

· 临床研究 ·

左室压力-应变环评估终末期肾病透析患者左室收缩功能的临床价值

伍婷婷 方思华 杨 恒 解 翔

摘 要 **目的** 探讨左室压力-应变环(LV-PSL)评估终末期肾病血液透析和腹膜透析患者左室收缩功能的临床应用价值。**方法** 选取于我院就诊的79例慢性肾脏病5期患者,其中血液透析组29例、腹膜透析组27例及未透析组23例,均行常规超声心动图检查并获取相关参数,应用自动心肌功能成像分析软件获取左室整体纵向应变(GLS)及心肌做功指数(MWI),包括整体做功指数(GWI)、整体有效功(GCW)、整体无效功(GWW)、整体做功效率(GWE),比较各组上述参数的差异。分析MWI与常规超声心动图参数、GLS、血压、透析时间、透析方式的相关性。**结果** 各组常规超声心动图参数和GLS比较差异均无统计学意义。血液透析组GW、GCW均低于腹膜透析组和未透析组,GWW高于腹膜透析组和未透析组,GWE低于腹膜透析组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。相关性分析显示,GWI、GCW与GLS、左室射血分数(LVEF)、收缩压、舒张压均呈正相关,与室间隔厚度(IVS)、透析时间、透析方式均呈负相关(均 $P<0.05$);GWW与透析方式呈正相关,与GLS呈负相关(均 $P<0.05$);GWE与GLS、LVEF均呈正相关,与IVS、左室后壁厚度、透析方式均呈负相关(均 $P<0.05$)。**结论** 血液透析对终末期肾病透析患者左室收缩功能的影响较腹膜透析更大,LV-PSL能准确评估该类患者左室收缩功能,具有较好的临床应用价值。

关键词 超声心动描记术;压力-应变环;心肌做功;血液透析;腹膜透析;终末期肾病;心室功能,左
[中图法分类号]R540.45;R692.5 [文献标识码]A

Clinical value of left ventricular pressure-strain loop in evaluating left ventricular systolic function in dialysis patients with end-stage renal disease

WU Tingting, FANG Sihua, YANG Heng, XIE Xiang

Department of Ultrasound Medicine, the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical value of left ventricular pressure-strain loop (LV-PSL) in evaluating left ventricular systolic function in patients with end-stage renal disease (ESRD) on hemodialysis (HD) and peritoneal dialysis (PD). **Methods** Totally 79 patients with stage 5 chronic kidney disease were grouped according to dialysis status, 29 cases in HD group, 27 cases in PD group, and 23 cases without dialysis in ND group. Conventional echocardiography was performed and relevant parameters were obtained. Left ventricular global longitudinal strain (GLS) and myocardial work indexes (MWI), including global work index (GW), global constructive work (GCW), global waste work (GWW) and global work efficiency (GWE) were automatically obtained by automatic myocardial functional imaging analysis software. The differences of the above parameters were compared among the groups. Correlations between the MWI and conventional echocardiographic parameters, GLS, blood pressure, dialysis time and dialysis types were analyzed. **Results** There were no significant differences in conventional echocardiographic parameters and GLS among three groups. In the HD group, GW and GCW were significantly lower than those in the PD and ND groups, GWW was significantly higher than that in the PD and ND groups, GWE was significantly lower than that in the PD group, the differences were statistically significant (all $P<0.05$). The correlation analysis

基金项目:安徽省高校自然科学研究重大项目(KJ2020ZD22)

作者单位:230601 合肥市,安徽医科大学第二附属医院超声医学科

通讯作者:解翔, Email:sonographer@126.com

showed that GWI and GCW were positively correlated with GLS, left ventricular ejection fraction (LVEF), systolic blood pressure and diastolic blood pressure, while negatively correlated with interventricular septum thickness (IVS), dialysis time and dialysis types (all $P < 0.05$). GWW was positively correlated with dialysis types, while negatively correlated with GLS (both $P < 0.05$). GWE was positively correlated with GLS and LVEF, while negatively correlated with IVS, left ventricular posterior wall thickness and dialysis types (all $P < 0.05$). **Conclusion** HD has a greater impact on left ventricular systolic function than PD in patients with ESRD. LV-PSL can accurately assess the left ventricular systolic function in such patients, which has better application value.

