

本文引文格式:易珊珊,张霞,韦天军,等.斑点追踪成像技术在射血分数保留型的2型糖尿病肾病  
患者左室收缩功能评价中的应用[J].右江民族医学院学报,2023,45(1):122-127.

【论著与临床报道】

## 斑点追踪成像技术在射血分数保留型的2型糖尿病 肾病患者左室收缩功能评价中的应用

易珊珊,张霞,韦天军,朱向明

(皖南医学院附属弋矶山医院超声医学科,安徽 芜湖 241001)

**摘要:**目的 探讨二维斑点追踪成像(2D-STI)技术在射血分数保留型的2型糖尿病肾病患者左室收缩功能评价中的应用价值。**方法** 选取T2DM未合并肾病患者62例、DKD患者39例、对照组42例。获得各组的常规超声心动图参数,使用2D-STI得出左室心内膜下心肌纵向应变(LSendo)、中层心肌纵向应变(LSmid)、心外膜下心肌纵向应变(LSepi)、整体纵向应变(LV GLS)以及峰值应变离散度(PSD),比较各组参数的差异性,并分析LSendo、LSmid、LSepi、LV GLS与PSD的相关性。随机抽取15例患者进行观察者内和观察者间的重复性检验。**结果** 主要超声心动图参数比较结果显示,T2DM未合并肾病患者PSD值高于对照组( $P < 0.001$ ),而LSendo、LSmid、LSepi、LV GLS低于对照组( $P < 0.001$ );DKD组PSD高于对照组和T2DM未合并肾病患者( $P < 0.05$ ),LSendo、LSmid、LSepi、LV GLS低于对照组和T2DM未合并肾病患者( $P < 0.05$ )。相关性分析结果表明,LSendo、LSmid、LSepi、LV GLS均与PSD呈负相关(分别为 $r = -0.654, P < 0.05$ ;  $r = -0.667, P < 0.05$ ;  $r = -0.674, P < 0.05$ ;  $r = -0.672, P < 0.05$ )。随机选取的15例患者LSendo、LSmid、LSepi、LV GLS、PSD值在观察者内与观察者间表现出了较好的重复性。**结论** 二维斑点追踪成像技术可早期识别糖尿病或糖尿病合并有肾功能不全患者在左室射血分数降低之前心肌收缩功能的损伤,为临床决策和药物治疗提供重要依据,具有良好的应用前景。

**关键词:**糖尿病,2型;糖尿病肾病;斑点追踪成像技术;左室收缩功能

中图分类号:R587.24;R445

文献标识码:A

文章编号:1001-5817(2023)01-0122-06

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2023.01.021

### Application of speckle tracking imaging in evaluation of left ventricular systolic function in patients with ejection fraction preserving type 2 diabetic nephropathy

Yi Shanshan, Zhang Xia, Wei Tianjun, Zhu Xiangming

(Department of Ultrasound Medicine, Yijishan Hospital Affiliated to  
Wanman Medical College, Wuhu 241001, Anhui, China)

**Abstract:** **Objective** To explore the application value of two-dimensional speckle tracking imaging (2D-STI) technology in the evaluation of left ventricular systolic function in patients with ejection fraction preserving type 2 diabetic nephropathy. **Methods** This study selected 62 patients with T2DM but no nephropathy (T2DM combined without nephropathy group), 39 patients with DKD (T2DM group), and 42 patients as the control group. Conventional echocardiographic parameters were obtained, and 2D-STI was used to derive the

基金项目:安徽省中央引导地方科技发展专项项目(2017070802D152)

第一作者简介:易珊珊(1994-),女,在读硕士研究生,研究方向:超声医学,E-mail:1004018575@qq.com

通讯作者简介:朱向明(1964-),男,医学博士,主任医师,教授,博士研究生导师,研究方向:心血管超声与医学影像信息管理,E-mail:zhuxmwuhu@163.com

longitudinal strainendo (LSendo), longitudinal strain mid(LSmid), longitudinal strain epi (LSepi), left ventricular global longitudinal strain (LV GLS), and peak strain dispersion (PSD). The differences of parameters among groups were compared, and the correlation between LSendo, LSmid, LSepi, LV GLS and PSD were analyzed. Fifteen patients were randomly selected for both intra-observer and inter-observer repeatability tests.

