

三维斑点追踪成像评价代谢因素对2型糖尿病患者左室结构和功能的影响*

梁丽媚¹ 刘红利² 张会欣¹ 何鑫¹ 赵世光¹

【摘要】 目的:应用常规超声心动图和三维斑点追踪成像评价2型糖尿病(T2DM)患者的左室结构和功能,探讨代谢因素如何影响左室的结构和功能。方法:150例接受治疗的T2DM患者,按照代谢因素控制的情况分为DM1组(0个代谢因素控制不佳,35例)、DM2组(1~2个代谢因素控制不佳,62例)、DM3组(≥ 3 个代谢因素控制不佳,53例)。另选取40例健康志愿者作为对照组。入组者进行常规超声心动图和三维斑点追踪成像检查,获取常规超声测量值和左室整体纵向应变(GLS)、整体圆周应变(GCS)、整体面积应变(GAS)和整体径向应变(GRS)。结果:与对照组比较,DM1组的 ϵ 、E/A减小(均 $P < 0.05$),E、E/ ϵ 增大(均 $P < 0.05$);DM2组的相对室壁厚度(RWT)增加($P < 0.05$),DM3组的RWT及左室质量指数(LVMI)均明显增加(均 $P < 0.05$);DM2组的GLS降低($P < 0.05$),DM3组的GLS、GCS、GAS、GRS均明显降低(均 $P < 0.05$)。多元线性回归分析显示,BMI与左室GLS、GCS、GAS、GRS($\beta = -0.183, -0.278, -0.258, -0.312$,均 $P < 0.05$)存在明显的相关性。结论:在T2DM患者中,代谢因素控制良好者仅有左室舒张功能降低;代谢因素控制不佳的负荷增加与左室重构和收缩功能降低有关。

【关键词】 三维斑点追踪;左室功能;2型糖尿病;代谢

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2021.12.009

【中图分类号】 R542.2 【文献标志码】 A

Association of metabolic factors with left ventricular structure and function in type 2 diabetic patients: A 3D speckle tracking imaging study

LIANG Limei¹ LIU Hongli² ZHANG Huixin¹ HE Xin¹ ZHAO Shiguang¹

(¹Department of Function, Shijiazhuang Second Hospital, Shijiazhuang, 050051, China;

²Department of Traditional Chinese Medicine Glycuresis, Shijiazhuang Second Hospital)

Corresponding author: LIANG Limei, E-mail: 125573949@qq.com

Abstract Objective: To evaluate the left ventricular structure and function in type 2 diabetes mellitus using three-dimensional speckle tracking imaging and to study how metabolic factors impact left ventricular structure and function. **Methods:** A total of 150 patients with type 2 diabetes with different degrees of metabolic factors were divided into 3 groups: DM1 group(0 poor controlled metabolic factors, $n = 35$), DM2 group(1-2 poor controlled metabolic factors, $n = 62$), and DM3 group(≥ 3 poor controlled metabolic factors, $n = 53$). Other 40 healthy volunteers served as controls. Conventional echocardiography and three-dimensional speckle tracking imaging were performed. Conventional echocardiographic measurements and left ventricular global longitudinal strain(GLS), global circumferential strain(GCS), global area strain(GAS), and global radial strain(GRS) were obtained. **Results:** Compared to the control group, ϵ and E/A were decreased, while E and E/ ϵ were increased in the DM1 group(all $P < 0.05$), the relative wall thickness(RWT) was increased in the DM2 group($P < 0.05$), the RWT

*基金项目:国家重点研发计划(No:2017YFC1700501);河北省中医药管理局项目(No:2022488)

¹河北省石家庄市第二医院功能科(石家庄,050051)

²河北省石家庄市第二医院糖尿病中医科

通信作者:梁丽媚,E-mail:125573949@qq.com

- [21] Porter D, Frey N, Wood PA, et al. Correction to: Grading of cytokine release syndrome associated with the CAR T cell therapy tisagenlecleucel[J]. J Hematol Oncol, 2018, 11(1): 81.
- [22] Stein-Merlob AF, Rothberg MV, Holman P, et al. Immunotherapy-associated cardiotoxicity of immune checkpoint inhibitors and chimeric antigen receptor T cell therapy: diagnostic and management challenges and strategies[J]. Curr Cardiol Rep, 2021, 23(3): 11.

