



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

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

左武旭, 吴元丰, 李权, 陈丹丹, 董丽莉, 孔德红, 潘翠珍, 舒先红

引用本文:

左武旭, 吴元丰, 李权, 陈丹丹, 董丽莉, 孔德红, 潘翠珍, 舒先红. 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[J]. 中国临床医学, 2023, 30(6): 927-933.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20221557>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

应用实时三维超声心动图评价房间隔缺损介入封堵术前后左心室收缩同步性

Real-time three-dimensional echocardiography in evaluating left ventricular systolic synchrony in patients with atrial septal defect before and after interventional occlusion

中国临床医学. 2017, 24(5): 690-695 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20170494>

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>

PD-1/PD-L1免疫检查点抑制剂对右心室功能的影响

Effect of PD-1/PD-L1 immune checkpoint inhibitors on right ventricular function

中国临床医学. 2021, 28(2): 152-158 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210387>

频率适应性房室延迟单左心室起搏实现心脏再同步化疗效分析及对右心室收缩功能的影响

Clinical effect of rate-adaptive atrioventricular delay single left ventricular pacing for cardiac resynchronization and evaluation of right ventricular systolic function

中国临床医学. 2018, 25(5): 704-709 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20180224>

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>

DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20221557

· 论 著 ·

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



左武旭^{1,2,3}, 吴元丰^{1,2,3}, 李 权^{1,2,3}, 陈丹丹^{3,4}, 董丽莉^{1,2,3*}, 孔德红^{1,2,3*}, 潘翠珍^{1,2,3}, 舒先红^{1,2,3,4}

1. 复旦大学附属中山医院心脏超声诊断科, 上海 200032
2. 上海市影像医学研究所, 上海 200032
3. 上海市心血管病研究所, 上海 200032
4. 复旦大学附属中山医院内科, 上海 200032

引用本文 左武旭, 吴元丰, 李 权, 等. 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[J]. 中国临床医学, 2023, 30(6): 927-933. ZUO W X, WU Y F, LI Q, et al. Echocardiographic evaluation of left ventricular longitudinal systolic function in patients with atrial septal defect and pulmonary hypertension before and after interventional occlusion[J]. Chin J Clin Med, 2023, 30(6): 927-933.

[摘要] **目的** 应用超声心动图评价房间隔缺损 (atrial septal defect, ASD) 合并肺动脉高压 (pulmonary hypertension, PH) 患者在介入封堵术前后左心室纵向收缩功能改变。**方法** 选择 2015 年 9 月至 2016 年 1 月在复旦大学附属中山医院进行介入封堵术的 ASD 患者 57 例, 分为 PH 组和 non-PH 组。于术前 1 d、术后 1 d 和术后 1~6 个月对患者进行超声心动图检查。另选择 20 例健康人作为对照。应用 TomTec 软件分析三维左心室整体及 16 节段纵向应变 (longitudinal strain, LS)。**结果** PH 组共 27 例, non-PH 组共 30 例。基线状态下, 两 ASD 组患者右心室的收缩功能, 包括三尖瓣环收缩期位移 (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE) 和三尖瓣环组织多普勒运动速度 (S') 较对照组增加 ($P<0.05$)。ASD 患者术后 1 d 右心室纵向收缩功能降低 ($P<0.05$), 术后 1~6 个月小幅上升, 但未恢复至术前水平。non-PH 组患者术后 1 d 及 1~6 个月左心室部分节段 LS 减小 ($P<0.05$); PH 组术后 1 d 左心室整体纵向应变 (global longitudinal strain, GLS) 减小 ($P<0.05$), 主要为基底部和心室中段 LS 减小, 心尖部 LS 无明显变化, 术后 1~6 个月左心室 GLS 有增加趋势。**结论** 无论合并 PH 与否, ASD 患者封堵术前均出现右心室纵向过度运动, 封堵术后逐渐改善; 合并 PH 的 ASD 患者封堵术后 1 d, 左心室 GLS 减小, 具有节段性差异。

[关键词] 超声心动图; 心室功能; 三维纵向应变; 房间隔缺损; 肺动脉高压

[中图分类号] R 541.1 **[文献标志码]** A

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

ZUO Wu-xu^{1,2,3}, WU Yuan-feng^{1,2,3}, LI Quan^{1,2,3}, CHEN Dan-dan^{3,4}, DONG Li-li^{1,2,3*}, KONG De-hong^{1,2,3*}, PAN Cui-zhen^{1,2,3}, SHU Xian-hong^{1,2,3,4}

