

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2024.12.012

❖ 临床研究 ❖

# 超声 LV-PSL 参数与冠心病患者冠状动脉病变程度的相关性及其诊断价值

陈自玮<sup>1</sup>, 单晶芳<sup>1</sup>, 余祥<sup>1</sup>, 姜天鹏<sup>1</sup>, 刘小蓝<sup>2</sup>

(1. 马鞍山市人民医院超声科, 安徽 马鞍山 243000; 2. 海南医学院第二附属医院超声科, 海南 海口 570311)

**【摘要】目的:** 探讨超声左心室压力-应变环 (LV-PSL) 参数与冠心病患者冠状动脉病变程度的相关性及其诊断价值。**方法:** 选取 126 例经冠状动脉造影 (CAG) 检查诊断为冠心病的患者为研究对象, 依据病变程度分为轻中度病变组 ( $n=74$ ) 和重度病变组 ( $n=52$ ); 另选 40 名同期 CAG 检查正常者为对照组, 各组均行超声 LV-PSL 检查。比较各组对象超声 LV-PSL 参数 [整体有效功 (GCW)、整体做功指数 (GWI)、整体做功效率 (GWE) 和整体无用功 (GWW)]。Pearson 相关性分析超声 LV-PSL 参数与 Gensini 评分的相关性; 受试者工作特征 (ROC) 曲线分析各参数对重度冠状动脉病变的诊断价值。**结果:** 与对照组比较, 轻中度病变组患者 GWE 下降 ( $P<0.05$ ), GWW 增高 ( $P<0.05$ ); 重度病变组 GCW、GWI、GWE 下降 ( $P<0.05$ ), GWW 增高 ( $P<0.05$ )。与轻中度病变组比较, 重度病变组患者 GCW、GWI、GWE 更低 ( $P<0.05$ ), GWW 更高 ( $P<0.05$ )。相关分析显示, 冠心病患者 GWW 与 Gensini 评分正相关 ( $P<0.05$ ), GCW、GWI 及 GWE 与 Gensini 评分负相关 ( $P<0.05$ )。ROC 曲线分析显示, GCW、GWI、GWE、GWW 诊断重度冠状动脉病变的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.661、0.723、0.757、0.828, 以 GWW 诊断效能最高。**结论:** 超声 LV-PSL 参数与冠心病患者冠状动脉病变程度密切相关, 对重度冠状动脉病变有较好的诊断价值。

**【关键词】** 冠心病; 超声; 左心室压力-应变环; 心肌做功; 冠状动脉病变

**【中图分类号】** R445.1; R541.4 **【文献标志码】** A

## Correlation between ultrasonic LV-PSL parameters and the degree of coronary artery disease in patients with coronary heart disease and its diagnostic value

CHEN Zi-wei<sup>1</sup>, SHAN Jing-fang<sup>1</sup>, YU Xiang<sup>1</sup>, JIANG Tian-peng<sup>1</sup>, LIU Xiao-lan<sup>2</sup>

(Department of Ultrasound, 1. Ma'anshan People's Hospital, Ma'anshan 243000, Anhui; 2. The Second Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou 570311, Hainan, China)

**【Abstract】Objective:** To investigate the correlation between ultrasonic left ventricular pressure-strain loop (LV-PSL) and the severity of coronary artery disease in patients with coronary heart disease, and to evaluate its diagnostic value. **Methods:** 126 patients with coronary heart disease diagnosed by coronary angiography (CAG) were selected, including 74 cases of mild lesions and 52 cases of severe lesions. Another 40 patients with normal CAG examination during the same period were selected as the control group. Ultrasound LV-PSL examination was performed on the patients, and the differences of parameters such as overall effective work (GCW), overall work index (GWI), overall work efficiency (GWE) and overall useless work (GWW) were compared among the groups. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the diagnostic value of each parameter for severe coronary artery disease. **Results:** Compared with the control group, GWE decreased ( $P<0.05$ ) and GWW increased ( $P<0.05$ ) in the mild lesion group. In the severe lesion group, GCW, GWI and GWE decreased ( $P<0.05$ ), and GWW increased ( $P<0.05$ ). Compared with the mild lesion group, GCW, GWI and GWE in the severe lesion group were lower ( $P<0.05$ ), while GWW was higher ( $P<0.05$ ). Pearson correlation analysis showed that GWW was positively correlated with Gensini score in patients with coronary heart disease ( $P<0.05$ ), and GCW, GWI and GWE were negatively correlated with Gensini score ( $P<0.05$ ). ROC curve analysis showed that the AUC of GCW, GWI, GWE and GWW in the diagnosis of severe coronary artery disease were 0.661, 0.723, 0.757 and 0.828, respectively, and GWW had the greatest diagnostic ability. **Conclusion:** Ultrasound LV-PSL parameters are closely related to coronary artery disease in patients with coronary heart disease, and have certain diagnostic value for severe coronary artery disease.

