

四维自动左房定量技术评估糖尿病肾病患者 心功能障碍的临床价值

文 雅 郑小叶 刘韦华 谢 晴 周 琦

摘 要 **目的** 探讨四维自动左房定量技术(4D-LAQ)评估糖尿病肾病患者心功能障碍的临床价值。**方法** 选取我院收治的糖尿病肾病患者 120 例,根据是否合并心功能障碍分为心功能障碍组 51 例和无心功能障碍组 69 例,另选同期健康体检者 50 例为对照组,比较各组 4D-LAQ 参数包括左房最大和最小容积(LAV_{max}、LAV_{min})、容积最大指数(LAVI_{max})、收缩前容积(LAV_{preA})、总排空分数(LAEF)、收缩期纵向应变(LAS_{ct})、管道期纵向应变(LAS_{cd})、储备期纵向应变(LAS_r)、整体径向应变(4D-GRPS)和整体纵向应变(4D-GLPS)的差异。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 4D-LAQ 参数评估糖尿病肾病患者心功能障碍的诊断效能。**结果** 与对照组比较,心功能障碍组和无心功能障碍组 LAV_{max}、LAV_{min}、LAVI_{max}、LAV_{preA} 均增高, LAEF、LAS_{ct}、LAS_{cd}、LAS_r、4D-GLPS、4D-GRPS 均减低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与无心功能障碍组比较,心功能障碍组 LAV_{max}、LAV_{min}、LAVI_{max}、LAV_{preA} 均增高, LAEF、LAS_{ct}、LAS_{cd}、LAS_r、4D-GLPS、4D-GRPS 均减低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。ROC 曲线分析显示, LAV_{max}、LAV_{min}、LAVI_{max}、LAV_{preA}、LAEF、LAS_{ct}、LAS_{cd}、LAS_r、4D-GRPS 和 4D-GLPS 评估糖尿病肾病患者心功能障碍的曲线下面积分别为 0.764、0.649、0.778、0.649、0.666、0.632、0.776、0.697、0.842 和 0.865。**结论** 4D-LAQ 在评估糖尿病肾病患者心功能障碍中具有较高的临床价值。

关键词 四维自动左房定量技术;糖尿病肾病;心功能障碍

[中图分类号]R540.45

[文献标识码]A

Clinical value of four-dimensional automatic left atrial quantification in the evaluation of cardiac dysfunction in patients with diabetic nephropathy

WEN Ya, ZHENG Xiaoye, LIU Weihua, XIE Qing, ZHOU Qi

Medical Ultrasound Laboratory, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, China

ABSTRACT **Objective** To explore the clinical value of four-dimensional automatic left atrial quantification(4D-LAQ) in evaluating cardiac dysfunction in patients with diabetic nephropathy (DN). **Methods** Totally 120 patients with DN treated in our hospital were selected. According to whether cardiac dysfunction occurred, they were divided into cardiac dysfunction group (51 cases) and non-cardiac dysfunction group (69 cases). Another 50 healthy subjects underwent physical examination during the same period were enrolled as control group. The differences in 4D-LAQ parameters, including left atrial maximum and minimum volume (LAV_{max}, LAV_{min}), maximum volume index (LAVI_{max}), pre-systolic volume (LAV_{preA}), total emptying fraction (LAEF), systolic longitudinal strain (LAS_{ct}), longitudinal strain during pipeline phase (LAS_{cd}), longitudinal strain during reserve phase (LAS_r), overall radial strain (4D-GRPS), and overall longitudinal strain (4D-GLPS) were compared among groups. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of 4D-LAQ parameters in evaluating cardiac dysfunction in DN patients. **Results** Compared with control group, LAV_{max}, LAV_{min}, LAVI_{max}, LAV_{preA} were increased in cardiac dysfunction group and non-cardiac dysfunction group, while LAEF, LAS_{ct}, LAS_{cd}, LAS_r, 4D-GLPS, 4D-GRPS were decreased, the differences were statistically significant (all $P<0.05$). Compared with non-cardiac dysfunction

