

# 糖尿病患者动脉弹性与心血管耦联关系的初步研究

吴凌恒 陈建雄 张梦娇 沙 蕾 曹萌萌 沈崔琴 杜联芳 李朝军

**摘要** **目的** 探讨2型糖尿病(T2DM)患者动脉弹性与心血管耦联的关系。**方法** 选取T2DM患者87例,依据是否合并高血压分为血压正常组(DM组)61例和合并高血压组(DM+HBP组)26例,另选无糖尿病及心脑血管病史的住院患者54例为对照组。分别获取各组血压[肱动脉收缩压、肱动脉舒张压、中心动脉收缩压、中心动脉脉压]和动脉弹性参数[动脉波速指数(AVI)、动脉压力容积指数(API)];应用超声心动图获取左室容积参数,计算心血管耦联参数[有效动脉弹性(Ea)、左室收缩末期弹性(Ees)及心血管耦联指数(VVI)],比较各组上述参数的差异。采用Spearman相关分析法分析动脉弹性参数与心血管耦联参数的关系。**结果** 与DM组和对照组比较,DM+HBP组肱动脉收缩压、肱动脉舒张压、中心动脉收缩压和中心动脉脉压均升高,AVI、API和Ea均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );各组Ees和VVI两两比较,差异均无统计学意义。相关性分析显示,Ea与年龄、肱动脉收缩压、中心动脉收缩压、中心动脉脉压、AVI均呈正相关,与e/a呈负相关(均 $P<0.05$ );Ees与肱动脉收缩压、中心动脉收缩压、AVI均呈正相关(均 $P<0.05$ )。**结论** T2DM合并高血压患者动脉弹性和心室弹性同步增大,二者匹配耦联;增大的动脉弹性参数与心血管耦联参数呈正相关。

**关键词** 超声心动描记术;动脉弹性;糖尿病,2型;心血管耦联;高血压

[中图分类号]R540.45;R587.1

[文献标识码]A

## A preliminary study of the relationship between novel arterial stiffness and cardiovascular coupling in diabetes mellitus patients

WU Lingheng, CHEN Jianxiong, ZHANG Mengjiao, SHA Lei, CAO Mengmeng, SHEN Cuiqin, DU Lianfang, LI Zhaojun

Department of Ultrasound, Mindong Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Fujian 355000, China

**ABSTRACT** **Objective** To explore the relationship between novel arterial stiffness and cardiovascular coupling in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). **Methods** A total of 87 patients with T2DM were selected and divided into a normal blood pressure group (DM group) of 61 cases and a hypertensive group (DM+HBP group) of 26 cases according to whether they were complicated with hypertension. Fifty-four subjects without the history of diabetes mellitus and cardiovascular disease were in the control group. Brachial artery systolic pressure, brachial artery diastolic pressure, central arterial systolic pressure, central arterial pulse pressure, and arterial elasticity parameters [arterial wave velocity index (AVI), arterial pressure-volume index (API)] were measured in each group. Left ventricular volume parameters were obtained by echocardiography, cardiovascular coupling parameters [effective arterial elasticity (Ea), left ventricular end-systolic elasticity (Ees) and cardiovascular coupling index (VVI)] were calculated, the differences of the above parameters in each group was compared. Spearman correlation analysis was used to analyze the relationship between arterial elasticity parameters and cardiovascular coupling parameters. **Results** Compared with DM group and the control group, the systolic blood pressure, diastolic blood pressure, central arterial systolic blood pressure and central arterial pulse pressure, AVI, API and Ea were increased in the DM+HBP group (all  $P<0.05$ ), but Ees and VVI were not statistically significant difference among the three groups. Ea was positively correlated with age, systolic blood pressure, central arterial systolic blood pressure, central arterial pulse pressure and AVI, and

基金项目:上海市自然科学基金项目(21ZR1451400);上海市嘉定区卫生和计划生育委员会基金项目(2021-KY-10);上海市嘉定区江桥医院“科技计划”项目(202127A)

作者单位:355000 福建省宁德市,福建医科大学附属闽东医院超声科(吴凌恒、陈建雄);潍坊医学院影像医学系(张梦娇);上海市第一人民医院嘉定分院超声科(沙蕾、曹萌萌、沈崔琴);上海交通大学附属第一人民医院超声影像科(杜联芳、李朝军)

通讯作者:李朝军,Email:lzj\_1975@sina.com

negatively correlated with  $e/a$  (all  $P < 0.05$ ).  $E_{es}$  was positively correlated with systolic blood pressure, central arterial systolic blood pressure and AVI (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** Arterial stiffness and ventricular stiffness increase in parallel in diabetic patients, and the two are matched coupled, increased novel arterial stiffness indices positively correlates with the indices of ventricular-vascular coupling.