**【Key words】** Coronary heart disease; Ultrasound; Left ventricular pressure-strain loop; Myocardial work; Coronary artery disease

冠心病是由动脉粥样硬化所致的一种常见心血管疾病,以血管狭窄、冠状动脉阻塞为特征,可引起胸闷、心悸等症状,甚至诱发恶性心律失常<sup>[1]</sup>。随着人们生活方式改变及老龄化社会进程,冠心病的发病率呈逐年上升趋势,已成为导致中老年人致残、死亡的重要原因<sup>[2]</sup>。冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)是临床用于冠心病诊断的“金标准”,能够评估冠状动脉病变程度,但作为有创检查,不适用于动态监测,不易普及。左心室压力-应变环(left ventricular pressure strain loop, LV-PSL)是一种无创超声检查手段,可克服后负荷影响,通过进行心肌做功的评估来实现对冠状动脉供血状况的判定,在左心室功能评估上有重要价值<sup>[3-4]</sup>。有研究<sup>[5]</sup>报道,在左心室功能评估上, LV-PSL 参数与常规超声检测的左心室射血分数(LVEF)具有相关性。目前,鲜有关于 LV-PSL 参数在冠状动脉病变程度评估中的研究报道。基于此,本研究旨在探讨超声 LV-PSL

参数与冠心病患者冠状动脉病变程度的相关性及其诊断价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2023 年 12 月马鞍山人民医院 126 例经 CAG 检查诊断为冠心病的患者为研究对象,依据病变程度分为中轻度病变组( $n = 74$ )和重度病变组( $n = 52$ );另选 40 名同期 CAG 检查正常者为对照组。本研究经医院伦理委员会审核批准,研究对象及其家属知情同意。各组研究对象一般资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。纳入标准:(1) CAG 显示至少存在 1 支动脉直径狭窄程度  $> 50\%$ ;(2) 年龄  $\geq 18$  岁;(3) 无支架置入或冠脉搭桥手术史。排除标准:(1) 先天性心脏病;(2) 各种原因所致的心肌病;(3) 恶性肿瘤;(4) 心衰急性发作期;(5) 超声图像质量差。

表 1 各组对象一般资料比较 [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ]

组别	男/女	年龄(岁)	心率(次/min)	收缩压(mmHg)	舒张压(mmHg)	体质量指数(kg/m <sup>2</sup> )
对照组( $n = 40$ )	24(60.00)/16(40.00)	52.68 $\pm$ 12.54	79.12 $\pm$ 12.36	119.42 $\pm$ 9.65	78.12 $\pm$ 7.41	25.54 $\pm$ 2.47
轻度病变组( $n = 74$ )	46(62.16)/28(37.84)	53.45 $\pm$ 11.84	77.87 $\pm$ 10.69	120.36 $\pm$ 10.34	79.26 $\pm$ 8.25	25.17 $\pm$ 2.63
重度病变组( $n = 52$ )	33(63.46)/19(36.54)	54.12 $\pm$ 10.65	77.23 $\pm$ 11.47	121.45 $\pm$ 11.67	79.48 $\pm$ 9.14	25.37 $\pm$ 2.29
$F/\chi^2$ 值	0.116	1.612	1.491	0.501	0.533	0.858
$P$ 值	0.944	0.211	0.228	0.687	0.673	0.431

### 1.2 方法

1.2.1 超声参数测定 使用 Philips iE33 超声诊断仪测定,探头为 M5Sc 型,频率 1.5 ~ 4.6 MHz。检查时,患者行左侧卧位,连接心电图,嘱其平静呼吸。常规超声测定左心室舒张末期内径(LVEDD)、Simpson 法测定左心室舒张末期容积(LVEDV)、左心室射血分数(LVEF)及左心室收缩末期容积(LVESV)。采集心尖切面(两腔观、四腔观、左心室长轴观)图像,采集 4 ~ 5 个心动周期图像并储存。脱机后,开启 EchoPAC 量化软件,对图像进行分析。依从选取以上心尖切面图像,选取 Q-analysis 控件,勾画心内膜轮廓,确定感兴趣区,由系统自动追踪左心室心肌应变参数,然后输入患者肘时血压,即可获得 LV-PSL 参数,包括整体有效功(GCW)、整体做功指数(GWI)、整体做功效率(GWE)和整体无用功(GWW),并得到整体纵向应变(GLS)。

