

二维斑点追踪分层应变参数联合峰值应变离散度评估 左心衰竭患者左心室功能的临床价值

李金¹, 刘韦华¹, 薛芬²

摘要 目的 探讨二维斑点追踪分层应变参数联合峰值应变离散度(PSD)评估左心衰竭患者左心室功能的临床价值。方法 选取我院收治的123例左心衰竭患者,其中纽约心脏病学会(NYHA)分级Ⅱ级58例(Ⅱ级组),Ⅲ级65例(Ⅲ级组),另选同期年龄、性别与之匹配的健康体检者52例为对照组,应用常规超声心动图获取左心室舒张末期容积(LVEDV)、左心室收缩末期容积(LVESV)、左心室后壁厚度(LVPWT)、左心室射血分数(LVEF)及二尖瓣口舒张早、晚期峰值血流速度比值(E/A);二维斑点追踪分层应变技术获取左心室心内膜下、中层、心外膜下心肌整体纵向应变(GLSendo、GLSmid、GLSepi)及PSD;血清学检测获取B型钠尿肽(BNP),比较各组上述参数的差异。分析GLSendo、GLSmid、GLSepi、PSD与BNP的相关性。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数单独及联合应用评估左心衰竭患者左心室功能受损程度的诊断效能。结果 与对照组比较,Ⅱ级组和Ⅲ级组LVEDV、LVESV均增大,LVPWT、LVEF、E/A均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);Ⅱ级组与Ⅲ级组LVEDV、LVESV、LVPWT、LVEF、E/A比较差异均无统计学意义。与对照组比较,Ⅱ级组和Ⅲ级组GLSendo、GLSmid、GLSepi均减小,PSD及BNP均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与Ⅱ级组比较,Ⅲ级组GLSendo、GLSmid、GLSepi均减小,PSD及BNP均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。相关性分析显示,GLSendo、GLSmid、GLSepi与BNP均呈负相关($r=-0.392$ 、 -0.331 、 -0.188 ,均 $P<0.05$),PSD与BNP呈正相关($r=0.286$, $P<0.05$)。ROC曲线分析显示,GLSendo、GLSmid、GLSepi、PSD单独及联合应用评估左心衰竭患者左心室功能受损程度的曲线下面积分别为0.847、0.822、0.874、0.924及0.994,以联合应用的AUC最高。结论 二维斑点追踪分层应变参数及PSD均可用于评估左心衰竭患者左心室功能受损程度,且与心力衰竭标志物BNP相关,二者联合应用的诊断价值更高。

关键词 超声心动描记术;斑点追踪技术,二维;分层应变参数;峰值应变离散度;左心衰竭;心室功能,左;B型钠尿肽

[中图分类号]R540.45;541.6

[文献标识码]A

Clinical value of two-dimensional speckle tracking layered strain parameters combined with peak strain dispersion in evaluating left ventricular function in patients with left heart failure

LI Jin¹, LIU Weihua¹, XUE Fen²

1.Department of Ultrasound, Xi'an Third Hospital, Xi'an 710000, China. 2.Department of Ultrasound, Xi'an Daxing Hospital, Xi'an 710016, China

ABSTRACT Objective To explore the clinical value of two-dimensional speckle tracking layered strain parameters combined with peak strain dispersion(PSD) in evaluating left ventricular function in patients with left heart failure. **Methods** A total of 123 patients with left heart failure from our hospital were enrolled, including 58 cases of New York Heart Association (NYHA) grade II (class II group) and 65 cases of grade III (class III group). Additionally, 52 age- and gender-matched healthy subjects were selected as the control group. Conventional echocardiography was used to obtain left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), left ventricular end-systolic volume (LVESV), left ventricular posterior wall thickness (LVPWT), left ventricular ejection fraction (LVEF), and mitral valve early-to-late diastolic peak velocity ratio (E/A). Two-dimensional