**Results** The comparison of main echocardiographic parameters showed that the PSD value of T2DM combined without nephropathy group was higher than that of the control group ( $P < 0.001$ ), while the LSendo, LSmid, LSepi and LV GLS were lower than those of the control group ( $P < 0.001$ ). PSD in DKD group was higher than that in the control group and T2DM combined without nephropathy group ( $P < 0.05$ ); and LSendo, LSmid, LSepi and LV GLS in DKD group were lower than those in the control group and T2DM combined without nephropathy group ( $P < 0.05$ ). Correlation analysis showed that LSendo, LSmid, LSepi and LV GLS were negatively correlated with PSD ( $r = -0.654, P < 0.05$ ;  $r = -0.667, P < 0.05$ ;  $r = -0.674, P < 0.05$ ;  $r = -0.672, P < 0.05$ ). The values of LSendo, LSmid, LSepi, LV GLS and PSD in 15 randomly selected patients showed good intra- and inter-observer reproducibility. **Conclusion** Two-dimensional speckle tracking imaging can early identify myocardial systolic function impairment in patients with diabetes or diabetes with renal insufficiency prior to left ventricular ejection fraction decrease. It provides important basis for clinical decision and drug therapy and has good application prospect.

**Key words:** diabetes mellitus, type 2; diabetic kidney disease; speckle tracking imaging; left ventricular systolic function

糖尿病是以血糖升高为特征的慢性代谢性疾病,从 2015 年至 2017 年,我国糖尿病患病率达到了 11.2%,其中 2 型糖尿病(diabetes mellitus type 2, T2DM)患者占比达到 90%以上<sup>[1]</sup>。糖尿病微血管受累最常见的表现是糖尿病肾病(diabetic kidney disease, DKD),也是导致终末期肾脏病形成的最主要病因<sup>[2]</sup>。DKD 患者因糖代谢异常、胰岛素抵抗、血管内皮损伤、体内中毒素积累等原因导致心血管疾病发生率较高<sup>[3]</sup>。在临床上表示心脏收缩功能最常用的指标是左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF),但在很多疾病的早期,心肌损伤处于亚临床状态,不易被识别,LVEF 常常在正常范围<sup>[4-5]</sup>。因此亟待一种检查方法能早期发现 DKD 引起的心肌损伤,给临床以决策支持。二维斑点追踪成像(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)技术无角度依赖、重复性高,可早期反映心肌细微功能变化,在心肌损伤的检测中具有广泛的应用前景<sup>[6]</sup>。

本研究旨在应用 2D-STI 技术分析射血分数保留型的 DKD 患者左室收缩功能的变化情况,早期发现 DKD 患者的心肌损伤并提前干预,对于临床治疗方案的选择和患者的预后的评估,提供重要的参考价值。

## 1 研究方法

### 1.1 研究对象

1.1.1 纳入标准 选取 2021 年 9 月至 2022 年 5 月在本院门诊及住院的 T2DM 患者 101 例。诊断标准:根据美国糖尿病协会 2022 年最新指南<sup>[7]</sup>,以下三项符合任何一项:空腹血糖(FPG)  $\geq 7.0$  mmol/L, 2 h OG-

TT 试验血糖  $\geq 11.1$  mmol/L,糖化血红蛋白(HbA<sub>1c</sub>)  $\geq 6.5\%$ 。并将其分为两组,一组为 T2DM 未合并肾病患者 62 例,其中男性 35 例,平均年龄(52.13  $\pm$  9.98)岁。另一组为 DKD 患者 39 例,男性 26 例,平均年龄(53.59  $\pm$  13.48)岁,根据 2021 年中国糖尿病肾脏病防治指南<sup>[8]</sup>,DKD 诊断标准为:排除其他干扰因素外,3~6 个月内的生化检测中,3 次至少有 2 次检测尿蛋白/肌酐比值(urinary albumin-to-creatinine ratio, UACR)  $\geq 30$  mg/g 或 UAER  $\geq 30$  mg/24 h ( $\geq 20$   $\mu$ g/min),或肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)  $< 60$  mL  $\cdot$  min<sup>-1</sup>  $\cdot$  (1.73 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> 持续 3 个月以上,或肾活检确认 DKD。另选取同年龄段无糖尿病的体检患者 42 例,其中男性 20 例,平均年龄(51.17  $\pm$  7.30)岁,作为对照组。

