



无创压力-应变环技术在早期发现慢性肾脏病患者左心室收缩功能损伤中的价值

侯惠萍, 陈智鸿, 吴巧燕, 谢泽涵, 汪咏蔚, 罗丽敏

引用本文:

侯惠萍, 陈智鸿, 吴巧燕, 等. 无创压力-应变环技术在早期发现慢性肾脏病患者左心室收缩功能损伤中的价值[J]. 中国临床医学, 2024, 31(6): 898-904.

HOU H P, CHEN Z H, WU Q Y, et al. Non-invasive pressure-strain loop technology for early detection of left ventricular systolic dysfunction in patients with chronic kidney disease[J]. Chin J Clin Med, 2024, 31(6): 898-904.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2024.20240404>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

二维纵向应变对冠心病患者经体外心脏震波治疗后左心室收缩功能变化的效果评价

Evaluation of left ventricular systolic function in patients with coronary artery disease after cardiac shock wave therapy by two-dimensional longitudinal strain

中国临床医学. 2021, 28(1): 65-69 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202393>

非透析慢性肾脏病患者sST2、NT-proBNP、hs-cTnT与左心室构型的相关性

Correlations between sST2, NT-proBNP, hs-cTnT and left ventricular geometry in patients with chronic kidney disease

中国临床医学. 2023, 30(6): 919-926 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20231232>

无创左室压力应变曲线在冠心病心肌缺血诊断中的价值

Value of non-invasive left ventricular myocardial work in the diagnosis of myocardial ischemia in coronary heart disease

中国临床医学. 2024, 31(3): 411-419 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2024.20231344>

心肌分层应变技术评价冠心病患者经皮冠状动脉介入术后远期左室收缩功能变化

Long-term evaluation of left ventricular systolic function in patients with coronary artery disease after percutaneous coronary intervention by layer-specific strain

中国临床医学. 2021, 28(3): 497-501 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202315>

超声心动图评价房间隔缺损合并肺动脉高压患者接受介入封堵术前后左心室纵向收缩功能

Echocardiographic evaluation of left ventricular longitudinal systolic function in patients with atrial septal defect and pulmonary hypertension before and after interventional occlusion

中国临床医学. 2023, 30(6): 927-933 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20221557>

左心室收缩功能显著减退患者行冠状动脉旋磨术的安全性分析

Safety of coronary rotablation in patients with significant left ventricular systolic dysfunction

中国临床医学. 2020, 27(6): 945-949 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201748>

DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2024.20240404

· 短篇论著 ·

无创压力-应变环技术在早期发现慢性肾脏病患者左心室收缩功能损伤中的价值

侯惠萍^{1,2,3}, 陈智鸿⁴, 吴巧燕^{1,2,3}, 谢泽涵^{1,2,3}, 汪咏蔚^{1,2,3,5}, 罗丽敏^{1,2,3*}

1. 复旦大学附属中山医院厦门医院心脏超声诊断科, 厦门 361015

2. 厦门市影像医学临床医学研究中心, 厦门 361015

3. 厦门市恶性肿瘤综合治疗临床医学研究中心, 厦门 361015

4. 复旦大学附属中山医院厦门医院肾脏内科, 厦门 361015

5. 复旦大学附属中山医院心脏超声诊断科, 上海 200032

[摘要] 目的 探讨无创压力-应变环 (pressure-strain loop, PSL) 技术中的整体心肌做功参数在早期评估慢性肾脏病 (chronic kidney disease, CKD) 患者左心室收缩功能中的应用价值。方法 回顾性分析 2021 年 8 月至 2021 年 12 月于复旦大学附属中山医院厦门医院肾脏内科住院的左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 正常的 CKD 患者 74 例, 根据 CKD 分期分为早期 CKD 组 (CKD 1~3 期) 和晚期 CKD 组 (CKD 4~5 期)。另选取 30 名年龄、性别相匹配的健康志愿者作为对照组。收集并比较 3 组研究对象的一般临床资料、左心室常规超声指标、心肌应变和整体心肌做功参数。采用相关性检验和多元线性回归分析评估心肌做功的影响因素。结果 3 组研究对象的左心室整体做功指数 (global work index, GWI)、整体有用功 (global constructive work, GCW) 差异无统计学意义。与对照组相比, 两组 CKD 患者的整体做功效率 (global work efficiency, GWE) 降低, 整体无用功 (global waste work, GWW) 增加 ($P<0.05$)。晚期 CKD 组 ($n=42$) 整体纵向应变 (global longitudinal strain, GLS) 绝对值 [-17.09 ± 0.82] % vs [-18.33 ± 0.90] %, $P<0.05$]、GWE [93.00%(90.00%, 95.00%) vs 96.00%(92.25%, 96.75%)], $P<0.05$] 低于早期 CKD 组 ($n=32$), GWW 高于早期 CKD 组 [150.00 mmHg%(105.25 mmHg%, 215.00 mmHg%) vs 88.00 mmHg% (64.25 mmHg%, 144.50 mmHg%), $P<0.05$]。相关性分析显示, GWE 与 GLS 绝对值、峰值应变离散度 (peak strain dispersion, PSD) 负相关 ($r=-0.396$ 、 -0.558 , $P<0.05$); GWW 与 GLS 绝对值、PSD 正相关 ($r=0.341$ 、 0.610 , $P<0.01$)。多元线性回归结果显示, PSD 为 GWE ($\beta=-0.558$, $P<0.001$) 和 GWW ($\beta=0.538$, $P<0.001$) 的独立相关因素。结论 无创左心室 PSL 技术中的心肌做功参数 GWE、GWW 有助于早期定量识别 CKD 患者左心室收缩功能损伤。

[关键词] 慢性肾脏病; 压力-应变环; 心肌做功; 左心室收缩功能**[中图分类号]** R 542.2⁺1; R 692.5 **[文献标志码]** A

Non-invasive pressure-strain loop technology for early detection of left ventricular systolic dysfunction in patients with chronic kidney disease

HOU Huiping^{1,2,3}, CHEN Zhihong⁴, WU Qiaoyan^{1,2,3}, XIE Zehan^{1,2,3}, WANG Yongshi^{1,2,3,5}, LUO Limin^{1,2,3*}

1. Department of Echocardiography, Zhongshan Hospital (Xiamen Branch), Fudan University, Xiamen 361015, Fujian, China

2. Xiamen Clinical Research Center for Medical Imaging, Xiamen 361015, Fujian, China

3. Xiamen Clinical Research Center for Cancer Therapy, Xiamen 361015, Fujian, China

4. Department of Nephrology, Zhongshan Hospital (Xiamen Branch), Fudan University, Xiamen 361015, Fujian, China

5. Department of Echocardiography, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective** To investigate the application value of the global myocardial work parameters in the non-invasive pressure-strain loop (PSL) technology for early assessment of left ventricular systolic function in patients with chronic kidney disease (CKD). **Methods** A retrospective analysis was performed on 74 patients with normal left ventricular ejection fraction (LVEF) who were hospitalized in the Nephrology Department of Zhongshan Hospital (Xiamen Branch), Fudan University, from August 2021 to

[收稿日期] 2024-04-15 **[接受日期]** 2024-06-11**[基金项目]** 国家自然科学基金面上项目 (82071991), 厦门市科技计划指导性项目 (3502Z20224ZD1091). Supported by General Project of the National Natural Science Foundation of China (82071991) and Xiamen Science and Technology Plan Guiding Project (3502Z20224ZD1091).**[作者简介]** 侯惠萍, 硕士, 主治医师. E-mail: hou.huiping@zsxmhospital.com

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 0592-3501990, E-mail: luo.limin@zsxmhospital.com

December 2021. Based on CKD stages, patients were divided into early group (CKD stages 1-3) and advanced group (CKD stages 4-5). Additionally, 30 healthy volunteers matched for age and gender were selected as the control group. General clinical data, routine left ventricular ultrasound indicators, myocardial strain, and global myocardial work parameters were collected and compared among the three groups. Correlation analysis and multiple linear regression were used to assess the influencing factors of myocardial work.