**KEY WORDS** Echocardiography; Arterial elasticity; Diabetes mellitus, type 2; Cardiovascular coupling; Hypertension

近年来我国 2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 发病率不断升高<sup>[1]</sup>, 患者发生心脏和大血管疾病的概率是普通人群的 3~5 倍以上, 且合并高血压者发生概率更高, 危害更大<sup>[2]</sup>。T2DM 可导致反映心肌弹性的参数如左室收缩末期弹性 ( $E_{es}$ ) 和有效动脉弹性 ( $E_a$ ) 同时增大, 即心脏与血管弹性匹配、功能耦联 (又称心血管耦联匹配); 亦可导致二者先后增大, 即弹性失匹配、功能脱耦联<sup>[3]</sup>。正常情况下, 心血管耦联相匹配, 此时心血管耦联指数 (VVI) 处于正常范围 (0.3~1.3), 心脏的每搏功大, 心肌做功效率高, 耗氧量小; 而心血管脱耦联时,  $VVI < 0.3$  或  $> 1.3$ , 心脏的每搏功小, 心肌做功效率低, 耗量大<sup>[3]</sup>。既往对心血管耦联的评价主要基于心导管或超声心动图, 前者有创且操作复杂, 后者对  $E_a$  的评估为间接指标, 临床应用有限。研究<sup>[4]</sup>表明, 动脉波速指数 (AVI) 作为评估动脉僵硬度的直接指标, 可以反映大动脉弹性和心脏功能, 而动脉压力容积指数 (API) 能有效评估心脏和外周中小动脉僵硬度, 预测心脑血管事件的发生。AVI 联合 API 有望通过直接评估动脉弹性从而评估心血管耦联, 但目前涉及该方面的研究报道较少。本研究初步探讨了 T2DM 患者动脉弹性参数 (AVI、API) 与心血管耦联参数的关系, 旨在为早期监测 T2DM 患者心脏做功效能提供一个新视角。

### 资料与方法

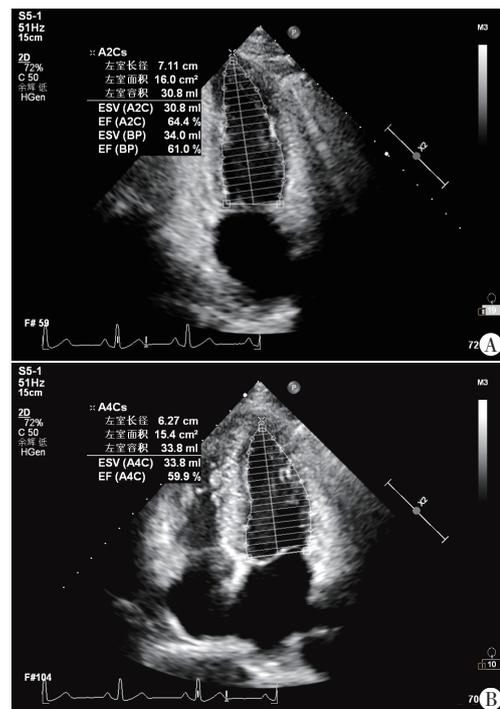
#### 一、研究对象

选取 2021 年 6 月至 2022 年 3 月上海市第一人民医院嘉定分院内分泌科收治的 T2DM 患者 87 例, 男 51 例, 女 36 例, 年龄 28~80 岁。依据是否合并高血压分为: 血压正常组 (DM 组) 61 例和合并高血压组 (DM+HBP 组) 26 例。纳入标准: ①年龄 18~80 岁; ②T2DM 根据《中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)》<sup>[5]</sup> 确诊, 高血压根据《中国高血压防治指南 (2018 年修订版)》<sup>[6]</sup> 确诊; ③无心、脑血管病史。排除标准: ①年龄  $< 18$  岁或  $> 80$  岁; ②合并冠状动脉粥样硬化性心脏病、脑卒中或心力衰竭; ③心律失常; ④近期有活动性出血史, 或伴严重肝、肾、肺部疾病或恶性肿瘤。另选同

