❖专论

Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in diagnosis of mitral papillary muscle rupture

LI Ya'nan[1], *CUI Cunying*[1], *LIU Yuanyuan*[1], *WANG Ying*[1], *HU Yanbin*[1], *LIU Ruijie*[1], *GE Zhenwei*[2], *ZHAO Ziniu*[2], *LIU Lin*[1*]

(1. *Department of Ultrasound*, 2. *Department of Cardiology*, *Henan Province People's Hospital*, *Fuwai Central China Cardiovascular Hospital*, *People's Hospital of Zhengzhou University*, *Zhengzhou* 450003, *China*)

[**Abstract**] **Objective** To investigate the application value of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography (RT-3D-TEE) for diagnosing mitral papillary muscle rupture (PMR). **Methods** Totally 35 patients with suspected PMR were enrolled. The mitral valve lesion and whether the lesion associated with PMR were evaluated with transthoracic echocardiography (TTE) and RT-3D-TEE preoperation. Taken surgical results as gold standards, the efficacy of preoperative RT-3D-TEE and TTE in diagnosis of mitral PMR were calculated. **Results** PMR was confirmed in 25 cases by cardiac surgery, including 23 cases of posteromedial PMR and 2 cases of anterolateral PMR, while complete PMR was observed in 1 case and partial PMR in 24 cases. Mitral valve replacement was performed in 23 patients, while mitral valve repairment was performed in 2 patients. Ten cases were found without mitral PMR. Preoperation RT-3D-TEE and TTE diagnosed 23 and 20 cases of PMR, respectively. The compliance rate with surgical findings were statistical different between RT-3D-TEE (92.00% [23/25]) and TTE (80.00% [20/25]; $P=0.033$). The sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value, negative predictive value and *Youden* index of RT-3D-TEE in preoperative diagnosis of PMR was 92.00% (23/25), 100% (10/10), 94.29% (33/35), 100% (23/23), 83.33% (10/12) and 0.92, which of TTE was 80.00% (20/25), 90.00% (9/10), 82.86% (29/35), 95.24% (20/21), 64.29% (9/14) and 0.70, respectively. **Conclusion** RT-3D-TEE can accurately depict ultrasonic features of mitral valve anatomy and pathology from different angles and viewpoints, which is an effective method for confirming mitral PMR and providing reliable information for preoperative diagnosis, intraoperative monitoring and postoperative evaluation of PMR.

[**Keywords**] mitral valve; papillary muscles; echocardiography, three-dimensional

DOI:10.13929/j.1003-3289.201903083

实时三维经食管超声心动图诊断二尖瓣乳头肌断裂

李亚南[1],崔存英[1],刘园园[1],王 莹[1],胡彦斌[1],刘瑞杰[1],葛振伟[2],赵子牛[2],刘 琳[1*]

(1.河南省人民医院 阜外华中心血管病医院 郑州大学人民医院超声科,2.心外科,河南 郑州 450003)

[**摘 要**] **目的** 探讨实时三维经食管超声心动图(RT-3D-TEE)诊断二尖瓣乳头肌断裂(PMR)的临床价值。**方法** 回顾性分析 35 例疑诊二尖瓣 PMR 患者,术前以经胸超声心动图(TTE)及 RT-3D-TEE 观察二尖瓣病变情况及是否合并 PMR。以手术结果为金标准,计算术前 RT-3D-TEE 和 TTE 诊断二尖瓣 PMR 的效能。**结果** 35 例中,25 例术中证实为二尖瓣 PMR,包括前外侧 PMR 2 例,后内侧 PMR 23 例;完全型 PMR 1 例,部分型 PMR 24 例。10 例为非二尖瓣 PMR。对 23 例行二尖瓣位人工瓣膜置换术,2 例行二尖瓣成形术。术前 RT-3D-TEE 诊断二尖瓣 PMR 23 例,TTE 诊断 PMR 20