Results There were no statistically significant differences in global work index (GWI) and global constructive work (GCW) among the three groups. Compared to the control group, both CKD groups showed significantly reduced global work efficiency (GWE), along with significantly increased global waste work (GWW, $P<0.05$). The absolute value of global longitudinal strain (GLS) in the advanced CKD group ($n=42$) was significantly lower than that in the early CKD group ($n=32$; $[-17.09\pm0.82]\%$ vs $[-18.33\pm0.90]\%$, $P<0.05$), and GWE was also significantly lower ($93.00\%[90.00\%, 95.00\%]$ vs $96.00\%[92.25\%, 96.75\%]$, $P<0.05$), while GWW was significantly higher than that in the early CKD group ($150.00\text{ mmHg}\%[105.25\text{ mmHg}\%, 215.00\text{ mmHg}\%]$ vs $88.00\text{ mmHg}\%[64.25\text{ mmHg}\%, 144.50\text{ mmHg}\%]$, $P<0.05$). Correlation analysis showed that GWE was negatively correlated with the absolute value of GLS and peak strain dispersion (PSD; $r=-0.396$, -0.558 , $P<0.05$), GWW was positively correlated with absolute value of GLS, and PSD ($r=0.341$, 0.610 , $P<0.01$). Multiple linear regression results indicated that PSD was an independent influencing factor for GWE ($\beta=-0.558$, $P<0.001$) and GWW ($\beta=0.538$, $P<0.001$). **Conclusions** The myocardial work parameters GWE and GWW in non-invasive left ventricular PSL technology can identify subclinical left ventricular systolic dysfunction in patients with CKD early and quantitatively.

[Key Words] chronic kidney disease; pressure-strain loop; myocardial work; left ventricular systolic function

慢性肾脏病 (chronic kidney disease, CKD) 是一种缓慢进展的疾病, 随着病情的发展, 患者可出现各种并发症。心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD) 是 CKD 患者常见的并发症之一, 甚至是其主要死亡原因。CKD 与 CVD 之间的相互影响可导致患者预后不良。因此, 对于 CKD 患者, 早期识别和管理 CVD 对降低死亡率和改善生活质量至关重要^[1-2]。

左心室收缩功能是反映心脏泵血能力的重要指标。左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 是临床最常用的评估左心室收缩功能的指标, 可预测 CVD 患者发病和死亡。然而, 临床上大多数 CKD 患者的 LVEF 正常, 不利于早期识别左心室收缩功能受损及受损程度^[3]。二维斑点追踪技术中的整体纵向应变 (global longitudinal strain, GLS) 在评估左心室收缩功能方面较 LVEF 更敏感, 但心肌应变易受心脏后负荷的影响, 从而降低评估准确性^[4-5]。无创左心室压力-应变环 (pressure-strain loops, PSL) 技术考虑心脏后负荷的影响, 将左心室压力与心肌应变相结合获得左心室心肌做功参数, 可早期识别并定量评估左心室心肌收缩功能损伤, 且与有创心导管检查结果有良好的相关性^[6-7]。本研究采用无创左心室 PSL 技术中的心肌做功参数评估 CKD 患者的左心室收缩功能。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2021 年 8 月至 2021 年 12 月在复旦大学附属中山医院厦门医院肾脏内科住院的 74 例 CKD 患者的临床资料。纳入标准: (1) 患者经肾脏穿刺病理证实为 CKD; (2) LVEF 正常, 男性 LVEF $\geq 52\%$ 、女性 LVEF $\geq 53\%$ ^[8]。排除标准: (1) 患有先天性心脏病、原发性心肌病、冠状动脉粥样硬化性心脏病、严重的心脏瓣膜病、严重的心律失常; (2) 心脏手术史; (3) 超声心动图图像质量差。根据慢性肾脏病的临床实践指南^[9]进行分期: 1 期, 肾小球滤过率估计值 (estimated glomerular filtration rate, eGFR) $>89\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$, 伴有肾损害; 2 期, eGFR $60\sim 89\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$; 3 期, eGFR $30\sim 59\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$; 4 期, eGFR $15\sim 29\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$; 5 期, eGFR $<15\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$ 或透析。按照 CKD 分期将患者分为早期 CKD 组 (CKD 1~3 期) 和晚期 CKD 组 (CKD 4~5 期)。另外选取同期体检中心年龄、性别相匹配的 30 名健康体检者作为对照组。对照组人群各项实验室指标和影像检查结果均正常。

1.2 一般资料收集 图像采集前, 收集受试者的基线资料, 包括性别、年龄、身高、体质量、吸烟史、糖尿病史、收缩压 (systolic blood pressure,

SBP)、舒张压(diastolic blood pressure, DBP)、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)和eGFR。根据公式计算体质量指数(body mass index, BMI)和体表面积(body surface area, BSA): BMI=体质量(kg)/身高²(m²), BSA(m²)=0.006 1×身高(cm)+0.012 8×体质量(kg)-0.152 9。

