

## 心脏超声多参数评估乳腺癌患者化疗后对心脏影响

卢永昭, 戚佳瑞, 张静, 姬永浩, 李满霞\*

宝鸡市中心医院超声医学科(港务院区) 陕西宝鸡

**【摘要】目的** 应用超声组织多普勒心肌应变及应变率多参数无创技术, 早期评估化疗患者心肌损伤, 探讨化疗对乳腺癌患者心肌的影响, 通过多因素分析筛选化疗药物心脏影响的独立相关因素。**方法** 选取2024年1月至2025年1月宝鸡市中心医院64例女性乳腺癌化疗患者, 分为化疗第3周末( $T_1$ )、第6周期( $T_2$ ), 以化疗前( $T_0$ )为自身对照; 记录各时期一般临床资料、常规超声心动图参数及心肌应变、应变率相关参数, 比较 $T_0$ 与 $T_1$ 、 $T_2$ 期参数差异。**结果** 与 $T_0$ 期相比,  $T_1$ 、 $T_2$ 期LVDD、LVEF、二尖瓣E/A峰无显著差异( $P>0.05$ );  $\epsilon$ 、SRs、SRe显著异常( $P<0.05$ ), SRa无显著变化( $P>0.05$ )。**结论** 常规超声参数结合组织多普勒 $\epsilon$ 、SRs、SRe等参数, 可特异性反映化疗药物心肌毒性, 能更早期、可靠地为临床提供心肌损伤量化参考, 助力早期心肌保护干预。

**【关键词】** 乳腺癌; 化疗; 心肌组织多普勒; 应变

**【收稿日期】** 2026年3月19日

**【出刊日期】** 2026年4月28日

**【DOI】** 10.12208/j.ijcr.20260204

### Multi-parameter echocardiographic assessment of cardiac effects in breast cancer patients after chemotherapy

Yongzhao Lu, Jiarui Qi, Jing Zhang, Yonghao Ji, Manxia Li\*

Department of Ultrasound Medicine (Port Area Branch), Baoji Central Hospital, Baoji, Shaanxi

**【Abstract】 Objective** To early evaluate myocardial damage in chemotherapy patients using non-invasive multi-parameter technology of myocardial strain and strain rate by tissue Doppler echocardiography, explore the impact of chemotherapy on the myocardium of breast cancer patients, and screen independent related factors of chemotherapy drugs' cardiac effects through multivariate analysis of patients' general clinical data, conventional echocardiographic parameters and cardiac tissue Doppler parameters. **Methods** A total of 64 female breast cancer patients receiving chemotherapy in Baoji Central Hospital from January 2024 to January 2025 were selected, and divided into the 3rd cycle of chemotherapy ( $T_1$ ) and the 6th cycle of chemotherapy ( $T_2$ ). The patients before chemotherapy ( $T_0$ ) were taken as the self-control group; general clinical data, conventional two-dimensional echocardiographic parameters, left ventricular myocardial systolic strain ( $\epsilon$ ), maximum systolic strain rate (SRs), early diastolic strain rate (SRe) and late diastolic strain rate (SRa) in each period were recorded, and the differences of each parameter between  $T_0$ ,  $T_1$  and  $T_2$  were measured and compared. **Results** Compared with the control group, there were no significant differences in LVDD, LVEF and mitral valve E/A ratio in the chemotherapy group ( $P>0.05$ );  $\epsilon$ , SRs and SRe were significantly abnormal (all  $P<0.05$ ), and there was no significant change in SRa ( $P>0.05$ ). **Conclusion** Conventional echocardiographic parameters combined with multi-parameters of tissue Doppler, including  $\epsilon$ , SRs, SRe and other parameters, can reflect the myocardial toxicity of chemotherapy drugs with specificity, which is earlier and more reliable, provide quantitative reference for clinical early detection of myocardial damage caused by chemotherapy drugs, and help clinical early myocardial protection measures for patients receiving chemotherapy.

