

速度向量成像技术评估不同左室构型维持性血液透析患者左房功能

朱 飞 王庆庆 彭雪莲 夏晓蓉 刘 洁 夏纪筑

摘要 目的 应用速度向量成像(VVI)技术分析不同左室构型的维持性血液透析(MHD)患者左房功能。方法 选取我院117例MHD患者,根据患者左室构型情况分为:正常构型组(24例)、向心性重构组(33例)、向心性肥厚组(36例)、离心性肥厚组(24例),另选同期年龄和性别与之相匹配的健康志愿者30例作为对照组,应用常规超声检测左房前后径(LAD)、左室舒张末期内径(LVEDd)、舒张末期室间隔厚度(IVSd)、左室后壁厚度(LVPWd)及二尖瓣舒张早期血流速度峰值与二尖瓣环舒张早期运动速度峰值比值(E/e);VVI技术于心尖四腔心切面获取左房整体收缩峰值应变(Ss)及应变率(SRs)、舒张早期峰值应变(Se)及应变率(SRe)、舒张晚期峰值应变(Sa)及应变率(SRa),比较各组上述各参数的差异;分析Ss、SRs、Se、SRe、Sa、SRa与E/e的相关性。结果 向心性肥厚组和离心性肥厚组LAD、LVEDd、IVSd、LVPWd均较对照组及正常构型组增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);对照组与正常构型组上述参数比较差异均无统计学意义。与对照组比较,MHD各组E/e、LVMI均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),且除正常构型组与向心性重构组比较差异无统计学意义外,余两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与对照组、正常构型组、向心性重构组、向心性肥厚组比较,离心性肥厚组LVEF减低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与对照组比较,MHD各组Ss、SRs、Se、SRe均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),正常构型组Sa、SRa均增大,向心性肥厚组和离心性肥厚组Sa、SRa均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与正常构型组、向心性重构组比较,向心性肥厚组、离心性肥厚组Ss、SRs、Se、SRe、Sa、SRa均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与向心性肥厚组比较,离心性肥厚组SRs、Se、Sa、SRa均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。MHD患者Ss、SRs、Se、SRe、Sa、SRa与E/e均呈负相关(均 $P<0.01$)。结论 VVI技术可以简便、快捷、准确地评价MHD患者左房功能减退,为早期实施临床干预提供客观依据。

关键词 速度向量成像;维持性血液透析;左室构型;慢性肾病;心房,左

[中图分类号]R540.45;R692

[文献标识码]A

Assessment of left atrial function in maintenance hemodialysis patients with different left ventricular configurations by velocity vector imaging

ZHU Fei, WANG Qingqing, PENG Xuelian, XIA Xiaorong, LIU Jie, XIA Jizhu

Department of Ultrasound, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Sichuan 646000, China

ABSTRACT Objective To analyze the function of left atrium in maintenance hemodialysis (MHD) patients with different left ventricular configurations by velocity vector imaging (VVI). **Methods** Totally 117 patients with MHD were divided into the following groups according to their left ventricular configurations: normal configuration group ($n=24$), centripetal remodeling group ($n=33$), centripetal hypertrophy group ($n=36$), and centrifugal hypertrophy group ($n=24$). 30 age- and sex-matched healthy volunteers were selected as the control group. Left atrial anteroposterior diameter (LAD), left ventricular end diastolic diameter (LVEDd), end diastolic ventricular septal thickness (IVSd), left ventricular posterior wall thickness (LVPWd) and the ratio of peak blood flow velocity in early diastole to peak motion velocity in early diastole (E/e) were measured by conventional ultrasound. Left atrial peak strain (Ss) and peak strain rate (SRs), early diastolic peak strain (Se) and peak strain rate (SRe), late diastolic peak strain (Sa) and peak strain rate (SRa) were obtained on apical four-chamber cardiac section images by the VVI technique. The changes of the above parameters in each group were compared, and the correlation of Ss, SRs, Se, SRe, Sa, SRa and E/e were analyzed respectively. **Results** LAD, LVEDd, IVSd and LVPWd in both centripetal hypertrophy

基金项目:西南医科大学校级基金(2018-ZRQN-135)