[**基金项目**] 河南省医学科技攻关计划项目(2018020452、201602173)。

[**第一作者**] 李亚南(1986—),女,河南驻马店人,硕士,主治医师。研究方向:心血管疾病超声诊断。E-mail:463261283@qq.com

[**通信作者**] 刘琳,河南省人民医院 阜外华中心血管病医院 郑州大学人民医院超声科,450003。E-mail:liulin_819@126.com

[**收稿日期**] 2019-03-12 [**修回日期**] 2019-07-25

例,RT-3D-TEE 诊断二尖瓣 PMR 符合率[92.00%(23/25)]高于 TTE [80.00%(20/25),$P=0.033$]。RT-3D-TEE 诊断 PMR 的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值和约登指数分别为 92.00%(23/25)、100%(10/10)、94.29%(33/35)、100%(23/23)、83.33%(10/12)和 0.92;术前 TTE 诊断二尖瓣 PMR 的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值及约登指数分别为 80.00%(20/25)、90.00%(9/10)、82.86%(29/35)、95.24%(20/21)、64.29%(9/14)及 0.70。

结论 RT-3D-TEE 可从不同角度和层面准确提供二尖瓣解剖及病理改变的超声特征,是确诊二尖瓣 PMR 的有效方法,可为术前诊断、术中监测及术后评估提供可靠信息。

[**关键词**] 二尖瓣;乳头肌;超声心动描记术,三维

[**中图分类号**] R542.5; R540.45 [**文献标识码**] A [**文章编号**] 1003-3289(2019)09-1287-04

二尖瓣乳头肌断裂(papillary muscle rupture,PMR)常引起二尖瓣脱垂,造成急性二尖瓣大量反流,使左心前负荷增加,导致肺静脉回流受阻和急性肺水肿,是急性心肌梗死最严重的并发症之一,若治疗不及时,患者死亡率高达 80%,及时明确诊断和治疗可使死亡率降至 25%[1]。本研究以外科手术结果为金标准,探讨实时三维经食管超声心动图(real-time three-dimensional transesophageal echocardiography, RT-3D-TEE)诊断二尖瓣 PMR 的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2013 年 8 月—2018 年 12 月我院 35 例临床疑诊二尖瓣 PMR、术前、术中及术后资料完整患者,男 19 例,女 16 例,年龄 42～72 岁,平均(52.4±6.1)岁;体表面积(1.69±0.77)m^2,心率(70.63±5.42)次/分,收缩压(118.33±9.42)mmHg,舒张压(77.48±7.66)mmHg,NT-脑钠肽(3 533.49±1 012.22)pg/ml;其中 4 例二尖瓣中度反流,31 例二尖瓣重度反流;病因包括急性心肌梗死 33 例,外伤 1 例,感染性心内膜炎 1 例。患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 Philips IE Elite 彩色多普勒超声诊断仪,X7-2T 经食管三维超声探头,频率 4～7 MHz;X5-1 矩阵探头,频率 2～5 MHz;配备 Qlab 分析软件。GE E95 彩色多普勒超声诊断仪,6VT 经食管三维超声探头,频率 4～7 MHz;M5Sc-D 心脏探头,频率 1.7～3.3 MHz;配备 MVQ 分析软件。

经胸超声心动图(transthoracic echocardiography,TTE)检查:嘱患者左侧卧,连接心电图,观察二尖瓣病变情况及是否合并 PMR,记录二尖瓣反流程度(轻度反流:反流面积/左心房面积<20%;中度反流:20%≤反流面积/左心房面积<40%;重度反流:反流面积/左心房面积≥40%),并评估心脏整体功能、观察各室壁运动情况、有无合并其他心内畸形等,以初步确定手术方式,排除手术禁忌证。