- [23] Oved JH, Barrett DM, Teachey DT. Cellular therapy: Immune-related complications [J]. Immunol Rev, 2019, 290(1): 114-126.

- [24] Burns EA, Gentile C, Trachtenberg B, et al. Cardiotoxicity associated with anti-CD19 chimeric antigen receptor T-cell (CAR-T) therapy: recognition, risk factors, and management[J]. Diseases, 2021, 9(1).

(收稿日期:2021-06-24;修回日期:2021-08-26)

and left ventricular mass index (LVMI) were significantly increased in the DM3 group (all $P < 0.05$), GLS was decreased in the DM2 group ($P < 0.05$), while GLS, GCS, GAS, and GRS were significantly decreased in the DM3 group (all $P < 0.05$). Multivariable linear regression indicated that BMI was independently associated with GLS, GCS, GAS, and GRS ($\beta = -0.183, -0.278, -0.258, -0.312$, all $P < 0.05$). **Conclusion:** In patients with type 2 diabetes, only left ventricular diastolic function impaired in patients with metabolic factors are well controlled. The increasing burden of poor controlled metabolic factors is associated with structural and functional impairments.

Key words three dimensional speckle tracking; left ventricular function; type 2 diabetes; metabolic

代谢综合征是一组以肥胖、高血糖(糖尿病或糖调节受损)、血脂异常以及高血压等聚集发病,严重影响机体健康的临床症候群。研究表明,代谢综合征中的所有代谢因素都与心力衰竭的风险增加有关^[1-4]。2型糖尿病(T2DM)患者常合并有一个或多个代谢因素。关于代谢因素控制良好对T2DM患者的意义如何,代谢因素控制不佳又如何影响左室结构和功能,目前研究较少。三维斑点追踪成像是基于立体的三维全容积超声心动图,可发现心脏功能的细微改变,是目前评价早期左室收缩功能受损的敏感指标。本研究应用常规超声心动图和三维斑点追踪成像评价接受治疗的T2DM患者的左室结构和功能,探讨代谢因素控制良好以及控制不佳如何影响左室结构和功能。

1 对象与方法

1.1 对象

选取2018年1月—2020年12月到我院接受治疗的T2DM患者进行研究,排除标准:射血分数(EF) $< 55\%$ 的患者;超声心动图质量不佳的患者;冠状动脉(冠脉)造影或冠脉计算机断层扫描有明显的动脉粥样硬化斑块或狭窄的患者;有心律失常及起搏器植入、瓣膜病、心肌病、先天性心脏病等的患者。最终纳入150例T2DM患者。参考《中国2型糖尿病防治指南2020年版》T2DM综合控制目标^[5],糖化血红蛋白(HbA1c) $\geq 7\%$ 、血压 $\geq 130/80$ mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)、BMI ≥ 25 kg/m²、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C) ≥ 2.6 mmol/L、存在微量蛋白尿时,认为代谢因素控制不佳。根据代谢因素控制的情况分为DM1组(0个代谢因素控制不佳,35例)、DM2组(1~2个代谢因素控制不佳,62例)、DM3组(≥ 3 个代谢因素控制不佳,53例)。同时选取40例健康志愿者作为对照组。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有研究对象均签署知情同意书。

1.2 方法

应用GE Vivid E9彩色多普勒超声诊断仪,配备4D Auto LVQ分析软件。嘱受检者左侧卧位,连接同步三导联心电图,按照《中国成人心力衰竭超声心动图规范化检查专家共识》^[6],使用M5S探头行常规超声心动图检查获取常规测量数据。然后切换4V-D探头同步显示标准心尖四腔心切面、

三腔心切面、两腔心切面,调整到最佳图像效果后嘱受检者屏住呼吸,连续采集6个心动周期实时动态图像并存储。将存储好的图像导入4D Auto LVQ软件进行脱机分析,通过软件自动勾画(必要时手动调节)心内膜和心外膜曲线,得出左室整体纵向应变(GLS)、整体圆周应变(GCS)、整体面积应变(GAS)和整体径向应变(GRS)等参数。所有操作由两名熟练掌握4D Auto LVQ分析软件的超声医师完成,所有数据均测量两次取平均值。