基金项目:陕西省重点研发计划项目(S2022-YF-YBSF-0983)

作者单位:710004 西安市,西安交通大学第二附属医院医用超声研究室(文雅、周琦);西安市第三医院超声科(郑小叶、刘韦华、谢晴)

通讯作者:周琦, Email:wenya58@163.com

group, LAVmax, LAVmin, LAVImax, LAVpreA in cardiac dysfunction group were increased, while LAEF, LASct, LAScd, LASr, 4D-GLPS, 4D-GRPS were decreased, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of LAVmax, LAVmin, LAVImax, LAVpreA, LAEF, LASct, LAScd, LASr, 4D-GRPS and 4D-GLPS in evaluating cardiac dysfunction in patients with DN were 0.764, 0.649, 0.778, 0.649, 0.666, 0.632, 0.776, 0.697, 0.842 and 0.865, respectively.

Conclusion 4D-LAQ has high clinical value in evaluating cardiac dysfunction in patients with DN.

KEY WORDS Four-dimensional automatic left atrial quantification; Diabetic nephropathy; Cardiac dysfunction

糖尿病肾病为 2 型糖尿病患者最常见的并发症之一,其为长期高血糖及其他代谢异常导致的肾功能受损^[1]。糖尿病肾病与心血管并发症密切相关,糖尿病肾病患者肾脏滤过功能受损,导致代谢废物和毒素在体内累积,会引发心血管系统受损^[2-3]。同时,由于糖尿病肾病患者血管内皮功能紊乱、炎症反应增强、氧化应激增加等因素,导致心血管并发症的发生风险增加^[4-5]。因此,糖尿病肾病患者的心血管并发症防治成为目前临床工作中的重点及难点。传统二维超声心动图测量左房结构和功能的准确性偏低,三维超声心动图测量左房结构与实际情况也存在一定误差^[6]。近年来,四维自动左房定量技术(four-dimensional automatic left atrial quantification, 4D-LAQ)作为一种新兴的心血管评估手段逐渐受到临床重视,其以左室全容积成像为基础,通过计算机辅助算法对左房形态和功能参数进行自动追踪和分析,能更全面地评价心动周期各时相左房容积及功能的变化,从而为心血管并发症的评估提供客观依据,已逐渐应用于临床^[7]。基于此,本研究应用 4D-LAQ 评估糖尿病肾病患者心功能障碍,旨在早期识别高风险患者,并采取干预措施预防心血管不良事件的发生。

资料与方法

一、研究对象

选取 2022 年 3 月至 2023 年 12 月我院收治的糖尿病肾病患者 120 例,其中男 68 例,女 52 例,年龄 42~60 岁,平均(51.57±4.19)岁。纳入标准:①符合《糖尿病肾脏疾病临床诊疗中国指南》^[8]中糖尿病肾病诊断标准;②未进行透析治疗;③血压控制良好。排除标准:①存在其他肾脏疾病,如慢性肾衰竭、多囊肾等;②合并严重的免疫系统性疾病、心脑血管疾病及恶性肿瘤;③甲状腺功能亢进、贫血等会引起心脏高心排出量状态的其他疾病。依据是否合并心功能障碍^[9]将患者分为心功能障碍组 51 例和无心功能障碍组 69 例。另选同期健康体检者 50 例为对照组,其中男 28 例,女 22 例,年龄 41~60 岁,平均(50.78±4.63)岁。本研究经

我院医学伦理委员会批准(批准号:SYLL-2022-132),受检者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用 GE E95 彩色多普勒超声诊断仪,4V-D 探头,频率 1.4~5.2 MHz;配置 EchoPAC 203 图像分析软件。

