

# 3D-STI 联合心脏综合指数评价肺癌患者 GP 化疗方案的隐匿性心肌毒性

刘 贝, 郑 慧, 周 旺, 许芳芳, 张金鑫

(安徽医科大学第一附属医院超声科, 安徽 合肥 230022)

**摘要:**目的 利用三维斑点追踪成像(3D-STI)技术获得左室应变参数及扭转角度,计算心肌综合指数(MCI),评估其对非小细胞肺癌(NSCLC)患者吉西他滨联合顺铂(GP)化疗方案隐匿性心肌毒性的诊断价值。方法 选取我院 2017 年 3 月-2018 年 6 月采取 GP 化疗方案的 46 例 NSCLC 患者作为化疗组,选取同期 30 例健康志愿者作为对照组。记录两组化疗开始前基础状态时(T<sub>1</sub>)、第 3 次化疗结束后(T<sub>2</sub>)和第 6 次化疗结束后(T<sub>3</sub>)的三维参数和常规超声心动图参数,比较两组左室心肌整体圆周应变(GCS)、整体径向应变(GRS)、整体纵向应变(GLS)、左室收缩期心肌扭转角度(LVtw)、心肌综合指数(MCI)以及常规超声心动图参数的改变;制作 ROC 曲线,分析评价心肌损害的最准确、最敏感的指标,并评估其在检测 NSCLC 化疗患者隐匿性心肌毒性中的价值。结果 ①化疗组 T<sub>1</sub> 时应变参数 GRS、GCS、GLS、LVtw 及 MCI 结果与对照组比较,差异无统计学意义(P>0.05);化疗组 T<sub>2</sub> 时 GRS、GCS 结果与 T<sub>1</sub> 时及对照组比较,差异无统计学意义(P>0.05),MCI、LVtw、GLS 结果低于 T<sub>1</sub> 时及对照组,差异有统计学意义(P<0.05);化疗组 T<sub>3</sub> 时 GRS、GCS、GLS、LVtw 及 MCI 结果均低于 T<sub>1</sub> 时及对照组,差异有统计学意义(P<0.05);②MCI、LVtw 及 GLS 的 AUC 均>0.7,其中 MCI 的 AUC 最大,为 0.836。以-240.50 为截断值时,MCI 诊断 GP 化疗方案对 NSCLC 患者左室心肌的隐匿性毒性的灵敏度为 91.30%,特异度为 72.13%;以-19.50 为截断值时,GLS 诊断的特异度为 81.77%,灵敏度为 52.17%;截断值为 13.15 时,LVtw 的灵敏度为 69.57%,特异度为 68.03%。结论 3D-STI 技术结合 MCI 对化疗引起的隐匿性心脏毒性的早期诊断具有独特的优势。ROC 曲线分析提示 MCI 较其他应变参数评价隐匿性心脏毒性更敏感,可早期检测出 GP 化疗方案对 NSCLC 患者心脏的隐匿性毒性损害,具有较高的临床参考价值。

**关键词:**三维斑点追踪成像;心肌综合指数;非小细胞肺癌;心脏毒性;吉西他滨;顺铂

中图分类号:R734.2;R540.45

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2019.08.029

文章编号:1006-1959(2019)08-0100-05

## Evaluation of Occult Myocardial Toxicity in GP Chemotherapy Regimen of Lung Cancer Patients by 3D-STI Combined with Cardiac Comprehensive Index

LIU Bei,ZHENG Hui,ZHOU Wang,XU Fang-fang,ZHANG Jin-xin

(Department of Ultrasound,the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022,Anhui,China)