KEY WORDS Echocardiography; Pressure-strain loop; Myocardial work; Hemodialysis; Peritoneal dialysis; End-stage renal disease; Ventricular function, left

研究^[1]显示终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)患者慢性心脏损害的发生率高达 80%, 因心功能损伤导致的死亡率也显著高于同年龄段的其他疾病。目前对于 ESRD 患者, 除了姑息治疗外, 临床主要采用血液透析、腹膜透析和肾移植等肾脏替代疗法。但是, 由于肾源有限、等待时间长、手术费用高等因素, 并非所有患者均有机会进行肾移植, 故通常需行长期透析治疗^[2]。对于此类患者, 需要长期监测心功能以及及时发现其心脏损伤情况。左室压力-应变环(left ventricular pressure-strain loop, LV-PSL)基于二维斑点追踪技术, 结合了左室心肌形变和后负荷压力^[3], 能更准确、敏感地评估心肌做功, 已广泛应用于临床诊断多种疾病的早期心功能受损^[4]。本研究应用 LV-PSL 评估 ESRD 血液透析和腹膜透析患者的左室收缩功能, 旨在探讨其临床应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 1 月至 2022 年 12 月于我院就诊的慢性肾脏病 5 期患者 79 例, 其中血液透析组 29 例、腹膜透析组 27 例及未透析组 23 例, 血液透析组中男 14 例, 女 15 例, 年龄 36~85 岁, 平均(57.79±12.18)岁; 透析时间 3 个月~11 年, 中位数 3.00(5.50)年; 均于动静脉造瘘术后接受标准计量的透析治疗, 每周 3 次, 每次透析时间 4 h, 尿素清除指数 ≥ 1.2 。腹膜透析组中男 14 例, 女 13 例, 年龄 23~80 岁, 平均(53.26±12.99)岁; 透析时间 3 个月~13 年, 中位数 2.00(3.00)年; 均接受持续性不卧床腹膜透析治疗。未透析组中男 14 例, 女 9 例, 年龄 35~86 岁, 平均(58.35±15.24)岁; 均接受慢性肾脏病一体化治疗。纳入标准: ①符合改善全球肾脏病预后组织临床实践指南^[5]中慢性肾脏病分期的诊断标准, 以肾小球滤过率 $< 15 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$ 判为慢性肾脏病 5 期; ②无心功能不全的临床表现, 左室射血分数(LVEF) $\geq 50\%$ 。排除标准: ①先天性心脏病、心脏

瓣膜病、冠心病、原发性心肌病; ②行心脏起搏器置入或心脏手术; ③合并肺源性心脏病、甲状腺功能障碍、严重肝病; ④各种原因导致超声图像质量差。本研究经我院医学伦理委员会批准(批准号: YX2022-079), 所有患者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器: 使用 GE Vivid E95 彩色多普勒超声诊断仪, M5Sc-D 探头, 频率 1.4~4.6 MHz; 配备自动心功能成像 2.0 分析软件。

2. 常规超声心动图检查: 患者取左侧卧位, 同步连接心电图, 依据《中国成年人超声心动图检查测量指南》^[6]进行图像采集及测量。于胸骨旁左室长轴切面测量舒张末左室前后径(LVDd)、收缩末左房前后径(LAD)、室间隔厚度(IVS)、左室后壁厚度(LVPW); 于心尖四腔心及两腔心切面采用双平面 Simpson 法测量 LVEF、左室舒张末容积(LVEDV)、左室收缩末容积(LVESV)、左室每搏排出量(LSV)、左室每分排出量(LVCO); 应用脉冲多普勒测量二尖瓣口舒张早期血流峰值速度(E), 组织多普勒测量二尖瓣环舒张期早期运动峰值速度(e'), 并计算 E/e' 。所有参数均重复测量 2 次取平均值。

