

围术期多模态超声心动图在冠状动脉旁路移植术中的应用研究*

李建华¹ 丁云川¹ 王庆慧¹ 陈剑¹ 罗庆祎¹ 苏璇¹

[摘要] 目的:探讨围术期多模态超声心动图在冠状动脉旁路移植术(CABG)中的应用价值。方法:对接受CABG手术的患者在围术期运用超声造影技术评价术前及术后的心肌灌注;同时运用实时三维超声心动图收集各研究对象术前及术后的左室全容积图像,评价左室收缩功能;超声造影检查及实时三维超声检查于术前5~7 d、术后7~12 d内完成。通过术中经食管超声心动图对二尖瓣功能恢复情况的实时监测,辅助临床决策及时调整手术方案。结果:28例接受CABG手术的患者在围术期进行了超声造影检查、实时三维超声检查、术中经食管超声检查。术后心肌灌注参数A值、 β 值、 $A \times \beta$ 值、实时三维超声测量左室射血分数较术前改善,差异有统计学意义($P < 0.05$);术后即刻经食管超声心动图诊断轻度二尖瓣反流13例,轻-中度二尖瓣反流12例,中度二尖瓣反流3例(外科予以换瓣)。结论:围术期多模态超声心动图新技术应用于接受CABG患者的心肌灌注心功能评估以及术中辅助治疗策略,具有重要的应用价值。

[关键词] 经食管超声心动图,三维;围术期;冠状动脉旁路移植术

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2023.12.003

[中图分类号] R541.4 [文献标志码] A

Application of perioperative multimodality echocardiography in coronary artery bypass grafting surgery

LI Jianhua DING Yunchuan WANG Qinghui CHEN Jian
LUO Qingyi SU Xuan

(Department of Ultrasound Medicine, The Affiliated Yan'an Hospital of Kunming Medical University, Kunming, 650051, China)

Corresponding author: WANG Qinghui, E-mail: wqh962099@163.com

Abstract Objective: This study investigates the role of perioperative multimodality echocardiography in coronary artery bypass grafting(CABG) surgery. **Methods:** Patients undergoing CABG surgery were assessed using ultrasonic contrast imaging technology to examine myocardial perfusion pre-and post-operation. Real-time three-dimensional echocardiography(RT-3DE) was employed to capture left ventricular full-volume images, evaluating left ventricular systolic function. Additionally, intraoperative transesophageal echocardiography was utilized to monitor real-time mitral valve recovery, enabling on-the-spot clinical decision-making and surgical plan adjustments as needed. **Results:** Twenty-eight CABG patients underwent ultrasonic contrast examination, RT-3DE, and intraoperative transesophageal echocardiography. Post-surgery, improvements were noted in postoperative myocardial perfusion time-intensity curve and left ventricular systolic function measured by RT-3DE compared to pre-surgery, with statistically significant differences ($P < 0.05$). Transesophageal echocardiography immediately diagnosed thirteen cases of mild mitral regurgitation, twelve cases of mild-to-moderate regurgitation, and three cases of moderate regurgitation, prompting surgical valve replacement. **Conclusion:** Perioperative multimodality echocardiography presents significant utility in evaluating myocardial perfusion, assessing cardiac function, and facilitating intraoperative treatment strategies for patients undergoing CABG surgery.

Key words transesophageal echocardiography, three-dimensional; perioperative; coronary artery bypass grafting

冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass

grafting, CABG)是挽救濒危心肌,治疗心肌梗死患者的常用治疗方法。但冠状动脉(冠脉)造影无法显示心肌的微循环状况,可以使用超声造影剂通过心肌增强显影来评估心肌再灌注治疗情况。心肌梗死患者由于心室重构甚至室壁瘤形成,按照几何

*基金项目:云南省科技厅-昆明医科大学联合专项基金资助项目[No:2019FE001(-266)]