2. 超声心动图检查:受检者取左侧卧位,先应用常规超声心动图于左房心尖两腔心、三腔心、四腔心切面连续采集 3 个心动周期图像,然后于心尖四腔心切面采集左房四维容积图像,帧频 25 帧/s(>心率的 40%)。将清晰的心内膜图像导入 EchoPAC 203 图像分析软件,启动 4D Auto LAQ 进行图像分析,调整标记点位置,使其位于二尖瓣环连线的中点,系统自动识别左房心内膜边界,识别不佳时手动进行校正,获取左房最大和最小容积(LAVmax、LAVmin)、容积最大指数(LAVImax)、收缩前容积(LAVpreA)、总排空分数(LAEF)、收缩期纵向应变(LASct)、管道期纵向应变(LAScd)、储备期纵向应变(LASr)、整体径向应变(4D-GRPS)和整体纵向应变(4D-GLPS)。以上操作均由两名高年资超声医师共同完成,所有参数均重复测量 3 次取平均值。

3. 一般资料获取:收集受检者的一般资料,包括年龄、性别、体质量指数、收缩压、舒张压、心率和病程。

4. 重复性检验:随机抽取 10 例心功能障碍组患者,由两名高年资超声医师测量其 4D-LAQ 参数,评价观察者间的可重复性;再由其中 1 名高年资超声医师间隔 1 周再次测量 4D-LAQ 参数,评价观察者内的可重复性。

三、统计学处理

应用 SPSS 24.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用单因素方差分析,两组比较采用 LSD- t 检验;计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验。采用组内相关系数(ICC)评价观察者间和观察者内的可重复性。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 4D-LAQ 参数评估糖尿病肾病患者心功能障碍的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

各组年龄、性别、体质量指数、收缩压、舒张压、心率比较差异均无统计学意义；无心功能障碍组与心功能障碍组病程比较差异无统计学意义。见表 1。

二、各组 4D-LAQ 参数比较

与对照组比较，心功能障碍组和无心功能障碍组 LAVmax、LAVmin、LAVImax、LAVpreA 均增高，LAEF、LASct、LAScd、LASr、4D-GRPS、4D-GLPS 均减低，差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)；与无心功能障碍组比较，心功能障碍组 LAVmax、LAVmin、LAVImax、LAVpreA 均增高，LAEF、LASct、LAScd、LASr、4D-GLPS、4D-GRPS 均减低，差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 2 和图 1。