RT-3D-TEE 检查:手术当日由麻醉医师协助插管,于建立麻醉后体外循环前行 RT-3D-TEE 检查。连接心电图,将食管探头插入,深度距门齿 30～40 cm。于食管中段 120°左心室长轴切面清晰显示二尖瓣,利用二维图像选择 ROI,调节增益、对比度、取样框大小和位置,将二尖瓣置于取样框内,启动 RT-3D-TEE,适当旋转二尖瓣三维图像,使主动脉位于屏幕正前方,显示并存储二尖瓣的"外科手术视野观"超声动态图像。完成瓣膜修复或受损瓣膜置换术后即刻,采用 RT-3D-TEE 评估手术疗效,通过彩色多普勒显示反流程度评价手术效果,判断置换的人工瓣膜瓣叶功能,是否卡瓣、有无瓣周漏等。

由 1 名有 2 年以上术中 TEE 检查经验的超声主治医师完成所有 TTE 和 RT-3D-TEE 检查。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 18.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示。以手术结果为金标准,计算术前 RT-3D-TEE 和 TTE 诊断二尖瓣 PMR 的敏感度、特异度、漏诊率、误诊率、准确率、阳性预测值、阴性预测值和约登指数;对术前 RT-3D-TEE 和 TTE 诊断二尖瓣 PMR 与手术结果的一致性采用 *Kappa* 检验,*Kappa*<0.40 为一致性差,0.40≤*Kappa*≤0.75 为一致性中等,*Kappa*>0.75 为一致性好。采用 *McNemar's* 检验比较 RT-3D-TEE 和 TTE 诊断二尖瓣 PMR 的符合率。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

35 例中,25 例术中证实为二尖瓣 PMR,其中前外侧 PMR 2 例,后内侧 PMR 23 例;完全型 PMR 1 例,部分型 PMR 24 例。10 例为非二尖瓣 PMR。对 23 例 PMR 行二尖瓣位人工瓣膜置换术,2 例行二尖瓣成形术;对 22 例同期行冠状动脉搭桥术,19 例同期行三尖瓣成形术。RT-3D-TEE 术前漏诊 2 例部分型 PMR,术后即刻 RT-3D-TEE 发现 2 例人工瓣瓣周漏。

术前 RT-3D-TEE 诊断二尖瓣 PMR 23 例,TTE 诊断 PMR 20 例,RT-3D-TEE 诊断二尖瓣 PMR 符合率[92.00%(23/25)]与 TTE[80.00%(20/25)]比较差异有统计学意义($P=0.033$)。

术前 RT-3D-TEE 诊断 PMR 的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值及约登指数分别为 92.00%（23/25）、100%（10/10）、94.29%（33/35）、100%（23/23）、83.33%（10/12）和 0.92，且与手术结果的一致性好（*Kappa*=0.868）；术前 TTE 诊断二尖瓣 PMR 的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值和约登指数分别为 80.00%（20/25）、90.00%（9/10）、82.86%（29/35）、95.24%（20/21）、64.29%（9/14）及 0.70，与手术结果的一致性中等（*Kappa*=0.625）。术前 RT-3D-TEE 诊断 PMR 的漏诊率、误诊率分别为 8.00%（2/25）、0，TTE 为 20.00%（5/25）、10.00%（1/10）。

二尖瓣 PMR 的 RT-3D-TEE 表现：收缩期局部二尖瓣叶脱垂，向左心房侧膨出，导致二尖瓣关闭时对合错位；二尖瓣中度或重度偏心性反流，反流束沿对侧二尖瓣叶走行；脱垂二尖瓣叶瓣下腱索与异常低回声团块相连，后者边界清晰，形态不规则，回声与乳头肌相似，受累瓣下腱索及断裂乳头肌于左心房、左心室之间呈连枷样运动，收缩期位于左心房侧；见图 1、2。