1.1.2 排除标准 先天性心脏病、心肌病、心瓣膜病、心力衰竭(LVEF  $< 50\%$ )、严重心律失常、1 型糖尿病、成人隐匿性自身免疫糖尿病等其他类型糖尿病,既往确诊冠心病、起搏器植入术后、甲亢、肿瘤化疗术后,以及超声图像质量不佳者。

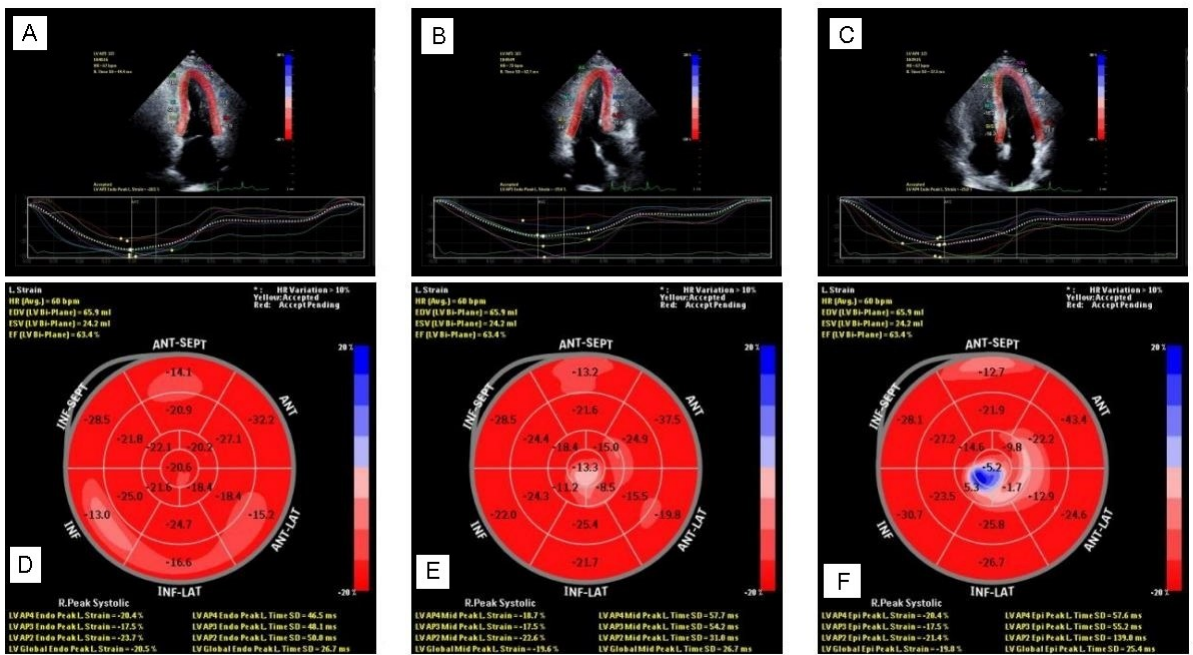
### 1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器 使用 Philips EPIQ 7C 彩色多普勒超声诊断仪, S5-1 探头,配备 QLab 10.5 工作站,同步连接心电图。