speckle tracking layered strain was used to obtain global longitudinal strain of the left ventricular endocardial, mid-myocardial, epicardial layers (GLSendo, GLSmid, GLSepi) and peak strain dispersion (PSD). B-type natriuretic peptide (BNP) was measured by serological assays. The differences in above parameters among each group were compared. The correlation between GLSendo, GLSmid, GLSepi, PSD and BNP were analyzed. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of parameters used alone and in combination in evaluating the degree of left ventricular function impairment in patients with left heart failure. **Results** Compared with the control group, LVEDV and LVESV were increased in both grade II and III groups, while LVPWT, LVEF, and E/A were decreased, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). There were no statistically significant differences in LVEDV, LVESV, LVPWT, LVEF, and E/A between the grade II group and the grade III group. Compared with the control group, GLSendo, GLSmid, and GLSepi were decreased in both grade II and III groups, while PSD and BNP were increased, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Compared with the grade II group, GLSendo, GLSmid, and GLSepi were decreased in grade III group, while PSD and BNP were increased, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Correlation analysis showed that GLSendo, GLSmid, GLSepi were negatively correlated with BNP ($r = -0.392, -0.331, -0.188$, all $P < 0.05$), while PSD was positively correlated with BNP ($r = 0.286, P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the areas under the curve of GLSendo, GLSmid, GLSepi, PSD used alone and in combination in evaluating the degree of left ventricular function impairment in patients with left heart failure were 0.847, 0.822, 0.874, 0.924 and 0.994, respectively. The area under the curve for the combined application was the largest. **Conclusion** Two-dimensional speckle tracking layered strain parameters and PSD can effectively evaluate the degree of left ventricular function impairment in patients with left heart failure, and both are related to the heart failure marker BNP. The combined application of the two has higher value clinical.

KEY WORDS Echocardiography; Speckle tracking imaging, two-dimensional; Layered strain parameters; Peak strain dispersion; Left heart failure; Ventricular function, left; B-type natriuretic peptide

左心衰竭是心力衰竭(以下简称心衰)的主要临床表型,其病理本质为左心室结构重构及功能障碍引发的血流动力学失衡,具体表现为收缩期射血能力下降和/或舒张期充盈受限,导致心输出量无法满足机体代谢需求^[1]。左心衰竭患者病情进展迅速且预后不良,早期精准评估左心室功能对优化容量管理、调整神经内分泌抑制剂剂量及改善预后至关重要^[2]。目前临床常规采用左心室射血分数(LVEF)和二尖瓣口舒张早、晚期峰值血流速度比值(E/A)分别评估左心室收缩及舒张功能,但上述参数依赖几何模型假设,无法直接量化心肌纤维形变能力,评估亚临床心功能异常的灵敏度低^[3]。二维斑点追踪分层应变技术通过检测心肌应变可突破此局限,该参数定义为心肌组织在收缩期相对于舒张末期的形变百分比,可无创反映心肌局部至整体的力学特性^[4]。值得注意的是,左心室心肌由心内膜下(纵向斜形走行)、中层(环状走行)及心外膜下(纵向斜形走行)3层异质性肌纤维构成,其分层应变参数即心内膜下、中层、心外膜下心肌整体纵向应变(GLSendo、GLSmid、GLSepi)较整体应变参数能更精准地识别心肌受累的深度及范围^[5]。此外,峰值应变离散度(PSD)通过计算左心室18节段纵向应变达峰时间的标准差,可定量评估左心室心肌收缩同步

性,为心电-机械耦联异常提供影像学依据^[6]。然而,目前关于二维斑点追踪分层应变参数联合PSD评估左心衰竭患者左室功能的研究较少,且二者与心力衰竭生物标志物B型钠尿肽(BNP)的关联尚未明确。基于此,本研究选取纽约心脏病学会(NYHA)II、III级左心衰竭患者及健康体检者为研究对象,旨在探讨二维斑点追踪分层应变参数联合PSD评估左心室功能的临床价值,以期左心衰竭的早期诊断及分层管理提供影像学依据。