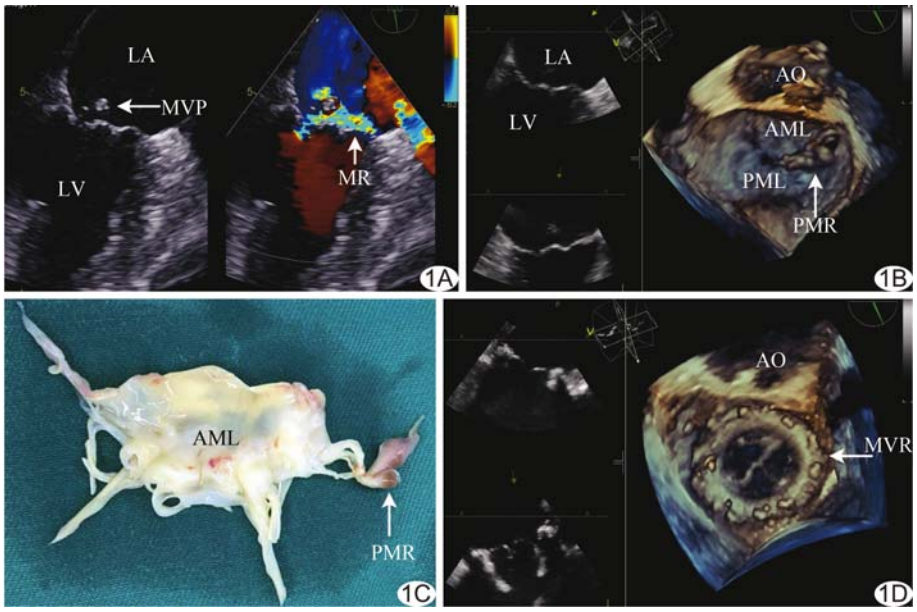


图 1　患者男，52 岁，二尖瓣后内侧乳头肌部分断裂　A. 常规 TEE 二维及彩色多普勒显示收缩期二尖瓣前叶脱入左心房侧（长箭示脱垂的二尖瓣前叶），二尖瓣房侧探及大量偏心性反流信号（短箭）；B. RT-3D-TEE 示收缩期乳头肌部分断裂脱入左心房内（箭示部分断裂乳头肌）；C. 术中病理示二尖瓣前叶及相连的部分断裂的后内侧乳头肌（箭示部分断裂的乳头肌）；D. RT-3D-TEE 示置换术后的二尖瓣位人工瓣（箭）形态正常，位置固定，功能良好　（LA：左心房；LV：左心室；MVP：二尖瓣脱垂；MR：二尖瓣反流；AO：主动脉；AML：二尖瓣前叶；PML：二尖瓣后叶；PMR：后内侧乳头肌断裂；MVR：二尖瓣人工瓣）

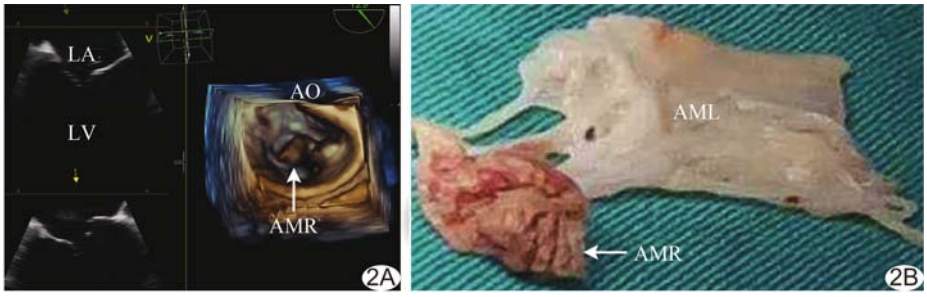


图 2　患者男，58 岁，二尖瓣前外侧乳头肌完全断裂　A. RT-3D-TEE 示收缩期二尖瓣前外侧乳头肌完全断裂脱入左心房内（箭示完全断裂的前外侧乳头肌）；B. 大体病理示二尖瓣前叶及相连的前外侧乳头肌（箭示完全断裂的乳头肌）　（LA：左心房；LV：左心室；AO：主动脉；AMR：前外侧乳头肌断裂；AML：二尖瓣前叶）