1.3 心超指标和心肌做功参数 采用美国GE Vivid E95 彩色多普勒超声诊断仪进行超声心动图检查(M5Sc 探头, 频率1~5 MHz), 系统配备AFI 自动分析模式及EchoPAC V.203 脱机软件。采集患者心前区标准心尖四腔心、两腔心、三腔心切面的连续3个心动周期动态图像。二维平面测量左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、左心室收缩末期内径(left ventricular end-systolic diameter, LVESD)、室间隔厚度(inter-ventricular septum thickness, IVST)及左心室后壁舒张末期厚度(left ventricular posterior wall thickness, LVPWT)。采用Deiereux校正公式计算左心室质量(left ventricular mass, LVM): $LVM=0.8 \times 1.04 [(IVST+LVPWT+LVEDD)^3 - LVEDD^3] + 0.6$; 获得左心室质量指数(left ventricular mass index, LVMI): $LVMI=LVM/BSA$ 。采用Simpson 双平面法测量LVEF。点击Measure, 标记Event timing, 根据二尖瓣及主动脉瓣前向血流频谱确定二尖瓣和主动脉瓣开放、关闭时间, 点击切面动态图像, 进入AFI 分析模式, 描记左室壁轮廓, 点击Process 完成该切面分析。按上述方法依次分析四腔心、两腔心、三腔心切面, 系统自动得出左心室心肌应变参数, 包括GLS 和峰值应变离散度(peak strain dispersion, PSD)。选择Myocardial Work, 点击Advanced, 获得左心室PSL 曲线及整体心肌做功参数。整体心肌做功参数包括整体做功指数(global work index, GWI)、整体有用功(global constructive work, GCW)、整体无用功(global waste work, GWW)和整体做功效率(global work efficiency, GWE)。

1.4 统计学处理 采用SPSS 23.0 统计软件分析数据, Kolmogorov-Smirnov 法检验正态性, Levene 法检验方差齐性。正态分布的计量资料以

$\bar{x} \pm s$ 表示, 两组比较采用独立样本 t 检验, 多组比较采用单因素方差分析, 多组间两两比较采用LSD 法; 不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 采用Mann-Whitney U 检验, 多组比较采用Kruskal Wallis H 检验。计数资料以 $n(\%)$ 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。正态分布参数相关性采用Pearson 相关系数分析, 非正态分布参数相关性采用Kendall 等级相关系数分析。采用多元线性逐步回归分析评估心肌做功的影响因素。统计学检验均为双侧检验, 检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 一般资料、左心室常规超声参数及应变参数 74 例CKD 患者中, 早期32 例、晚期42 例。结果(表1)显示: 3 组间糖尿病患者比例差异有统计学意义, 晚期CKD 组高于对照组($P<0.05$); 两组CKD 患者的FPG 均高于对照组, CKD 组间差异无统计学意义。与对照组相比, 两组CKD 患者的SBP、DBP 均升高, eGFR 均降低($P<0.05$); 晚期CKD 组SBP、DBP 均高于早期CKD 组, eGFR 低于早期CKD 组($P<0.05$)。心超参数中, 两组CKD 患者的IVST、LVPWT、LVMI 高于对照组, 晚期CKD 组高于早期CKD 组($P<0.05$); 两组CKD 患者的GLS 绝对值低于对照组, 晚期CKD 组低于早期CKD 组($P<0.05$); 与对照组、早期CKD 组相比, 晚期CKD 组的PSD 升高($P<0.05$)。

2.2 左心室PSL 曲线分析 由左心室PSL 曲线获得心肌做功参数, 结果(表2)显示: 3 组间GWE、GWW 差异有统计学意义($P<0.001$)。早期CKD 组和晚期CKD 组GWE 均低于对照组, 晚期CKD 组低于早期CKD 组($P<0.05$); 早期CKD 组和晚期CKD 组GWW 均大于对照组, 晚期CKD 组大于早期CKD 组($P<0.05$)。3 组左心室PSL 与心肌做功参数图像见图1。

2.3 相关性及多元线性回归分析 相关性分析结果(表3)显示: GWE 与SBP、DBP、FPG、LVMI、GLS 绝对值、PSD 负相关, 与eGFR 正相关($P<0.05$); GWW 与SBP、DBP、FPG、LVMI、GLS 绝对值、PSD 正相关, 与eGFR 负相关($P<0.05$)。多元线性回归分析结果(表3)