3. 图像分析: 采集连续 3~5 个心动周期的心尖两腔心、三腔心、四腔心切面动态图像, 启动自动心功能成像 2.0 分析软件, 获取左室整体纵向应变(GLS), 取绝对值进行分析; 点击 Myocardial Work 分析心肌做功, 输入病例采集时测得的收缩压和舒张压, 自动获取心肌做功指数(MWI), 包括整体做功指数(GWI)、整体有效功(GCW)、整体无效功(GWW)、整体做功效率(GWE)。所有参数均重复测量 2 次取平均值。

4. 一般资料获取: 查阅电子病历收集各组患者原发病类型、年龄、身高、体质量指数、性别、血压、心率及透析时间。

5. 重复性检验: 随机抽取 20 例患者, 分别由 2 名经验丰富的心脏超声医师留存动态图像并应用 LV-PSL

获取 MWI,进行观察者间的重复性检验;再由其中 1 名超声医师间隔 5~10 min 后重复以上操作,进行观察者内的重复性检验。

三、统计学处理

应用 SPSS 23.0 统计软件,计量资料先采用 Kolmogorov-Smirnov 检验判断是否符合正态分布,符合正态分布者以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组比较采用单因素方差分析,两组比较采用 Bonferroni 法;不符合正态分布者以 $M(IQR)$ 表示,多组比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,两组比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例表示,采用 χ^2 检验。分析 MWI 与常规超声心动图参数、GLS、血压、透析时间、透析方式的相关性,当两组变量同时符合正态分布时采用 Pearson 相关分析法,不符合正态分布时采用 Spearman 分析法。重复性检验采用 Bland-Altman 图进行分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

各组原发病类型、年龄、身高、体质量指数、性别、收缩压、舒张压及心率比较,差异均无统计学意义。腹膜透析组与血液透析组透析时间比较差异无统计学意义。见表 1。

二、各组常规超声心动图参数比较

各组 LVDd、LAD、IVS、LVPW、E、 e' 、 E/e' 、LVEF、LVESV、LVEDV、LVSV、LVCO 比较差异均无统计学意义。见表 2。

三、各组 GLS 及 MWI 比较

各组 GLS 比较差异无统计学意义。血液透析组 GWI、GCW 均低于未透析组和腹膜透析组,GWV 高于未透析组和腹膜透析组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);血液透析组 GWE 低于腹膜透析组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 3 和图 1。

表 1 各组一般资料比较

组别	原发病类型(例)						年龄(岁)	身高(cm)
	原发性肾小球肾炎	糖尿病肾病	高血压肾小球动脉硬化	多囊肾病	IgA 肾病	其他		
未透析组(23)	5	5	5	2	2	4	58.35±15.24	166.35(17.00)
腹膜透析组(27)	12	5	3	1	1	5	53.26±12.99	160.93(12.00)
血液透析组(29)	9	6	8	1	0	5	57.79±12.18	162.55(16.50)
$\chi^2/F/Z$ 值	8.173						1.141	2.910
P 值	0.612						0.325	0.233
组别	体质量指数(kg/m ²)	男/女(例)	收缩压(mmHg)	舒张压(mmHg)	心率(次/min)	透析时间(年)		
未透析组(23)	24.34±2.30	14/9	144.17(28.00)	82.30±10.00	78.04±11.68	-		
腹膜透析组(27)	23.81±3.47	14/13	143.67(22.00)	83.85±12.19	81.07±9.35	2.00(3.00)		
血液透析组(29)	23.34±4.03	14/15	138.79(26.00)	79.86±12.82	79.97±14.08	3.00(5.50)		
$\chi^2/F/Z$ 值	0.559	0.845	0.702	0.809	0.406	1.707		
P 值	0.574	0.655	0.704	0.449	0.668	0.191		