3　讨论

PMR 是一种少见但致死率较高的心脏急症，在急性心肌梗死患者中发病率约 0.25%，若治疗不及时，患者死亡率高达 80%，早期诊断并行外科手术治疗是改善预后和降低死亡率的关键[2]。超声心动图能够快捷、方便、直观地显示心脏内部结构和功能，在早期诊断急性心肌梗死、评估严重程度和诊断缺血性二尖瓣反流中有重要作用[3]。RT-3D-TEE 克服了经胸二维及三维超声心动图受体位、肺气、肥胖及胸廓畸形等因素的限制和干扰，可清晰显示二尖瓣的“外科手术视野观”，获取图像简单、可重复性好，能够更好地准确判断心脏疾病[4-6]。

既往有学者[7]观察二尖瓣反流严重程度及病因，发现 TEE 确诊二尖瓣腱索断裂的敏感度（74%）高于 TTE（44%；*P*=0.006）。乳头肌与二尖瓣瓣下腱索相连，因而 PMR 常被 TTE 漏诊或误诊为腱索断裂。TTE 诊断二尖瓣 PMR 的影响因素包括断裂乳头肌范围、瓣膜病变位置及程度、图像质量及操作者技术等[8-9]。断裂的乳头肌片段长度一般为 0.2～2.0 cm，TTE 所示断裂乳头肌与相连的腱索回声相似。Murad 等[10]报道 2 例 PMR，TTE 仅显示重度二尖瓣关闭不全伴二尖瓣局部

腱索断裂,TEE 发现后内侧乳头肌部分断裂,并经外科手术证实。PMR 引起的二尖瓣叶连枷样运动可累及一个或多个小叶,累及前外侧和后内侧交界区时,约 2/3 病变二尖瓣叶被 TTE 漏诊[11]。本研究术前 RT-3D-TEE 示受累瓣下腱索及断裂乳头肌于左心房、左心室之间呈连枷样运动,收缩期位于左心房侧。RT-3D-TEE 不仅能准确定位瓣膜受累区域及 PMR 位置,显示交界区病变瓣叶更明显优于 TTE,同时还能为外科医师提供清晰的二尖瓣立体结构图像,使开胸前诊断更为精确[12]。

TTE 被认为是 PMR 的首选诊断方法,具有无创、方便、快捷等优点,其诊断二尖瓣 PMR 的敏感度为 65%～85%,而 TEE 的敏感度为 95%～100%[13]。本研究对比 RT-3D-TEE 和 TTE 诊断二尖瓣 PMR,并与手术结果比较,发现术前 RT-3D-TEE 诊断 PMR 的符合率(92.00%)高于 TTE(80.00%),差异有统计学意义(P=0.033)。术前 RT-3D-TEE 诊断 PMR 的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值及约登指数分别为 92.00%、100%、94.29%、100%、83.33% 及 0.92,TTE 分别为 80.00%、90.00%、82.86%、95.24%、64.29% 及 0.70;术前 RT-3D-TEE 诊断 PMR 的漏诊率、误诊率分别为 8.00%、0,TTE 为 20.00%、10.00%,与既往研究[14]结果相符。本组 RT-3D-TEE 术前漏诊 2 例部分型 PMR,术中显示其中 1 例 PMR 断裂长度较小,约 0.2 cm,与二尖瓣腱索回声相似;另 1 例断裂乳头肌发生炎性改变,与正常乳头肌粘连,TTE 及 RT-3D-TEE 均未发现二尖瓣叶连枷样运动。本组 23 例 PMR 患者接受人工瓣膜置换术,2 例接受二尖瓣成形术,提示一旦确诊 PMR,很难进行瓣膜成形术,主要因为在二尖瓣装置中,乳头肌-二尖瓣环完整、连续对维持左心室功能有重要作用,一旦发生 PMR,常难以实施瓣膜成形术,而瓣膜置换术有助于降低患者远期死亡率及心力衰竭发生率[15]。二尖瓣人工瓣膜置换术后需以 RT-3D-TEE 了解瓣膜功能情况及有无瓣周漏,本组发现 2 例人工瓣瓣周漏,可指导手术医师及时处理而避免二次手术。