显示：GWE 的回归方程显著（ $F=37.267$ ， $P<0.001$ ），其中 GLS 绝对值（ $\beta=-0.235$ ， $P=0.022$ ）、PSD（ $\beta=-0.558$ ， $P<0.001$ ）是 GWE 的独立相关因素，解释 GWE 49.8% 的变异；GWW 的回归方程显著（ $F=24.715$ ， $P<0.001$ ），其中 DBP（ $\beta=0.210$ ， $P=0.034$ ）、PSD（ $\beta=0.538$ ， $P<0.001$ ）是 GWW 的独立相关因素，解释 GWW 39.4% 的变异。

表 1 3 组研究对象的一般资料、左心室常规心超参数及应变参数比较

Table 1 Comparison of general data, parameters of the left ventricle on conventional ultrasound and strain among three groups					
Index	Control group (n=30)	Early CKD group (n=32)	Advanced CKD group (n=42)	F/χ^2	P
Male n(%)	15(50.00)	18(56.25)	26(61.90)	1.015	0.602
Age/year	45.27±4.49	45.72±5.51	46.12±4.39	7.290	0.968
BMI/(kg·m ⁻²)	22.56±1.02	22.78±0.84	22.99±0.81	0.248	0.781
BSA/m ²	1.71(1.49, 1.78)	1.62(1.52, 1.75)	1.63(1.53, 1.78)	0.359	0.836
Smoking n(%)	6(20.00)	8(25.00)	7(16.67)	0.784	0.676
Diabetes n(%)	0	4(12.50)	11(26.19)*	9.864	0.007
FPG/(mmol·L ⁻¹)	4.70(4.50, 5.00)	5.60(5.33, 6.00)*	5.80(5.50, 6.60)*	53.623	<0.001
SBP/mmHg	116.30±3.44	129.16±5.77*	151.14±5.72* [△]	50.576	<0.001
DBP/mmHg	71.50±2.92	81.88±4.17*	88.36±3.46* [△]	22.904	<0.001
eGFR/[mL·min ⁻¹ ·(1.73m ²) ⁻¹]	108.00(99.35, 115.15)	68.18(38.82, 85.71)*	6.37(3.73, 13.85)* [△]	83.196	<0.001
LVEDD/mm	43.83±1.38	45.19±1.52	45.71±1.35	1.874	0.159
LVESD/mm	27.00(25.00, 28.00)	27.50(25.00, 30.00)	28.00(26.00, 30.25)	4.874	0.087
IVST/mm	8.00(7.00, 9.00)	9.00(8.00, 10.75)*	12.00(10.00, 14.00)* [△]	45.144	<0.001
LVPWT/mm	8.00(7.00, 9.00)	9.00(8.00, 10.00)*	11.00(9.75, 12.00)* [△]	45.431	<0.001
LVMI/(g·m ⁻²)	65.41±4.67	83.92±6.80*	117.67±10.69* [△]	47.979	<0.001
LVEF/%	69.00(67.00, 71.00)	70.00(66.00, 73.00)	68.00(64.00, 71.25)	2.751	0.253
GLS/%	-20.62±0.92	-18.33±0.90*	-17.09±0.82* [△]	16.918	0.000
PSD/ms	39.16(33.10, 44.63)	43.00(37.00, 55.75)	58.50(48.50, 72.00)* [△]	34.639	<0.001

BMI: body mass index; BSA: body surface area; FPG: fasting plasma glucose; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; eGFR: estimated glomerular filtration rate; LVEDD: left ventricular end-diastolic diameter; LVESD: left ventricular end-systolic diameter; IVST: inter-ventricular septum thickness; LVPWT: left ventricular posterior wall thickness; LVMI: left ventricular mass index; LVEF: left ventricular ejection fraction; GLS: global longitudinal strain; PSD: peak strain dispersion. * $P<0.05$ vs the control group; [△] $P<0.05$ vs the early CKD group.

表 2 3 组研究对象 PSL 中左心室心肌做功参数比较

Table 2 Comparison of left ventricular myocardial work parameters in PSL among three groups					
Index	Control group (n=30)	Early CKD group (n=32)	Advanced CKD group (n=42)	F/χ^2	P
GWI/mmHg%	2 086.00±116.51	2 060.31±143.38	2 003.90±121.61	0.466	0.629
GCW/mmHg%	2 181.83(1 986.75, 2 301.75)	2 202.97(1 927.75, 2 375.00)	2 290.19(1 937.00, 2 610.50)	2.207	0.332
GWE/%	96.00(95.75, 97.00)	96.00(92.25, 96.75)*	93.00(90.00, 95.00)* [△]	29.836	<0.001
GWW/mmHg%	59.50(49.75, 88.25)	88.00(64.25, 144.50)*	150.00(105.25, 215.00)* [△]	31.078	<0.001

GWI: global work index; GCW: global constructive work; GWE: global work efficiency; GWW: global waste work. * $P<0.05$ vs the control group; [△] $P<0.05$ vs the early CKD group.