1.3 统计学处理

应用SPSS 22.0软件进行统计处理分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间的统计学差异采用单因素方差分析和LSD检验。分类变量以率表示,组间比较使用 χ^2 检验。是否存在蛋白尿定义为分类变量,赋值1(存在蛋白尿)或0(无蛋白尿)。采用一元线性回归和多元线性回归来分析代谢因素与左室整体应变的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床资料的比较

与对照组比较,DM1组、DM2组、DM3组的年龄和性别差异无统计学意义。与对照组比较,DM2组和DM3组血压明显升高(均 $P < 0.05$),BMI、HbA1c、空腹血糖和血脂水平也明显升高(均 $P < 0.05$)。见表1。

2.2 超声心动图结果的比较

与对照组比较,DM1组的 e' 、E/A减小(均 $P < 0.05$),E、E/e增大(均 $P < 0.05$);DM2组的相对室壁厚度(RWT)增加($P < 0.05$),DM3组的RWT及左室质量指数(LVMI)均明显增加(均 $P < 0.05$);DM2组的GLS明显降低($P < 0.05$),DM3组的GLS、GCS、GAS、GRS均明显降低(均 $P < 0.05$)。见表2及图1、2。图3显示了代谢因素控制不佳的数量与LVMI、RWT、GLS、E/e的相关性。

2.3 代谢因素与左室整体应变的一元和多元线性回归分析

收缩压、BMI、HbA1c、LDL-C、蛋白尿与GLS、GCS、GAS、GRS均存在独立相关性,调整其他代谢因素(年龄、性别、收缩压、HbA1c、BMI、LDL-C和蛋白尿)后,只有BMI与GLS、GCS、GAS、GRS存在明显的相关性。见表3、4。

表1 一般临床资料的比较

Table 1 General clinical data

例(%), $\bar{x} \pm s$

参数	对照组(40例)	DM1组(35例)	DM2组(62例)	DM3组(53例)
年龄/岁	64±9	64±8	65±8	65±8
男性	20(50.0)	18(51.4)	30(48.4)	26(49.1)
病程/年	—	10±6	11±7	12±8
BMI/(kg·m ⁻²)	22.26±1.63	22.89±1.78	26.42±2.15 ¹⁾²⁾	28.44±1.81 ¹⁾²⁾³⁾
收缩压/mmHg	115±6	120±8	132±11 ¹⁾²⁾	142±16 ¹⁾²⁾³⁾
舒张压/mmHg	76±10	77±8	79±10 ¹⁾²⁾	82±11 ¹⁾²⁾³⁾
LDL-C/(mmol·L ⁻¹)	2.60±0.79	2.58±0.65	2.85±0.74 ¹⁾²⁾	2.83±0.68 ¹⁾²⁾
HDL-C/(mmol·L ⁻¹)	1.69±0.15	1.77±0.18	1.98±0.19 ¹⁾	2.0±0.15 ¹⁾
TG/(mmol·L ⁻¹)	1.50±0.28	1.6±0.16	1.58±0.17	1.74±0.19 ¹⁾
空腹血糖/(mmol·L ⁻¹)	5.42±0.61	6.04±0.57	6.79±0.67 ¹⁾	7.5±0.53 ¹⁾²⁾³⁾
HbA1c/%	5.82±0.48	6.10±0.46	7.34±1.32 ¹⁾²⁾	8.0±1.53 ¹⁾²⁾³⁾
蛋白尿	—	—	10(16.1)	24(45.3)
药物治疗				
双胍类降糖药	—	23(65.7)	40(64.5)	33(62.3)
TZDs类降糖药	—	6(17.1)	5(8.1)	9(16.9)
磺脲类降糖药	—	3(8.6)	10(16.1)	10(18.9)
α-糖苷酶抑制剂	—	7(20.0)	7(11.3)	9(16.9)
胰岛素	—	8(22.9)	29(46.8)	26(49.1)
β受体阻滞剂	—	5(14.2)	13(20.9)	12(22.6)
ACEI	—	7(20.0)	24(38.7)	19(35.8)
ARB	—	11(31.4)	20(32.3)	25(47.2)
钙拮抗剂	—	10(28.6)	21(33.9)	19(35.8)
利尿剂	—	14(40.0)	24(38.7)	30(56.7)
他汀类药物	—	30(85.6)	41(66.1)	39(73.6)