1 mmHg=0.133 kPa

表 2 各组常规超声心动图参数比较

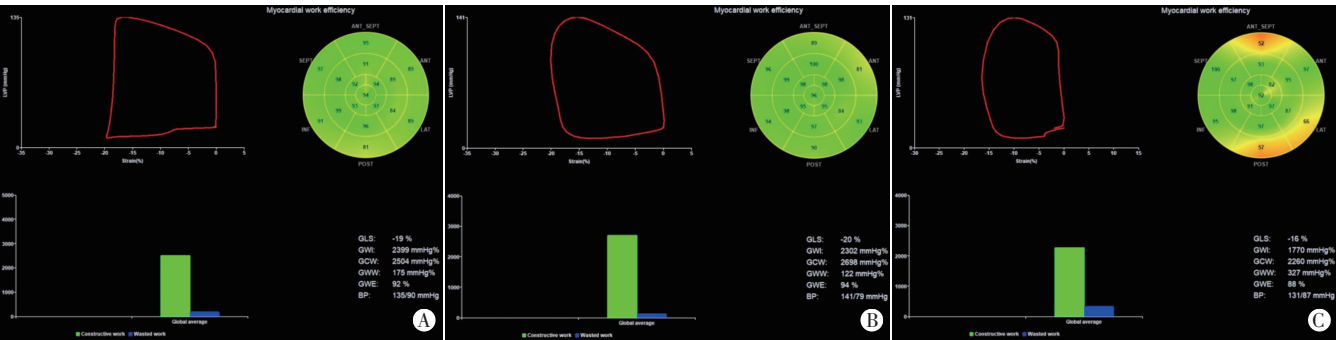
组别	LVDd(mm)	LAD(mm)	IVS(mm)	LVPW(mm)	E(m/s)	e' (m/s)
未透析组	47.52±6.01	37.52±6.54	10.96(2.00)	10.43(2.00)	0.80(0.45)	0.059(0.02)
腹膜透析组	47.00±5.71	37.70±6.75	10.93(2.00)	10.26(1.00)	0.74(0.29)	0.067(0.02)
血液透析组	49.41±6.55	38.83±5.28	11.48(2.50)	10.76(2.00)	0.81(0.38)	0.052(0.02)
F/Z 值	1.202	0.355	2.301	2.267	1.497	3.152
P 值	0.306	0.702	0.317	0.322	0.473	0.207
组别	E/e'	LVEF(%)	LVESV(ml)	LVEDV(ml)	LVSV(ml)	LVCO(L)
未透析组	14.21(6.70)	60.65±6.78	36.30(23.00)	90.39±27.91	54.04±15.45	4.17(1.40)
腹膜透析组	14.94(7.27)	60.81±7.07	31.11(21.00)	77.67±27.51	46.48±13.67	3.70(0.90)
血液透析组	16.29(7.07)	58.72±6.92	36.41(24.50)	84.38±33.01	48.00±16.29	3.82(2.06)
F/Z 值	0.768	0.780	2.268	1.142	1.692	2.122
P 值	0.661	0.462	0.322	0.324	0.191	0.346

LVDd:舒张末左室前后径;LAD:收缩末左房前后径;IVS:室间隔厚度;LVPW:左室后壁厚度;E:二尖瓣口舒张早期血流峰值速度; e' :二尖瓣环舒张期早期运动峰值速度;LVEF:左室射血分数;LVESV:左室收缩末容积;LVEDV:左室舒张末容积;LVSV:左室每搏排出量;LVCO:左室每分排出量