**Abstract:**Objective To obtain left ventricular strain parameters and torsion angles using three-dimensional speckle tracking imaging (3D-STI) technique, and to calculate myocardial comprehensive index (MCI) for gemcitabine plus cisplatin (GP) chemotherapy in patients with non-small cell lung cancer (NSCLC). The diagnostic value of occult myocardial toxicity. Methods 46 patients with NSCLC who underwent GP chemotherapy from March 2017 to June 2018 were enrolled as the chemotherapy group. 30 healthy volunteers were selected as the control group. Three-dimensional parameters and conventional echocardiographic parameters of the left ventricular myocardium were compared between the two groups before the start of chemotherapy (T<sub>1</sub>), after the third chemotherapy (T<sub>2</sub>), and after the sixth chemotherapy (T<sub>3</sub>). Strain (GCS), global radial strain (GRS), global longitudinal strain (GLS), left ventricular systolic myocardial torsion angle (LVtw), myocardial composite index (MCI), and changes in conventional echocardiographic parameters; Analyze and evaluate the most accurate and sensitive indicators of myocardial damage and evaluate its value in detecting occult myocardial toxicity in patients with NSCLC chemotherapy. Results ①There was no significant difference in GRS,GCS,GLS,LVtw and MCI between the chemotherapy group and the control group at T<sub>1</sub> (P>0.05). There was no significant difference in GRS,GCS at T<sub>2</sub> between chemotherapy group and T<sub>1</sub> and control group (P>0.05),The results of MCI, LVtw and GLS were lower than T<sub>1</sub> and the control group, the difference was statistically significant (P<0.05). The results of GRS, GCS, GLS, LVtw and MCI in T<sub>3</sub> were lower than those in T<sub>1</sub> and the control group,the difference was statistically significant (P<0.05); ②the AUC of MCI, LVtw and GLS were all >0.7, and the AUC of MCI was the largest, 0.836. When the cutoff value was -240.50, the sensitivity of MCI diagnosis of GP chemotherapy to occult toxicity of left ventricular myocardium in patients with NSCLC was 91.30%, and the specificity was 72.13%. When the cutoff value was -19.50, the specificity of GLS diagnosis was 81.77%, the sensitivity is 52.17%; when the cutoff value is 13.15, the sensitivity of LVtw is 69.57%, and the specificity is 68.03%. Conclusion 3D-STI technology combined with MCI has a unique advantage in the early diagnosis of occult cardiotoxicity induced by chemotherapy. ROC curve analysis indicated that MCI was more sensitive than other strain parameters in evaluating occult cardiotoxicity, and early detection of occult toxicity of GP chemotherapy in patients with NSCLC had a high clinical reference value.

**Key words:**Three-dimensional speckle tracking imaging;Myocardial comprehensive index;Non-small cell lung cancer;Cardiotoxicity;Gemcitabine; Cisplatin

基金项目:安徽省公益性研究联动计划项目(编号:1604f0804027)

作者简介:刘贝(1992.5-),男,安徽淮南人,硕士研究生,主要从事心血管超声诊断

通讯作者:郑慧(1962.11-),女,广东广州人,硕士,教授,主任医师,硕士生导师,主要从事心血管超声诊断

吉西他滨(Gemcitabine, G)联合顺铂(Cisplatin, P)方案(GP)是治疗非小细胞肺癌(non-small-cell lung cancer, NSCLC)的常用化疗方案<sup>[1]</sup>。但据相关研究<sup>[2]</sup>发现其存在一定的心脏毒性,而临床常规检查手段难以发现早期的隐匿性心脏损害。基于二维斑点追踪和实时三维超声心动图技术发展起来的三维斑点追踪成像(three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI)技术,近年来常用来检测心肌功能。3D-STI 克服了“跨平面失追踪”的缺点,能够在三维空间内更为准确的追踪心肌斑点的运动轨迹,从而评价心脏运动功能的变化<sup>[3,4]</sup>。心脏综合指数(myocardial composite index, MCI)是结合左室扭转角度(left ventricular twist, LVtw)和左室整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)而产生的新指标。本文旨在探讨 3D-STI 技术结合 MCI 评价 GP 所引起心肌节段性运动的变化,评价此参数对早期诊断化疗导致隐匿性心肌毒性的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取安徽医科大学第一附属医院 2017 年 3 月~2018 年 6 月在呼吸内科和肿瘤内科收治住院的 71 例 NSCLC 患者作为研究对象。纳入标准:①化疗方案符合吉西他滨(1250 mg/m<sup>2</sup>, 第 1、8 天)联合顺铂(75 mg/m<sup>2</sup>, 第 1 天), 21 d 为 1 个周期, 共 6 个周期;②同期未进行放疗或更改其他化疗方案;③预期生存期>24 个月;④超声声像图能够清晰显示心内膜及心外膜, 符合 3D-STI 数据分析的标准。排除标准:①患者及家属不愿参与本次研究, 拒绝签署知情同意书者;②并发高血压、冠心病、肺心病、风湿性心脏病等循环系统疾病;③肝肾功能相关常规实验室检查明显异常者。随着治疗进展, 有 8 例患者因病情变化及化疗副作用不耐受更改化疗方案, 3 例患者失访, 4 例患者三维图像质量不达标(>2 个节段无法分析)。最终共 46 例患者纳入研究作为化疗组, 其中男 27 例, 女 19 例, 年龄 43~77