HDL-C: 高密度脂蛋白胆固醇; TG: 甘油三酯; ACEI: 血管紧张素转化酶抑制剂; ARB: 血管紧张素 II 受体拮抗剂。与对照组比较,¹⁾P<0.05; 与 DM1 组比较,²⁾P<0.05; 与 DM2 组比较,³⁾P<0.05。

表2 超声心动图测量值的比较

Table 2 Comparison of echocardiographic measurements

$\bar{x} \pm s$

参数	对照组(40例)	DM1组(35例)	DM2组(62例)	DM3组(53例)
LVMl/(g·m ⁻²)	83.30±11.80	84.68±13.31	86.82±14.31	90.69±17.77 ¹⁾
IVS/mm	10.19±1.32	9.87±1.42	10.43±1.82	11.20±1.74 ¹⁾
LVEDD/mm	44.75±2.24	44.80±3.12	45.89±3.86	46.34±4.51
PW/mm	9.42±1.31	9.51±1.19	10.11±1.54 ¹⁾	10.81±1.63 ¹⁾
RWT	0.37±0.03	0.38±0.05	0.41±0.05 ¹⁾²⁾	0.44±0.07 ¹⁾²⁾³⁾
LAVI/(mL·m ⁻²)	26.63±6.1	26.52±5.8	29.12±7.12 ¹⁾	32.71±3.48 ¹⁾²⁾³⁾
E/(cm·s ⁻¹)	89.32±17.31	80.67±18.64 ¹⁾	80.75±15.58 ¹⁾	70.93±14.72 ¹⁾²⁾³⁾
A/(cm·s ⁻¹)	60.24±16.01	78.95±19.21 ¹⁾	85.32±19.10 ¹⁾²⁾	86.03±20.14 ¹⁾²⁾³⁾
E/A	0.92±0.36	0.90±0.27 ¹⁾	0.81±0.23 ¹⁾²⁾	0.87±0.17 ¹⁾²⁾³⁾
e'/(cm·s ⁻¹)	8.41±2.51	7.23±1.52 ¹⁾	6.82±1.70 ¹⁾²⁾	6.54±1.80 ¹⁾²⁾³⁾
E/e'	8.12±1.86	10.45±2.62 ¹⁾	10.73±2.62 ¹⁾	11.25±3.72 ¹⁾²⁾³⁾
2DEF/%	65.34±6.53	65.23±6.75	64.38±6.45	64.63±5.68
GLS/%	-19.13±1.75	-18.27±2.21	-16.57±2.35 ¹⁾²⁾	-15.26±2.61 ¹⁾²⁾³⁾
GCS/%	-19.80±3.32	-18.79±3.27	-18.45±3.81	-15.43±4.35 ¹⁾²⁾³⁾
GAS/%	-30.26±3.07	-29.73±4.13	-28.91±4.28	-26.66±4.76 ¹⁾²⁾³⁾
GRS/%	53.13±9.3	51.34±7.25	50.15±7.02	40.37±10.69 ¹⁾²⁾³⁾

IVS: 室间隔厚度; LVEDD: 左心室舒张末期内径; PW: 后壁厚度。与对照组比较,¹⁾P<0.05; 与 DM1 组比较,²⁾P<0.05; 与 DM2 组比较,³⁾P<0.05。