作者单位:646000 四川省泸州市,西南医科大学附属医院超声科

通讯作者:夏纪筑, Email: xjz71@163.com

group and centrifugal hypertrophy group were greater than those in control group and normal configuration group (all $P<0.05$). There were no significant difference in the above parameters between control group and normal configuration group. Compared with the control group, E/e and LVMI were increased in the normal configuration group, centripetal remodeling group, centripetal hypertrophy group and centrifugal hypertrophy group (all $P<0.05$), and pairwise comparison showed statistically significant differences except normal configuration group and centripetal remodeling group (all $P<0.05$). Compared with the control group, normal configuration group, centripetal remodeling group and centripetal hypertrophy group, LVEF was decreased in the centrifugal hypertrophy group (all $P<0.05$). Compared with the control group, Ss, SRs, Se and SRe were decreased in each MHD group (all $P<0.05$), Sa and SRa were increased in the normal configuration group (all $P<0.05$), and Sa and SRa were decreased in the centripetal hypertrophy group and the centrifugal hypertrophy groups (all $P<0.05$). Compared with the normal configuration group and the centripetal remodeling group, Ss, SRs, Se, SRe, Sa and SRa in the centripetal hypertrophy group and the centrifugal hypertrophy group were significantly decreased (all $P<0.05$). Compared with the centripetal hypertrophy group, SRs, Se, Sa, SRa in the centrifugal hypertrophy group were significantly decreased (all $P<0.05$). In MHD patients, Ss, SRs, Se, SRe, Sa, SRa were negatively correlated with E/e (all $P<0.01$). **Conclusion** VVI technique can easily, quickly and accurately evaluate left atrial hypoperfusion in patients with MHD, and provide an objective basis for early implementation of clinical intervention.

KEY WORDS Velocity vector imaging; Maintenance hemodialysis; Left ventricular configuration; Chronic kidney disease; Atrium, left

终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)是慢性肾病(chronic kidney disease, CKD)的终末阶段, 在我国发病率逐年增高, 严重威胁着人们的健康。维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)是 ESRD 重要的替代治疗方式, 据统计我国进行 MHD 的患者总数量仅次于美国, 居世界第二^[1]。ESRD 患者发生心血管并发症的几率是正常人群的 10~100 倍, 即使进行了 MHD 治疗的患者心血管并发症发生率仍较高^[2]。研究^[3]表明, 左房功能与严重的心血管事件有关, 且部分心血管疾病患者在亚临床阶段时左房功能已出现异常, 因此评价早期左房功能对于及早临床干预具有重要意义。本研究应用速度向量成像(velocity vector imaging, VVI)技术评估不同左室构型的 MHD 患者左房功能, 旨在为临床诊疗提供依据。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 9 月至 2020 年 1 月在我院血液透析中心行 MHD 的 ESRD 患者 117 例, 其中男 67 例, 女 50 例, 年龄 21~80 岁, 平均(51.55±13.78)岁。纳入标准: 所有患者均符合美国国家肾脏基金会(K/DOQI)指南中关于 CKD 5 期的诊断标准, 均进行规律 MHD 诊疗且透析时间 >6 个月, 左室射血分数(LVEF) >50%; 所有 MHD 患者均于透析结束后 2 h 左右行超声检查。排除严重的冠状动脉粥样硬化性心脏病、特发性心肌病、心脏瓣膜疾病、先天性心脏病及心律失常等。根据左室构型分型标准^[4]: 左室质量指数(LVMI)临界值为 115 g/m²(男)或 95 g/m²(女), 相对室壁厚度(RWT)临界值为 0.42, 将 MHD 患者分为 4 组: 正常构型组 24 例