资料与方法

一、研究对象

选取2023年5月至2024年4月我院收治的123例左心衰竭患者,其中NYHA II级者58例(II级组),男33例,女25例,年龄38~59岁,平均(47.79±11.33)岁,体质指数(BMI)18.23~26.65 kg/m²,平均(23.55±3.66)kg/m²; NYHA III级者65例(III级组),男38例,女27例,年龄39~58岁,平均(46.62±12.25)岁, BMI 19.56~27.79 kg/m²,平均(24.14±3.15)kg/m²。纳入标准:①左心衰竭诊断参考第8版《内科学》^[5];②患者伴有不同程度呼吸困难、咳嗽及咳痰等,NYHA分级为II~III级;③临床及超声资料均完整。排除标准:伴有先天性心脏畸形、肾脏

疾病及急性感染者、严重心律失常及心脏手术史。另选同期年龄、性别与之匹配的健康体检者52例为对照组,男30例,22例,年龄41~60岁,平均(48.83±11.86)岁, BMI 20.14~26.53 kg/m²,平均(23.86±3.47)kg/m²。各组一般资料比较差异均无统计学意义。本研究经我院医学伦理委员会批准,为回顾性研究故免除受试者知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声心动图检查:使用GE Vivid E95彩色多普勒超声诊断仪, M5Sc相控阵探头,频率3.5~5.0 MHz;配有EchoPAC 204工作站。受检者取左侧卧位,同步连接心电图,嘱其平静呼吸,常规超声心动图依次探查左右心室长轴、心底短轴及心尖两腔心、三腔心、四腔心切面等,测量左心室舒张末期容积(LVEDV)、左心室收缩末期容积(LVESV)、左心室后壁厚度(LVPWT)、LVEF及E/A。留存心尖两腔心、三腔心及四腔心切面连续4个心动周期的全容积声像图,将其导入EchoPAC 204工作站,软件自动识别各个切面的心肌,手动调节左心室心内膜、心外膜边界,使其与实际心肌区完全吻合,启动软件后自动获得GLSendo、GLSmid、GLSepi、PSD及相应牛眼图。所有参数均重复测量3次取平均值。

2. 血清学检测:采集空腹静脉血5 ml,采用罗氏Cobas e411全自动电化学发光免疫分析仪检测BNP。

三、统计学处理

应用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用单因素方差分析,两两比

较采用LSD检验。相关性分析采用Pearson相关分析法。采用Logistic回归分析构建多参数联合应用的方程式;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数单独及联合应用评估左心衰竭患者左心室功能受损程度的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组常规超声心动图参数比较

与对照组比较, II级组和III级组LVEDV、LVESV均增大, LVPWT、LVEF、E/A均减小, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$); II级组与III级组LVEDV、LVESV、LVPWT、LVEF、E/A比较差异均无统计学意义。见表1。

二、各组二维斑点追踪分层应变参数、PSD及BNP比较

与对照组比较, II级组和III级组GLSendo、GLSmid、GLSepi均减小, PSD及BNP均增大, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与II级组比较, III级组GLSendo、GLSmid、GLSepi均减小, PSD及BNP均增大, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表1和图1, 2。

三、相关性分析

相关性分析显示, GLSendo、GLSmid、GLSepi与BNP均呈负相关($r = -0.392, -0.331, -0.188$, 均 $P < 0.05$), PSD与BNP呈正相关($r = 0.286, P < 0.05$)。