期无糖尿病及心脑血管病史的住院患者 54 例为对照组, 男 32 例, 女 22 例, 年龄 34~75 岁, 平均 (54.85±10.62) 岁。本研究经上海市第一人民医院医学伦理委员会批准, 所有受试者均签署知情同意书。

#### 二、仪器与方法

1. 超声心动图检查: 使用 Philips EPIQ 7 彩色多普勒超声诊断仪, S5-1 心脏探头, 频率 1~5 MHz。受试者取左侧卧位, 平静呼吸, 同步连接心电图, 行常规超声心动图获取左室舒张末期室间隔厚度 (IVSd)、左室舒张末期后壁厚度 (LVPWd)、左室舒张末期内径 (LVDd)、左室收缩末期内径 (LVDs)、左室短轴缩短率 (LVFS)、二尖瓣舒张早期峰值流速与二尖瓣环舒张早期运动速度比值 ( $E/e$ )、二尖瓣环舒张早期与舒张晚期运动速度比值 ( $e/a$ ); 采用双平面 Simpson 法测量左室容积参数, 包括左室舒张末期容积 (LVEDV)、左室收缩末期容积 (LVESV)、每搏量 (SV)、左室射血分数 (LVEF), 计算心排出量 (CO)、心脏指数 (CI)。见图 1。然后计算  $E_a$  和  $E_{es}$ , 二者比



A: 左室心尖两腔心切面; B: 左室心尖四腔心切面

图 1 基于双平面 Simpson 法测量左室容积参数示意图

值即为 VVI, 公式<sup>[7]</sup>为: 左室收缩末压 (ESP) = 0.9 × SBP,  $E_a = ESP/SV$ ,  $E_{es} = ESP/(LVESV - V_0)$ , 其中  $V_0$  为收缩末压为 0 时测得的左室容积。以上操作均由同一具有 10 年以上心脏超声检查经验的医师完成, 所有参数均重复测量 3 次, 取平均值。

2. 动脉弹性检查: 使用日本 PASESA Ave-2000Pro 便携式动脉脉波检测仪。受试者取端坐位, 静息 5 min, 录入受试者一般信息后启动仪器, 自动获取肱动脉收缩压 (SBP)、肱动脉舒张压 (DBP)、中心动脉收缩压 (CSBP)、中心动脉脉压 (CAPP)、AVI 和 API。以上操作由经过专业培训的操作人员完成, 测量 1 周后, 随机抽取 15 例研究对象, 由同一检查者再次测量 AVI 和 API, 检验其重复性。

3. 临床资料获取: 收集受试者基线资料及病史。受试者均于清晨空腹采静脉血, 检测总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL)、空腹血糖 (FBG) 和糖化血红蛋白 (HbA1c)。

### 三、统计学处理

应用 SPSS 23.0 统计软件, 正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 多组比较采用单因素方差分析, 组间两两比较采用 LSD-*q* 检验; 偏态分布的计量资料以  $M(Q_1, Q_3)$  表示, 多组比较采用 Kruskal-Wallis 检验, 组间两两比较采用 Bonferroni 法。计数资料以例或率表示, 采用  $\chi^2$  检验。重复性检验采用 Bland-Altman 法和线性回归分析法。相关性分析采用 Spearman 相关分析法。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、各组临床资料比较

与对照组比较, DM 组和 DM+HBP 组年龄更大, SBP、FBG 和 HbA1c 均升高, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ); 且 DM+HBP 组 SBP 高于 DM 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。与对照组和 DM 组比较, DM+HBP 组 DBP、CSBP、CAPP 均升高, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。各组性别比、身高、体质量、脉搏、TC、TG、HDL 和 LDL 比较, 差异均无统计学意义。见表 1。