3 讨论

CKD 患者常出现氧化应激、慢性炎症、器官组织纤维化、血管内皮功能障碍等情况，导致心脏微观病变（心肌细胞肥大、心肌间质纤维化和

冠状动脉微血管疾病）和心肌结构重塑（如左心室肥大），从而引起不同程度的心肌收缩异常^[10-12]。然而，临床上大部分 CKD 患者 LVEF 正常。GLS 是诊断心功能障碍的敏感指标，但其具有负荷依赖性，受血压影响较大。

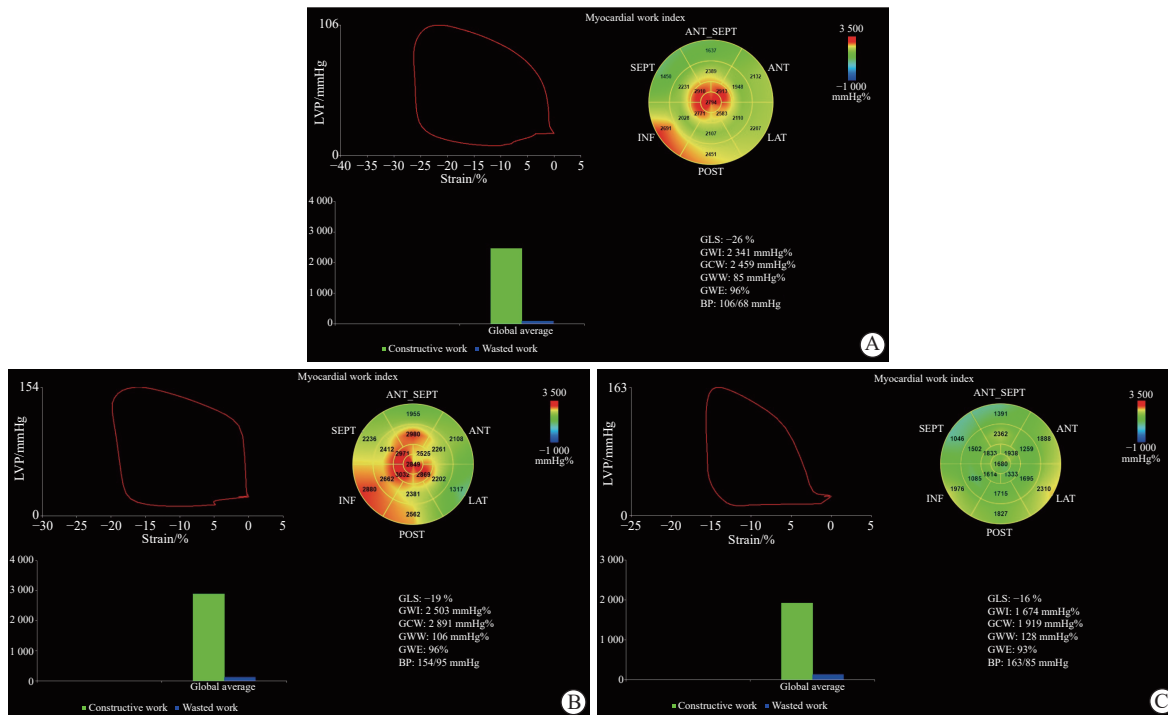


图1 左心室无创压力-应变环与心肌做功参数

Figure 1 Left ventricular pressure-strain loop and myocardial work parameters

A: Healthy volunteer; B: Patient with early chronic kidney disease; C: Patient with advanced chronic kidney disease. GLS: global longitudinal strain; GWI: global work index; GCW: global constructive work; GWW: global waste work; GWE: global work efficiency; BP: blood pressure.