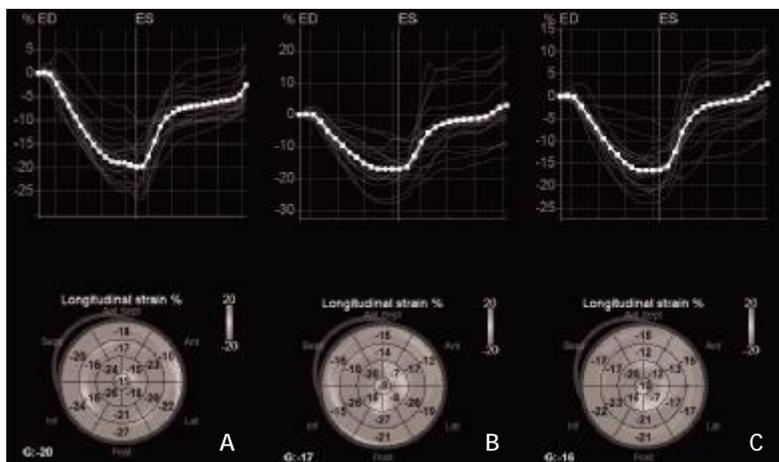
岁, 平均年龄(60.53±7.96)岁, 患者于化疗前、化疗结束后 1 d 进行常规及三维超声心动图检查。同期选取 30 例无心血管相关疾病的健康志愿者, 其中男 18 例, 女 12 例, 年龄 38~72 岁, 平均年龄(58.33±10.22)岁。两组性别、年龄比较, 差异无统计学意义(P>0.05), 研究可进行。

1.2 仪器与设备 超声设备采用 GE Vivid E9, 配有 M5S-D 探头(频率 2.5 MHz)及 4V-D 四维心脏容积探头(频率 1.7~3.3 MHz), 配备 EchoPAC 工作站及脱机分析软件(201)。

1.3 方法 记录两组化疗开始前基础状态时(T<sub>1</sub>)、第 3 次化疗结束后(T<sub>2</sub>)和第 6 次化疗结束后(T<sub>3</sub>)的三维参数和常规超声心动图参数, 比较两组不同相关参数;制作 ROC 曲线, 分析评价心肌损害的最准确、最敏感的指标。

1.3.1 常规超声心动图相关参数的采集 受检者左侧卧位, 用 M5S-D 探头于胸骨旁左室长轴切面测量左室后壁舒张末期厚度(LVPWd)、室间隔舒张末期厚度(IVSd)以及左心室舒张末期内径(LVIDd), 用 Simpson's 法测得左心室射血分数(LVEF)。同时获取常规数据:心率(HR)、左室舒张末期容积(EDV)、收缩末期容积(ESV)。