表3 各组 GLS 及 MWI 比较

组别	GLS(%)	GWl(mmHg%)	GCW(mmHg%)	GWw(mmHg%)	GWE(%)
未透析组	17.69±2.40	2221.13±412.52	2493.65±434.14	174.04(93.00)	91.04(3.00)
腹膜透析组	17.86±2.68	2224.44±443.68	2500.33±497.47	170.37(109.00)	92.18(4.00)
血液透析组	16.65±3.63	1821.45±495.34 [#]	2206.24±526.60 [#]	274.07(251.50) [#]	88.34(8.50) [#]
F/Z 值	1.322	7.146	3.221	2.221	6.051
P 值	0.273	0.001	0.045	0.011	0.049

与腹膜透析组比较, [#]*P*<0.05;与未透析组比较, **P*<0.05;GLS:左室整体纵向应变;GWl:整体做功指数;GCW:整体有效功;GWw:整体无效功;GWE:整体做功效率



A:未透析组(男,72岁);B:腹膜透析组(男,66岁);C:血液透析组(女,60岁)

图1 各组 LV-PSL 图

四、相关性分析

GWl与GLS、LVEF、收缩压、舒张压、LVSV均呈正相关,与IVS、透析时间、透析方式均呈负相关(均*P*<0.05);GCW与GLS、LVEF、收缩压、舒张压均呈正相关,与

IVS、透析时间、透析方式均呈负相关(均*P*<0.05);GWw与透析方式呈正相关,与GLS呈负相关(均*P*<0.05);GWE与GLS、LVEF均呈正相关,与IVS、LVPW、透析方式均呈负相关(均*P*<0.05)。见表4。

表4 MWI与常规超声心动图参数、GLS、血压、透析时间及透析方式的相关性分析

参数	GWl		GCW		GWw		GWE	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
GLS	0.748	<0.001	0.789	<0.001	-0.281	0.012	0.569	<0.001
LVEF	0.492	<0.001	0.523	<0.001	0.019	0.867	0.271	0.016
收缩压	0.474	<0.001	0.456	<0.001	-0.013	0.909	0.128	0.262
舒张压	0.286	0.011	0.256	0.023	-0.070	0.539	0.088	0.441
LVSV	0.311	0.005	0.180	0.112	-0.154	0.175	0.163	0.150
IVS	-0.221	0.049	-0.265	0.018	0.138	0.226	-0.248	0.028
LVPW	-0.162	0.154	-0.209	0.065	0.195	0.085	-0.266	0.018
透析时间	-0.324	0.015	-0.358	0.007	0.069	0.624	-0.215	0.111
透析方式	-0.296	0.027	-0.280	0.037	0.365	0.006	-0.313	0.019

GWl:整体做功指数;GCW:整体有效功;GWw:整体无效功;GWE:整体做功效率

五、重复性检验

Bland-Altman 图显示 GWl、GCW、GWw、GWE 在观察者内及观察者间的一致性均良好。见图2,3。

讨 论

透析治疗作为 ESRD 患者的肾脏替代疗法,虽可以有效延长患者的生存期,提高生存质量,但会导致其心血管系统疾病的发病率升高,因此及时发现

ERSD 患者心功能变化,有助于临床进行早期干预及治疗^[7]。由于 ESRD 患者长期处于高容量负荷及高血压状态,导致其心脏前、后负荷均增加,出现心脏输出量增加的假象;且 ESRD 患者多有不同程度的二尖瓣及主动脉瓣反流,故 LVEF 仍可保持在正常范围内。由此可见,虽然 LVEF 是目前临床最常用的评估左室收缩功能的参数,但其仍不能准确反映 ESRD 患者真实的心功能状态。因此,亟需探寻一种新的评估手段