表 1 各组一般资料比较

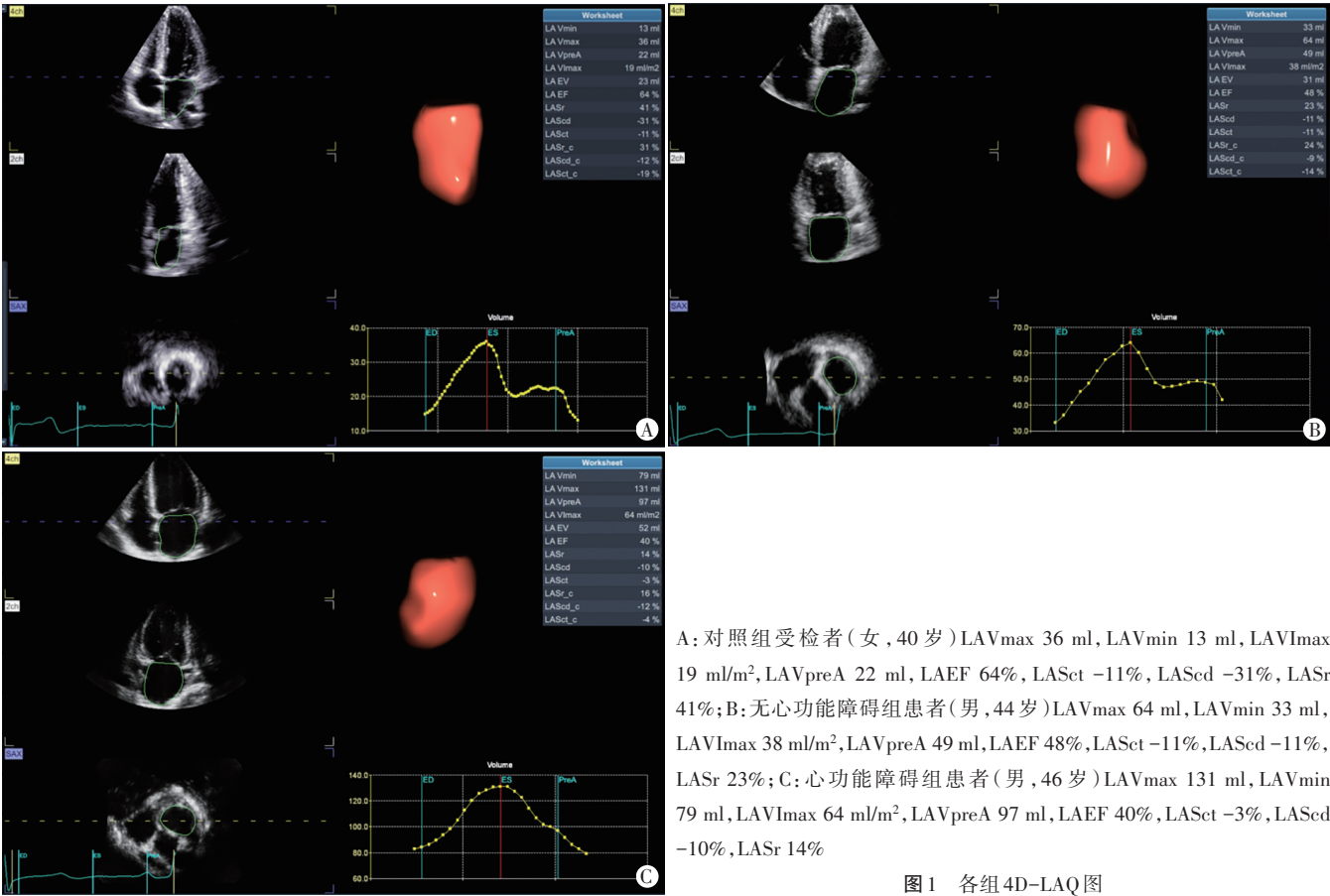
组别	年龄(岁)	男/女(例)	体质量指数(kg/m ²)	收缩压(mmHg)	舒张压(mmHg)	心率(次/min)	病程(年)
对照组	50.78±4.63	28/22	24.39±2.58	123.69±10.78	80.46±7.14	71.69±4.42	—
无心功能障碍组	51.69±4.58	39/30	24.69±2.24	124.46±12.36	81.33±10.06	72.36±4.36	2.89±0.97
心功能障碍组	51.36±3.47	29/22	24.24±2.53	128.36±14.28	85.14±13.97	72.24±4.02	3.12±0.78
$\chi^2/F/t$ 值	0.654	0.008	0.537	2.078	2.811	0.381	1.393
P 值	0.521	0.996	0.585	0.128	0.063	0.684	0.166

1 mmHg=0.133 kPa

表 2 各组 4D-LAQ 参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	LAVmax(ml)	LAVmin(ml)	LAVImax(ml/m ²)	LAVpreA(ml)	LAEF(ml)	LASct(%)	LAScd(%)	LASr(%)	4D-GRPS(%)	4D-GLPS(%)
对照组	42.32±11.58	20.84±7.04	22.33±7.02	32.45±8.64	31.27±8.42	-14.36±2.03	-11.36±2.57	20.32±4.67	43.43±5.72	-16.53±3.24
无心功能障碍组	48.36±11.47*	26.39±4.22*	25.36±6.12*	42.47±9.20*	27.36±4.63*	-10.53±2.43*	-8.57±2.53*	17.69±4.48*	39.64±5.42*	-11.64±2.62*
心功能障碍组	58.32±8.46**	28.69±4.36**	33.32±8.87**	47.36±10.22**	22.34±9.14**	-9.36±2.74**	-6.12±2.21**	13.73±4.36**	33.47±4.32**	-8.36±1.23**
F 值	29.008	30.179	31.067	45.147	18.592	59.801	57.777	27.548	47.286	66.516
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,* $P<0.05$;与无心功能障碍组比较,** $P<0.05$ 。LAVmax:左房最大容积;LAVmin:左房最小容积;LAVImax:容积最大指数;LAVpreA:收缩前容积;LAEF:总排空分数;LASct:收缩期纵向应变;LAScd:管道期纵向应变;LASr:储备期纵向应变;4D-GRPS:整体径向应变;4D-GLPS:整体纵向应变