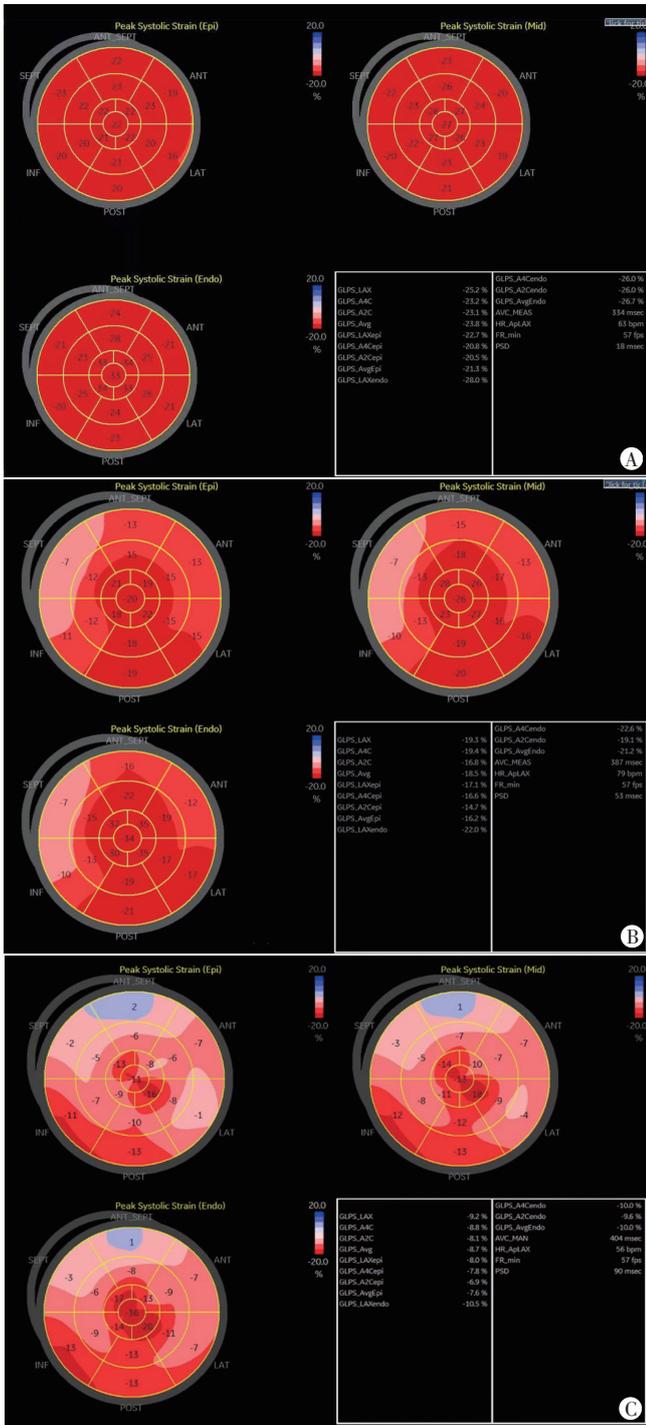
四、ROC曲线分析

将上述差异有统计学意义的参数纳入Logistic回归分析, 得到二维斑点追踪分层应变参数联合PSD的

表1 各组常规超声心动图参数、二维斑点追踪分层应变参数、PSD及BNP比较($\bar{x} \pm s$)

组别	常规超声心动图参数				
	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	LVPWT(mm)	LVEF(%)	E/A
III级组(65)	102.97±22.34*	41.72±9.92*	7.76±1.47*	46.97±5.24*	0.83±0.21*
II级组(58)	98.87±19.36*	39.11±8.35*	8.11±1.14*	48.55±5.91*	0.88±0.25*
对照组(52)	82.88±13.36	28.81±7.41	9.58±1.52	57.45±6.36	1.21±0.36
F值	17.314	34.171	24.049	52.392	31.236
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
组别	二维斑点追踪分层应变参数			PSD(ms)	BNP(pg/ml)
	GLSendo(%)	GLSmid(%)	GLSepi(%)		
III级组(65)	-15.54±2.15**	-13.11±1.91**	-11.86±1.56**	76.38±14.78**	311.57±43.74**
II级组(58)	-18.57±2.19*	-16.22±2.89*	-14.10±1.26*	48.77±10.92*	258.61±44.20*
对照组(52)	-25.19±6.61	-22.11±5.83	-19.19±5.14	23.89±5.36	75.59±22.46
F值	84.590	83.456	96.144	210.490	156.670
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