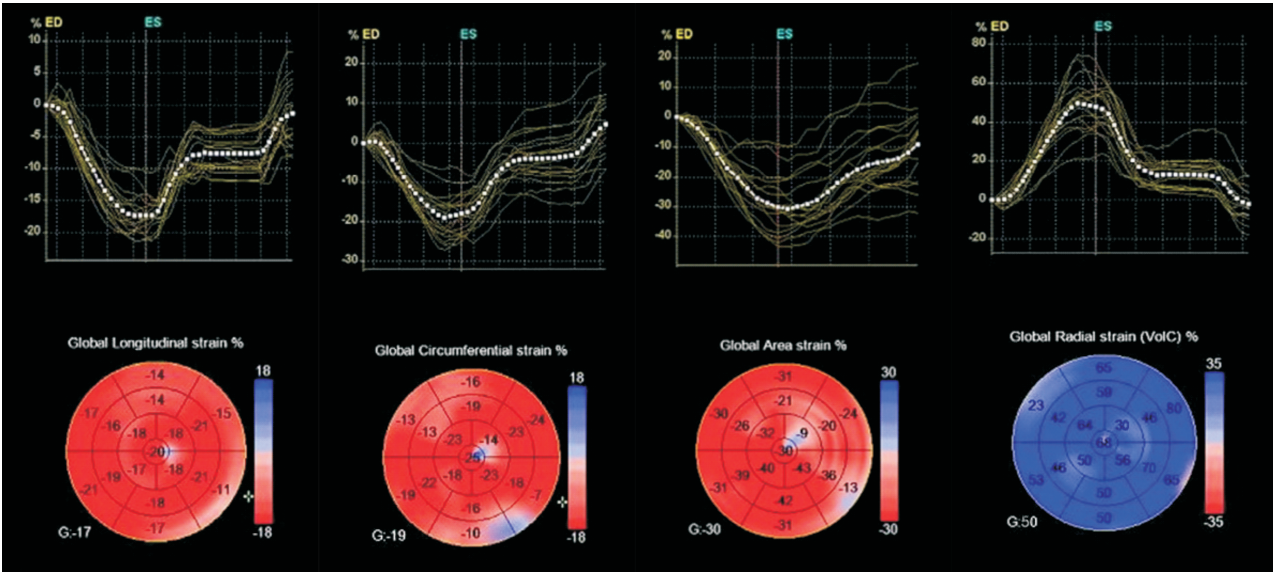


图 1 DM2 组某患者的 GLS、GCS、GAS、GRS 及其牛眼图

Figure 1 GLS, GCS, GAS, GRS and bull's eye map of a patient in DM2 group

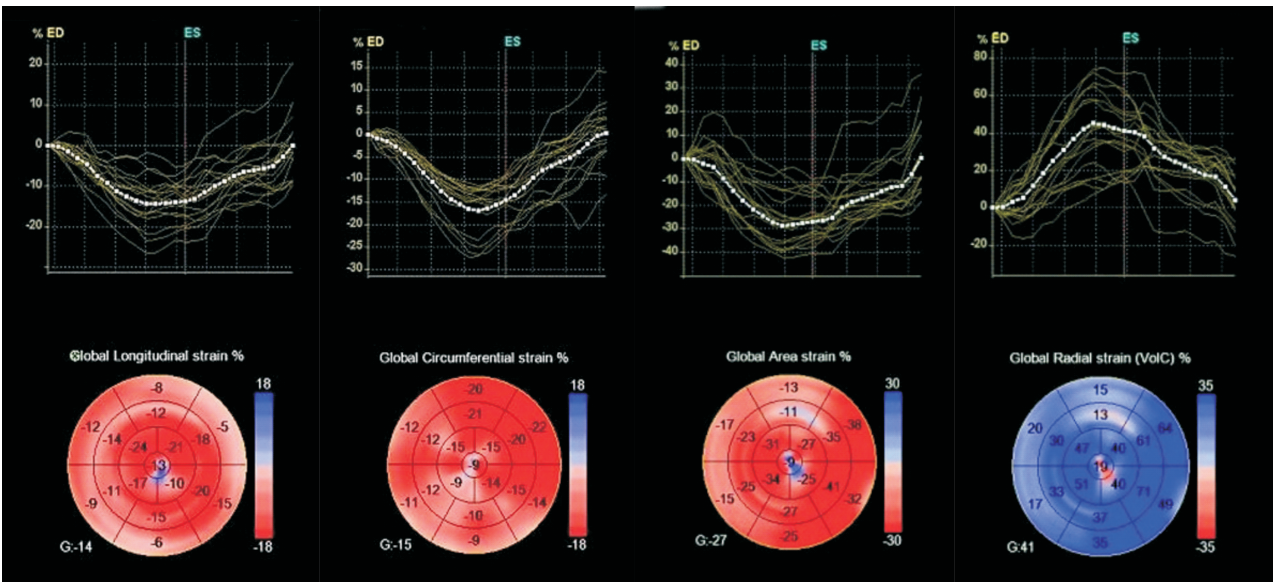


图 2 DM3 组某患者的 GLS、GCS、GAS、GRS 及其牛眼图

Figure 2 GLS, GCS, GAS, GRS and bull's eye map of a patient in DM3 group

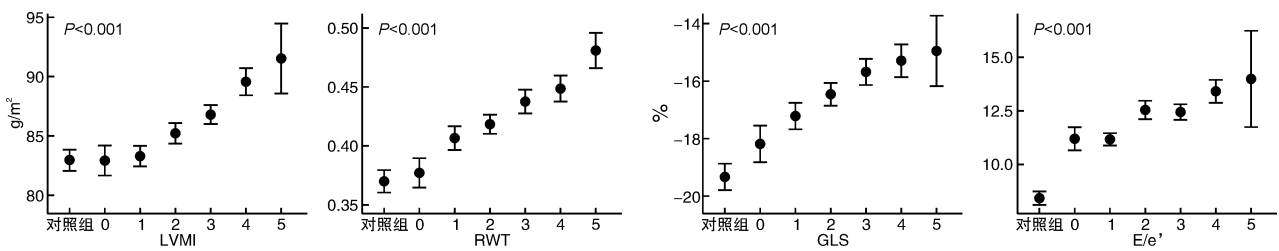


图 3 代谢因素控制不佳的数量与 LVMI、RWT、GLS、E/e' 的相关性

Figure 3 Correlation between the number of poorly controlled metabolic factors and LVMI, RWT, GLS, and E/e'

表3 代谢因素与左室整体应变的一元线性回归分析

Table 3 Univariate linear regression analysis of metabolic factors and left ventricular global strain

代谢因素	GLS		GCS		GAS		GRS	
	β 值	P 值	β 值	P 值	β 值	P 值	β 值	P 值
收缩压	-0.271	0.052	-0.254	0.042	-0.311	0.003	-0.262	0.042
BMI	-0.282	0.001	-0.283	0.012	-0.259	<0.001	-0.311	0.002
HbA1c	-0.681	<0.001	-0.672	<0.001	-0.665	0.005	-0.661	<0.001
LDL-C	-0.322	0.001	-0.291	0.006	-0.353	<0.001	-0.376	<0.001
蛋白尿	-0.341	<0.001	-0.101	0.050	-0.307	<0.001	-0.232	<0.001

表4 代谢因素与左室整体应变的多元线性回归分析