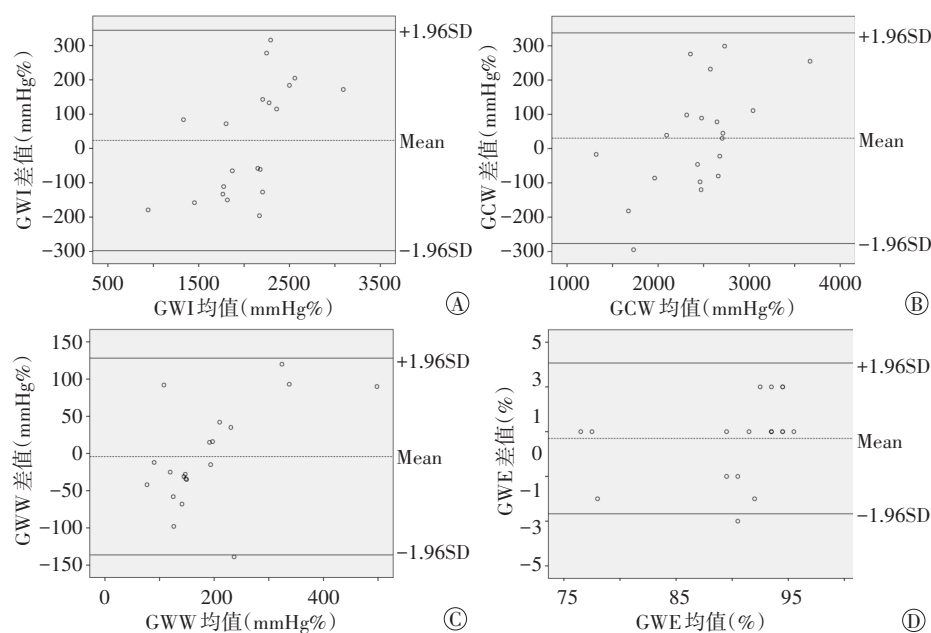


图2 观察者内测量GWI(A)、GCW(B)、GWW(C)、GWE(D)的Bland-Altman图

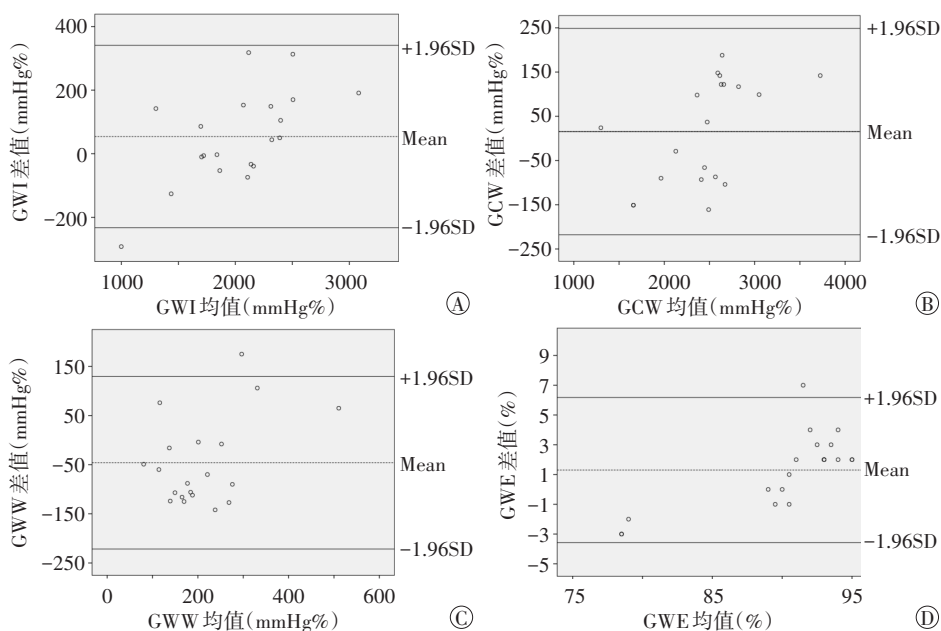


图3 观察者间测量GWI(A)、GCW(B)、GWW(C)、GWE(D)的Bland-Altman图

以早期准确反映ESRD患者心脏功能。

LV-PSL是目前评估左室收缩功能的一种相对较新的技术,其在超声心动图应变参数的基础上结合肱动脉血压,无创获得左室压力-应变曲线,计算MWI,以此反映左室收缩功能^[4]。Russell等^[8]研究显示LV-PSL与有创LV-PSL的测量结果具有较好的一致性;既往研究^[9]显示,GWI与心肌葡萄糖代谢密切相关,可以准确反映左室心肌耗氧量;缺血性或扩张型心肌病患者经心脏再同步治疗后GW和GCW均增加,提示其可作为评估心肌存活的有效参数;而GWW反映的是收缩期左室浪费的功,可以用以评估左室收缩是否延

迟或不同步^[10]。因此,MWI可量化评估左室收缩功能。

本研究结果显示,血液透析组GWI、GCW均低于未透析组和腹膜透析组,GWW高于未透析组和腹膜透析组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);血液透析组GWE低于腹膜透析组,差异有统计学意义($P<0.05$)。分析原因可能与以下机制有关:①血液透析依赖于人工动静脉瘘,内瘘量的增加会导致心脏容量负荷增大,且血液透析为间歇性脱水,可引起血流动力学不稳定;②虽然血液透析对小分子毒素清除效果较好,但对血液中相对分子质量较大的中大分子毒素清除能力较弱,如甲状旁腺素等,从而更易导致钙、磷代谢紊乱;③血液透析期间,心肌细胞中可用和摄入的钙浓度降低,导致心肌细胞收缩和舒张功能均受损;④血液透析可以增加过氧化物,减少抗过氧化物,导致心肌细胞损伤;⑤血液透析患者在透析期间易出现反复心肌缺血,对于无冠状动脉疾病的患者而言,可能与冠状动脉微循环障碍有关系,从而出现类似于心肌顿抑的症状,这种过程可能也是血液透析患者发生心功能损伤的一个重要因素^[11]。由于以上因素的长期