表 1 各组临床资料比较

组别	女/男(例)	年龄(岁)	身高(cm)	体质量(kg)	SBP(mm Hg)	DBP(mm Hg)	脉搏(次/min)	CSBP(mm Hg)
对照组	22/32	54.85±10.62	164.83±8.12	63.28±11.15	123.76±13.88	78.19±11.13	80.07±12.81	123.70±13.97
DM 组	25/36	60.74±11.00*	165.15±7.58	65.25±13.48	131.51±12.41*	78.98±9.98	78.63±12.08	125.20±13.47
DM+HBP 组	11/15	63.96±10.88*	165.86±9.01	70.07±14.33	165.46±25.03**	87.04±17.12**	80.79±14.35	138.32±18.37**
H/F $\chi^2$ 值	0.037	7.670	0.148	2.599	33.517	3.127	0.327	10.054
P值	0.981	<0.01	0.862	0.078	<0.01	0.051	0.722	<0.01
组别	CAPP(mm Hg)	TC(mmol/L)	TG(mmol/L)	HDL(mmol/L)	LDL(mmol/L)	FBG(mmol/L)	HbA1c(%)	
对照组	42.07±12.89	4.30±1.04	1.17(0.70, 1.81)	1.10±0.30	2.85±0.96	5.16±0.87	5.31±0.82	
DM 组	44.05±8.97	4.46±1.35	1.45(1.03, 2.06)	1.02±0.37	2.85±1.14	7.42±3.20*	8.23±2.89*	
DM+HBP 组	53.43±15.29**	4.39±1.54	1.35(1.07, 1.72)	0.95±0.28	2.67±1.21	7.91±2.29*	8.56±2.61*	
H/F $\chi^2$ 值	5.742	0.281	4.334	2.065	0.360	30.274	45.241	
P值	0.005	0.756	0.115	0.131	0.698	<0.01	<0.01	

与对照组比较, \* $P < 0.05$ ; 与 DM 组比较, \*\* $P < 0.05$ 。SBP: 肱动脉收缩压; DBP: 肱动脉舒张压; CSBP: 中心动脉收缩压; CAPP: 中心动脉脉压; TC: 总胆固醇; TG: 甘油三酯; HDL: 高密度脂蛋白胆固醇; LDL: 低密度脂蛋白胆固醇; FBG: 空腹血糖; HbA1c: 糖化血红蛋白。1 mm Hg=0.133 kPa

### 二、各组心脏结构和功能参数、动脉弹性参数及心血管耦联参数比较

各组心脏结构和功能参数、动脉弹性参数及心血管耦联参数比较见表 2。

1. 心脏结构参数比较: 与对照组比较, DM 组和 DM+HBP 组 IVSd、LVESV 均增大, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。与对照组和 DM 组比较, DM+HBP 组 LVPWd 增大, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。各组 LVDd、LVDs、LVEDV 比较, 差异均无统计学意义。

2. 心脏功能参数比较: 与对照组比较, DM 组和

DM+HBP 组 E/e、e/a 均增大, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。各组 SV、CO、CI、LVEF 和 LVFS 比较, 差异均无统计学意义。

3. 动脉弹性参数比较: 与对照组和 DM 组比较, DM+HBP 组 AVI 和 API 均增大, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ); 对照组与 DM 组 AVI 和 API 比较差异均无统计学意义。

4. 心血管耦联参数比较: 与对照组和 DM 组比较, DM+HBP 组  $E_a$  增大, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。各组  $E_{es}$  和 VVI 比较, 差异均无统计学意义。

表 2 各组心脏结构和功能参数、动脉弹性参数及心血管耦联参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	心脏结构参数						心血管耦联参数		
	IVSd(mm)	LVPWd(mm)	LVDd(mm)	LVDs(mm)	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	Ea(mm Hg/ml)	Ees(mm Hg/ml)	VVI
对照组	8.61±1.02	8.52±0.94	45.62±4.13	29.27±3.67	74.16±22.78	29.40±10.42	2.79±0.89	4.16±1.49	0.70±0.22
DM 组	9.39±1.34*	8.77±1.25	45.38±4.96	28.43±3.48	78.11±25.49	33.39±12.58*	2.93±0.98	3.99±1.58	0.76±0.21
DM+HBP 组	9.66±1.68*	9.44±1.35**	45.84±4.29	29.68±3.15	81.47±16.74	35.90±10.43*	3.47±1.05**	4.52±1.59	0.77±0.19
$F\chi^2$ 值	8.758	5.791	0.108	1.511	1.003	3.383	4.672	1.111	1.437
P 值	<0.01	0.004	0.898	0.224	0.369	0.037	0.011	0.332	0.241

组别	心脏功能参数						动脉弹性参数		
	SV(ml)	CO(L)	CI(L·min <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )	E/e	e/a	LVEF	LVFS(%)	AVI	API
对照组	43.12±13.22	3.46±1.14	2.08±6.00	6.52±1.64	1.12±0.42	0.59±0.07	34.81±4.64	15.67±5.97	28.78±7.17
DM 组	44.72±14.82	3.50±1.13	2.07±6.64	7.92±2.80*	0.86±0.43*	0.58±0.07	36.87±4.30	17.29±4.96	29.35±5.58
DM+HBP 组	45.56±10.91	3.69±1.14	2.10±5.65	8.78±3.52*	0.70±0.22*	0.56±0.08	35.75±3.35	19.82±5.03**	33.50±7.13**
$F\chi^2$ 值	0.372	0.415	0.013	9.079	17.105	1.730	3.050	5.526	5.253
P 值	0.690	0.661	0.987	<0.01	<0.01	0.181	0.053	0.005	0.006