¹昆明医科大学附属延安医院超声医学科(昆明,650051)
通信作者:王庆慧, E-mail: wqh962099@163.com

学形态假设测得左心室容积和射血分数难以准确评估实际状况,实时三维超声心动图(real-time three-dimensional echocardiography, RT-3DE)直接显示左室整体及各节段在心动周期各时相的三维容积,能够更精确地评价心脏整体及局部收缩功能。缺血性二尖瓣反流(ischemic mitral valve regurgitation, IMR)是心肌梗死后常见的并发症^[1], IMR直接影响心肌梗死患者的左心功能和病死率^[2]。应用术中经食管超声心动图可以在 CABG 术后即刻监测二尖瓣功能恢复情况,及时指导外科是否需要同期实施二尖瓣手术干预。

基于临床需求和超声心动图新技术的先进优势,本文旨在探讨多模态超声心动图新技术在 CABG 中的应用价值。

1 对象与方法

1.1 对象

纳入 2019 年 10 月—2022 年 10 月在我院经冠脉造影确诊为冠脉硬化性心脏病并行 CABG 的患者。临床确诊合并存在缺血性二尖瓣关闭不全,超声心动图诊断为轻度、轻-中度及中度二尖瓣关闭不全。具备以下特征者确认为 IMR:超声心动图确定为二尖瓣关闭不全;典型冠脉病变,1 支或多支至少 $\geq 75\%$ 的冠脉狭窄;无原发性二尖瓣病变。为避免非冠脉病变因素对心肌微循环水平的影响及患者安全性考虑,合并以下疾病者不纳入本研究之列:严重心律失常、心房颤动、肥厚性心肌病、风湿性心脏瓣膜病及严重呼吸道疾病。本研究经我院医学伦理委员会批准(No:2018-018-01)。

1.2 使用仪器

采用 Philips iE33、Philips EPIQ 7c 彩色多普勒超声诊断仪,随机配有超声造影软件、Heart-Model 三维自动分析软件,X5-1(探头频率为 3~5 MHz)、X7-2t 探头(探头频率 2.0~7.0 MHz)。

1.3 常规超声检查

受检者取左侧卧位,常规超声心动图检查观察患者心腔大小、室壁运动情况,于胸骨旁左室长轴切面测量收缩末期左心房前后径(left atrium diameter, LAD)、右心室前后径(right ventricular diameter, RVD)、左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVED),于心尖四腔心切面、右室流入道切面评估三尖瓣反流程度,测量三尖瓣反流峰值压差,并估测肺动脉收缩压。

超声造影检查及 RT-3DE 检查于术前 5~7 d、术后 7~12 d 内完成。

1.4 超声造影检查

受检者取左侧卧位,建立静脉通路,保持呼吸平稳,连接同步心电图。使用的声学造影剂为 SonoVue(声诺维),先用生理盐水 5 mL 稀释,得到白色乳状混悬液。选择心肌造影模式,在左侧肘静

脉均匀注射 2 mL 声诺维造影剂,用 5 mL 0.9% 氯化钠溶液冲管。待心肌充盈造影剂后,采用高能脉冲(flash)对造影剂微泡进行破坏,然后采用低能量实时观察造影微泡再填充。观察四腔心、两腔心和三腔心切面,并存储动态图像。检查结束回放图像,剔除受呼吸、心率、声衰减等因素影响的节段,采用推荐的 16 节段划分法,将左心室壁分为 16 节段。在每个节段近心内膜下的中央区域设置范围 5 mm \times 5 mm 感兴趣区(ROI),采用计算机自动跟踪技术,通过逐帧计算出每个 ROI 的像素强度,采用 QLAB 定量分析软件自动获取心肌超声造影再灌注曲线。获得相关平台期造影剂强度 A 值(反映心肌血管床容积)、微泡再充盈平均速度 β 值(反映心肌内血管网平均血流速度)、 $A \times \beta$ 值(代表局部心肌血流量)。

1.5 RT-3DE 检查

受检者左侧卧位,连接心电图,调节声束使四腔心切面图像达到最佳显示,嘱受检者屏住呼吸,启动 HeartModel 存储键,采集三维数据库。启动 HeartModel 自动三维分析软件,获得左心室舒张末期容积(left ventricle end-diastolic volumes, LVEDV)、左心室收缩末期容积(left ventricle end-systolic volumes, LVESV)、左心室射血分数(left ventricle ejection fraction, LVEF)。