影响,使血液透析患者更易发生心肌纤维化和心肌细胞外基质增加,诱发心脏及血管的重构,导致心肌收缩功能降低^[12],从而引起GWI、GCW及GWE均降低。另外,血液透析患者的心肌纤维化改变了心肌的电生理特征,使心肌兴奋-收缩解耦,进而引起左室部分节段收缩延迟或不同步,导致GWW升高。本研究未透析组未见明显心功能损伤,分析原因可能为其多为刚进展为慢性肾脏病5期的患者,尚未出现明显水钠潴留及严重的电解质紊乱。腹膜透析组MWI与未透析组比较差异均无统计学意义,提示腹膜透析对心肌损伤程度较小。分析原因可能为:①腹膜透析是模拟

肾脏,为持续性脱水,对残余肾功能有较好的保护作用,对机体内环境及血流动力学影响均较小,更符合生理状态;②腹膜透析患者在进行透析交换后,并不会发生明显的左室局部功能障碍,提示反复性亚临床心肌缺血导致的心肌顿抑与腹膜透析无关^[13];③与血液透析比较,腹膜透析对中大分子毒素的清除能力更强^[14]。

为全面分析 MWI 的相关因素,本研究将一般资料、常规超声心动图参数及 GLS 均纳入相关性分析,结果显示 GWI、GCW、GWE 均与 IVS 呈负相关,且 GWE 与 LVPW 呈负相关(均 $P < 0.05$),提示左室壁肥厚增加了 ESRD 患者左室收缩功能降低的风险,与 Liu 等^[15]研究结论一致。分析原因可能为长期慢性高血压及血管僵硬导致压力负荷增加,且肾性贫血、动静脉瘘、水钠潴留等均会导致容量负荷增加,从而导致左室壁肥厚^[16];随着左室壁肥厚的增加,心肌细胞间质纤维化程度加重。此外,左室壁肥厚会增加心肌氧需求,导致心肌灌注不足和间质纤维化,从而使心肌收缩功能降低^[17]。本研究 Bland-Altman 图显示, MWI 中仅少数数据在 95% 一致性界限范围外,表明观察者间及观察者内测量 MWI 的一致性均良好。