与对照组比较, \* $P<0.05$ ; 与 DM 组比较, \*\* $P<0.05$ 。IVSd: 左室舒张末期室间隔厚度; LVPWd: 左室舒张末期后壁厚度; LVDd: 左室舒张末期径; LVDs: 左室收缩末期径; LVEDV: 左室舒张末期容积; LVESV: 左室收缩末期容积; Ea: 有效动脉弹性; Ees: 左室收缩末期弹性; VVI: 心血管耦联指数; SV: 每搏量; CO: 心排出量; CI: 心脏指数; E/e: 二尖瓣舒张早期峰值流速与二尖瓣环舒张早期运动速度比值; e/a: 二尖瓣环舒张早期与舒张晚期运动速度比值; LVEF: 左室射血分数; LVFS: 左室短轴缩短率; AVI: 动脉波速指数; API: 动脉压力容积指数

### 三、相关性分析

相关性分析显示, Ea 与年龄、SBP、CSBP、CAPP、AVI 均呈正相关(均  $P<0.05$ ), 与 e/a 呈负相关( $P<0.05$ ); Ees 与 SBP、CSBP 和 AVI 均呈正相关(均  $P<0.05$ )。见表 3。

表 3 动脉弹性参数与心脏血管耦联参数的相关性分析

参数	Ea		Ees		VVI	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
年龄	0.211	0.012	0.147	0.085	0.059	0.487
SBP	0.430	<0.01	0.264	0.002	0.079	0.352
CSBP	0.220	0.009	0.186	0.029	-0.036	0.671
CAPP	0.218	0.010	0.163	0.056	-0.027	0.751
E/e	0.157	0.064	0.057	0.505	0.111	0.194
e/a	-0.248	0.003	-0.087	0.314	-0.180	0.036
AVI	0.200	0.018	0.173	0.043	-0.090	0.293
API	0.117	0.168	0.022	0.800	0.060	0.482

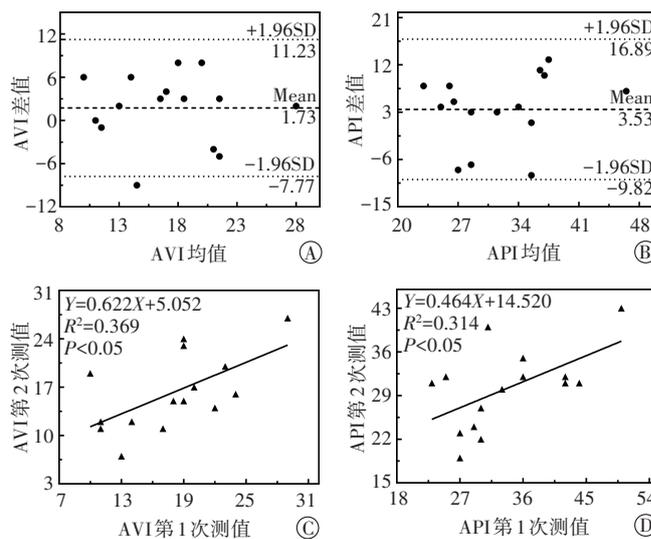
Ea: 有效动脉弹性; Ees: 左室收缩末期弹性; VVI: 心血管耦联指数; SBP: 肱动脉收缩压; CSBP: 中心动脉收缩压; CAPP: 中心动脉脉压; E/e: 二尖瓣舒张早期峰值流速与二尖瓣环舒张早期运动速度比值; e/a: 二尖瓣环舒张早期与舒张晚期运动速度比值; AVI: 动脉波速指数; API: 动脉压力容积指数

### 四、重复性检验

Bland-Altman 散点图显示, AVI 和 API 两次测值的一致性均较好。线性回归分析显示, AVI 和 API 两次测值均呈线性相关( $R^2=0.369, 0.314$ , 均  $P<0.05$ )。见图 2。

### 讨 论

心肌和血管均是糖尿病的靶器官, 二者可先后受



A: AVI 的 Bland-Altman 散点图; B: API 的 Bland-Altman 散点图; C: AVI 的线性关系图; D: API 的线性关系图