1.2.2 常规超声心动图 在胸骨旁长轴切面测量心室收缩期左房前后径(left atrium diameter, LA);舒张末期左室后壁厚度(left ventricular posterior wall thickness, LVPWd)、舒张末期室间隔厚度(interven-

tricular septal thickness, IVSd)、左室舒张末内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、左室收缩末内径(left ventricular end-systolic diameter, LVESD);并计算左室相对室壁厚度(left ventricular relative wall thickness, LVRWT):  $LVRWT = (IVSd + LVPWd) / LVEDD$ ;左室质量指数(left ventricular quality index, LVMI):  $LVMI = \{0.8 \times 1.04 \times [(IVSd + LVEDD + LVPWd)^3 - LVEDD^3] + 0.6\} / BSA$ ,应用双平面 Simpson 法获取左室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)、左室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)和 LVEF。

1.2.3 2D-STI 存储心尖二腔、三腔、四腔心切面连续 3 个心动周期的二维动态图像,使用 Qlab 软件对图像进行离线处理,得到左室各切面的心内膜下心肌(longitudinal strain endo, LSendo)、中层心肌(longitudinal strain mid, LSmid)、心外膜下心肌纵向应变(longitudinal strain epi, LSepi)、左室整体纵向应变(left ventricular global longitudinal strain, LV GLS)和峰值应变离散度(peak strain dispersion, PSD),并生成心肌 17 节段牛眼图(见图 1)。所有应变参数均取 3 次分析平均值的绝对值,图像由经过规范化培训的医生获取。



注:A~C. 二腔、三腔、四腔应变曲线图;D~F. LSendo,LSmid,LSepi17 节段牛眼图。

图 1 左室应变曲线图及 17 节段牛眼图

1.3 重复性检验 随机抽取 15 例患者的图像,由同一操作人员使用 2D-STI 软件间隔至少 1 周对其应变值和 PSD 进行重新分析,检验观察者内的可重复性;由另一操作人员对这些图像重新分析,检验观察者间的可重复性。

1.4 统计学方法 选用 SPSS25.0 软件,对于符合正态分布且方差齐的连续变量用( $\bar{x} \pm s$ )表示,否则用[M(Q<sub>1</sub>~Q<sub>3</sub>)]表示;多组连续变量的比较采用单因素方差分析或 Kruskal Wallis 秩和检验,进一步的两两比较采用 LSD-t 或 Bonferroni 方法。连续变量之间的相关性采用 Pearson 相关检验。分类变量资料用例表示,采用  $\chi^2$  检验进行评估。用组内相关系数(ICC)检验各组应变值和 PSD 的观察者内和观察者间的重复

性。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 一般临床资料的比较 三组患者年龄、性别、BMI、心率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性。见表 1。

2.2 常规超声心动图参数的比较 各组 LVIDd、LVISd、LVEF、LVEDV 比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );T2DM 未合并肾病组 LAd 值高于对照组( $P < 0.05$ );DKD 组 LAd、IVSd、LVPWd、LVRWT、LVMI、LVESV 高于对照组( $P < 0.05$ ),IVSd、LVPWd、LVRWT 高于 T2DM 未合并肾病组( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 1 一般临床资料比较

变量	对照组 ( $n=42$ )	T2DM 未合并肾 病组( $n=62$ )	DKD 组 ( $n=39$ )	$F/\chi^2$	$P$
年龄/岁	51.17±7.30	52.13±9.98	53.59±13.48	0.555	0.575
性别(男/女)	20/22	35/27	26/13	2.989	0.224
BMI/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	23.63±1.64	24.28±3.06	24.55±2.74	1.352	0.262
心率(次/分)	71.17±10.98	74.29±10.64	74.41±14.09	1.077	0.343