Table 4 Multiple linear regression analysis of metabolic factors and left ventricular global strain

代谢因素	GLS		GCS		GAS		GRS	
	β 值	P 值	β 值	P 值	β 值	P 值	β 值	P 值
收缩压	-0.112	0.253	-0.112	0.261	-0.186	0.442	-0.049	0.664
BMI	-0.183	0.001	-0.278	0.012	-0.258	0.005	-0.312	0.047
HbA1c	-0.144	0.120	-0.132	0.235	-0.342	0.684	-0.364	0.632
LDL-C	-0.069	0.186	-0.502	0.612	-0.011	0.095	-0.341	0.068
蛋白尿	-0.101	0.094	-0.214	0.132	-0.103	0.241	-0.109	0.175

3 讨论

本研究发现代谢因素控制良好的 T2DM 患者,仅存在左室舒张功能减低,而没有左室结构和收缩功能受损的证据,这与以往的研究结果相反。以往研究表明,T2DM 患者除了左室舒张功能障碍外,还存在左室结构的改变和三维斑点追踪技术评估的左室收缩功能的减低^[7-8]。笔者发现这些研究的共同之处在于比较组之间的 BMI、血压、血脂水平存在差异。因此,既往发现的糖尿病对左室收缩功能的影响可能是由混杂的、伴随的代谢因素引起的。此外,已有研究表明代谢因素控制良好的 T2DM 患者的左室功能损伤或存在可逆性。周小玲等^[9]发现,T2DM 患者应用胰岛素泵进行短期强化治疗后左室收缩功能有所改善,表现为 GLS、GCS 较治疗前明显升高。Leung 等^[10]报道,T2DM 患者接受 12 个月内的血糖、血压和胆固醇的多因素强化治疗,达到推荐目标后,左室舒张功能和 GLS 明显改善。本研究结果提示,随着代谢因素控制不佳的负荷增加,左室出现重构,左室舒张和收缩功能逐渐恶化,主要表现为 E/e'增大,从单个方向的整体应变减低到多个方向的整体应变减低。研究表明,糖尿病患者 E/e'增大、GLS 减低提示心血管事件发生率上升^[11]。因此,糖尿病早期应严格控制血糖及其伴随的代谢因素,以延缓和预防心血管事件的发生。