图 2 同一检查者两次测量 AVI、API 的 Bland-Altman 散点图及线性关系图

累亦可同时耦联发病。经典的心血管耦联评估主要基于 Ea、Ees 及 VVI, 其中 Ea 反映全身动脉阻力的总合, 是心脏的后负荷<sup>[8]</sup>; Ees 反映心室收缩力, 受到心室几何形状及僵硬度的影响<sup>[9]</sup>。正常情况下, VVI 处于正常范围, 称为心血管耦联。本研究结果显示, 与对照组和 DM 组比较, DM+HBP 组 Ea、AVI 和 API 均增大(均  $P<0.05$ ), 而 Ees 和 VVI 变化不明显, 提示合并高血压的 T2DM 患者全身血管总阻力增加, 动脉受累早于心室收缩末期弹性改变, 但心室和血管弹性尚处于匹

配耦联状态。长期的慢性高血压、高血糖可导致动脉僵硬增加、心室后负荷增加,从而改变心脏、血管的匹配关系,这种慢性的血管重构需要心脏克服心室后负荷,增加心室僵硬,以达到心室与血管匹配。研究<sup>[10]</sup>发现高血压患者心室舒张弹性损伤早于收缩弹性损伤,在Ees变化不明显的情况下,动脉与心室舒张弹性变化相互匹配耦联,保持心脏的搏出功能。Jentzer等<sup>[11]</sup>以三尖瓣环收缩期组织多普勒峰值流速代表右室弹性,以右室收缩压代表肺动脉弹性,通过二者比值评估右室与肺动脉弹性匹配功能,即右心血管耦联,结果发现在调整了右室收缩及舒张功能影响后,该值降低仍与患者死亡率增加密切相关,提示右室-肺动脉耦联受损为慢性心脏病不良预后的重要因素。

但经典的心血管耦联参数存在一定的局限性。近年一项欧洲共识<sup>[12]</sup>指出,LVEF保留的心力衰竭患者Ea和Ees同时增大时,VVI可表现为正常。研究<sup>[13-14]</sup>表明脉搏波传播速度(PWV)是评估动脉僵硬度的金标准,左室整体纵向应变(GLS)为评估左室功能的新指标,与外周动脉弹性、阻力及心肌功能有关,二者比值较VVI与亚临床动脉硬化和心室舒张功能参数的相关性更高,有望成为评估心血管耦联的替代参数,更好地描述和量化心脏-血管耦联及相应器官受损状态。本课题组尝试采用新的反映血管僵硬度的参数(AVI和API)并评估其与心血管耦联参数的关系,结果发现糖尿病合并高血压患者AVI和API均增大,且增大的AVI与Ea、Ees具有相关性,提示应用AVI有望评估心血管耦联关系。既往研究<sup>[15-16]</sup>表明AVI和API反映了不同类型动脉的弹性,基于前臂袖带震荡波计算动脉压力-容积关系获取,较PWV的获取更简便,可为评估心血管耦联提供更多信息。其中AVI可作为PWV的替代指标,为建立早期监测心脏-血管耦联提供一个新方向<sup>[17]</sup>,但其能否与GLS或其他心室收缩参数联合成为临床工作中评估心脏做功效能的新方法,有待进一步探索。

本研究结果显示,DM+HBP组CSBP、CAPP均高于DM组和对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。中心动脉压较肱动脉血压能更直接地反映心脏后负荷,从而预测心血管事件的发生。既往研究<sup>[18]</sup>发现肱动脉血压与中心动脉压存在不平行现象,依据肱动脉压水平管理高血压患者,脑血管事件发生率降低,但心血管事件发生率下降不明显。分析原因可能为高血压患者动脉僵硬增加,PWV增大,导致中心动脉的压力反射波叠加在前向波的收缩支,使CSBP和

CAPP升高、中心动脉舒张压减低。CSBP是心脏的后负荷,其增大可导致心肌氧耗增加;中心动脉舒张压维持冠状动脉供血,其降低可导致心肌灌注不良,进而导致心血管事件的发生。本研究也发现合并高血压的T2DM患者中心动脉压与SBP存在不平行现象,有待后续进一步研究。且本研究AVI、API、CSBP和CAPP均为一站式获得,更加方便、快捷,有助于临床应用。