A: 对照组受检者(女, 40岁) LAVmax 36 ml, LAVmin 13 ml, LAVImax 19 ml/m², LAVpreA 22 ml, LAEF 64%, LASct -11%, LAScd -31%, LASr 41%; B: 无心功能障碍组患者(男, 44岁) LAVmax 64 ml, LAVmin 33 ml, LAVImax 38 ml/m², LAVpreA 49 ml, LAEF 48%, LASct -11%, LAScd -11%, LASr 23%; C: 心功能障碍组患者(男, 46岁) LAVmax 131 ml, LAVmin 79 ml, LAVImax 64 ml/m², LAVpreA 97 ml, LAEF 40%, LASct -3%, LAScd -10%, LASr 14%

图 1 各组 4D-LAQ 图

三、4D-LAQ 参数评估糖尿病肾病患者心功能障碍的诊断效能

ROC 曲线分析显示, LAVmax、LAVmin、LAVImax、LAVpreA、LAEF、LASct、LAScd、LASr、4D-GRPS 和 4D-GLPS 评估糖尿病肾病患者心功能障碍的曲线下面积分别为 0.764、0.649、0.778、0.649、0.666、0.632、0.776、0.697、0.842 和 0.865。见表 3 和图 2。

表 3 4D-LAQ 参数评估糖尿病肾病患者心功能障碍的诊断效能

参数	曲线下面积及其 95% 可信区间	灵敏度 (%)	特异度 (%)	截断值	P 值
LAVmax	0.764(0.679~0.849)	90.20	63.77	55.48 ml	<0.001
LAVmin	0.659(0.561~0.757)	78.43	68.12	26.06 ml	<0.001
LAVImax	0.778(0.692~0.864)	88.24	66.67	24.37 ml/m ²	<0.001
LAVpreA	0.649(0.550~0.749)	64.71	76.82	43.93 ml	<0.001
LAEF	0.666(0.560~0.773)	78.43	71.01	30.42 ml	<0.001
LASct	0.632(0.530~0.733)	60.78	75.36	-10.33%	<0.001
LAScd	0.776(0.693~0.859)	86.27	68.12	-8.34%	<0.001
LASr	0.697(0.602~0.791)	82.35	69.57	18.80%	<0.001
4D-GRPS	0.842(0.772~0.912)	90.20	63.77	39.58%	<0.001
4D-GLPS	0.865(0.799~0.931)	92.16	62.32	-9.61%	<0.001

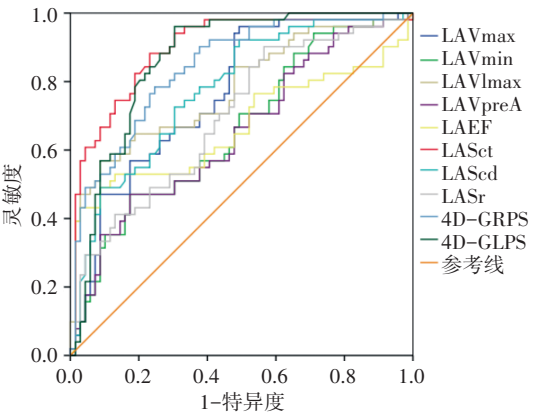


图 2 4D-LAQ 参数评估糖尿病肾病患者心功能障碍的 ROC 曲线图

四、重复性检验

观察者间及观察者内测量 4D-LAQ 参数均有良好的可重复性(均 ICC>0.80)。见表 4。

讨 论

糖尿病肾病是糖尿病最常见的并发症之一,是导致终末期肾病的重要原因。同时,心血管疾病也是导致终末期肾病患者死亡的主要原因。研究^[10]显示糖尿病肾病患者发生心血管不良事件的风险较单纯糖尿病患者增加了 2~4 倍,且病情更为严重、预后更差。因此,早期预测糖尿病肾病患者心血管不良事件的发生风险具有重要的临床意义。糖尿病肾病患者心功能发生改变主要表现为心脏负荷增加、心脏扩张功能