1. Department of Echocardiography, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
2. Shanghai Institute of Medical Imaging, Shanghai 200032, China
3. Shanghai Institute of Cardiovascular Diseases, Shanghai 200032, China
4. Department of Cardiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective** To investigate the dynamic changes of left ventricular longitudinal systolic function in patients with atrial septal defect (ASD) and pulmonary hypertension (PH) before and after interventional occlusion using echocardiography. **Methods** A total of 57 patients undergoing interventional occlusion in Zhongshan Hospital, Fudan University from September

[收稿日期] 2022-09-04 **[接受日期]** 2023-07-17

[基金项目] 国家自然科学基金 (81771837), 上海市卫生健康委员会青年基金项目 (20204Y0345), 上海申康临床研究青年项目 (SHDC2020CR4071). Supported by National Natural Science Foundation of China (81771837), Youth Foundation of Shanghai Municipal Health Commission (20204Y0345) and Clinical Research Plan of SHDC (SHDC2020CR4071).

[作者简介] 左武旭, 住院医师, 硕士. E-mail: zuo.wuxu@zs-hospital.sh.cn

*通信作者 (Corresponding authors). Tel: 021-64041990-695150, E-mail: dong.lili@zs-hospital.sh.cn; E-mail: kong.dehong@zs-hospital.sh.cn

2015 to January 2016 were enrolled. Patients were divided into PH group and non-PH group. Echocardiographic examinations were performed for all subjects one day before, one day after and 1-6 months after the interventional occlusion. Twenty healthy individuals were included as a control group. Global and regional longitudinal strain (LS) of the left ventricle were analyzed using TomTec software. **Results** There were 27 patients in the PH group and 30 patients in the non-PH group. At baseline, tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) and tissue Doppler velocity of tricuspid annulus S' in both the PH and non-PH groups were higher than those in the control group ($P<0.05$). Longitudinal systolic function of the right ventricle decreased significantly on the first day after occlusion ($P<0.05$), and slightly increased 1-6 months after occlusion. Patients in the non-PH group showed a decreased LS in a small portion of the left ventricular segments 1 d and 1-6 months after occlusion ($P<0.05$); patients in the PH group showed a decreased left ventricular global longitudinal strain (GLS) on the first day after occlusion ($P<0.05$), primarily was in the basal and middle parts of the ventricle ($P<0.05$), without significant change in the apical part, and the LS of the left ventricle tended to increase 1-6 months after occlusion. **Conclusions** With or without PH, longitudinal movement of the right ventricle in ASD patient is excessive before occlusion, and gradually improves after occlusion. Left ventricular GLS decreases in ASD patients with PH, with segmental differences 1 day after occlusion.

[Key Words] echocardiography; left ventricular function; three-dimensional longitudinal strain; atrial septal defect; pulmonary hypertension

房间隔缺损 (atrial septal defect, ASD) 是最常见的先天性心脏病之一, 在全球每 1 000 个新生儿中有 1.6 个, 其中继发孔型约占 75%^[1]。对于继发孔型 ASD, 首选的治疗方式为经导管介入封堵术^[2]。既往已有多项研究^[3-6]证实, ASD 影响左心室的功能, 封堵术后左心室功能也会发生变化。ASD 患者左心室功能受损的因素主要包括左心室未充分利用 (充盈不足)、左心室扭转功能受损、左心室圆周应变受损、各节段同步性变差等。但是目前鲜见关于 ASD 合并肺动脉高压 (pulmonary hypertension, PH) 患者左心室功能的研究。

三维斑点追踪成像是一种新型心肌功能定量评估技术, 通过追踪心肌回声斑点在三维空间的位置变化准确评估心肌形变能力。本研究拟应用三维左心室纵向应变技术评价继发孔型 ASD 合并 PH 患者在介入封堵术前后左心室功能, 从而进一步为临床诊断和治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性纳入 2015 年 9 月至 2016 年 1 月在复旦大学附属中山医院接受介入封堵术的 57 例继发孔型 ASD 患者。入选标准: (1) 术前经胸或经食管超声心动图确诊存在继发孔型 ASD; (2) 透声条件较好, 可见清晰的心内膜缘; (3) 术后 1~6 个月于本院进行经胸超声心动图随访。排除标准: (1) 存在房颤或频发早搏等心律失常; (2) 由于阻力型 PH 为不可逆性病变,