1.2.2 病变程度评估 采用 Gensini 积分评估。患者按标准 Judkins 法完成 CAG 检查,并按检查结果评定 Gensini 积分。评分标准<sup>[6]</sup>:(1) 病变部位的评定:左主干病变  $\times 5$  分;左前降支近端  $\times 2.5$  分,左前

降支中段  $\times 1.5$  分,左前降支远段  $\times 1$  分;第一对角支  $\times 1$  分,左室后侧支  $\times 0.5$  分,右冠状动脉  $\times 1$  分,后降支  $\times 1$  分。(2) 狭窄程度评定:无狭窄 0 分,狭窄  $\leq 25\%$ 、 $26\% \sim 50\%$ 、 $51\% \sim 75\%$ 、 $76\% \sim 90\%$ 、 $91\% \sim 99\%$ 、100 依次  $\times 1$  分、2 分、4 分、8 分、16 分、32 分。各支血管病变总分即 Gensini 积分。

### 1.3 观察指标

(1) 常规超声参数:包括 LVEDD、LVEDV、LVESV、LVEF;(2) LV-PSL 参数:GCW、GWI、GWE、GWW、GLS;(3) 冠心病患者 LV-PSL 参数与 Gensini 积分的相关性;(4) LV-PSL 参数对重度冠状动脉病变的诊断价值。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS17.0 软件对数据进行处理与分析。计量资料符合正态分布且方差齐性,以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,多组间比较行单因素方差分析,进一步两两比较采用 LSD- $t$  检验;计数资料以 [ $n(\%)$ ] 表示,组间比较行独立样本  $\chi^2$  检验;相关性采用 Pearson 相关系数分析;诊断价值采用受试者工作特征(ROC)曲线分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 各组对象常规超声参数比较

各组对象 LVEDD、LVEDV、LVESV、LVEF 比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

### 2.2 各组对象 LV-PSL 参数比较

与对照组比较, 轻中度病变组患者 GWE 下降 ( $P < 0.05$ ), GWW 增高 ( $P < 0.05$ ); 重度病变组患者 GCW、GWI、GWE、GLS 下降 ( $P < 0.05$ ), GWW 增高 ( $P < 0.05$ )。与轻中度病变组患者比较, 重度病

变组患者 GCW、GWI、GWE 更低 ( $P < 0.05$ ), GWW 更高 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 2 各组对象常规超声参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	LVEDD(mm)	LVEDV(mL)	LVESV(mL)	LVEF(%)
对照组 ( $n=40$ )	46.21 ± 5.36	102.65 ± 25.41	39.25 ± 10.25	63.45 ± 3.26
轻中度病变组 ( $n=74$ )	48.14 ± 4.76	104.74 ± 29.37	41.37 ± 9.45	62.43 ± 3.45
重度病变组 ( $n=52$ )	48.36 ± 4.94	106.87 ± 31.29	41.89 ± 8.66	62.17 ± 3.52
F 值	2.125	0.739	0.845	1.581
P 值	0.089	0.529	0.437	0.211

表 3 各组对象 LV-PSL 参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	GCW (mmHg%)	GWI (mmHg%)	GWE (mmHg%)	GWW (mmHg%)	GLS (%)
对照组 ( $n=40$ )	2 230.34 ± 258.76	1 631.58 ± 235.69	94.52 ± 6.54	47.25 ± 17.55	-20.34 ± 2.89
轻中度病变组 ( $n=74$ )	2 143.58 ± 212.41	1 554.41 ± 212.65	92.35 ± 5.78*	62.14 ± 18.49*	-19.74 ± 2.41
重度病变组 ( $n=52$ )	1 967.41 ± 203.67*#	1 425.66 ± 241.26*#	87.68 ± 5.45*#	76.78 ± 20.14*#	-18.95 ± 2.17*
F 值	26.877	27.584	76.529	78.541	13.511
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

\*  $P < 0.05$ , 与对照组比较; #  $P < 0.05$ , 与轻度组比较。

### 2.3 冠心病患者 LV-PSL 参数与 Gensini 积分的相关性

相关分析显示, 冠心病患者 GWW 与 Gensini 评分正相关 ( $r = 0.411, P < 0.05$ ), GCW、GWI、GWE 与 Gensini 评分负相关 ( $r = -0.364, -0.351, -0.325, -0.309, P < 0.05$ )。