本研究的局限性:①本研究为单中心研究,样本量较小;②未进一步根据不同透析时间分组进行分析;③未分析各节段的 MWI,以及不同透析方式对左室局部收缩功能的影响。待今后扩大样本量,进一步分析不同透析时间及透析方式对 ESRD 患者左室收缩功能的影响。

综上所述,血液透析对 ESRD 患者左室收缩功能的影响较腹膜透析更大, LV-PSL 能准确评估该类患者左室收缩功能,具有较好的临床应用价值。

参考文献

- [1] Kaesler N, Babler A, Floege J, et al. Cardiac remodeling in chronic kidney disease[J]. *Toxins (Basel)*, 2020, 12(3): 161.
- [2] Alhaj E, Alhaj N, Rahman I, et al. Uremic cardiomyopathy: an underdiagnosed disease[J]. *Congest Heart Fail*, 2013, 19(4): 40-45.
- [3] Hubert A, Le Rolle V, Leclercq C, et al. Estimation of myocardial work from pressure-strain loops analysis: an experimental evaluation [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(12): 1372-1379.
- [4] 范靖东,李敏,孙阳. 超声心肌做功技术评价不同病因致左室功能受损的应用价值[J]. *临床超声医学杂志*, 2023, 25(2): 137-140.
- [5] Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Hepatitis C Work Group. KDIGO 2018 Clinical Practice Guideline for the Prevention, Diagnosis, Evaluation, and Treatment of Hepatitis C in Chronic Kidney Disease [J]. *Kidney Int Suppl* (2011), 2018, 8(3): 91-165.
- [6] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组. 中国成年人超声心动图检查测量指南[J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25(8): 645-666.
- [7] 申凯凯,朱好辉,丁晓,等. 无创左室压力应变曲线在评估血液透析患者左室心肌做功中的应用[J]. *中华超声影像学杂志*, 2020, 29(6): 505-510.
- [8] 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): 996-1003.
- [9] 冉洪玲. 无创心肌做功定量评估射血分数保留的尿毒症血液透析患者左室心肌功能的应用价值[D]. 南昌:南昌大学, 2023.
- [10] Epstein M, Epstein DL, Duprez D. Defining the optimal dialysis regimen for improving left ventricular structure and function: an urgent need [J]. *J Card Fail*, 2020, 26(6): 492-493.
- [11] Chan J, Edwards NFA, Khandheria BK, 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.
- [12] Wang Y, Zhang Y, Liang W, et al. Evaluation of eSie VVI technology on left ventricular systolic function changes in uremic patients undergoing dialysis [J]. *J Med Syst*, 2019, 43(5): 129-137.
- [13] Selby NM, McIntyre CW. Peritoneal dialysis is not associated with myocardial stunning [J]. *Perit Dial Int*, 2011, 31(1): 27-33.
- [14] 向元兵,徐秀蓉. 不同透析方式对尿毒症患者心脏结构的影响[J]. *现代临床医学*, 2016, 42(3): 188-189, 192.
- [15] Liu X, Chen L, Zhong X, et al. Noninvasive evaluation of myocardial work in patients with chronic kidney disease using left ventricular pressure-strain loop analysis [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(4): 856.
- [16] 伍婷婷,解翔,姜凡,等. 射血分数保留的终末期肾病患者左室质量指数与左室心肌做功指数的关系[J]. *安徽医科大学学报*, 2023, 58(3): 481-485.
- [17] Hensen LCR, Goossens K, Delgado V, et al. Prognostic implications of left ventricular global longitudinal strain in predialysis and dialysis patients [J]. *Am J Cardiol*, 2017, 120(3): 500-504.

(收稿日期:2023-09-04)