即使心脏畸形得到纠正, 肺血管病变仍会进行性发展, 因此排除重度 PH; (3) 合并高血压、冠心病、心肌病等直接影响左心室心肌应变的疾病; (4) 存在肺栓塞或慢性阻塞性肺疾病等影响肺动脉压力的疾病; (5) 合并其他需要矫正的心脏畸形。本研究获得医院伦理委员会批准 (B2021-036), 患者知情同意并且签署知情同意书。

1.2 观察指标及方法 使用 Philips 公司 iE33 型超声心动图仪, 配备二维探头 S5-1 (频率 1~5 MHz) 和三维探头 X5-1 (频率为 2~4 MHz)。入组患者在封堵术前 1 d、术后 1 d 和术后 1~6 个月, 于静息状态下左侧卧位接受超声心动图检查。

1.2.1 二维超声 使用 S5-1 探头, 于心尖四腔切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)、右心室舒张末期内径 (right ventricular end-diastolic diameter, RVEDD)、右心室收缩末期内径 (right ventricular end-systolic diameter, RVESD)、三尖瓣环收缩期位移 (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE) 和三尖瓣环组织多普勒运动速度 (S')。按照术前经胸超声心动图测得的三尖瓣峰值反流速率 (peak tricuspid regurgitation velocity, PTRV) 进行分组^[7]: PTRV<2.8 m/s 为 non-PH 组, PTRV≥2.8 m/s 为 PH 组。肺动脉收缩压 (pulmonary artery systolic pressure, PASP)=4 (PTRV)²+右房压, 其中右

房压根据下腔静脉内径及塌陷率估计。

1.2.2 三维超声 使用X5-1探头,患者呼吸维持平稳情况下,在心尖四腔切面上,调整图像深度和增益,并嘱患者保持静卧、短暂屏气,以保证心室壁心内膜结构清晰呈现;将仪器调整为全容积显像模式,经心电图自动触发采集4个相邻的 $15^{\circ} \times 60^{\circ}$ 窄角“蛋糕块”立体图像,形成 $60^{\circ} \times 60^{\circ}$ 的宽角“金字塔”样三维图像数据库。

用机器配置的TomTec软件进行三维图像分析:将获得的全容积三维图像进行切割、旋转,将图像调整到3个平面中,分别显示左心室心尖四腔观、短轴观及两腔观;同时分别在心尖四腔以及两腔面设定舒张末期以及收缩期,标定室间隔、前壁、侧壁、下壁、二尖瓣环交界处及心尖。软件能按照标定点对心内膜缘进行自动识别,但须手动调节勾勒线至能和心内膜缘完全贴合。最终将左心室划分为16个节段,并获得每个节段的纵向应变(longitudinal strain, LS)值,以牛眼图、具体数值和运动曲线的方式展示(图1)。

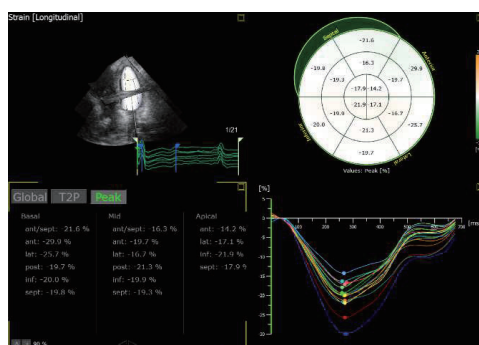


图1 TomTec软件分析三维左心室纵向应变(房间隔缺损)

1.3 统计学处理 采用SPSS 22.0软件进行分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,3组间比较采用重复测量方差分析,两两比较采用Bonferroni法;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,3组间比较采用Kruskal-Wallis检验。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 入组患者一般及基线资料 57例患者中,PH组27例,男性4例、女性23例,平均年龄(46.7 ± 13.1)岁;non-PH组30例,男性11例、女性19例,平均年龄(36.5 ± 12.6)岁。对照组20例,男性8例、女性12例,平均年龄(36.4 ± 11.3)岁。结果(表1)显示:PH组ASD患者缺损大于non-PH组($P=0.005$);两ASD组PASP高于对照组,PH组PASP高于non-PH组($P<0.05$);两ASD组RVEDD、RVESD大于对照组($P<0.05$);两ASD组右心室纵向运动(TAPSE、 S')大于对照组($P<0.05$)。