注:表内计量资料数据以( $\bar{x}\pm s$ )表示;计数资料数据以例数表示。

表 2 常规超声心动图参数比较

变量	对照组 ( $n=42$ )	T2DM 未合并肾 病组( $n=62$ )	DKD 组 ( $n=39$ )	$F/H$	$P$
LAd/mm	33.29±3.56	35.41±4.43 <sup>a</sup>	35.78±4.89 <sup>a</sup>	4.154	0.018
LVIDd/mm	46.80±5.74	47.95±5.79	47.50±5.55	0.505	0.604
LVISd/mm	25.79±4.38	27.47±4.99	26.59±5.16	1.506	0.225
LVEDV/mL	58.60±14.80	59.90±15.58	64.22±17.64	1.392	0.252
LVESV/mL	23.25±6.45	26.20±8.85	28.41±8.99 <sup>a</sup>	3.992	0.021
IVSd/mm	8.0(8.0~9.0)	9.0(8.0~9.0)	9.0(9.0~10.0) <sup>cb</sup>	31.780	<0.001
LVPWd/mm	8.5(8.0~9.0)	9.0(8.0~9.0)	9.0(9.0~10.0) <sup>cd</sup>	25.544	<0.001
LVRWT	0.37±0.05	0.37±0.05	0.41±0.06 <sup>cb</sup>	8.475	<0.001
LVMI/( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )	78.61±17.48	84.47±21.72	92.37±24.27 <sup>a</sup>	4.231	0.016
LVEF/%	69.69±4.71	68.08±5.48	67.97±5.62	1.448	0.239

注:①表内计量资料数据以( $\bar{x}\pm s$ )表示;②a:与对照组相比, $P<0.05$ ;b:与 T2DM 未合并肾病组相比, $P<0.05$ ;c:与对照组相比, $P<0.001$ ;d:与 T2DM 未合并肾病组相比, $P<0.001$ 。

2.3 2D-STI 技术参数的比较 T2DM 未合并肾病组 PSD 值高于对照组( $P<0.001$ ),而 LSendo、LSmid、LSepi、GLS 低于对照组( $P<0.001$ );DKD 组 PSD 高

于对照组和 T2DM 未合并肾病组( $P<0.05$ ),LSendo、LSmid、LSepi、GLS 低于对照组和 T2DM 未合并肾病组( $P<0.05$ )。见表 3。

表 3 2D-STI 技术参数比较

变量	对照组 ( $n=42$ )	T2DM 未合并肾 病组( $n=62$ )	DKD 组 ( $n=39$ )	$F$	$P$
LSendo/%	20.94±1.44	18.78±2.25 <sup>c</sup>	17.74±1.37 <sup>cb</sup>	33.283	<0.001
LSmid/%	19.64±1.26	17.51±1.96 <sup>c</sup>	16.68±1.34 <sup>cb</sup>	37.094	<0.001
LSepi/%	18.23±1.16	16.20±1.79 <sup>c</sup>	15.40±1.39 <sup>cb</sup>	38.443	<0.001
LV GLS/%	19.60±1.26	17.50±1.98 <sup>c</sup>	16.61±1.34 <sup>cb</sup>	37.225	<0.001
PSD/ms	21.70±10.83	32.57±12.86 <sup>c</sup>	41.55±14.79 <sup>cb</sup>	24.211	<0.001