1~2 个代谢因素控制不佳时,T2DM 患者的 GLS 较对照组明显减低,GCS、GRS、GAS 的变化无明显差异,说明代谢紊乱首先使左室心肌的纵向收缩功能受损。左室纵向应变主要由心内膜下的纵向心肌纤维收缩引起。心内膜下心肌与心外膜

冠脉的距离较远,并且在整个心动周期中经历高压变化,对缺血、缺氧、纤维化等耐受差,被认为是最敏感的心肌纤维。因此,心肌的纵向功能在疾病早期首先受到损害。这与本研究的发现一致,1~2 个代谢因素控制不佳时,T2DM 患者的左室收缩功能受损的特点是首先出现纵向收缩功能降低,而圆周、径向收缩功能变化不明显。

3 个以上代谢因素控制不佳的 T2DM 患者在各个方向的整体应变均明显低于对照组,尽管 EF 仍在正常范围。原因可能是多种代谢紊乱引起的糖毒性、脂毒性、胰岛素抵抗、氧化应激及脂质、糖基化代谢产物在心肌内及间质沉积等病理生理学改变^[12]。T2DM 合并多种代谢因素控制不佳,加重了糖基化代谢产物在心肌及间质沉积,加快了心肌纤维化和心肌肥大等病变的进展,使心肌多个方向的收缩能力受到损害。多种代谢紊乱对左室结构和功能的累加性负向影响已有报道。Jørgensen 等^[13]观察到,随着代谢因素控制不佳的负荷增加,左室重构加剧,左室 GLS、GCS 明显下降。

研究表明,高血压、肥胖、HbA1c、蛋白尿、高血脂与左室重构和以斑点追踪技术评价的左室收缩功能障碍相关^[14-18]。本研究结果再次证实,代谢综合征中的所有代谢因素均对左室心肌应变有影响,而 BMI 更是一个强有力的影响因素。肥胖可导致血容量增大、外周血管阻力降低、心率增快,这些共同导致了每搏输出量的升高,最终表现为容量和压力负荷同时增加。容量和压力负荷升高可进一步增加心肌细胞尺寸、心肌细胞容积,改变胶原蛋白基质的成分,最终导致左室肥厚^[19]。左室肥厚常伴有不同程度的亚临床收缩功能障碍。既往研究

表明,无论何种原因导致的左室肥厚均伴随着左室应变的减低,不仅在高血压病中如此,在酒精性心肌病和尿毒症中也如此^[20-21]。即使在力量训练的运动员中,明显的左室生理性肥厚也会导致所有方向应变明显的下降^[22]。韩红生等^[23]发现 HbA1c 与左室应变存在明显的相关性。然而,在本研究进行多因素调整后,这种相关性并不明显,可能是因为本研究中的 T2DM 患者均接受了综合治疗,特别是强化的降糖治疗,影响了 HbA1c 水平,导致了这种相关性减弱。

本研究的局限性:首先,作为回顾性病例分析研究,旨在判断代谢因素控制不佳对 T2DM 对心肌的影响,但纳入的样本量较小,后期仍需加大样本量来进一步验证现有结论;其次,三维斑点追踪成像对心内膜、心外膜的边界清晰度要求较高,手动调节得出的测量值可能会产生一定的误差。