(LVMI 和 RWT 均正常), 男 13 例, 女 11 例, 年龄 21~80 岁, 平均(48.54±16.53)岁; ②向心性重构组 33 例(LVMI 正常, RWT >0.42), 男 22 例, 女 11 例, 年龄 24~76 岁, 平均(51.30±13.18)岁; ③向心性肥厚组 36 例(LVMI 和 RWT 均大于临界值), 男 19 例, 女 17 例, 年龄 24~80 岁, 平均(55.97±12.14)岁; ④离心性肥厚组 24 例(LVMI >临界值, RWT 正常), 男 13 例, 女 11 例, 年龄 24~70 岁, 平均(48.25±12.94)岁。另选同期年龄和性别与之相匹配的健康志愿者 30 例(对照组), 男 15 例, 女 15 例。本研究经我院医学伦理委员会批准, 所有研究对象签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 常规超声检查: 使用西门子 SC 2000 彩色多普勒超声诊断仪, 4V1C 心脏探头, 频率 1~4 MHz。嘱受试者取左侧卧位, 并连接同步心电图, 常规测量左房前后径(LAD)、左室舒张末期内径(LVEDd)、舒张末期室间隔厚度(IVSd)、左室后壁厚度(LVPWd); 脉冲多普勒于心尖四腔心切面测量二尖瓣舒张早期血流速度峰值(E), 启动 TDI 模式, 脉冲多普勒取样线分别置于室间隔及左室侧壁二尖瓣瓣环处, 测量二尖瓣舒张早期运动速度峰值, 取其平均值(e), 并计算 E/e。使用 Simpson 双平面法测量 LVEF。

2. VVI 图像分析: 采集连续 3 个心动周期的标准心尖四腔心切面图像, 将图像帧频回放至左房收缩末期, 逐点勾画出左房心内膜边界, VVI 分析软件将自动生成速度应变向量图等。根据心电图, 在应变及应变率曲线上测量并记录左房整体收缩峰值应变(Ss)及应变率(SRs)、左房整体舒张早期峰值应变(Se)及应变率(SRe)、左房整体舒张晚期峰值应变(Sa)及应变率

(SRa)。所有参数均测3次取平均值,用绝对值表示。

3. 重复性检验:在每组受检者中随机抽取10例患者的图像,行观察者内(同一名医师1周后对同一患者的图像进行分析)和观察者间(两名医师对同一患者的图像进行分析)的一致性检验。

三、统计学处理

应用SPSS 17.0统计软件,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,两两比较行LSD-*t*检验;计数资料以例或率表示,组间比较行 χ^2 检验。VVI各参数的观察者间和观察者内一致性分析行组内相关系数(ICC)检验。左房应变和应变率与E/e的相关性分析采用Pearson相关分析法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

各组间性别、年龄、身高、体质量、体表面积、透析时间比较差异均无统计学意义。与对照组比较,MHD各组血压均增高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);而MHD各组间两两比较差异均无统计学意义。见表1。

二、各组常规超声心动图参数比较

向心性肥厚组和离心性肥厚组LAD、LVEDd、IVSd、LVPWd均大于对照组及正常构型组(均 $P<0.05$),对照组与正常构型组上述参数比较差异均无统计学意义。与对照组比较,MHD各组E/e、LVMI均增大(均 $P<0.05$),

且呈现出逐渐升高的趋势,离心性肥厚组最大,除正常构型组与向心性重构组比较差异无统计学意义外,余两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与对照组、正常构型组、向心性重构组、向心性肥厚组比较,离心性肥厚组LVEF减低(均 $P<0.05$)。见表2。

三、各组VVI参数比较

与对照组比较,MHD各组S_s、SR_s、Se、SR_e均减小,正常构型组Sa、SR_a均增大,向心性肥厚组、离心性肥厚组Sa、SR_a均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与正常构型组、向心性重构组比较,向心性肥厚组、离心性肥厚组S_s、SR_s、Se、SR_e、Sa、SR_a均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与向心性肥厚组比较,离心性肥厚组SR_s、Se、Sa、SR_a均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。正常构型组与向心性重构组VVI各参数比较差异均无统计学意义。见表3和图1~5。

四、重复性检验

左房应变参数S_s、SR_s、Se、SR_e、Sa、SR_a观察者内ICC分别为0.948、0.936、0.958、0.936、0.919、0.931,观察者间ICC分别为0.886、0.860、0.946、0.926、0.885、0.901;均具有良好的—致性。

五、相关性分析

MHD患者S_s、SR_s、Se、SR_e、Sa、SR_a与E/e均呈负相关($r=-0.571$ 、 -0.671 、 -0.576 、 -0.672 、 -0.475 、 -0.453 ,均 $P<0.01$)。