### 2.4 LV-PSL 参数对重度冠状动脉病变的诊断价值

ROC 曲线分析显示, GCW、GWI、GWE、GWW 对重度冠状动脉病变均有诊断价值 ( $P < 0.05$ ), 其中 GWW 诊断效能最高。见表 4 及图 1。

表 4 LV-PSL 参数对重度冠状动脉病变的诊断价值

参数	截断值(mmHg%)	AUC 值	95% CI	P 值	敏感度(%)	特异度(%)
GCW	1 921.4	0.661	0.571 ~ 0.743	<0.001	78.8	51.4
GWI	1 526.6	0.723	0.636 ~ 0.799	<0.001	63.5	75.7
GWE	86.4	0.757	0.673 ~ 0.829	<0.001	67.3	77.0
GWW	73.0	0.825	0.747 ~ 0.887	<0.001	75.0	81.1

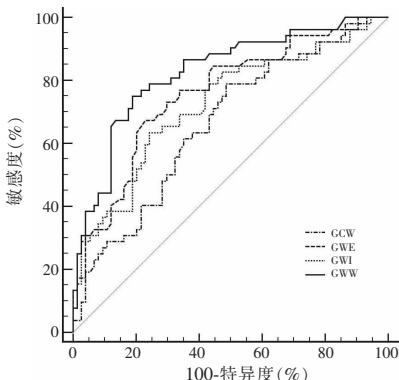


图 1 LV-PSL 参数对重度冠状动脉病变诊断价值的 ROC 曲线

## 3 讨论

冠心病作为常见的心血管疾病, 可导致患者生活质量下降, 具有较高的心血管恶性事件风险。因此及时准确诊断冠心病及其冠状动脉病变程度, 对患者预后至关重要。CAG 检查是评估冠状动脉病变程度的“金标准”, 但因其有创, 难以作为普及的筛查手段。常规超声能够通过了解心肌增厚、运动状况来判断心肌供血, 并可获取 LVEF 参数来评价心肌收缩功能, 但在心肌缺血早期患者这些改变并不明显。左心室 GLS 被证实能够反映心肌功能障碍, 成为检测左心室收缩功能障碍的重要参数, 且相比传统参数 LVEF 效能更优。但 GLS 具有负荷依赖性, 可能随着后负荷增加而引起心肌应变下调, 并不意味着心肌收缩功能损伤, 会影响对左心室收缩功能的客观评估<sup>[7]</sup>。

PSL 是基于二维斑点追踪技术发展而来, 克服了后负荷影响, 通过评估心肌做功, 能更客观反映心肌收缩力改变<sup>[8]</sup>。研究<sup>[9]</sup>证实, LV-PSL 技术评估左心室心肌做功参数与 CAG 有创测量的左心室压力-应变面积环具有明显相关性, 表明 LV-PSL 技术用于左心室功能的评估是可行的。另有研究<sup>[10]</sup>报道, LV-PSL 技术在冠心病心力衰竭患者左心室功能评估中有重要价值。本研究结果显示, 与对照组比较, 冠心病患者 GWE 下降 ( $P < 0.05$ ), GWW 增高 ( $P < 0.05$ ), 与王然然等<sup>[11]</sup>报道类似, 表明 LV-PSL 技术能够提示左心室功能的异常。分析原因可能在于: 冠心病患者存在心肌细胞代谢异常, 引起线粒体解

耦联,出现低效能利用,进而造成做功效率下降;心肌缺氧,使得心肌收缩乏力,心肌运动不同步,从而导致 GWE 下降,GWW 增高<sup>[12-13]</sup>。本研究中,轻度病变组患者与对照组的 GCW、GWI 比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),可能是因为心肌组织约 60% 属于内膜层纵向心肌,在轻度冠状动脉狭窄患者中,最早出现的缺血的外层心肌可由内层心肌代偿性供血,故心肌血流灌注、心肌代谢整体上可能尚无明显异常;而重度病变组 GCW、GWI 低于轻度病变组( $P < 0.05$ ),究其原因可能是随着冠脉病变程度的加重,内层心肌的代偿已不足以满足外侧心肌灌注,故而出现心肌灌注减少,导致 GCW、GWI 下降<sup>[14-15]</sup>。与轻度病变组比较,重度病变组 GWE 更低( $P < 0.05$ ),GWW 更高( $P < 0.05$ ),原因可能是随着冠脉狭窄程度加重,心肌细胞纵向运动显著减弱,出现明显的左心室收缩不同步,同时还可能发生心室重塑,进而出现 GWW 显著增多、GWE 下降的状况<sup>[16]</sup>。Russell 等<sup>[17]</sup> 研究认为,左心室收缩不同步会导致 GWW 增高,使得左心室做功被大量浪费,即心肌无用功增多,这支持本研究结果。