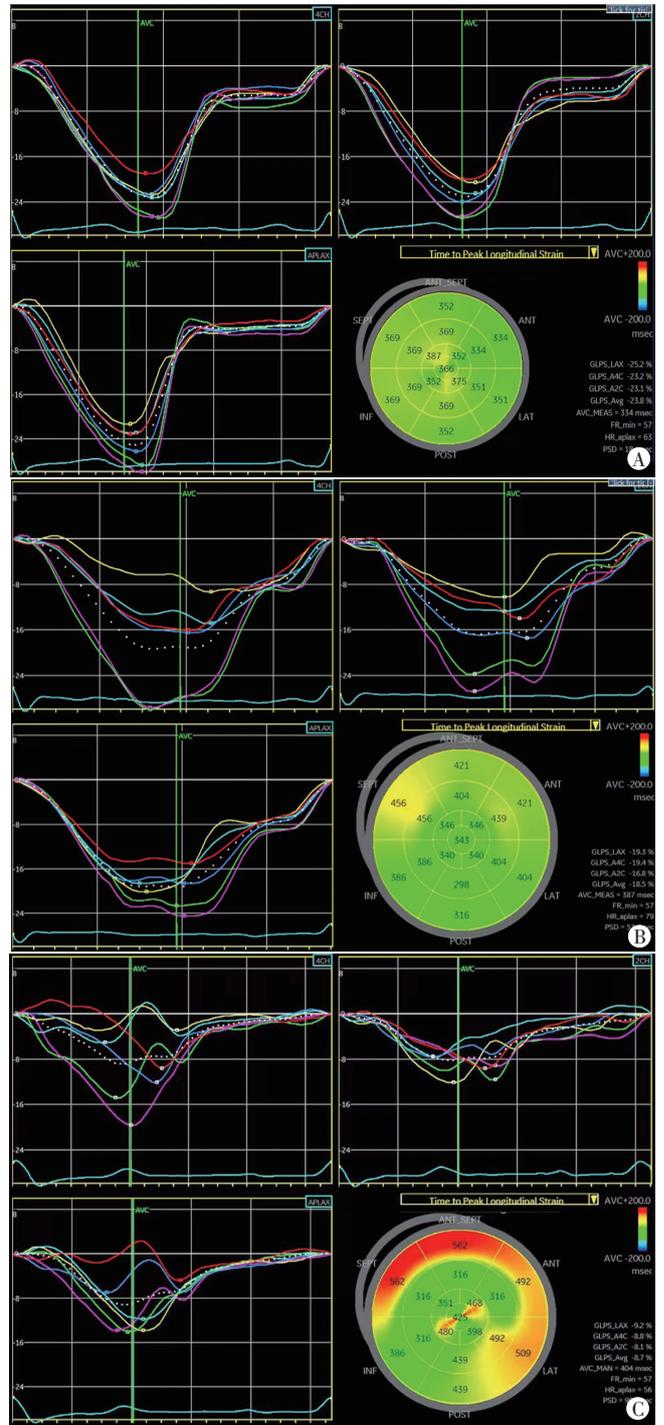
与对照组比较, * $P < 0.05$; 与II级组比较, ** $P < 0.05$ 。LVEDV:左心室舒张末期容积;LVESV:左心室收缩末期容积;LVPWT:左心室后壁厚度;LVEF:左心室射血分数;E/A:二尖瓣口舒张早、晚期峰值血流速度比值;GLSendo、GLSmid、GLSepi:分别为左心室心内膜下、中层、心外膜下心肌整体纵向应变;PSD:峰值应变离散度;BNP:B型钠尿酸



A: 对照组一健康体检者(男,52岁)牛眼图颜色呈均匀红色,GLSendo为-26.7%,GLSmid为-23.8%,GLSepi为-21.3%;B: II级组一患者(女,50岁)牛眼图颜色呈不均匀红色,GLSendo为-21.2%,GLSmid为-18.5%,GLSepi为-16.2%;C: III级组一患者(男,56岁)牛眼图颜色呈淡粉色,部分显示为蓝色,GLSendo为-10.0%,GLSmid为-8.7%,GLSepi为-7.6%

图1 各组左心室18节段心肌分层纵向应变牛眼图

方程式为: $\text{Logit}(P) = 83.948 + 40.764 \times \text{GLSendo} + 36.403 \times \text{GLSmid} + 47.154 \times \text{GLSepi} + 43.799 \times \text{PSD}$ 。ROC曲线分析显示, GLSendo、GLSmid、GLSepi、PSD单独及联合应用



A: 对照组一健康体检者(女,48岁),应变曲线整齐,方向和幅度一致,离散度小,PSD为18 ms;B: II级组一患者(男,51岁),应变曲线较杂乱,方向基本一致,幅度不一致,离散度较大,PSD为53 ms;C: III级组一患者(男,53岁),应变曲线杂乱,方向和幅度均不一致,离散度大,PSD为90 ms