1.6 ICU 床旁超声造影检查

检查时患者平卧位,使用中心静脉通路,连接同步心电图,检查方法同术前超声造影。

1.7 术中经食管超声心动图检查

体外循环前,在患者全麻下气管插管后,放置经食管超声探头,连接超声诊断仪,观察二尖瓣功能,记录二尖瓣反流程度;CABG 术后,心脏复跳,循环接近生理状态下观察二尖瓣功能变化。如监测二尖瓣关闭不全程度较术前加重,及时与外科医生沟通,辅助决策调整手术方案。

1.8 统计学处理

采用 SPSS 18.0 统计软件进行统计学分析,数据符合正态分布,计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示,术前和术后数据比较采用配对样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

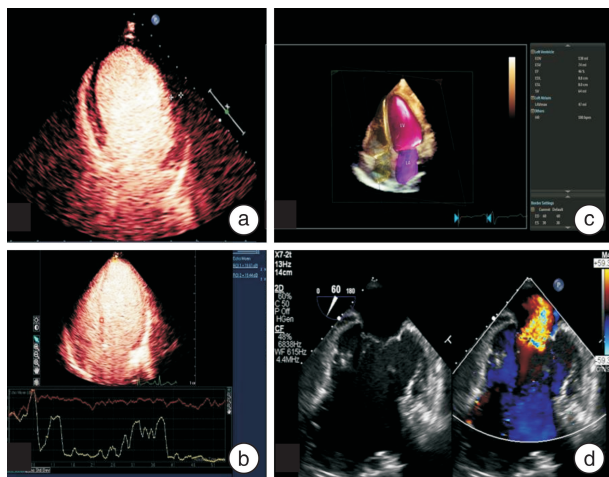
2 结果

28 例接受 CABG 手术的患者进行了围术期超声造影、RT-3DE、术中经食管超声检查。其中男性 22 例,女性 6 例,年龄 46~76(56.68 \pm 6.96)岁。体表面积指数 1.55~1.84(1.71 \pm 0.07);LAD 36~46(40.04 \pm 2.72) mm;RVD 19~26(22.36 \pm 1.76) mm;LVED 46~65(55.61 \pm 4.42) mm;三尖瓣反流峰值压差 17~44(30.07 \pm 6.57) mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa);肺动脉收缩压 22~54(34.89 \pm 6.42) mmHg。合并高血压 6 例,合并糖

尿病 9 例,合并高血压及糖尿病 4 例,纽约心功能分级 II ~ III 级。

2.1 超声造影检查结果

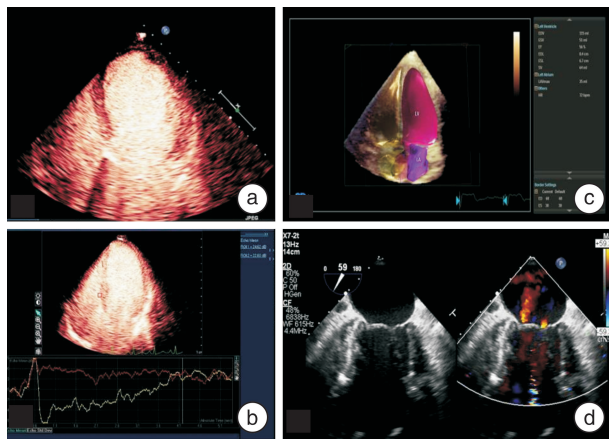
术前心肌灌注减低,见图 1a,术后 1 周心肌灌注部分增强,见图 2a。术后心肌灌注时间-强度曲线较术前改善,见图 1b、图 2b。灌注参数 A 值、 β 值、 $A \times \beta$ 值均高于术前 ($P < 0.05$),见表 1。



a: 术前心肌声学造影可见左心室心肌灌注差;b: 术前心肌灌注时间-强度曲线;c: 术前 RT-3DE;d: 全麻下体外循环前二尖瓣反流,其中图 1、2 为同一患者。