本研究结果还显示,冠心病患者 GWW 与 Gensini 评分正相关( $P < 0.05$ ),GCW、GWI、GWE 均与 Gensini 评分负相关( $P < 0.05$ ),再次证实 LV-PSL 参数与冠状病变严重程度密切相关。ROC 曲线分析显示,GCW、GWI、GWE、GWW 诊断重度冠状动脉病变的 AUC 分别为 0.661、0.723、0.757、0.828,说明 LV-PSL 参数对冠状动脉病变程度评估有较高价值,且以 GWW 诊断效能最大。因此,LV-PSL 参数可为冠心病的诊断提供可靠的参考依据。

综上,LV-PSL 参数与冠心病患者冠状动脉病变严重程度密切相关,对重度冠状动脉病变的评估有重要价值,以 GWW 诊断效能最高。

#### 参考文献

- [1] Saadatagah S, Pasha AK, Alhalabi L, et al. Coronary heart disease risk associated with primary isolated hypertriglyceridemia; a population-based study[J]. Journal of the American Heart Association, 2021, 10(11): e019343.
- [2] Song C, Wu G, Chang S, et al. Plasma P-selectin level is associated with severity of coronary heart disease in Chinese Han population [J]. Journal of International Medical Research, 2020, 48(6): 300060519896437.
- [3] 刘裴,杨蓉.左室压力-应变环技术评估急性 ST 段抬高型心肌

梗死患者左心功能及左室重构的价值[J]. 临床超声医学杂志, 2023, 25(6): 436-440.

- [4] 罗依然,梁勤,王纪人,等.无创左室压力-应变环对冠心病支架植入术患者同一心动周期整体心肌做功变化的研究[J]. 陕西医学杂志, 2023, 52(10): 1379-1383.
- [5] 李亚南,崔存英,刘园园,等.左室压力-应变环评估慢性心力衰竭患者左心室心肌做功的价值[J]. 中华超声影像学杂志, 2020, 29(1): 13-18.
- [6] Rampidis GP, Benetos G, Benz DC, et al. A guide for Gensini Score calculation[J]. Atherosclerosis, 2019, 287: 181-183.
- [7] 夏青青,袁新春,胡佳,等.左心室压力-应变环定量评价房间隔缺损封堵前后心肌做功变化[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(5): 689-693.
- [8] 李鹏歌,滑少华,李莉锦,等.青年男性力量型运动员左室压力-应变环与纵向峰值应变离散度的相关性研究[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(6): 637-640.
- [9] Hubert A, Le Rolle V, Leclercq C, et al. Estimation of myocardial work from pressure-strain loops analysis: an experimental evaluation[J]. European Heart Journal Cardiovascular Imaging, 2018, 19(12): 1372-1379.
- [10] 司雪霏,李天亮,胡新玲,等.超声左心室压力-应变环评价心力衰竭患者心脏再同步化治疗前左心室心肌做功的价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30(10): 1008-1012.
- [11] 王然然,李守强,于丹丹,等.左室压力-应变环对冠心病患者整体心肌做功的研究[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(6): 632-636.
- [12] 宋爱萍,任骋,徐心纯,等.超声心动图评价左束支区域起搏与右心室起搏对左心室收缩同步性的影响[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(2): 152-157.
- [13] 何美玲,谢满英,汪伟,等.左心室压力-应变环技术评估妊娠期高血压疾病患者心肌功能[J]. 中国医学影像技术, 2023, 39(9): 1331-1335.
- [14] 赵志玉,陈金玲,周青,等.心肌纵向分层应变参数评价冠心病患者左心室局部及整体收缩功能[J]. 中华超声影像学杂志, 2016(1): 1-6.
- [15] 兰津,尹璐瑶,鲁洪涛,等.斑点追踪分层应变联合心肌做功技术评价射血分数保留的心力衰竭患者左心室功能[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(10): 836-842.
- [16] Edwards NFA, Scalia GM, Shiino K, et al. Global myocardial work is superior to global longitudinal strain to predict significant coronary artery disease in patients with normal left ventricular function and wall motion[J]. Journal of the American Society of Echocardiography, 2019, 32(8): 947-957.
- [17] 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]. American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology, 2013, 305(7): H996-H1003.

(收稿日期:2024-05-09)

修回日期:2024-07-08)