表1 各组一般资料比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	身高(cm)	体质量(kg)	BSA(m ²)	透析时间(年)	收缩压(mm Hg)	舒张压(mm Hg)
对照组	15/15	53.33±13.38	162.27±8.19	59.70±8.05	1.67±0.15	-	113.50±5.91	74.83±6.38
正常构型组	13/11	48.54±16.53	163.38±7.22	62.67±8.27	1.71±0.15	2.36±1.61	137.88±14.31*	89.50±10.35*
向心性重构组	22/11	51.30±13.18	164.85±7.25	62.70±10.58	1.72±0.17	3.51±2.63	135.09±15.79*	88.91±8.19*
向心性肥厚组	19/17	55.97±12.14	161.69±6.61	58.06±8.51	1.64±0.15	3.44±2.71	142.97±19.57*	86.94±10.89*
离心性肥厚组	13/11	48.25±12.94	163.04±10.14	61.69±9.45	1.70±0.18	2.26±1.47	139.67±17.17*	91.71±7.60*
F/ χ^2 值	2.174	1.718	0.789	1.615	1.398	2.454	17.468	16.146
P值	0.704	0.149	0.534	0.174	0.238	0.067	<0.001	<0.001

与对照组比较,* $P<0.05$;与正常构型组比较,# $P<0.05$;与向心性重构组比较,* $P<0.05$;与向心性肥厚组比较,° $P<0.05$ 。BSA:体表面积。1 mm Hg=0.133 kPa

表2 各组常规超声心动图参数比较($\bar{x}\pm s$)

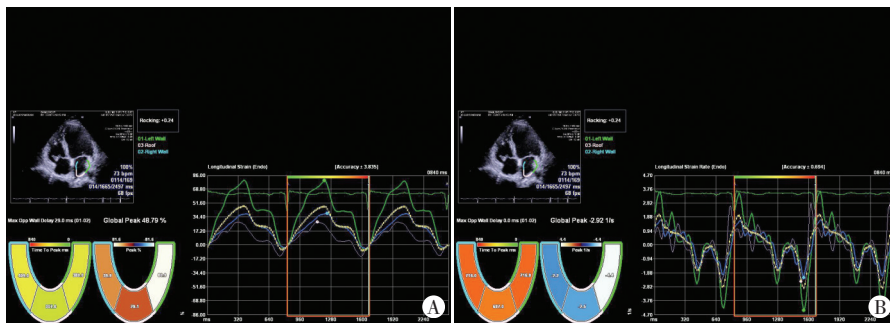
组别	LAD(mm)	LVEDd(mm)	IVSd(mm)	LVPWd(mm)	E/e	LVEF(%)	LVMI(g/m ²)	RWT
对照组	29.37±2.62	44.17±2.46	9.08±0.53	8.69±0.59	6.38±0.68	65.27±2.27	77.05±13.34	0.403±0.017
正常构型组	31.21±3.53	43.58±1.84	9.21±0.49	8.67±0.49	11.49±4.09*	64.33±3.71	93.85±10.07*	0.405±0.023
向心性重构组	31.97±4.34*	44.24±3.23	11.74±1.18*#	9.94±0.70*#	11.65±1.85*	64.06±3.46	97.90±10.50*	0.490±0.043*#
向心性肥厚组	34.78±4.96**#	48.25±3.81**#	13.47±1.31**#	11.36±1.46**#	13.70±3.35**#	63.22±5.29*	142.59±21.88**#	0.518±0.070**#
离心性肥厚组	36.42±4.36**#	57.00±5.95**#°	11.42±1.18**#°	10.42±0.72**#°	16.17±3.43**#°	57.79±5.27**#°	153.00±33.45**#°	0.385±0.034**#°
F值	13.248	59.884	100.196	49.279	44.642	12.717	82.945	55.348
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,* $P<0.05$;与正常构型组比较,# $P<0.05$;与向心性重构组比较,* $P<0.05$;与向心性肥厚组比较,° $P<0.05$ 。LAD:左房前后径;LVEDd:左室舒张末期径;IVSd:室间隔厚度;LVPWd:左室后壁厚度;E/e:二尖瓣舒张早期血流速度峰值与室间隔及左室侧壁二尖瓣舒张早期运动速度峰值平均值的比值;LVEF:左室射血分数;LVMI:左室质量指数;RWT:相对室壁厚度

表3 各组 VVI 参数比较($\bar{x}\pm s$)