**【Keywords】** Breast cancer; Chemotherapy; Myocardial tissue Doppler; Strain

肿瘤患者化疗采用蒽环类药物在机体内可被还原为半醌, 通过氧化反应可形成自由基, 自由基对心脏细胞产生攻击, 进而引起心律失常及心功能改变等心电

活动, 进而引发充血性心力衰竭引发心肌功能障碍<sup>[1]</sup>。目前最常用于监测抗肿瘤治疗致心脏毒性的超声指标是左室射血分数(LVEF)但不同指南推荐的LVEF正

\*通讯作者: 李满霞

常值不同, 难以提供可靠信息<sup>[2]</sup>, 但使用组织多普勒成像 (TDI) 可以无创性定量评估局部心肌功能, 较常规超声心动图更客观准确<sup>[3]</sup>。本文就组织多普勒技术对化疗患者心脏影响的进行评估, 并筛选独立相关因素。

### 1 资料与方法

#### 1.1 入组条件

选取我院乳腺外科术后拟行化疗的女性乳腺癌患者 64 例, 均经组织学病理确诊为浸润性导管癌, 予以 TEC 方案化疗 (多西他赛 75mg/m<sup>2</sup>、表柔比星为 90mg/m<sup>2</sup>、环磷酰胺 500mg/m<sup>2</sup>), 每 21d 为 1 周期, 连续随访 6 个周期。分别于化疗前 (T<sub>0</sub>)、化疗 3 周期后 (T<sub>1</sub>)、6 周期后 (T<sub>2</sub>) 1d 内行常规及组织多普勒超声心动图检查。纳入标准: 采用本化疗方案、既往无放疗史, LVEF>50%, 心电图及生化指标无明显异常, 无远处多发转移; 排除合并心血管疾病、超声图像不清、无法配合者。研究经医院伦理委员会批准, 所有患者均知情同意并签署知情同意书。

#### 1.2 方法

采集左室心尖两腔心、三腔心、四腔心切面的动态图, 分别显示室间隔、侧壁, 前壁及下壁, 在组织多普勒显像条件下动态存储 3 个完整心动周期图像, 将取样点分别置于基底段和中间段的心内膜下。

#### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 27.0 分析软件, 所有计量资料以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。不同时期化疗组与对照组 (化疗前) 间的比较采用单因素方差分析, 不同时期化疗组间比较采用重复测量的方差分析; 绘制组织多普勒各节段心肌应变、应变率参数的受试者工作特征 (ROC) 曲线, 计算各参数 ROC 曲线下面积, 诊断截断值, 获得其灵敏度与特异度。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

### 2 结果

(1) 和对照组对比, 化疗组的 LVDd、LVEF、二尖瓣 E/A 峰 (P>0.05), 见表 1。

(2) 化疗组  $\epsilon$ 、SRs、SRe (P 值均<0.05), SRA 值变化 (P 值>0.05)。T<sub>2</sub> 组与 T<sub>0</sub> 组比较化疗患者最主要表现为多个左心室节段的纵向应变 ( $\epsilon$ ) (图 1) 及收缩期应变率值 (SRs) (图 2)、舒张早期应变率值 (SRe) 减低 (P 值均<0.05) (图 3), 舒张晚期 (SRA) 值变化 P 值>0.05, T<sub>1</sub> 组与 T<sub>0</sub> 组比较仅 SRe 减低 (P<0.05), 见表 2。

(3) 化疗组患者心脏毒性检测的价值如 ROC 曲线 (图 4) 所示, 左心室  $\epsilon$ 、SRe、SRs 和 SRA 的曲线下面积分别为 0.879、0.643、0.503 和 0.565。GAS 以 -276.7 为乳腺癌化疗患者的截断值时, 其敏感度为 86.6%, 特异度为 76.7%。

表 1 化疗组与对照组基本参数及常规指标对比 ( $\bar{x} \pm s$ )