1.3.2 三维斑点追踪超声相关参数的采集 连接肢体导联心电图, 取左侧卧位, 在胸骨左缘心尖四腔心切面用 4V-D 四维探头采集三维图像。调节帧频>40% 心率, 平静呼吸, 调节左心室位于图像正中, 使心尖正对扇形显像区的顶点, 启动四维模式, 调节增益等以使心内膜显示清晰, 获取并储存连续 3 个心动周期的左心室全容积图像数据。把数据传输到离线分析工作站中, 用 EchoPAC201 软件计算出左室整体径向应变(GRS)、GLS、整体圆周应变(GCS)、LVtw, 并计算心肌综合指数 MCI=LVtw×GLS(单位: %×°), 图 1 为一典型患者三维图像。



注: A: T<sub>1</sub>; B: T<sub>2</sub>; C: T<sub>3</sub>

图 1 同一患者各化疗阶段左室心肌整体纵向应变的应变-时间曲线和牛眼图

1.4 统计学处理 使用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。受检者的年龄、HR、IVSd、LVPWd、LVIDd、EDV、ESV、LVEF, 以及三维参数 GRS、GCS、GLS 和 MCI 等计量资料用( $\bar{x}\pm s$ )表示,对数据进行正态检验和方差分析,组间比较用单因素方差分析,两两比较用独立样本  $t$  检验。制作 MCI 及各三维应变参数的受试者工作特征(ROC)曲线,获得曲线下面积(AUC)及诊断截断值,分析评价心肌损害的最准确、最敏感的指标,并评估其在检测 NSCLC 化疗患者隐匿性心肌毒性中的价值。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 各组非应变参数比较 对照组与化疗组不同时期年龄、HR、LVIDd、IVSd、LVPWd、EDV、ESV 比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1。

2.2 各组左心室 3D-STI 参数及心脏综合指数比较  $T_1$  时化疗组应变参数 GRS、GCS、GLS、LVtw 及 MCI

结果与对照组比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ); $T_2$  时化疗组 GRS、GCS 结果与  $T_1$  时及对照组比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),MCI、LVtw、GLS 结果低于  $T_1$  时及对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ );化疗组  $T_3$  时 GRS、GCS、GLS、LVtw 及 MCI 结果均低于  $T_1$  时及对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 2。

2.3 左室应变参数、MCI 评估 GP 化疗对 NSCLC 患者隐匿性心脏毒性的价值 GLS、GRS、GCS、LVtw 及 MCI 的 ROC 曲线见图 2,其中 MCI、LVtw 及 GLS 的 AUC 均  $>0.7$ 。取 Youden index 最大时所对应的参数为各自截断值。MCI 以 -240.50 为截断值时,诊断 GP 化疗方案对 NSCLC 患者左室心肌的隐匿性毒性的灵敏度为 91.30%,特异度为 72.13%;GLS 的截断值为 -19.50,特异度为 81.77%,灵敏度为 52.17%;LVtw 的截断值为 13.15,灵敏度为 69.57%,特异度为 68.03%,见表 3。

表 1 各组非应变参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

项目	对照组( $n=30$ )	化疗组( $n=46$ )			F	P
		$T_1$	$T_2$	$T_3$		
年龄(岁)	58.33±10.22	60.53±7.96	60.53±7.96	60.53±7.96	0.57	0.64
LVIDd(mm)	44.30±2.91	44.76±2.66	43.70±2.89	44.52±2.59	1.27	0.29
IVSd(mm)	8.47±1.22	8.26±1.16	8.30±1.30	8.67±1.14	1.10	0.35
LVPWd(mm)	8.37±1.25	8.39±1.31	8.17±1.18	8.39±1.36	0.31	0.82
LVEF(%)	68.00±4.96	68.65±4.71	67.87±5.29	67.52±4.45	0.45	0.72
HR(BPM)	69.13±3.53	71.09±7.28	69.61±6.78	70.59±6.64	0.75	0.52
EDV(ml)	89.80±11.89	86.54±10.42	88.59±12.79	90.91±12.13	1.12	0.34
ESV(ml)	32.07±8.86	29.93±8.36	32.11±9.29	32.63±9.09	0.82	0.49