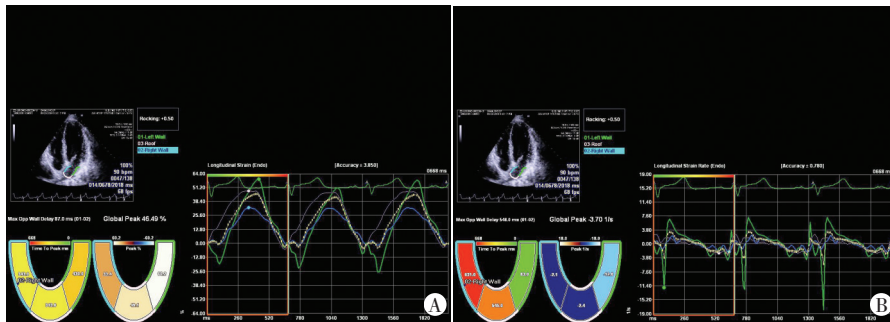
组别	Ss (%)	SRs (s ⁻¹)	Se (%)	SRe (s ⁻¹)	Sa (%)	SRa (s ⁻¹)
对照组	43.87±6.83	2.04±0.16	26.40±4.07	2.06±0.33	15.25±2.66	2.30±0.23
正常构型组	33.66±5.88*	1.58±0.13*	22.92±4.38*	1.26±0.18*	16.63±2.22*	2.82±0.24*
向心性重构组	33.73±7.02*	1.60±0.19*	22.70±4.20*	1.26±0.25*	16.37±2.53	2.38±0.28
向心性肥厚组	25.17±5.06*#**	1.32±0.22*#**	17.17±4.23*#**	0.93±0.35*#**	10.70±2.59*#**	1.27±0.36*#**
离心性肥厚组	23.35±6.01*#**	1.12±0.21*#** [○]	10.82±3.47*#** [○]	0.96±0.29*#**	7.13±2.07*#** [○]	1.08±0.34*#** [○]
F 值	51.189	96.404	59.053	73.308	76.398	169.107
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较, *P<0.05; 与正常构型组比较, #P<0.05; 与向心性重构组比较, *P<0.05; 与向心性肥厚组比较, [○]P<0.05。Ss, SRs: 左房整体收缩峰值应变、应变率; Se, SRe: 左房整体舒张早期峰值应变、应变率; Sa, SRa: 左房整体舒张晚期峰值应变、应变率



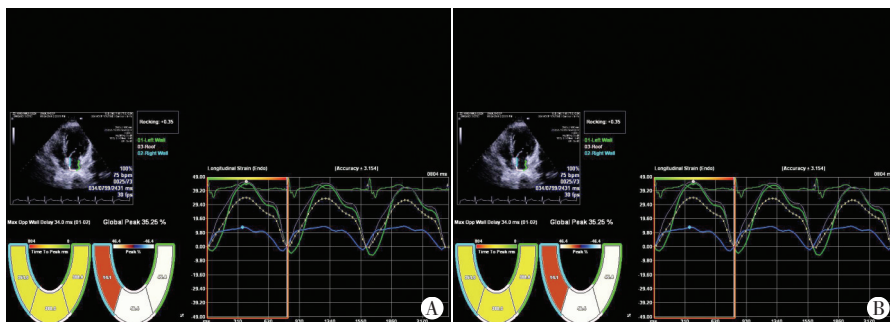
A: Ss 48.81%, Se 29.28%, Sa 17.53%; B: SRs 2.05 s⁻¹, SRe 1.78 s⁻¹, SRa 2.83 s⁻¹