	例数 (n)	年龄 (岁)	心率 (次/分)	体重指数 (kg/m <sup>2</sup> )	左室前后径 (mm)	左室射血分数 (%)	E/A
化疗组	61	56.25±8.36	62.01±10.25	25.41±2.32	48.62±0.42	59.12±0.64	0.97±0.25
对照组	64	51.42±7.36	62.01±10.24	25.41±2.32	47.22±0.50	60.24±0.84	1.01±0.24
t 值	-	0.538	0.429	0.529	0.462	0.432	0.325
P 值	-	0.354	0.662	0.324	0.572	0.512	0.896

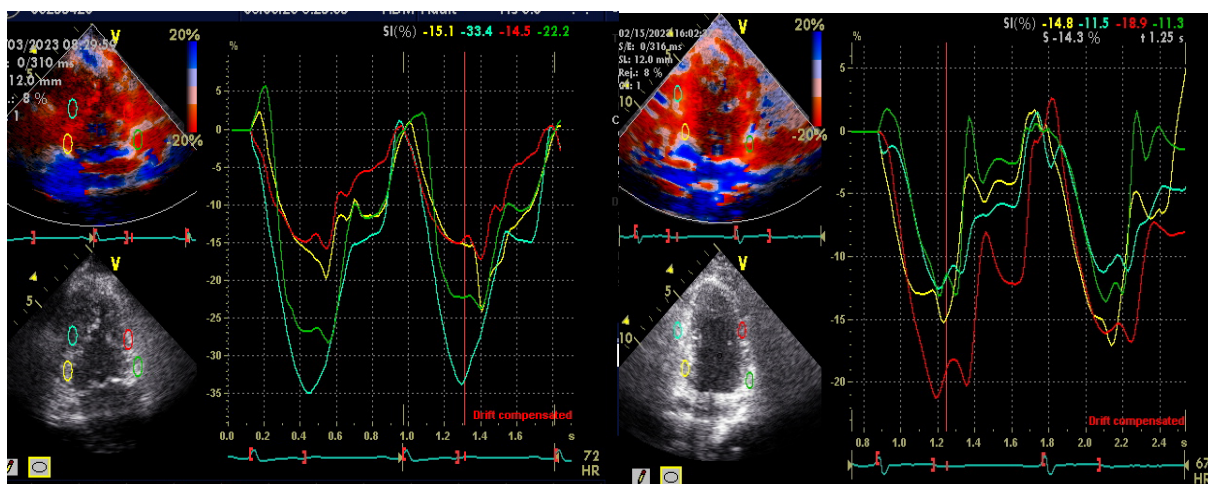


图 1 T<sub>0</sub>组与 T<sub>2</sub>组心尖两腔  $\epsilon$  测值对比