表 2 各组左心室 3D-STI 参数及心脏综合指数比较( $\bar{x}\pm s$ )

项目	对照组( $n=30$ )	化疗组( $n=46$ )		
		$T_1$	$T_2$	$T_3$
GRS(%)	43.93±3.68	44.11±3.45	43.52±3.18	41.43±3.40 <sup>#</sup>
GCS(%)	-19.10±2.34	-19.04±2.41	-18.35±2.47	-17.43±2.67 <sup>#</sup>
GLS(%)	-19.43±2.24	-19.66±2.06	-18.33±2.07 <sup>*</sup>	-16.26±2.11 <sup>#</sup>
LVtw(°)	14.03±2.17	13.92±1.47	12.72±1.47 <sup>*</sup>	11.23±1.32 <sup>#</sup>
MCI(%×°)	-269.53±37.60	-269.96±30.54	-216.38±27.66 <sup>*</sup>	-178.80±33.89 <sup>#</sup>

注:与  $T_1$  时比较 <sup>\*</sup> $P<0.05$ ;与  $T_2$  时比较 <sup>#</sup> $P<0.05$

表 3 3D-STI 各应变参数及 MCI 的 ROC 分析结果

项目	AUC	标准误	P	95%CI	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	Youden index
GRS	0.606	0.049	0.034	0.510-0.702	45.50	39.13	77.87	0.167
GLS	0.722	0.044	0.000	0.640-0.805	-19.50	52.17	81.77	0.341
GCS	0.585	0.048	0.090	0.491-0.679	-16.50	84.78	28.69	0.135
LVtw	0.740	0.039	0.000	0.662-0.817	13.15	69.57	68.03	0.376
MCI	0.836	0.030	0.000	0.777-0.895	-240.50	91.30	72.13	0.634

## 3 讨论

吉西他滨是一种嘧啶类抗代谢物抗癌药,顺铂是一种具有细胞毒性和广谱抗癌作用的金属铂的络合物。GP 方案中的这两种抗癌药均不是特异性杀死

肿瘤细胞的靶向治疗药物,因此在杀伤肿瘤细胞的同时也使得机体正常细胞严重受损。其中心肌细胞受损<sup>[5,6]</sup>是其中较为常见的一种。可表现为心律失常、心动过缓、心功能不全、充血性心力衰竭等<sup>[7,8]</sup>。

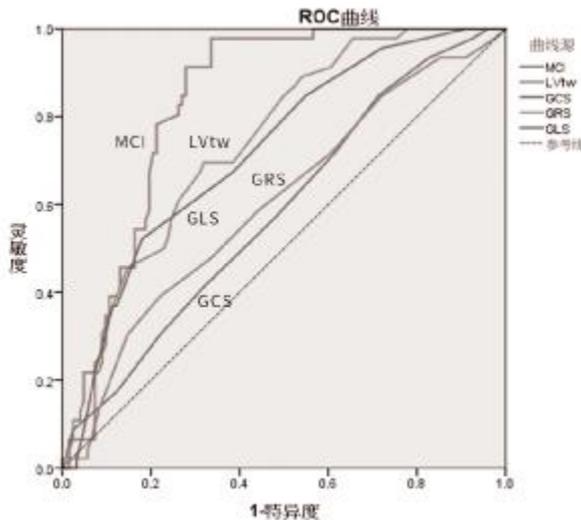


图2 3D-STI 应变参数及 MCI 的受试者工作特征曲线

目前临床上常用来检测心脏损害的手段有心电图、常规超声心动图、脑钠肽和心肌酶学标记物等。但化疗导致的早期心脏受损常较为隐匿或呈亚临床状态,常规检查手段难以发现。

斑点追踪成像是近年来研究心脏功能的重要方法,解欣欣等用二维斑点追踪对心功能不全患者进行了研究<sup>[9]</sup>。3D-STI 技术克服了二维斑点追踪成像“跨平面失追踪”的缺点,不受心肌运动方向的限制。通过识别三维立体空间中的心内膜和心外膜回声斑点信号,来自动追踪心肌组织的轨迹。对节段性心肌应变进行多方位分析,能够更加准确地描述心室壁的运动。对检测化疗药物导致的心肌损害有很大优势<sup>[10]</sup>。