图2 各组左心室整体纵向峰值收缩应变曲线及达峰时间牛眼图

评估左心衰竭患者左心室功能受损程度的曲线下面积分别为0.847、0.822、0.874、0.924及0.994,以联合应用的AUC最高。见表2和图3。

表2 各参数单独及联合应用评估左心衰竭患者左心室功能受损程度的ROC曲线分析

方法	AUC	标准误	P值	AUC的95%可信区间	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)
GLSendo	0.847	0.035	<0.001	0.779~0.916	15.875%	93.12	64.63
GLSmid	0.822	0.040	<0.001	0.744~0.899	14.175%	79.34	76.95
GLSepi	0.874	0.031	<0.001	0.813~0.934	13.315%	75.93	86.24
PSD	0.924	0.024	<0.001	0.878~0.971	63.185 ms	83.14	96.11
联合应用	0.994	0.004	<0.001	0.987~0.998	-	84.82	96.91

AUC:曲线下面积

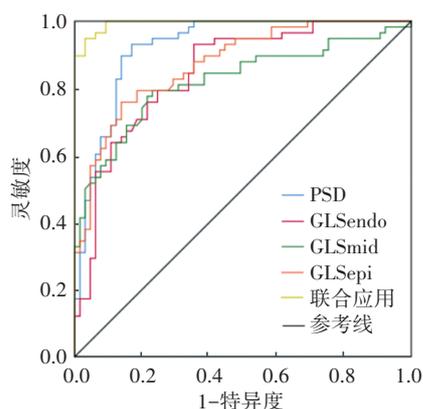


图3 各参数单独及联合应用评估左心衰竭患者左心室功能受损程度的ROC曲线图

讨论

左心衰竭是临床最为常见的心衰类型,其病理特征表现为肺循环淤血伴心输出量降低,典型症状包括劳力性呼吸困难、夜间阵发性呼吸困难和运动耐量下降,精准评估左心室收缩及舒张功能对指导阶梯化治疗及预后管理具有关键作用。常规超声心动图是评估心功能的有效手段,可准确判断各心腔大小变化及结构变化,通过测量LVEF及E/A等评估左心室收缩及舒张功能,但其基于几何假设的容积测量法,对局部室壁运动异常的诊断灵敏度不足(尤其当LVEF>50%时),且无法量化心肌组织力学特征。二维斑点追踪分层应变技术通过追踪心肌声学斑点运动,可精准测量心肌分层应变及PSD等参数,实现了从心肌微观力学到收缩协调性的多维度评估^[6-7]。本研究旨在探讨二维斑点追踪分层应变参数联合PSD评估左心衰竭患者左心室功能的临床价值。

本研究采用常规超声心动图参数评估不同严重程度左心衰竭患者心功能变化,结果显示,与对照组比较,Ⅱ级组和Ⅲ级组LVEDV、LVESV均增大,LVPWT、LVEF、E/A均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);Ⅱ级组与Ⅲ级组上述常规超声心动图参数比较差异均无统计学意义。表明常规超声心动图在鉴

别NYHA Ⅱ级与Ⅲ级患者时存在固有局限性,其中结构性参数(LVEDV、LVESV、LVPWT)受心肌代偿性肥厚影响,在疾病早期改变不显著;功能性参数(LVEF、E/A)通过血流动力学间接评估,难以检测局部室壁运动异常^[8]。相较而言,二维斑点追踪分层应变参数可直接量化心肌纤维缩短率,精准识别心内膜下(代偿能力最弱区域)的早期损伤^[9-10]。PSD作为机械同步性参数,则能敏感反映心肌电-机械耦联障碍^[11],当心功能恶化时,异位激动导致心肌收缩失同步,表现为PSD增大^[12]。本研究结果显示,与对照组比较,Ⅱ级组和Ⅲ级组GLSendo、GLSmid、GLSepi均减小,PSD增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与Ⅱ级组比较,Ⅲ级组GLSendo、GLSmid、GLSepi均减小,PSD增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。提示二维斑点追踪分层应变参数及同步性参数在评估左心衰竭患者左心室功能受损程度方面具有更高的价值。