2.2 non-PH组患者手术前后左、右心室超声参数比较 结果(表2)显示:与术前相比,non-PH组患者术后1d和1~6个月PASP下降($P<0.05$);术后1~6个月右心室减小($P<0.05$);术后1d的TAPSE和三尖瓣环 S' 减小($P<0.05$),术后1~6个月有增加趋势,仍较小;术后1d和1~6个月左心室增大($P<0.05$)。与术前相比,non-PH组患者术后1d左心室前壁、后壁、下壁、后间隔基底段LS减小($P<0.05$);术后1~6个月左心室前壁、后壁、下壁、后间隔基底段及后间隔中间段LS减小($P<0.05$)。

表1 3组基线超声心动图数据比较

指标	对照组($n=20$)	non-PH组($n=30$)	PH组($n=27$)	P 值
ASD大小/mm	—	17.5 ± 5.9	22.8 ± 7.8	0.005
PASP/mmHg	30(28.3, 32.8)	41(36.8, 41)* Δ	56(48, 65)*	<0.001
RVEDD/mm	33.7 ± 4.8	$47.6 \pm 7.5^*$	$48.4 \pm 6.7^*$	<0.001
RVESD/mm	22.6 ± 4.2	$33.8 \pm 5.1^*$	$33.5 \pm 5.9^*$	<0.001
TAPSE/mm	21(20, 23.5)	25.5(24, 28)*	26(22, 30)*	<0.001
三尖瓣环 $S'/(cm \cdot s^{-1})$	12.8 ± 1.6	$16.8 \pm 2.9^* \Delta$	$15.0 \pm 2.6^*$	<0.001
LVEDD/mm	42.5 ± 3.6	42.5 ± 4.4	40.6 ± 3.4	0.138
LVESD/mm	27.0 ± 2.9	26.3 ± 3.0	25.8 ± 2.8	0.446
LVEF/%	66.5 ± 3.5	67.7 ± 4.5	66.1 ± 4.7	0.399
LVGLS/%	21.4(19.3, 22.8)	20(17.8, 22)	21(19, 25)	0.288

ASD:房间隔缺损;PASP:肺动脉收缩压;RVEDD:右心室舒张末期内径;RVESD:右心室收缩末期内径;TAPSE:三尖瓣环收缩期位移;LVEDD:左心室舒张末期内径;LVESD:左心室收缩末期内径;LVEF:左心室射血分数;LVGLS:左心室整体纵向应变。* $P<0.05$ 与对照组相比; $\Delta P<0.05$ 与PH组相比。

表2 non-PH 组封堵术前超声心动图测值比较

n=30

指标	术前 1 d	术后 1 d	术后 1~6 月	P 值
二维超声				
PASP/mm	41(36.8, 41)	33.5(28.8, 37)*	32(28, 41)*	<0.001
RVEDD/mm	47.6±7.5	38.6±5.0*	36.7±5.7*	<0.001
RVESD/mm	33.8±5.1	29.3±4.5	27.9±5.2*	<0.001
TAPSE/mm	25.5(24, 28)	18(15.8, 24)*	22(16.9, 24.1)*	<0.001
三尖瓣环S'/(cm·s ⁻¹)	16.8±2.9	12.2±3.3*	13.1±2.5*	<0.001
LVEDD/mm	42.5±4.4	44.7±4.1*	46.2±4.2* [△]	<0.001
LVESD/mm	26.3±3.0	27.5±2.4*	28.9±2.5* [△]	<0.001
LVEF/%	67.7±4.5	68.5±3.0	67.3±3.7	0.155
左心室三维超声/%				
GLS	20(17.8, 22)	18.5(17, 20)	18(16, 20.3)	0.051
前间隔基底段LS	19(16, 20)	16(14, 18.3)	16(12, 18.3)	0.104
前壁基底段LS	18.9±3.7	17.1±4.0*	17.4±3.9	0.004
侧壁基底段LS	19.9±4.2	18.4±4.8	18.2±3.5	0.103
后壁基底段LS	19.1±5.2	17.1±4.4*	16.6±4.4*	0.002
下壁基底段LS	18.3±5.5	14.7±3.8*	15.2±6.2*	<0.001
后间隔基底段LS	18.3±4.4	14.8±4.8*	14.3±3.8*	<0.001
前间隔中间段LS	16.2±4.7	15.3±4.8	15.2±5.8	0.210
前壁中间段LS	16(14.8, 20)	15.6(12.5, 17.3)	17(14, 20)	0.090
侧壁中间段LS	19.5(16, 22)	17(14.8, 20)	19(16.8, 21)	0.195
后壁中间段LS	18.6±4.5	16.4±5.3	17.7±4.6	0.063
下壁中间段LS	19.5(17.8, 21)	17(13, 19.3)	16(12.8, 22)	0.071
后间隔中间段LS	19(16, 22.3)	17(13.8, 18)	16.5(10.8, 20)*	0.021
前壁心尖段LS	21.5(17.8, 25)	19(17.8, 22.3)	19(17, 24.5)	0.598
侧壁心尖段LS	22.5±6.6	22.0±5.6	21.2±7.1	0.299
下壁心尖段LS	24.5(19.8, 30)	23.5(21, 27.3)	21.5(15.8, 28.3)	0.446
室间隔心尖段LS	22(19, 26)	21(17.8, 25.3)	21.5(17.8, 27.0)	0.753