图 1 术前影像学

Figure 1 Preoperative imaging



a: 术后 1 周心肌声学造影可见室间隔、左室侧壁心肌灌注增强;b: 术后 1 周心肌灌注时间-强度曲线;c: 术后 7~12 d RT-3DE;d: 术后即刻二尖瓣反流。

图 2 术后影像学

Figure 2 Postoperative imaging

2.2 RT-3DE 检查结果

术后 7~12 d RT-3DE 测量左室收缩功能较术前改善,见图 1c、2c, LVEF 高于术前,差异有统计学意义, $P < 0.05$,见表 2。

表 1 CABG 手术前后左心室心肌造影灌注参数
Table 1 Left ventricular myocardial perfusion parameters before and after CABG surgery $\bar{X} \pm S$

参数	例数	术前	术后	P 值
A 值/dB	28	4.98±0.57	7.93±0.41	<0.001
β 值/ s^{-1}	28	0.21±0.02	0.28±0.04	0.001
$A \times \beta$ 值/(dB/s)	28	1.26±0.11	2.54±0.10	<0.001

表 2 RT-3DE 检查参数

Table 2 Parameters of real-time three-dimensional ultrasound examination $\bar{X} \pm S$

参数	例数	术前	术后	P 值
LVEDV/mL	28	118.59±17.24	90.21±15.41	<0.001
LVESV/mL	28	39.66±16.32	30.18±14.61	<0.001
LVEF/%	28	53.26±10.65	62.54±10.39	0.002

2.3 术中经食管超声心动图检查结果

全麻下体外循环前,术中经食管超声心动图诊断轻度二尖瓣反流 4 例,轻-中度二尖瓣反流 17 例,中度二尖瓣反流 7 例;术后即刻经食管超声心动图诊断轻度二尖瓣反流 13 例,轻-中度二尖瓣反流 12 例,中度二尖瓣反流 3 例(外科予以换瓣),见图 1d、2d 及表 3。

表 3 术中经食管超声心动图检查二尖瓣反流程度
Table 3 Transesophageal echocardiography examined the degree of mitral regurgitation during operation

反流程度	轻度	轻-中度	中度	中-重度
术前(28 例)	4	17	7	0
术后(28 例)	13	12	3	0

3 讨论

近年来,利用新的超声技术和对比超声心动图进行的无创性研究使人们能够观察到心外膜血管和微循环中的冠脉血流,为完全无创地评估冠脉循环的结构、生理和病理生理提供了可能;心肌声学造影是一项突破性的无创技术,它能够评估心肌灌注和非侵入性量化心肌血流,显示出与其他无创技术相媲美的有前景的诊断性能,已逐渐发展成为一种新的冠脉微血管评估方法^[3]。超声造影剂的一个主要应用是心肌混浊,它可以帮助识别不存活的心肌。同时,微泡破坏后心肌灌注的延迟再现也可诊断冠脉狭窄^[4]。本研究中术后心肌灌注时间-强度曲线较术前改善,灌注参数 A 值、 β 值、 $A \times \beta$ 值均高于术前 ($P < 0.05$),表明超声造影定量分析在冠心病血运重建术后随访中可较准确评价手术效果。

心脏外科围术期患者的机械通气所致的过度充气、皮下气肿、手术切口、胸腔及心包腔引流导管等,常常使经胸超声心动图难以清晰显示心内膜边界,与对围术期患者的心功能评估、观察心脏解剖结构、评价手术效果的临床需求形成矛盾,应用超声造影剂增强技术成为解决这一矛盾的重要手段。研究显示,超声造影剂的使用与重症监护病房患者的临床管理改变和病死率降低有关^[5],对图像不佳的心衰患者有助于更准确地评估治疗决策^[6]。

本研究中术后7~12 d RT-3DE 测量左室收缩功能较术前改善,差异有统计学意义, $P < 0.05$ 。射血分数是影响冠心病患者预后的重要因素之一,也是判断心衰、瓣膜病、缺血性心脏病等心血管疾病治疗的重要参数。三维超声心动图被认为是其评价的首选方法,因为它具有更高的准确性和重复性^[7],但是由于操作复杂、耗时长导致难以在临床常规应用;自动化三维方法被成功地用于评估节段性室壁运动异常患者的左室收缩功能和容积^[8],HeartModel 软件与心内膜边界编辑,能够有效和准确地测量左室容积和射血分数。左心室的自动化三维分析是一种替代传统人工方法的精确方法,它在实验室之间产生几乎相同的值,并且更易于重复,这项技术可能有助于将三维定量完全整合到临床常规应用中^[9-10]。