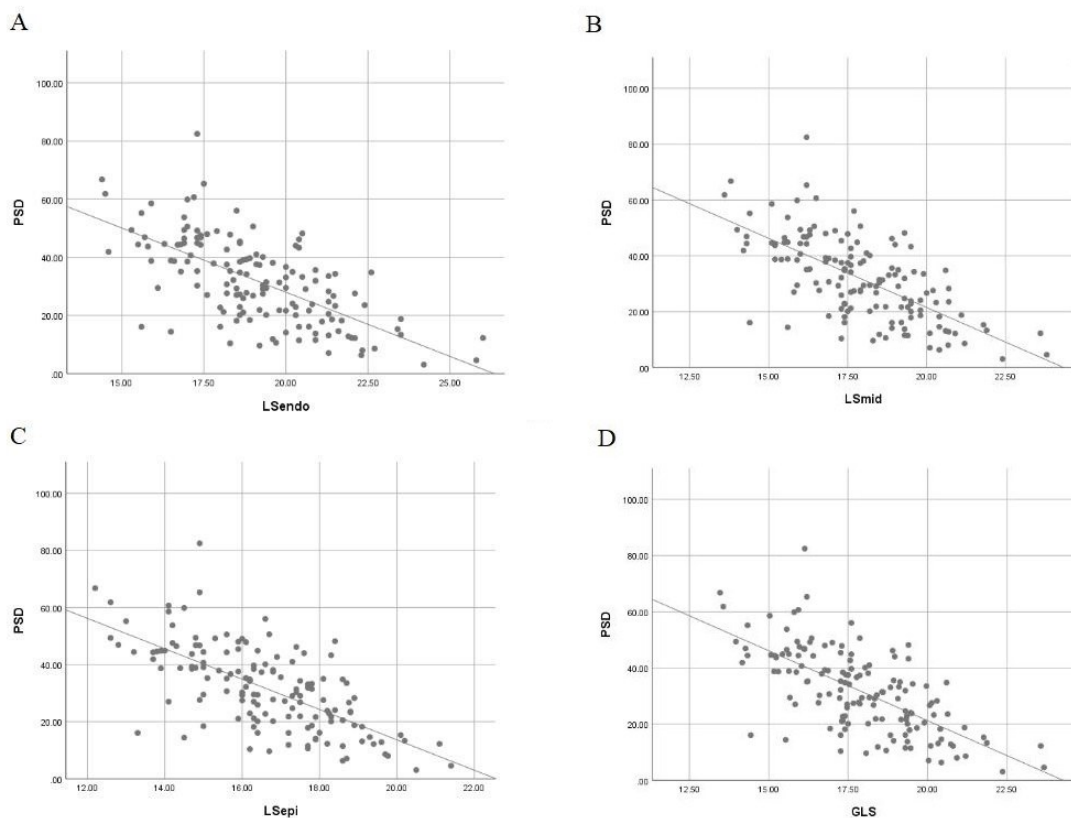
注:①表内计量资料数据以( $\bar{x}\pm s$ )表示;②a:与对照组相比, $P<0.05$ ;b:与 T2DM 未合并肾病组相比, $P<0.05$ ;c:与对照组相比, $P<0.001$ ;d:与 T2DM 未合并肾病组相比, $P<0.001$ 。

2.4 相关性分析 LSendo 与 PSD 呈负相关( $r=-0.654$ , $P<0.05$ ),LSmid 与 PSD 呈负相关( $r=-0.667$ , $P<0.05$ ),LSepi 与 PSD 呈负相关( $r=-0.674$ , $P<0.05$ ),LV GLS 与 PSD 呈负相关( $r=-0.672$ , $P<0.05$ )。见图 2。

2.5 LSendo、LSmid、LSepi、LV GLS 和 PSD 的重复性检验 观察者内 ICC 值分别为 0.969、0.976、0.969、0.978、0.931;观察者间 ICC 值分别为 0.958、0.964、0.933、0.966、0.891,重复性较好。见表 4。

### 3 讨论

与非糖尿病患者相比,糖尿病患者的冠状动脉病变更广泛、复杂,发展更加迅速,而 DKD 患者心血管疾病患病率较糖尿病患者高<sup>[9]</sup>。尽管其与心血管病变密切相关,但在临床上,对于此类患者的心血管疾病风险评估还存在明显不足,早期无症状的心肌缺血可能会被忽略,延误治疗的时机,影响患者的预后<sup>[10]</sup>。目前 2D-STI 在评估左室收缩功能时具有灵敏、稳定、重复性强的特点,也是临床研究的热点,应用其在 DKD 患者中筛查无症状的心肌损伤有很大的临床价值。



注:A. LSendo 与 PSD 相关性散点图;B. LSmid 与 PSD 相关性散点图;  
C. LSepl 与 PSD 相关性散点图;D. LV GLS 与 PSD 相关性散点图。

图 2 心肌分层应变和 GLS 与 PSD 的相关性分析

表 4 观察者内和观察者间重复性的比较

项目	LSendo	LSmid	LSepl	LV GLS	PSD
观察者内	0.969	0.976	0.969	0.978	0.931
观察者间	0.958	0.964	0.933	0.966	0.891