BNP是临床评估心力衰竭的重要生物标志物,其作为心室壁在受到扩张和张力的负荷时合成的一种神经激素,主要反映左心室功能状态及心肌应力水平^[13]。本研究Ⅱ级组和Ⅲ级组BNP均较对照组增大,Ⅲ级组BNP较Ⅱ级组增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);且相关性分析显示,GLSendo、GLSmid、GLSepi与BNP均呈负相关,PSD与BNP呈正相关(均 $P<0.05$)。提示左心室心肌力学特征的层间异质性与心肌应力生物学标志存在密切关联。从病理生理机制分析,BNP的合成释放受心室壁张力调控,当左心室收缩/舒张功能受损导致室壁应力增加时,通过神经内分泌系统的代偿性激活促使BNP分泌增加以维持循环稳态^[14]。二维斑点追踪分层应变技术通过精准量化心内膜下、中层及心外膜下心肌纤维的纵向位移,可敏感捕捉早期心肌功能障碍:当心室功能减退时,各层心肌的纵向收缩效能同步下降,表现为GLSendo、GLSmid、GLSepi均降低^[15],这与心室壁应力增加引发的BNP水平升高形成反向关联。而PSD作为评估心肌收缩同步性的参数,在心室功能受损时因心肌-机械耦联异常导致各节段达峰时间离散度增加,表现为PSD增大^[16],与心室重构过程中室壁应力持续增加导致的BNP水平升高呈正向关联。

NYHA分级是评估心力衰竭患者心功能受损程度的常用方法。在临床实践中,NYHA Ⅱ级(轻度活动受限)与Ⅲ级(明显活动受限)患者的治疗策略存在显著差异,NYHA Ⅱ级患者治疗以血管紧张素转换酶抑制剂/血管紧张素受体阻滞剂联合利尿剂为主,旨在通过

神经内分泌调控和容量管理延缓心室重构;NYHA III级患者则需叠加洋地黄类正性肌力药物,并评估心脏再同步化治疗或植入型心律转复除颤器的应用指征^[17]。故精准区分这2个分级对优化阶梯化治疗至关重要。基于左心室心肌解剖异质性,本研究创新性整合分层应变与机械同步性参数构建诊断模型,ROC曲线分析显示,GLSendo、GLSmid、GLSepi、PSD单独应用评估左心衰竭患者左心室功能受损程度的曲线下面积分别为0.847、0.822、0.874、0.924,其中GLSendo和GLSepi的AUC高于GLSmid。当联合PSD构建多参数模型时,AUC提升至0.994,具有较高鉴别诊断效能。分析其作用机制:①GLSendo、GLSepi直接反映纵向肌纤维的收缩能力,而纵向收缩贡献左心室射血量的60%^[18],较中层环形肌主导的收缩更具功能代表性;②PSD量化左心室心肌18节段收缩达峰时间离散度,可捕捉因电传导异常导致的机械失同步,这种失同步在NYHA III级患者中尤为显著。将上述参数联合应用可整合局部收缩功能(分层应变参数)与整体协调性(PSD)2个维度,突破传统单一参数评估的局限性——前者可敏感识别代偿期微结构改变,后者可特异性地反映失代偿期电-机械耦联障碍^[19]。建议临床将二维斑点追踪分层应变参数联合PSD检测纳入左心衰竭动态评估流程,特别是在利尿剂反应不佳或拟行器械治疗前,可为治疗决策提供客观量化支持。

本研究的局限性:①样本量小,且为单中心研究;②未纳入NYHA I级(代偿期)和IV级(终末期)病例,限制了参数变化趋势的完整解析;③二维斑点追踪分层应变技术虽能准确评估平面应变,但无法量化心脏在三维空间的复杂运动(如心尖旋转运动、基底螺旋运动),检测结果有一定偏差。待后续开展多中心、大样本队列研究并结合三维斑点追踪技术进行验证。