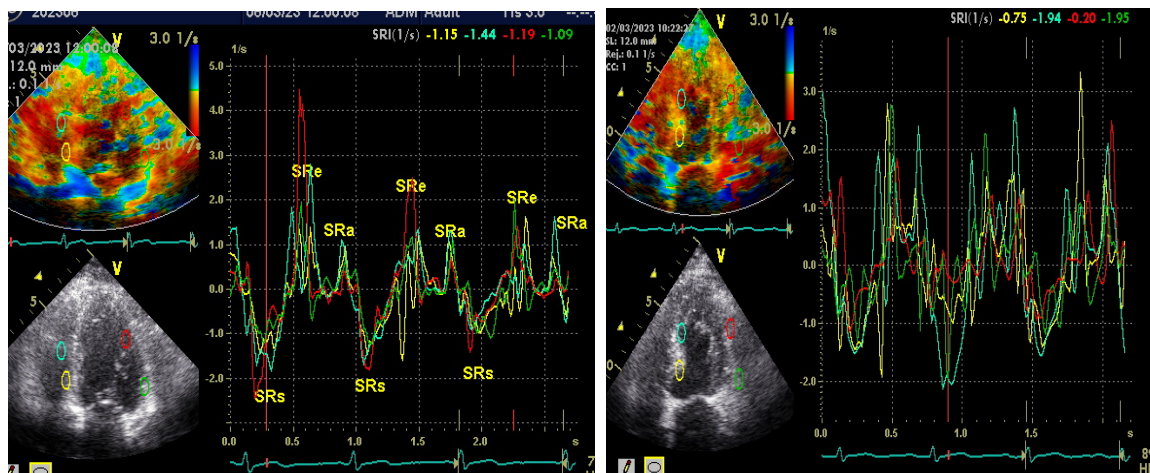


图2 T<sub>0</sub>组与T<sub>2</sub>组心尖四腔SRs测值对比

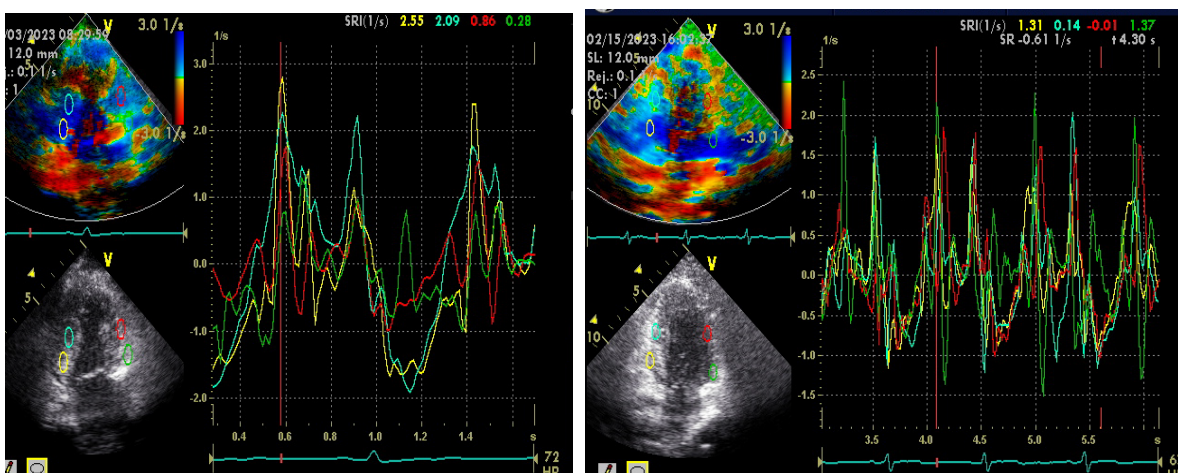


图3 T<sub>0</sub>组与T<sub>2</sub>组心尖两腔心SRe测值对比

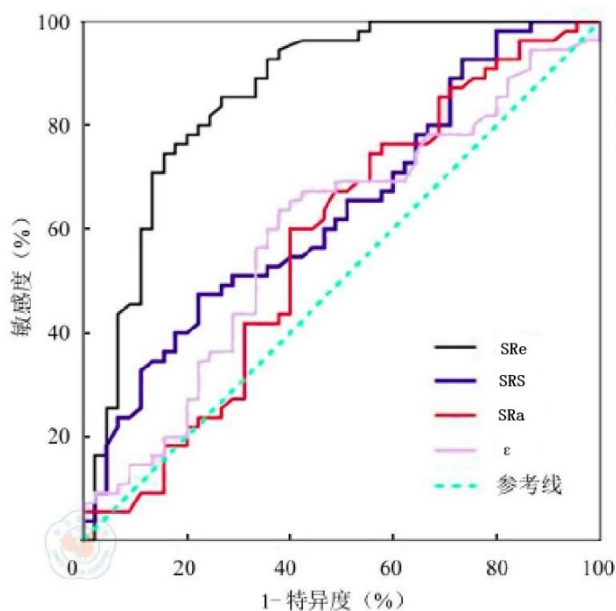


图4 乳腺癌患者化疗后左室相关指标受试者操作特性曲线

注: SRe 为舒张早期应变率、ε 为心肌收缩期应变、SRS 为收缩期最大应变率、SRa 为舒张晚期应变率。

表2 化疗组和正常组在左室不同节段应变( $\epsilon$ )及应变率(SRI)测值( $\bar{x}\pm s$ )