综上所述,在 T2DM 患者中,代谢因素控制良好者仅有左室舒张功能减低;代谢因素控制不佳的负荷增加与左室重构和收缩功能降低有关。

参考文献

- [1] Carbone S, Lavie CJ, Elagizi A, et al. The impact of obesity in heart failure[J]. *Heart Fail Clin*, 2020, 16(1):71-80.
- [2] Klajda MD, Scott CG, Rodeheffer RJ, et al. Diabetes mellitus is an independent predictor for the development of heart failure; A population study[J]. *Mayo Clin Proc*, 2020, 95(1):124-133.
- [3] Varbo A, Nordestgaard BG. Nonfasting triglycerides, low-density lipoprotein cholesterol, and heart failure risk: Two cohort studies of 113 554 individuals[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2018, 38(2):464-472.
- [4] Slivnick J, Lampert BC. Hypertension and heart failure[J]. *Heart Fail Clin*, 2019, 15(4):531-541.
- [5] 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)[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2021, 37(4):311-398.
- [6] 中国成人心力衰竭超声心动图规范化检查专家共识[J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(5):422-436.
- [7] Wang Q, Tan K, Xia H, et al. Left ventricular structural alterations are accompanied by subclinical systolic dysfunction in type 2 diabetes mellitus patients with concomitant hyperlipidemia: An analysis based on 3D speckle tracking echocardiography[J]. *Echocardiography*, 2018, 35(7):965-974.
- [8] 温德惠, 赵艳杰, 郑英娟, 等. 三维斑点追踪技术评价2型糖尿病合并颈动脉斑块患者左心室收缩功能的研究[J]. *临床心血管病杂志*, 2019, 35(10):934-939.
- [9] 周小玲, 田新桥, 胡路路, 等. 三维斑点追踪成像评价短期胰岛素泵治疗对2型糖尿病患者左心室收缩功能的改善作用[J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25(2):116-121.
- [10] Leung M, Wong VW, Hudson M, et al. Impact of improved glycemic control on cardiac function in type 2 diabetes mellitus[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2016, 9(3):e003643.
- [11] Liu JH, Chen Y, Yuen M, et al. Incremental prognostic value of global longitudinal strain in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2016, 15:22.
- [12] 位晨晨, 钟明. 糖尿病心肌病的发病机制[J]. *心血管病学进展*, 2020, 41(2):135-139.
- [13] Jørgensen PG, Jensen MT, Biering-Sørensen T, et al. Burden of uncontrolled metabolic risk factors and left ventricular structure and function in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7(19):e008856.
- [14] Tadic M, Sala C, Carugo S, et al. Myocardial strain in hypertension: a meta-analysis of two-dimensional speckle tracking echocardiographic studies[J]. *J Hypertens*, 2021, 39(10):2103-2112.
- [15] Doğduş M, Kılıç S, Vuruşkan E. Evaluation of subclinical left ventricular dysfunction in overweight people with 3D speckle-tracking echocardiography[J]. *Anatol J Cardiol*, 2019, 21(4):180-186.
- [16] Li S, Zheng Z, Tang X, et al. Impact of HbA1c variability on subclinical left ventricular remodeling and dysfunction in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Clin Chim Acta*, 2020, 502:159-166.
- [17] Jørgensen PG, Biering-Sørensen T, Mogelvang R, et al. Presence of micro- and macroalbuminuria and the association with cardiac mechanics in patients with type 2 diabetes[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(9):1034-1041.
- [18] Wang Q, Tan K, Xia H, et al. Left ventricular structural alterations are accompanied by subclinical systolic dysfunction in type 2 diabetes mellitus patients with concomitant hyperlipidemia: An analysis based on 3D speckle tracking echocardiography[J]. *Echocardiography*, 2018, 35(7):965-974.
- [19] 解頔, 陈文佳, 尹新华. 肥胖相关左心室肥厚的研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2019, 40(4):637-640.
- [20] 王玥, 苏雁欣. 酒精性心肌病超声诊断的研究进展[J]. *医学综述*, 2020, 26(21):4328-4332.
- [21] Chen R, Wu X, Shen LJ, et al. Left ventricular myocardial function in hemodialysis and nondialysis uremia patients: a three-dimensional speckle-tracking echocardiography study[J]. *PLoS One*, 2014, 9(6):e100265.
- [22] 李莉锦, 滑少华, 孙梦娇, 等. 三维斑点追踪技术与相对室壁厚度对力量型运动员左室收缩功能的相关性研究[J]. *中国超声医学杂志*, 2017, 33(6):508-511.
- [23] 韩红生, 郑哲岚, 王群苹, 等. 二维斑点追踪技术评价2型糖尿病合并微血管病变患者左心室收缩功能的价值[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2018, 15(3):178-183.

(收稿日期:2021-06-27;修回日期:2021-10-07)