表3 GWE、GWW与临床参数的相关性及多元线性回归分析

Table 3 Correlations and multiple linear regression analysis between GWE, GWW and clinical parameters

Variable	Correlation analysis		Multiple linear regression analysis				Adjusted R^2
	r	P	β	t	P	F	
GWE						37.267	0.498
SBP	-0.272	0.001					
DBP	-0.258	0.002					
FPG	-0.199	0.019					
eGFR	0.219	0.008					
LVMi	-0.212	0.011					
GLS	-0.396	<0.001	-0.235	-2.347	0.022		
PSD	-0.558	<0.001	-0.558	-5.579	<0.001		
GWW						24.715	0.394
SBP	0.455	<0.001					
DBP	0.394	0.001	0.210	2.163	0.034		
FPG	0.175	0.030					
eGFR	-0.198	0.013					
LVMi	0.168	0.034					
GLS	0.341	0.003					
PSD	0.610	<0.001	0.538	5.543	<0.001		

GWE: global work efficiency; GWW: global waste work; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; FPG: fasting plasma glucose; eGFR: estimated glomerular filtration rate; LVMi: left ventricular mass index; GLS: global longitudinal strain; PSD: peak strain dispersion.

研究^[13-14]显示,无创左心室 PSL 技术中的心肌做功参数 GWE、GWW 不仅可早期识别 CKD 患者左心室收缩功能损伤,还对冠状动脉粥样硬化性心脏病 (coronary artery disease, CAD) 心肌缺血人群以及甲亢患者早期心肌功能变化有较好的评估作用。为了早期发现 CKD 患者心功能变化,并克服后负荷的影响,本研究采用左室 PSL 定量评估 CKD 患者的左心室收缩功能。结果显示,与健康对照组相比,CKD 患者的 GWW 增加、GWE 下降,并且晚期 CKD 组比早期 CKD 组的变化更显著,与 Liu 等^[15]的研究结果基本一致。

本研究相关性分析发现,GWW、GWE 均与 SBP、DBP、FPG、eGFR、LVMI、PSD、GLS 相关,且 PSD 为 GWW、GWE 的独立相关因素。本研究 CKD 患者 GWW 增加的可能原因:(1)患者心肌做功后负荷较大,导致室壁压力增加,左心室必须加强做功来克服;(2)患者体内的毒性物质引起心肌缺血、心肌细胞肥大、纤维化、细胞外基质改变等情况,导致心肌兴奋-收缩耦联不同步,PSD 延长,不利于左心室射血;(3)部分患者处于高血糖状态,加剧了肾素-血管紧张素-醛固酮系统 (renin-angiotensin-aldosterone system, RAAS) 活化、氧化应激和炎症反应、线粒体功能障碍、细胞内钙稳态变化、晚期糖基化终产物形成增加以及心肌能量底物改变 (包括游离脂肪酸利用增加、葡萄糖利用减少和耗氧量增加) 等一系列变化,促使心脏肥大、纤维化、心肌能量代谢异常和心肌细胞凋亡,影响心脏舒张和收缩功能^[16-18]。根据公式 $GWE = GCW / (GCW + GWW)$,当 GCW 无明显变化时,GWW 增加可导致 GWE 降低。GWW 增加是左心室收缩功能异常的主要原因。

综上所述,本研究表明,无创左心室 PSL 技术中 GWE、GWW 有助于早期发现 CKD 患者左心室收缩功能损伤,且能反映受损程度,PSD 与 GWE、GWW 独立相关。临床可通过控制血压、改善心室重构、减轻肾脏炎症等方式改善 CKD 患者左心室收缩功能。由于本研究样本量较小,且为单中心回顾性研究,未来须通过增加样本量,

进行前瞻性、多中心研究验证本研究结果,并按照 CKD 分期详细分组进行深入研究。

伦理声明 本研究通过复旦大学附属中山医院厦门医院医学伦理委员会批准 (B2021-027),所有受试者均签署知情同意书。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 侯惠萍:采集与处理超声图像、分析数据、撰写与修改论文;陈智鸿、吴巧燕、谢泽涵:收集临床资料、查阅文献;汪咏蒔:分析数据、查阅文献;罗丽敏:研究思路设计、审阅论文。