左室节段		例数 (n)	$\epsilon$ (%)	SRs (1/s)	SRe (1/s)	SRa (1/s)	
基底段	T <sub>0</sub> 组	64	29.14±2.11	-1.99±0.18	1.85±0.54	2.0±1.01	
	室间隔	T <sub>1</sub> 组	64	18.29±1.71**	-1.43±0.10**	1.23±0.43*	2.43±0.33*
中间段	T <sub>2</sub> 组	61	16.25±0.52**	-2.45±1.44**	0.98±0.03*	3.43±0.35*	
	T <sub>0</sub> 组	64	24.11±1.58	-1.64±0.51	2.02±0.74	2.01±0.81	
	T <sub>1</sub> 组	64	20.21±2.02**	-0.96±0.33**	0.92±0.31*	2.31±0.24	
基底段	T <sub>2</sub> 组	61	19.33±1.66**	-1.99±0.42**	0.66±1.93*	2.78±0.54	
	侧壁	T <sub>0</sub> 组	64	24.78±2.84	-1.95±0.18	1.95±1.40	1.01±0.61
	T <sub>1</sub> 组	64	22.01±4.01**	-2.12±0.21**	0.99±0.21*	1.84±0.22	
中间段	T <sub>2</sub> 组	61	19.52±0.33**	-1.45±0.46**	1.34±0.76*	2.45±0.32	
	T <sub>0</sub> 组	64	19.47±1.85	-1.48±0.15	1.85±0.54	0.71±0.61	
	T <sub>1</sub> 组	64	16.31±4.01**	-0.96±0.50**	1.23±0.44*	1.85±0.34	
基底段	T <sub>2</sub> 组	61	10.31±4.02**	-0.30±0.67**	0.45±0.78*	2.78±0.87	
	下壁	T <sub>0</sub> 组	64	20.93±1.29	-1.63±0.15	1.42±0.44	1.41±0.81
	T <sub>1</sub> 组	64	15.31±4.02**	-1.46±0.50*	0.93±0.44*	2.65±0.34	
中间段	T <sub>2</sub> 组	61	13.08±7.83**	-1.34±0.40**	0.45±0.32*	3.56±0.22	
	T <sub>0</sub> 组	64	17.21±0.79	-1.13±0.06	2.34±0.91	1.31±0.61	
	T <sub>1</sub> 组	64	14.31±4.01*	-0.86±0.50**	0.73±0.43*	2.45±0.34	
基底段	T <sub>2</sub> 组	61	11.67±0.45**	-0.11±0.33**	0.23±0.56*	2.10±0.88	
	前壁	T <sub>0</sub> 组	64	20.61±1.38	-1.62±0.12	2.29±0.84	2.51±1.22
	T <sub>1</sub> 组	64	14.31±4.02**	-1.36±0.50**	0.83±0.44*	3.56±0.14*	
中间段	T <sub>2</sub> 组	61	15.78±4.01**	-1.11±1.11**	0.32±0.22*	1.00±0.21*	
	T <sub>0</sub> 组	64	20.38±1.54	-1.54±0.11	1.95±0.54	1.22±0.71	
	T <sub>1</sub> 组	64	14.31±4.01*	-1.11±0.33**	1.23±0.44*	2.35±0.34	
	T <sub>2</sub> 组	64	16.31±1.34**	-1.34±0.34**	0.54±0.19*	2.48±0.43	

### 3 讨论

化疗的心肌损害,可能以特定的左室变形模式为特征<sup>[4]</sup>。总共入组 64 例,因手术及转院原因 T<sub>2</sub> 组共纳入 61 例。本队列研究显示 T<sub>2</sub> 组与 T<sub>0</sub> 组比较化疗患者最主要表现为多个左心室节段的纵向应变( $\epsilon$ )及收缩期应变率值(SRs)、舒张早期应变率值(SRe)的减低( $P<0.05$ ),舒张晚期(SRa)值变化( $P$ 值 $>0.05$ ),T<sub>1</sub>组与 T<sub>0</sub>组比较仅 SRe 减低( $P$ 值 $<0.05$ )。2D-STI 能克服角度依赖性,更客观、准确地评估左心室局部或整体的收缩功能<sup>[5]</sup>。