本研究的局限性:①纳入的Ea、Ees通过超声心动图无创测量,与金标准心导管压力-容积曲线获得的测值存在差异,可能影响Ea与AVI的相关性研究结果;②本研究中所有超声测值均由同一超声医师测量,存在测量偏倚;③AVI和Ea、Ees均相关,但相关系数较低,分析原因可能为方法学上的差异导致各参数反映的生理特征不同,加之样本量小所致,有待今后大样本的研究加以验证。

综上所述,T2DM合并高血压患者动脉弹性和心室弹性同步增大,二者匹配耦联,增大的动脉弹性参数与心血管耦联参数均呈正相关。本研究为探索反映心血管耦联状态提供一个新视角,有望为社区人群全生命周期监测心血管耦联提供可能。

#### 参考文献

- [1] Ma RCW. Epidemiology of diabetes and diabetic complications in China[J]. *Diabetologia*, 2018, 61(6):1249-1260.
- [2] Dal Canto E, Ceriello A, Rydén L, et al. Diabetes as a cardiovascular risk factor: an overview of global trends of macro and micro vascular complications[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2019, 26(2\_suppl):25-32.
- [3] Li ZJ, Du LF, Luo XH. Evaluation of ventricular-vascular coupling in patients with type 2 diabetes mellitus using 2-dimensional speckle tracking imaging[J]. *J Huazhong Univ Sci Technol Med Sci*, 2014, 34(6):929-934.
- [4] Okamoto M, Nakamura F, Musha T, et al. Association between novel arterial stiffness indices and risk factors of cardiovascular disease[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2016, 16(1):211.
- [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]. *国际内分泌代谢杂志*, 2021, 41(5):482-548.
- [6] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中华医学会心血管病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. *中国心血管杂志*, 2019, 24(1):24-56.
- [7] Kass DA, Kelly RP. Ventriculo-arterial coupling: concepts, assumptions, and applications[J]. *Ann Biomed Eng*, 1992, 20(1):41-62.
- [8] Sunagawa K, Sagawa K, Maughan WL. Ventricular interaction with the loading system[J]. *Ann Biomed Eng*, 1984, 12(2):163-189.
- [9] Borlaug BA, Lam CS, Roger VL, et al. Contractility and ventricular systolic stiffening in hypertensive heart disease insights into the

pathogenesis of heart failure with preserved ejection fraction[J]. J Am Coll Cardiol, 2009, 54(5):410-418.

[10] 赵丽, 苏璇, 宋晓蕾, 等. 左心室心肌做功参数评估原发性高血压患者左心室功能[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(4):520-525.

[11] Jentzer JC, Anavekar NS, Reddy YNV, et al. Right ventricular pulmonary artery coupling and mortality in cardiac intensive care unit patients[J]. J Am Heart Assoc, 2021, 10(7):e019015.

[12] Ikonomidis I, Aboyans V, Blacher J, et al. The role of ventricular-arterial coupling in cardiac disease and heart failure: assessment, clinical implications and therapeutic interventions. A consensus document of the European Society of Cardiology Working Group on aorta & peripheral vascular diseases, european association of cardiovascular imaging, and heart failure association[J]. Eur J Heart Fail, 2019, 21(4):402-424.

[13] Lambadiari V, Pavlidis G, Kousathana F, et al. Effects of different antidiabetic medications on endothelial glycocalyx, myocardial function, and vascular function in type 2 diabetic patients: one year

follow-up study[J]. J Clin Med, 2019, 8(7):983.

[14] Ikonomidis I, Katsanos S, Triantafyllidi H, et al. Pulse wave velocity to global longitudinal strain ratio in hypertension[J]. Eur J Clin Invest, 2019, 49(2):e13049.

[15] Komine H, Asai Y, Yokoi T, et al. Non-invasive assessment of arterial stiffness using oscillometric blood pressure measurement[J]. Biomed Eng Online, 2012, 11(1):6.