表 4 观察者间及观察者内测量 4D-LAQ 参数的重复性检验

参数	观察者内		观察者间	
	ICC 值	P 值	ICC 值	P 值
LAVmax	0.918	<0.001	0.933	<0.001
LAVmin	0.906	<0.001	0.915	<0.001
LAVImax	0.854	<0.001	0.902	<0.001
LAVpreA	0.951	<0.001	0.886	<0.001
LAEF	0.936	<0.001	0.879	<0.001
LASct	0.949	<0.001	0.957	<0.001
LAScd	0.827	<0.001	0.898	<0.001
LASr	0.944	<0.001	0.952	<0.001
4D-GRPS	0.926	<0.001	0.930	<0.001
4D-GLPS	0.908	<0.001	0.927	<0.001

ICC:组内相关系数

受损、心肌收缩功能减弱、舒张功能障碍等方面,进而导致心血管不良事件的发生风险增加^[11]。既往研究^[12]显示,左房容积和功能变化与患者的临床预后密切相关。四维超声成像技术通过多个切面的实时扫描,可获取心脏的三维图像,并在时间维度上连续显示,能全面、直观地显示心脏结构和功能的变化^[13-14]。研究^[15]显示,4D-LAQ 测得的左房容积与 CT、MRI 测量结果一致性较高。基于此,本研究旨在探讨 4D-LAQ 对糖尿病肾病患者心功能障碍的评估价值,以早期识别高风险患者,为临床诊断提供参考依据。

本研究结果显示,与对照组比较,心功能障碍组和无心功能障碍组 LAVmax、LAVmin、LAVImax、LAVpreA 均增高, LAEF、LASct、LAScd、LASr、4D-GLPS、4D-GRPS 均减低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示糖尿病肾病患者左房结构和功能已明显受损,且糖尿病肾病合并心功能障碍患者更严重。与张振兴等^[16]研究结论相符。分析原因可能与糖尿病肾病患者常伴代谢紊乱,以及产生慢性炎症反应和氧化应激反应有关。另外,本研究结果显示,与无心功能障碍组比较,心功能障碍组 LAVmax、LAVmin、LAVImax、LAVpreA 均增高, LAEF、LASct、LAScd、LASr、4D-GLPS、4D-GRPS 均减低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示随着心功能障碍的发生,糖尿病肾病患者左房结构和功能受损更加严重。王烁晶等^[6]研究显示,相较于单纯糖尿病患者,糖尿病合并微血管病变患者左室舒张功能显著受损,左室充盈压逐渐升高,对压力和容量负荷的耐受性较差,最终表现为左房各时相容积增大。本研究结论与其一致。

本研究 ROC 曲线分析显示, 4D-LAQ 参数 LAVmax、LAVmin、LAVImax、LAVpreA、LAEF、LASct、

LAScd、LASr、4D-GRPS 和 4D-GLPS 评估糖尿病肾病患者心功能障碍的曲线下面积分别为 0.764、0.649、0.778、0.649、0.666、0.632、0.776、0.697、0.842 和 0.865, 其中 4D-GRPS 和 4D-GLPS 的曲线下面积均>0.8, 表明二者可以作为评估糖尿病肾病患者心功能障碍的理想参数。这可能是由于 4D-GRPS 和 4D-GLPS 能够更全面地反映心脏整体功能。既往研究^[17]也认为, 4D-GRPS 和 4D-GLPS 对左心功能的改变具有一定的预测价值。可见 4D-LAQ 可为早期评估糖尿病肾病患者心功能障碍提供参考依据, 有助于尽早发现并发心血管不良事件的高风险人群。本研究重复性检验显示, 观察者间及观察者内测量 4D-LAQ 参数的 ICC 均>0.80, 表明其具有良好的可重复性。