化疗引起心肌损伤机制研究<sup>[6]</sup>发现可能与以下机制有关,采用的蒽环类药物机体内可被还原为半醌,通过氧化反应可形成自由基,对心脏细胞产生攻击,进而引起心律失常及心功能改变等心电活动,进而引发充血性心力衰竭引发心肌功能障碍、直接损伤心肌、ACE2 下调及微循环障碍、免疫反应失调及细胞因子风暴等机制有关<sup>[7]</sup>。化疗导致的心肌损害在本队列中有所显现,以 SRe 表现最敏感,甚至在症状轻微的患者。

肌钙蛋白虽然对化疗所致心肌损伤有很高的敏感性,但特异性不高。心肌酶谱和心肌损伤标志物升高受许多因素的影响,仅依赖心肌损伤标志物的异常尚不能准确诊断心肌损伤,仍应结合心电图及影像学等手段综合评估判断<sup>[8]</sup>。磁共振等大型仪器受其应用受限,不能作为一线诊断心肌损伤的影像学方法。二维超声无特异性。利用组织多普勒测定心肌应变及应变率可随时定量、安全、无创的评估心肌损伤程度,特别是亚临床心肌损伤患者,可以做到早期发现,早期临床干预,并为疗效评估提供价值。和超声斑点追踪技术对比可以更加快速评估,操作也相对简单,技术也相对成熟,更容易获取。适合各级医院广泛开展。

### 参考文献

- [1] 杨安琪,张运,张梅,世界超声心动图联盟(WASE)心脏超声正常值对抗肿瘤治疗相关心肌损伤超声评估指标的潜在影响,中华超声影像学杂志 30(01) (2021) 15-19.

- [2] 张诗渊, 应康, 钟勇, 熊祎玘, 胡震, 易烽明, 左心室心肌应变对无症状蒽环类药物化疗后相关心功能不全的预测价值, 中国医学影像学杂志 31(10) (2023) 1018-1023.
- [3] 柴烨子, 姜萌, 卜军, 《无创性影像学技术评估肿瘤治疗相关心血管毒性的临床应用指南 (2023 版)》解读, 肿瘤影像学 34(01) (2025) 1-10.
- [4] 杨勇, 吕秀花, 王臻, 杨一林, 段云友, 曹铁生, 二维斑点追踪技术在评价糖尿病患者左心室整体与节段长轴收缩功能, 中国超声医学杂志 31(03) (2015) 218-220.
- [5] 刘柳, 左洋萍, 赵亚西, 曹礼庭, 顾鹏, 赵小波, 超声心动图评价蒽环类药物化疗后无症状乳腺癌患者慢性右心室功能变化, 川北医学院学报 37(07) (2022) 919-923.
- [6] 韩勇, 陈明, 曲俊朴, 夏良华, 董云, 徐旻, 斑点追踪技术检测乳腺癌术后化疗药物对心肌的毒性作用, 中华医学超声杂志(电子版) 11(05) (2014) 397-402.
- [7] 沈赞, 邵志敏, 中华医学会肿瘤学分会肿瘤支持康复治疗学组, 中国乳腺癌相关心脏病诊疗共识编写委员会, 中国乳腺癌相关心脏病诊疗共识 (2022 年版), 中国癌症杂志 32(10) (2022) 1016-1036.
- [8] 宋飞艳, 程蕾蕾, 陈永乐, 史静, 李政, 赵维鹏, 郭晔, 舒先红, 实时三维超声心动图评价淋巴瘤患者蒽环类药物化疗后左心室亚临床功能的价值, 中华诊断学电子杂志 3(03) (2015) 155-158.

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**