在本研究中,3 组患者的左室射血分数没有显著的差异,且均在正常范围内,但 DKD 组与对照组相比,左房腔径、左室质量、左室室壁厚度均有差异,虽然与 T2DM 未合并肾病者相比,仅室壁厚度有差别,但其他参数总体趋势增大,说明 DKD 患者左室已有构型的改变,但仅用 LVEF 未识别出左室收缩功能改变。而 2D-STI 是通过追踪不同像素的心肌组织在图像中的位置移动,用来计算各节段心肌组织的形变程度和速率的一种超声定量新技术,且周围组织对其影响较少,对于心脏整体和局部心肌运动情况的评价较客观、准确<sup>[11]</sup>。

在射血分数无差别的情况下,T2DM 未合并肾病患者心内膜下、中层和心外膜下心肌纵向应变值和整体纵向应变值均低于对照组,且在 DKD 患者中更低,说明 T2DM 患者各层心肌纵向应变值降低,收缩功能受损,当合并肾功能不全时,心肌的损伤更明显。分析其原因,患者早期收缩功能的改变可能由于体内代谢

紊乱和炎症及氧化应激的影响,造成心内膜下细小的冠状动脉损伤,而导致局部心内膜下心肌缺血,影响心肌纵向收缩能力<sup>[12]</sup>。另外由于高血糖引起肾素-血管紧张素系统激活,心脏压力负荷和容量负荷增加,心肌代偿性肥大、纤维化,左室纵向应变降低。而肾功能不全患者,心脏负荷的进一步增加,炎症因子积聚增多,钙、磷代谢的紊乱,微血管病变的进一步加剧,使得心脏构型及功能的改变更加明显,给心肌带来巨大压力,而为了代偿这一切,心肌需增强作功而维持正常射血功能,导致心肌的损伤加剧,纵向应变值进一步减低<sup>[13]</sup>。纵向应变对于左室收缩功能的评价价值在既往的研究中已经得到证实,如 MEDVEDOF SKY D 等<sup>[14]</sup>证明基线 LV GLS 是一个比 LVEF 更敏感的代表左室收缩功能的标记物;OTA E 等<sup>[13]</sup>认为低 GLS 可作为 DKD 患者亚临床左室功能障碍的早期标志,并可能预示着心血管疾病的发病率和死亡率。

心肌收缩功能受损,不仅表现在形变上,也可能会从电生理方面影响心肌运动的协调性。正常心脏室壁是同步顺序收缩的,各个节段的心肌纵向应变达峰时间基本一致,PSD 是指左心室各节段心肌纵向应变达峰时间的标准差,是反映心肌收缩功能的新参数,对于

心肌收缩的同步性评价具有重要的价值<sup>[15]</sup>。在本研究中,PSD 在 T2DM 未合并肾病者中较对照组高,在 DKD 中患者中更高,差异均有统计学意义。说明随着糖尿病的进展,以及合并肾功能不全的出现,左室的收缩同步性变差。因为心肌细胞在高血糖的影响下,可能会发生变性、坏死、进一步地纤维化、心肌间质细胞充填,心肌机械传导延迟,导致室内收缩不同步,PSD 值增大。随着肾功能损伤的逐渐加重,心肌细胞缺血缺氧进一步加剧,心肌纤维化更严重,心肌收缩不同步也更明显<sup>[16]</sup>。既往研究表明,PSD 在反映左室的微小变化方面比常规超声心动图更敏感,并观察到随着病程进展越严重,左室构型改变地越明显,运动协调性越差<sup>[12]</sup>。这在一项对 1 型 DKD 患者中的研究中已得到证实<sup>[13]</sup>。TANG C 等<sup>[17]</sup>的研究表明,合并糖尿病的慢性肾病心肌损伤较未合并糖尿病的慢性肾病较重。且本研究中,PSD 和各应变值的相关性较好,说明两项指标在反映左室收缩情况均有意义。同时其在观察者内和观察者间重复性较好,也表明使用斑点追踪成像技术评估左室应变值及收缩同步性,具有较好的重复性和稳定性。因此,使用 2D-STI 评价射血分数保留型 DKD 患者的心肌受损具有可靠性。