综上所述, 4D-LAQ 在评估糖尿病肾病患者心功能障碍中具有较高的临床价值。但本研究样本量较小, 且糖尿病患者和早期糖尿病肾病患者常需长期服药, 未考虑药物对研究结果的影响, 今后需扩大样本量, 严格筛选纳入患者进一步行大样本、多中心研究深入探讨。

参考文献

- [1] 刘丹, 倪铭晔, 佟鑫鑫, 等. 2 型糖尿病肾病患者外周血 IL-4、INF- γ 及 TAFI 表达及其与肾小球滤过功能的相关性[J]. 川北医学院学报, 2023, 38(4): 510-513.
- [2] 匡蕾, 戴武, 邹玲玲, 等. 血清 CysC、CRP 及 GADA 与糖尿病肾病患者病变严重程度及心血管事件的关系[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2023, 15(4): 660-664.
- [3] 刘海波, 胡晓卫, 旦正尖措, 等. 列线图预测糖尿病肾病患者并发心血管疾病的研究[J]. 检验医学与临床, 2021, 18(22): 3300-3304.
- [4] 王一洒, 朱好辉, 张喜君, 等. 四维超声自动左心房定量技术评估早期糖尿病肾病患者左心房容积及功能改变[J]. 中华超声影像学杂志, 2022, 31(5): 407-413.
- [5] 邵娅庆, 孙康云. 超声评价左心房结构与功能的研究进展[J]. 心肺血管病杂志, 2023, 42(11): 1187-1190.
- [6] 王烁晶, 崔存英, 李亚南, 等. 四维自动左房定量技术对 2 型糖尿病患者左心房功能的研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2022, 31(7): 591-597.
- [7] 陈婧, 张松涛. 4DAutoVQ、3D-STI 在老年慢性心力衰竭患者心功能评价中的应用研究[J]. 新疆医科大学学报, 2023, 46(1): 86-92.
- [8] 中华医学会肾脏病学分会专家组. 糖尿病肾脏疾病临床诊疗中国指南[J]. 中华肾脏病杂志, 2021, 37(3): 255-304.
- [9] Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 17(12): 1321-1360.
- [10] 纪慕秋, 郑仁东. 糖尿病肾病患者心脏结构与功能研究进展[J]. 中国基层医药, 2024, 31(2): 317-320.
- [11] 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.
- [12] Antakly-Hanon Y, Ben Hamou A, Garçon P, et al. Asymptomatic left ventricular dysfunction in patients with type 2 diabetes free of cardiovascular disease and its relationship with clinical characteristics: the DIACAR cohort study[J]. Diabetes Obes Metab, 2021, 23(2): 434-443.
- [13] Fei M, Li M, Ran H, et al. Four-dimensional quantification on left atrial volume-strain in coronary heart disease patients without regional wall motion abnormalities: correlation with the severity of coronary stenosis[J]. Echocardiography, 2022, 39(6): 758-767.
- [14] Papadacci C, Finel V, Villemain O, et al. 4D simultaneous tissue and blood flow Doppler imaging: revisiting cardiac Doppler index with single heart beat 4D ultrafast echocardiography[J]. Phys Med Biol, 2019, 64(8): 085013.
- [15] 费梦瑶, 李妙, 董静, 等. 四维自动左房定量技术评估冠心病患者左房容积及功能的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2023, 25(7): 525-531.
- [16] 张振兴, 张秀楠, 蒋翠萍, 等. 老年 2 型糖尿病肾病患者心功能改变及影响因素分析[J]. 老年医学与保健, 2024, 30(2): 434-439.
- [17] 李云, 李华, 胡劼. 超声四维应变成像技术预测冠心病患者 PCI 术后左室心肌功能改善的研究[J]. 东南大学学报(医学版), 2017, 36(5): 710-716.

(收稿日期: 2024-06-02)