参考文献

- [1] MATSUSHITA K, BALLEW S H, WANG A Y M, et al. Epidemiology and risk of cardiovascular disease in populations with chronic kidney disease[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2022, 18(11): 696-707.
- [2] SAEED D, REZA T, SHAHZAD M W, et al. Navigating the crossroads: understanding the link between chronic kidney disease and cardiovascular health[J]. *Cureus*, 2023, 15(12): e51362.
- [3] KONSTAM M A, ABOUD F M. Ejection fraction: misunderstood and overrated (changing the paradigm in categorizing heart failure)[J]. *Circulation*, 2017, 135(8): 717-719.
- [4] LIU C, YAN Z N, FAN L, et al. Layer-specific speckle tracking analysis of left ventricular systolic function and synchrony in maintenance hemodialysis patients[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 126.
- [5] TOPS L F, DELGADO V, MARSAN N A, et al. Myocardial strain to detect subtle left ventricular systolic dysfunction[J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19(3): 307-313.
- [6] RUSSELL K, ERIKSEN M, AABERGE L, et al. A novel clinical method for quantification of regional left ventricular pressure-strain loop area: a non-invasive index of myocardial work[J]. *Eur Heart J*, 2012, 33(6): 724-733.
- [7] BOE E, SKULSTAD H, SMISETH O A. Myocardial work by echocardiography: a novel method ready for clinical testing[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(1): 18-20.
- [8] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组,中国医师协会心血管分会超声心动图专业委员会. 超声心动图评估心脏收缩和舒张功能临床应用指南[J]. *中华超*

- 声影像学杂志, 2020, 29(6): 461-477.
- Cardiovascular Ultrasound Group of the Ultrasound Medicine Branch of the Chinese Medical Association, Professional Committee of Echocardiography of the Cardiovascular Branch of the Chinese Physician Association. Guidelines for clinical application of echocardiography in evaluating cardiac systolic and diastolic function[J]. *Chin J Ultrason*, 2020, 29(6): 461-477.
- [9] BAILIE G R, UHLIG K, LEVEY A S. Clinical practice guidelines in nephrology: evaluation, classification, and stratification of chronic kidney disease[J]. *Pharmacotherapy*, 2005, 25(4): 491-502.
- [10] VONDENHOFF S, SCHUNK S J, NOELS H. Increased cardiovascular risk in patients with chronic kidney disease[J]. *Herz*, 2024, 49(2): 95-104.
- [11] XU C C, TSIHLIS G, CHAU K, et al. Novel perspectives in chronic kidney disease-specific cardiovascular disease[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(5): 2658.
- [12] PATEL N, YAQOOB M M, AKSENTIJEVIC D. Cardiac metabolic remodelling in chronic kidney disease[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2022, 18(8): 524-537.
- [13] 赵盈洁, 何芙蓉, 何 玮, 等. 无创左室压力应变曲线在冠心病心肌缺血诊断中的价值[J]. *中国临床医学*, 2024, 31(3): 411-419.
- ZHAO Y J, HE F R, HE W, et al. Value of non-invasive left ventricular myocardial work in the diagnosis of myocardial ischemia in coronary heart disease[J]. *Chin J Clin Med*, 2024, 31(3): 411-419.
- [14] 罗琴音, 陶斌文, 甘 丽, 等. 左室压力-应变环技术用于评估甲亢患者早期心肌功能变化的临床观察[J]. *中华全科医学*, 2024, 22(4): 642-645.
- LUO Q Y, TAO B W, GAN L, et al. Clinical effectiveness observation of left ventricular pressure strain loop technique for evaluating early changes in myocardial function among patients with hyperthyroidism[J]. *Chin J Gen Pract*, 2024, 22(4): 642-645.
- [15] LIU F Z, WANG X L, ZHANG C Q. Quantitative assessment of left ventricular myocardial work in chronic kidney disease patients by a novel non-invasive pressure-strain loop analysis method[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2021, 37(5): 1567-1575.
- [16] RUSSELL K, ERIKSEN M, AABERGE L, et al. Assessment of wasted myocardial work: a novel method to quantify energy loss due to uncoordinated left ventricular contractions[J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2013, 305(7): H996-H1003.
- [17] CHAN J, EDWARDS N F A, KHANDHERIA B K, et al. A new approach to assess myocardial work by non-invasive left ventricular pressure-strain relations in hypertension and dilated cardiomyopathy[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(1): 31-39.
- [18] PARK J J. Epidemiology, pathophysiology, diagnosis and treatment of heart failure in diabetes[J]. *Diabetes Metab J*, 2021, 45(2): 146-157.

[本文编辑] 殷 悦

引用本文

侯惠萍, 陈智鸿, 吴巧燕, 等. 无创压力-应变环技术在早期发现慢性肾脏病患者左心室收缩功能损伤中的价值[J]. *中国临床医学*, 2024, 31(6): 898-904.

HOU H P, CHEN Z H, WU Q Y, et al. Non-invasive pressure-strain loop technology for early detection of left ventricular systolic dysfunction in patients with chronic kidney disease[J]. *Chin J Clin Med*, 2024, 31(6): 898-904.