导致 IMR 发生和发展的主要因素是左心室壁缺血扩大以及更接近球形,因而改变了乳头肌收缩轴心,降低了二尖瓣叶对合缘范围及对合能力,再加上左心室收缩功能障碍,即二尖瓣装置结构的病变。由于 IMR 复杂的病理生理变化及临床表现,针对 IMR 的最佳处理方法仍有很大争论。普遍认为对于轻中度的功能性 IMR,可以单纯行 CABG,通过改善缺血区心肌的灌注,减小左心室体积,术后二尖瓣反流可以明显减轻。对于中重度 IMR,许多学者认为在行 CABG 的同时处理二尖瓣关闭不全,这样可以明显提高患者术后早期及晚期的生存率。对于中度 IMR,术后即刻可应用经食管超声心动图评价二尖瓣反流变化,及时调整手术方案。经食管超声心动图技术由食管内从心脏后方向前近距离探查心脏内部结构,避免了胸壁、肺气等因素的干扰,故可显示出清晰的图像,提高对心血管疾病诊断的敏感性和可靠性,也便于进行心脏手术中的超声监测与评价。本研究中术后即刻经食管超声心动图诊断轻度二尖瓣反流 13 例,轻-中度二尖瓣反流 12 例,中度二尖瓣反流 3 例(外科予以换瓣),有效保障了 CABG 手术的安全有效。

本研究存在的不足:未对左室功能的局部功能进行评价;研究的样本量偏少。

综上,通过围术期多模态超声心动图新技术的

有机结合,从心肌灌注、心室功能、瓣膜功能多维度评估应用于 CABG 手术,从功能评估到术中辅助治疗策略,全面评估手术效果、保障手术安全、有效,应用操作简便快捷、无创评价且结果准确可重复性强,具有良好的成本效益,可常规应用于临床。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Lee ML, Chen TH, Huang HD, et al. Mitral valve repair versus replacement in patients with ischemic mitral regurgitation[J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(5):2820-2828.
- [2] Yin L, Wang Z, Shen H, et al. Coronary artery bypass grafting versus combined coronary artery bypass grafting and mitral valve repair in treating ischaemic mitral regurgitation: a meta-analysis[J]. *Heart Lung Circ*, 2014, 23(10):905-912.
- [3] Zhan J, Zhong L, Wu J. Assessment and treatment for coronary microvascular dysfunction by contrast enhanced ultrasound[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 899099.
- [4] Cotter B, Raisinghani A, DeMaria AN. Established and emerging roles for ultrasound enhancing agents (contrast echocardiography) [J]. *Clin Cardiol*, 2022, 45(11):1114-1122.
- [5] Main ML, Fu JW, Gundrum J, et al. Impact of contrast echocardiography on outcomes in critically ill patients[J]. *Am J Cardiol*, 2021, 150:117-122.
- [6] Alherbish A, Becher H, Alemayehu W, et al. Impact of contrast echocardiography on accurate discrimination of specific degree of left ventricular systolic dysfunction and comparison with cardiac magnetic resonance imaging[J]. *Echocardiography*, 2018, 35(11): 1746-1754.
- [7] Spitzer E, Ren B, Zijlstra F, et al. The role of automated 3D echocardiography for left ventricular ejection fraction assessment[J]. *Card Fail Rev*, 2017, 3(2):97-101.
- [8] Cai Q, Wang J, Li H, et al. Measurement of left ventricular volumes and ejection fraction in patients with regional wall motion abnormalities using an automated 3D quantification algorithm[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(11):2274-2282.
- [9] Medvedofsky D, MorAvi 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.
- [10] Sun L, Feng H, Ni L, et al. Realization of fully automated quantification of left ventricular volumes and systolic function using transthoracic 3D echocardiography[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2018, 16(1):2.

(收稿日期:2023-10-30)