本研究的局限性:病例数相对较少,可能存在偏倚,有待后期加大样本进一步分析。

综上所述,RT-3D-TEE 可从不同角度和层面提供二尖瓣解剖及病理改变特征等信息,可准确诊断 PMR 的范围、部位,与手术结果的一致性较好,为患者术前诊断 PMR、术中监测及术后评估提供可靠信息。

[参考文献]

[1] Russo A, Suri R, Grigioni F, et al. Clinical outcome after surgical correction of mitral regurgitation due to papillary muscle rupture. Circulation, 2008,118(15):1528-1534.

[2] Braun CT, Ricklin ME, Exadaktylos AK. The difficult diagnosis of ischaemic papillary muscle rupture: Case report from an urban emergency department. Sultan Qaboos Univ Med J, 2016,16(2):e234-e237.

[3] Sun X, Jiang Y, Huang G, et al. Three-dimensional mitral valve structure in predicting moderate ischemic mitral regurgitation improvement after coronary artery bypass grafting. J Thorac Cardiovasc Surg, 2019,157(5):1795-1803.e2.

[4] Weisenberg D, Sagie A, Vaturi M, et al. The value of intraoperative transesophageal echocardiography in patients undergoing aortic valve replacement. J Heart Valve Dis, 2011,20(5):540-544.

[5] 周文艳,陈昕,杨军,等.实时三维经食管超声心动图定量分析正常二尖瓣立体结构动态的变化.中国医学影像技术,2014,30(12):1814-1817.

[6] Yamazaki M, Fukui T, Mahara K, et al. Complete rupture of the anterolateral papillary muscle caused by coronary spasm. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2015,21(6):798-800.

[7] Minami T, Kawano H, Yamachika S, et al. Comparison of the diagnostic power of transthoracic and transesophageal echocardiography to detect ruptured chordae tendineae. Int Heart J, 2012,53(4):225-229.

[8] Tsujimoto M, Tanaka H, Matsumoto K, et al. Partial posteromedial papillary muscle rupture caused by myocardial ischemia only without myocardial infarction. Echocardiography, 2016,33(7):1105-1107.

[9] Ternus BW, Mankad S, Edwards WD, et al. Clinical presentation and echocardiographic diagnosis of postinfarction papillary muscle rupture: A review of 22 cases. Echocardiography, 2017,34(7):973-977.

[10] Murad K, Missov E. Papillary muscle rupture following non-ST-elevation myocardial infarction: A case report. Echocardiography, 2016,33(6):923-925.

[11] Harari R, Bansal P, Yatskar L, et al. Papillary muscle rupture following acute myocardial infarction: Anatomic, echocardiographic, and surgical insights. Echocardiography, 2017,34(11):1702-1707.

[12] 许立龙,赵博文,李世岩,等.实时三维经食管超声心动图在感染性心内膜炎外科手术治疗中的应用价值.中华超声影像学杂志,2013,22(1):21-24.

[13] Monin JL, Dehant P, Roiron C, et al. Functional assessment of mitral regurgitation by transthoracic echocardiography using standardized imaging planes diagnostic accuracy and outcome implications. J Am Coll Cardiol, 2005,46(2):302-309.

[14] Havins J, Lick S, Boor P, et al. Real time three-dimensional transesophageal echocardiography in partial posteromedial papillary muscle rupture. Echocardiography, 2013,30(6):E179-E181.

[15] Russo A, Suri RM, Grigioni F, et al. Clinical outcome after surgical correction of mitral regurgitation due to papillary muscle rupture. Circulation, 2008,118(15):1528-1534.