本研究发现,随着化疗的进展,左心室 GLS 呈逐渐降低的趋势,其在第 3 个化疗周期结束后就已发生变化。Lima MSM 等<sup>[11]</sup>研究发现,左心室的 GLS 与左室射血分数具有高度相关性,尤其是在左心室收缩期损伤的情况下。Potter E 等<sup>[12]</sup>指出 GLS 对左心室功能不全比 LVEF 更敏感,并提出以 GLS 作为监测与化学疗法相关的无症状性心脏毒性。

左心室扭转角度是指心尖相对心底部围绕心脏长轴的旋转角度。从心尖部向心底部方向观察,当心脏收缩时,心底部心肌顺时针方向旋转,而心尖部心肌逆时针方向旋转。两者运动相结合导致心室腔缩小,完成左室心肌泵血。在各种因素如心肌缺血、心肌坏死等影响下,使得局部心肌运动失调,从而导致相对应的节段心肌扭转发生改变。应用 3D-STI 技术可准确追踪该处局部心肌运动轨迹的变化。本研究结果表明, $T_3$  时与  $T_1$  时相比较, $T_2$  时与  $T_1$  时相比较,LVtw 均降低,差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。Pokharel P 等<sup>[13]</sup>指研究出左室扭转运动的评估可能是心脏功能障碍的潜在敏感标志物。

心脏的收缩是通过心肌纤维的缩短与心肌扭转

运动来实现的。因此本文将左室整体纵向应变和左心室扭转角度结合,形成的新指标 MCI 纳入研究,以期更准确的评估心肌功能的变化。本研究结果显示,利用 3D-STI 技术检测化疗对 NSCLC 患者 MCI 的影响,完成 6 个化疗周期时较对照组及化疗前基础状态时,其 MCI 值均降低,差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。同时 ROC 曲线显示 MCI 的曲线下面积最大,当以 -240.50 为截断值时,诊断化疗对 NSCLC 患者左室心肌隐匿性毒性的灵敏度为 91.30%,特异度为 72.13%。本研究中 NSCLC 患者 MCI 降低的可能原因有:①化疗药物通过损伤心肌细胞内的线粒体 DNA,心肌细胞供能不足,导致心肌运动幅度及变形降低;②药物通过产生大量氧自由基、炎性因子及趋化因子损伤心肌细胞,导致心功能受损。Mornos C 等<sup>[14]</sup>利用 MCI 评估蒽环类抗生素对心肌毒性的影响,发现随着化疗的进展,MCI 同样出现了有统计学意义的降低,也证明了此参数的可靠性。

本研究中, $T_3$  时化疗组的应变参数 GRS、GCS 低于  $T_1$  时,且其 ROC 曲线下面积均  $<0.7$ ,分别为 0.606 和 0.585。考虑其原因可能是:GLS 代表了纵向走形的心肌纤维的整体运动,而 GCS 反映了环形心肌的运动,GRS 反映的是整体径向运动。心肌纤维的构成主要以纵向走形纤维为主,环形和螺旋形纤维相对占比较小。

本研究还发现,当各三维应变参数发生显著性变化时,LVEF 没有发生统计学意义上的降低,其可能原因是心内膜下心肌的微血管更多,血液供应更丰富,化疗药物首先损伤的是心内膜下心肌。随着化疗疗程的进展,心脏功能首先出现舒张功能的降低,其次才出现舒张功能和收缩功能的降低。

本研究存在一定的局限性,仅明确了 GP 化疗方案对 NSCLC 患者心肌毒性,尚未研究此方案对其他疾病的心肌毒性,这一方向有待笔者进一步探索和研究。另外,本研究样本量较少,随访时间较短,划分时间段不够精细,仅研究了化疗前、化疗 3 周期、化疗 6 周期的 STI 改变,未随访每次化疗后心肌发生的改变。3D-STI 需要准确描记心内膜及心外膜曲线,对操作者的要求较高。另外,图像分辨率以及帧频都较低,这对心内膜及心外膜的追踪准确度有一定影响。肺气肿、肥胖患者以及呼吸运动、心律不齐等也会影响图像质量,导致图像重组拼接错误。