综上所述,二维斑点追踪分层应变参数及PSD均可用于评估左心衰竭患者左心室功能受损程度,且与心力衰竭标志物BNP相关,二者联合应用的诊断价值更高。

参考文献

- [1] Sakata Y, Tsuji K, Nochioka K, et al. Transition of left ventricular ejection fraction in heart failure[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2018, 1067: 5-15.
- [2] Marwick TH, Shah SJ, Thomas JD. Myocardial strain in the assessment of patients with heart failure: a review[J]. *JAMA Cardiol*, 2019, 4(3): 287-294.
- [3] 朱静静,胡波,宋宏宁,等.二维斑点追踪成像技术评价非ST段抬高型心肌梗死患者左室心肌分层应变的临床价值[J]. *武汉大学学报(医学版)*, 2016, 37(2): 282-287.
- [4] 杨倩,张霞,马强,等.峰值应变离散度是评价糖尿病患者左室收缩功能变化的可靠性指标[J]. *分子影像学杂志*, 2023, 46(4): 643-647.
- [5] 葛均波,徐永健.内科学[M].8版.北京:人民卫生出版社, 2013:145.
- [6] Arenas IA, Podesta CA, Issa O, et al. Myocardial longitudinal strain, fitness, and heart failure risk factors in young adults[J]. *Echocardiography*, 2020, 37(3): 404-411.
- [7] Tanacli R, Hashemi D, Neye M, et al. Multilayer myocardial strain improves the diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction[J]. *ESC Heart Fail*, 2020, 7(5): 3240-3245.
- [8] 樊廷攀,梁仪,徐良洁,等.分层应变评价急性ST段抬高型心肌梗死患者PCI前后左心功能[J]. *中华心血管病杂志*, 2020, 48(11): 930-935.
- [9] 项越芬,虞瑞芬,袁焯烽.心肌分层应变评估肥厚型心肌病左心室早期收缩功能[J]. *心脑血管病防治*, 2021, 21(6): 584-587.
- [10] 姬后亮,雍永宏,周敏,等.心肌分层应变评估二叶式主动脉瓣畸形左室收缩功能的可行性研究[J]. *临床超声医学杂志*, 2020, 22(4): 254-257.
- [11] 刘家佳,张璐,张艳,等.斑点追踪分层应变技术评估急性冠状动脉综合征合并糖尿病患者左室心肌分层应变及其与甘油三酯葡萄糖指数的相关性[J]. *临床超声医学杂志*, 2023, 25(6): 423-429.
- [12] 张瑶,杨学平,王雪梅,等.峰值应变离散度评价肝硬化患者左心室收缩同步性[J]. *中国超声医学杂志*, 2020, 36(4): 339-342.
- [13] 苏虹,王文利,王东,等.冠心病患者血液hs-CRP, ET-1, NO, NT-ProBNP及D-D水平联合检测在评估左心衰竭并发肺动脉高压的临床价值[J]. *现代检验医学杂志*, 2021, 36(4): 147-151.
- [14] 刘卫永,张莉,杨帆. BNP、sTREM-1及Hey检测评估心力衰竭患者左心功能作用分析[J]. *分子诊断与治疗杂志*, 2023, 15(9): 1552-1555.
- [15] Hu J, Zheng Q, Ren W. Evaluation of left ventricular myocardial stratified strain in patients with Kawasaki disease using two-dimensional speckle tracking imaging[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 899945.
- [16] Miniczowski A, Guzik P, Sajkowska A, et al. Interrelationships between peak strain dispersion, myocardial work indices, isovolumetric relaxation and systolic-diastolic coupling in middle-aged healthy subjects[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(17): 5623.
- [17] Narasimhan B, Aravinthkumar R, Correa A, et al. Pharmacotherapeutic principles of fluid management in heart failure[J]. *Expert Opin Pharmacother*, 2021, 22(5): 595-610.
- [18] 辛开荣,周青,宋宏宁,等.分层应变技术评估急性冠状动脉综合征患者经皮冠状动脉介入治疗术后左室收缩功能[J]. *临床超声医学杂志*, 2018, 20(12): 802-806.
- [19] 熊倩,郑志伟,安亚平,等.峰值应变离散度评价心脏再同步化治疗后左室同步性及心功能变化[J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(9): 850-853.

(收稿日期:2024-08-06)