图1 对照组同一受试者左房应变和应变率曲线图



A: Ss 45.36%, Se 24.55%, Sa 19.21%; B: SRs 3.56 s⁻¹, SRe 1.99 s⁻¹, SRa 3.05 s⁻¹

图2 正常构型组同一患者左房应变和应变率曲线图



A: Ss 34.36%, Se 21.34%, Sa 15.95%; B: SRs 1.25 s⁻¹, SRe 0.58 s⁻¹, SRa 1.93 s⁻¹

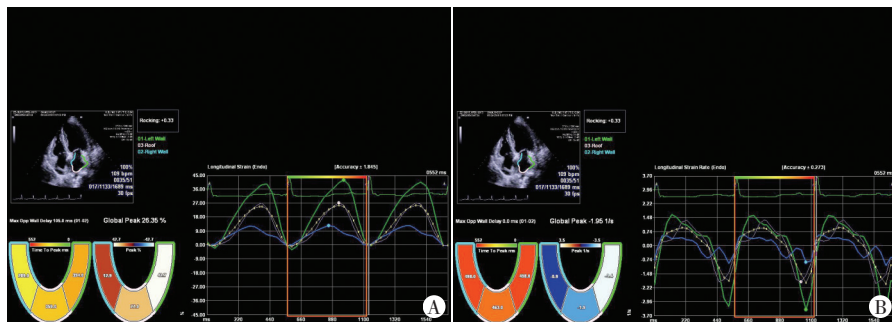
图3 向心性重构组同一患者左房应变和应变率曲线图

讨 论

心血管疾病是ERSD患者的主要并发症和首要死亡原因,因此及早对MHD患者的心功能进行检查,可为临床医师早期实施临床干预提供客观参考依据。ERSD患者心脏功能的早期改变主要表现为舒张功能

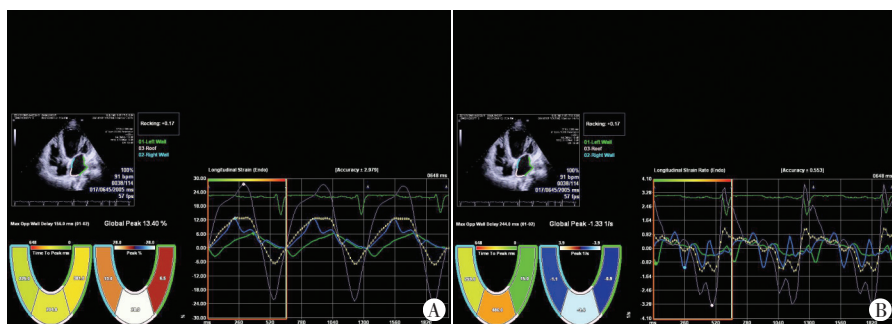
受损,而左房功能改变能敏感地反映舒张功能的变化^[2]。既往研究^[2,5-6]也表明应用超声监测MHD患者左房结构及功能的改变有助于预防心血管疾病的发生,对尿毒症患者行MHD治疗前后心血管风险分层管理有重要作用。左室肥厚是尿毒症心肌病最显著的特征,同时也是尿症患者生存率的一个独立预测因子^[3]。VVI技术不依赖多普勒原理,避免了角度依赖性,能更准确地自动追踪心肌运动。本研究旨在应用VVI技术分析不同左室构型的MHD患者左房功能,为临床诊疗提供依据。

左房通过心室收缩期的储存功能、舒张早期的管道功能及舒张晚期的辅助泵功能对左室的充盈进行调节。研究^[7]表明,左房的3个主要功能可分别在应变及应变率曲线上表现出来,Ss/SRs,Se/SRe,Sa/SRa分别反映左房的储存、管道和辅助泵功能。本研究中,与对照组比较,MHD各组Ss,SRs,Se/SRe,Sa/SRa均减小(均P<0.05),说明MHD患者左房的储存功能和管道功能降低。分析其原因,由于MHD患者容量负荷及压力负荷均增加,使左室充盈压升高,造成舒张早期左房的排空减少,而舒张晚期左房储存的血量增加,左房增大、顺应性降低,从而导致储存功能降低。管道功能降低是由于MHD患者左室舒张功能降低,左室充盈压升高,舒张早期从左房排入左室的血量减少。而正常构型组Sa,SRa均高于对照组(均P<0.05),这主要是由于左室正常构型的MHD患者心肌病变相对较轻,而左房心肌功能具有代偿性,当左