综上所述,三维应变参数结合 MCI 能够更准确地评估左室心肌功能的变化,对化疗引起的隐匿性心脏毒性的早期诊断具有独特优势。MCI 灵敏度及特异度均较高,采用 3D-STI 技术获得心脏综合指数,可早期检测出 GP 化疗方案对 NSCLC 患者的隐匿性心脏毒性损害,具有较高的临床参考价值。

## 参考文献:

- [1]张潇,任天舒,党大胜,等.不同化疗方案治疗晚期非小细胞肺癌临床分析及药物经济学评价 [J]. 临床军医杂志,2017,45(7):701-705.
- [2]许美娟,林华铭,叶建文,等.静脉化疗药物不良反应病例分析与防治监测[J]. 中国医药导报,2016,13(20):145-148.
- [3]Velasco O,Beckett MQ,James AW,et al.Real-Time Three-Dimensional Echocardiography: Characterization of Cardiac Anatomy and Function-Current Clinical Applications and Literature Review Update[J].Biores Open Access,2017,6(1):15-18.
- [4]Muraru D,Niero A,Rodriguez-Zanella H,et al.Three-dimensional speckle-tracking echocardiography:benefits and limitations of integrating myocardial mechanics with three-dimensional imaging[J].Cardiovasc Diagn Ther,2018,8(1):101-117.
- [5]崔亚萌,齐新,魏立萍,等.顺铂心脏毒性的研究进展[J].现代药物与临床,2017,32(2):351-355.
- [6]云俊杰,王健,陈元美,等.吉西他滨联合顺铂化疗方案心肌毒性研究[J].中国医学装备,2014,11(A2):148-149.
- [7]Alam S,Ilo C,Ma YT,et al.Gemcitabine-Induced Cardiotoxicity in Patients Receiving Adjuvant Chemotherapy for Pancreatic Cancer: A Case Series[J].Case Rep Oncol,2018,11(1):221-227.
- [8]Mohebbali D,Matos J,Chang JD.Gemcitabine induced cardiomyopathy:a case of multiple hit cardiotoxicity [J].ESC Heart Fail,2017,4(1):71-74.
- [9]谢欣欣,郑慧,张婧姝,等.斑点追踪成像技术对心功能不全患者心肌应变及收缩不同步性的评价[J].安徽医科大学学报,2013,48(2):199-203.
- [10]Xu TY,Sun JP,Lee AP,et al.Three-dimensional speckle strain echocardiography is more accurate and efficient than 2D strain in the evaluation of left ventricular function[J].Int J Cardiol,2014,176(2):360-366.
- [11]Lima MSM,Villarraga HR,Abduchm MCD,et al.Global Longitudinal Strain or Left Ventricular Twist and Torsion? Which Correlates Best with Ejection Fraction?[J].Arq Bras Cardiol,2017,109(1):23-29.
- [12]Potter E,Marwick TH.Assessment of Left Ventricular Function by Echocardiography:The Case for Routinely Adding Global Longitudinal Strain to Ejection Fraction [J].JACC Cardiovasc Imaging,2018,11(2Pt1):260-274.
- [13]Pokharel P,Yoon AJ,Bella JN.Noninvasive measurement and clinical relevance of myocardial twist and torsion [J].Expert Rev Cardiovasc Ther,2014,12(11):1305-1315.
- [14]Mornos C,Petrescu L.Early detection of anthracycline-mediated cardiotoxicity:the value of considering both global longitudinal left ventricular strain and twist [J].Can J Physiol Pharmacol,2013,91(8):601-607.

收稿日期:2019-1-9;修回日期:2019-1-19  
编辑/成森