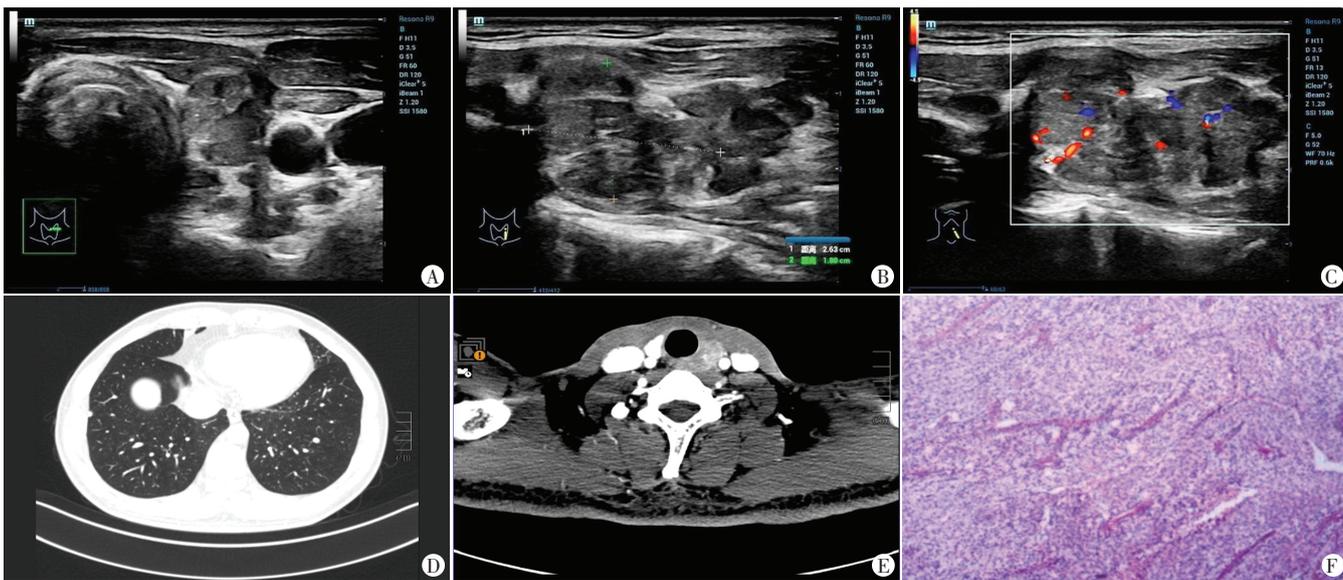
[16] 张絮洁, 章亚平, 殷兆芳, 等. 基于上臂袖带振荡波估测动脉僵硬度的理论方法及临床实验[J]. 中国医疗设备, 2018, 33(4):22-28, 17.

[17] 王夕富, 沙蕾, 陈晴晴, 等. 基于上臂袖带振荡波评估动脉僵硬度的新指标及其影响因素[J]. 海南医学, 2022, 33(6):692-695.

[18] Zuo J, Chang G, Tan I, et al. Central aortic pressure improves prediction of cardiovascular events compared to peripheral blood pressure in short-term follow-up of a hypertensive cohort [J]. Clin Exp Hypertens, 2020, 42(1):16-23.

(收稿日期:2022-08-19)

(上接第 258 页)



A、B: 颈部超声横切面和纵切面示甲状腺左叶区域及颈部多发低回声结节, 最大者约 26 mm×18 mm×13 mm; C: CDFI 于结节内探及丰富血流信号; D: 胸部平扫 CT 示双肺多发小结节, 最大者约 5 mm×5 mm, 位于右肺下叶近胸膜处; E: 颈部增强 CT 示甲状腺左叶区域结节考虑恶性肿瘤, 颈部多发淋巴结考虑转移淋巴结; F: 病理图示左颈部结节由异形肿瘤细胞团巢构成, 肿瘤细胞胞浆空亮, 形态较一致, 间质血管丰富, 纤维组织增生并分隔肿瘤细胞呈巢团状排列(HE 染色, ×40)

图 1 NFPC 超声、CT 及病理图

参考文献

[1] Wei CH, Harari A. Parathyroid carcinoma: update and guidelines for management[J]. Curr Treat Options Oncol, 2012, 13(1):11-23.

[2] Al-Kurd A, Mekel M, Mazeh H. Parathyroid carcinoma [J]. Surg Oncol, 2014, 23(2):107-114.

[3] Spinelli C, Bonadio AG, Berti P, et al. Cutaneous spreading of parathyroid carcinoma after fine needle aspiration cytology [J].

J Endocrinol Invest, 2000, 23(4):255-257.

[4] Guilmette J, Sadow PM. Parathyroid pathology [J]. Surg Pathol Clin, 2019, 12(4):1007-1019.

[5] Ratniece M, Tauvena E, Pavlovics S, et al. Large parathyroid tumor 8 years after thyroid surgery: a case report [J]. Case Rep Oncol, 2022, 15(2):528-534.

(收稿时间:2022-09-22)