本研究的局限性:样本量较小,DKD 患者未根据肾损害程度进一步分组;仅针对纵向应变进行研究,未对径向及圆周应变作进一步研究;房室间及室间收缩同步性有待进一步探索

#### 4 总结

2D-STI 技术可早期识别无射血功能障碍的 T2DM 和 DKD 患者的心肌受损,为 T2DM 患者及其并发症的管理提供新的见解,用于早期识别无症状心肌缺血,指导临床决策和药物治疗,避免或限制 DKD 对心脏损伤的进展,延长患者的生命,具有重要的临床意义。

#### 参考文献:

- [1] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)(上)[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(8): 668-695.
- [2] BROWNRIGG J R W, HUGHES C O, BURLEIGH D, et al. Microvascular disease and risk of cardiovascular events among individuals with type 2 diabetes: a population-level cohort study[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2016, 4(7): 588-597.
- [3] THOMAS M C, COOPER M E, ZIMMET P. Changing epidemiology of type 2 diabetes mellitus and associated chronic kidney disease[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2016, 12(2): 73-81.

- [4] ALBENQUE G, RUSINARU D, BELLAICHE M, et al. Resting left ventricular global longitudinal strain to identify silent myocardial ischemia in asymptomatic patients with diabetes mellitus[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2022, 35(3): 258-266.
- [5] 袁晓峰, 李丽. 2D-STI 技术在糖尿病肾功能不全患者左室收缩功能评估中的应用[J]. *深圳中西医结合杂志*, 2021, 31(20): 136-138.
- [6] 谷冰雨, 张霞, 赵田英, 等. 二维斑点追踪技术评价原发性高血压病患者的右心室功能研究[J]. *右江民族医学院学报*, 2021, 43(4): 520-523.
- [7] DRAZNIN B, ARODA V R, BAKRIS G, et al. 2. Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes-2022[J]. *Diabetes care*, 2022, 45(Suppl 1): S17-S38.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会微血管并发症学组. 中国糖尿病肾脏病防治指南(2021 年版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(8): 762-784.
- [9] 龚文玉, 刘璠娜, 胡波, 等. 糖尿病肾病及非糖尿病肾病患者心血管损伤的患病率及其相关因素[J]. *中华肾脏病杂志*, 2017, 33(7): 510-516.
- [10] 关羽晴, 解汝娟. 糖尿病肾病及其心血管并发症研究的进展[J]. *心血管康复医学杂志*, 2022, 31(2): 214-218.
- [11] 夏稻子, 王瑛. 超声牛眼图诊断在不同心脏疾病中的应用[J]. *大连医科大学学报*, 2018, 40(1): 1-7.
- [12] 季翔, 李国杰, 冯慧俊, 等. 峰值应变离散度评价慢性肾脏病患者左室收缩同步性的研究[J]. *临床超声医学杂志*, 2022, 24(1): 67-70.
- [13] OTA E, TANAKA H, MOCHIZUKI Y, et al. Association between diabetic nephropathy and left ventricular longitudinal myocardial function in type 1 diabetes mellitus patients with preserved ejection fraction[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2022, 38(9): 1991-1998.
- [14] MEDVEDOFSKY D, MILHORINI PIO S, WEISSMAN N J, et al. Left ventricular global longitudinal strain as a predictor of outcomes in patients with heart failure with secondary mitral regurgitation: the COAPT trial[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2021, 34(9): 955-965.
- [15] 罗秀霞, 朱永胜, 苏瑾, 等. 二维斑点追踪成像技术评价健康年轻人左心室收缩功能及同步性[J]. *中国超声医学杂志*, 2022, 38(2): 158-160.
- [16] 田芳, 唐海霞, 邱杰, 等. 纵向应变及峰值应变离散度评价不同构型尿毒症患者左心室收缩功能及同步性[J]. *医学影像学杂志*, 2021, 31(8): 1310-1314.
- [17] TANG C, OUYANG H, HUANG J, et al. Differences between diabetic and non-diabetic nephropathy patients in cardiac structure and function at the beginning of hemodialysis and their impact on the prediction of mortality[J]. *J Int Med Res*, 2021, 49(3): 300060521997588.

收稿日期: 2022-10-14; 修回日期: 2022-11-11