A: Ss 24.56%, Se 18.96%, Sa 13.26%; B: SRs 0.98 s⁻¹, SRe 0.78 s⁻¹, SRa 1.95 s⁻¹

图4 向心性肥厚组同一患者左房应变和应变率曲线图



A: Ss 13.26%, Se 9.12%, Sa 5.58%; B: SRs 1.35 s⁻¹, SRe 1.28 s⁻¹, SRa 1.35 s⁻¹

图5 离心性肥厚组同一患者左房应变和应变率曲线图

房储存功能和管道功能受损失,根据 Frank-Starling 机制,左房代偿性主动收缩加强,以维持左室充盈。与对照组比较,向心性肥厚组、离心性肥厚组 Sa、SRa 均减小(均 $P < 0.05$),表明左房的辅助泵功能降低了,分析原因可能是由于向心性肥厚患者和离心性肥厚患者心肌均已经发生了肥厚,左室舒张功能进一步降低,左室充盈压进一步升高,左房残存血液增加,左房容量负荷增加,超过了左房的代偿功能,导致左房重构,左房肌纤维伸长,肌纤维僵硬,造成左房的主动射血功能受损,因此左房辅助泵功能降低。此外,本研究还发现正常构型组与向心性重构组 VVI 各参数比较差异均无统计学意义,说明在左室发生肥厚前,患者左房功能变化不明显,但是左室发生肥厚后左房功能即开始明显下降,进一步表明心脏功能在结构发生改变之前已经受损。

E/e 是目前国际公认的评估左室舒张功能的可靠指标,本研究发现 MHD 各组 E/e 均较对照组增大(均 $P < 0.05$),且呈现出逐渐升高的趋势,其中离心性肥厚组最大,且与其他组比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),表明随着病情进展,MHD 患者的舒张功能逐渐降低。相关性分析显示 MHD 患者左房 Ss、SRs、Se、SRe、Sa、SRa 与 E/e 均呈负相关($r = -0.571$ 、 -0.671 、 -0.576 、 -0.672 、 -0.475 、 -0.453 ,均 $P < 0.01$),说明左房与左室的舒张功能密切相关,表明 VVI 所测应变及应变率指标可以反映左房功能的改变。与对照组比较,正常构型组、向心性重构组、向心性肥厚组 LVEF 值变化较小,差异均

无统计学意义;而与对照组、正常构型组、向心性重构组、向心性肥厚组比较,离心性肥厚组 LVEF 值减低(均 $P < 0.05$),说明离心性肥厚 MHD 患者心脏收缩功能已经开始出现降低,且左室舒张功能改变早于收缩功能的改变,与以往研究^[8]结果相一致。

综上所述,MHD 患者左房储存功能、管道功能降低,左室构型正常患者左房辅助泵功能会代偿性增加,但随着病情进展,左室发生肥厚后左房的辅助泵功能亦开始降低。VVI 技术可以简便、快捷、准确地评价 MHD 患者左房功能变化,为早期实施临床干预提供客观依据。但本研究样本量较小,且未进行纵向研究,也未对舒张功能不同分级的患者进行分组,有待以后研究的进一步深入探讨。

参考文献

- [1] 孙雪峰. 血液透析患者的高血压管理[J]. 中国中西医结合肾病杂志 2016, 17(3): 189-191.
- [2] Ahmadmehrabi S, Tang W. Hemodialysis-induced cardiovascular disease[J]. Semin Dial, 2018, 31(3): 258-267.
- [3] Liao JN, Chao TF, Kuo JY, et al. Age, sex, and blood pressure-related influences on reference values of left atrial deformation and mechanics from a large-scale Asian population[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2017, 10(10): e6077.
- [4] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2015, 28(1): 1-39.
- [5] Malagoli A, Rossi L, Bursi F, et al. Left atrial function predicts cardiovascular events in patients with chronic heart failure with reduced ejection fraction[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2019, 32(2): 248-256.
- [6] Sulemane S, Panoulas VF, Bratsas A, et al. Subclinical markers of cardiovascular disease predict adverse outcomes in chronic kidney disease patients with normal left ventricular ejection fraction[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(5): 687-698.
- [7] Wang Z, Tan H, Zhong M, et al. Strain rate imaging for noninvasive functional quantification of the left atrium in hypertensive patients with paroxysmal atrial fibrillation[J]. Cardiology, 2008, 109(1): 15-24.
- [8] 王莹莹, 赵晓宁, 李毓萍, 等. 超声评价维持性血液透析对尿毒症患者左心结构与功能的影响[J]. 临床超声医学杂志, 2017, 19(1): 34-36.

(收稿日期: 2020-11-02)