG R M, BADANO L P, MOR-AVI V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2015, 28(1):1-39, e14.
- [5] TSANG W, SALGO I S, MEDVEDOFSKY D, et al. Transthoracic 3D echocardiographic left heart chamber quantification using an automated adaptive analytics algorithm [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2016, 9(7):769-782.
- [6] MEDVEDOFSKY D, MOR-AVI V, BYKU I, et al. Three-dimensional echocardiographic automated quantification of left heart chamber volumes using an adaptive analytics algorithm: Feasibility and impact of image quality in nonselected patients [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2017, 30(9):879-885.
- [7] 王江涛,吕秀章,蔡绮哲,等.三维超声心动图自动定量节段性室壁运动异常患者左心功能的临床研究 [J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(10):895-898.
- [8] OGARA P T, KUSHNER F G, ASCHEIM D D, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force

- on Practice Guidelines[J]. Circulation, 2013, 127(4):e362-425.
- [9] AMSTERDAM E A, WENGER N K, BRINDIS R G, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. Circulation, 2014, 130(25):2354-2394.
- [10] DOROSZ J L, LEZOTTE D C, WEITZENKAMP D A, et al. Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: A systematic review and meta-analysis [J]. J Am Coll Cardiol, 2012, 59(20):1799-1808.
- [11] TAMBORINI G, PIAZZESE C, LANG RM, et al. Feasibility and accuracy of automated software for transthoracic three-dimensional left ventricular volume and function analysis: Comparisons with two-dimensional echocardiography, three-dimensional transthoracic manual method, and cardiac magnetic resonance imaging [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2017, 30(11):1049-1058.
- [12] AMADIEU R, HADEED K, JAFFRO M, et al. Feasibility of new transthoracic three-dimensional echocardiographic automated software for left heart chamber quantification in children [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2019, 32(1):121-134. e1.
- [13] 陈宏博, 刘和俊, 汪太平, 等. 实时三维超声心动图评价冠心病患者 PCI 术前后左室功能及收缩同步性的研究 [J]. 安徽医科大学学报, 2012, 47(10):1222-1225.
- [14] MEDVEDOFSKY D, MOR-AVI V, AMZULESCU M, et al. Three-dimensional echocardiographic quantification of the left-heart chambers using an automated adaptive analytics algorithm: Multicentre validation study [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2018, 19(1):47-58.
- [15] OTANI K, NAKAZONO A, SALGO IS, et al. Three-dimensional echocardiographic assessment of left heart chamber size and function with fully automated quantification software in patients with atrial fibrillation [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2016, 29(10):955-965.

《胎儿 MRI 产前诊断》新书推荐

超声检查是胎儿产前诊断首选的影像学方法,但也存在着局限性,如孕妇肥胖、肠道气体干扰及骨骼阻挡等。胎儿磁共振检查自 1983 年首次报道以来,已从实验阶段逐步发展成为产科重要的临床检查方法。MRI 快速成像序列的开发和应用,克服了胎动、孕妇呼吸运动的影响,能够获得高质量的胎儿影像,可以清晰地显示胎儿及其附属物的解剖结构和异常,是产前超声检查的重要补充。近年来,一些 MRI 新技术,如弥散加权成像、MRI 波谱和功能成像也逐渐应用于胎儿诊断,进一步提高了我们对胎儿宫内发育及代谢状态的认识。但国内胎儿 MRI 开展时间较短,知识和经验相对不足,缺少相关专著。

浙江大学医学院附属妇产科医院放射科邹煜主任和楼芬兰共同主编的《胎儿 MRI 产前诊断》一书于 2019 年 5 月出版,全书 60 余万字,16 开,定价 128.00 元,本书较全面系统地介绍了胎儿 MRI 扫描技术和胎儿各系统疾病的 MR 诊断知识,具有很高的学术价值,对开展产前诊断的放射科医师、技师具有很好的指导价值,同时也是产科及产前诊断相关医护人员很好的参考书。