PASP: 肺动脉收缩压; RVEDD: 右心室舒张末期内径; RVESD: 右心室收缩末期内径; TAPSE: 三尖瓣环收缩期位移; LVEDD: 左心室舒张末期内径; LVESD: 左心室收缩末期内径; LVEF: 左心室射血分数; GLS: 整体纵向应变; LS: 纵向应变。纵向应变测值为负数, 取绝对值。* $P<0.05$ 与术前 1 d 相比; [△] $P<0.05$ 与术后 1 d 相比。

2.3 PH 组患者手术前后左、右心室超声参数值比较 (表 3) 显示: 与术前 1 d 相比, PH 组患者术后 1 d 和术后 1~6 个月 PASP 下降 ($P<0.05$); 术后 1 d 右心室减小, 术后 1~6 个月进一步减小 ($P<0.05$); 术后 1 d 的 TAPSE 和三尖瓣环 S' 减小, 术后 1~6 个月有增加趋势, 仍较小 ($P<0.05$); 术后 1 d 左心室增大, 术后 1~6 个月进一步增大

($P<0.05$); 术后 1 d 和术后 1~6 个月的 LVEF 增加 ($P<0.05$)。与术前 1 d 相比, 术后 1 d 左心室 GLS、各部分基底段 LS、前壁与侧壁中间段 LS 减小 ($P<0.05$); 术后 1~6 个月间隔基底段、前间隔中间段、前壁中间段 LS 减小 ($P<0.05$), 大部分节段 LS 较术后 1 d 有增加趋势。

表3 PH 组封堵术前超声心动图测值比较

n=27

指标	术前 1 d	术后 1 d	术后 1~6 个月	P 值
二维超声				
PASP/mmHg	56(48, 65)	41(35, 45)*	41(33, 47)*	<0.001
RVEDD/mm	48.4±6.7	43.5±4.6*	38.5±4.1* [△]	<0.001
RVESD/mm	33.5±5.9	33.3±4.2*	28.6±3.5* [△]	<0.001
TAPSE/mm	26.1±4.4	18.3±4.9*	22.4±4.4*	<0.001
三尖瓣环S'/(cm·s ⁻¹)	15.0±2.6	13.0±2.6*	14.1±2.5*	0.002
LVEDD/mm	40.6±3.4	43.7±4.0*	46.8±4.0* [△]	<0.001
LVESD/mm	26(23, 28)	26(25, 29)	28(26, 30)* [△]	0.008
LVEF/%	66(62, 71)	71(64, 72)*	68(67, 72)*	0.044

续表 3

指标	术前 1 d	术后 1 d	术后 1~6 个月	P 值
左心室三维超声/%				
GLS	21.1±4.2	17.9±3.9 [*]	18.6±2.6	0.031
前间隔基底段LS	22(17, 24)	16(12, 19) [*]	18(14, 20)	0.002
前壁基底段LS	23(20, 28)	17(14, 23) [*]	19(16, 24)	0.016
侧壁基底段LS	23(20, 29)	19(15, 21) [*]	21(18, 23)	0.003
后壁基底段LS	21(18, 26)	19(15, 21) [*]	19(15, 21)	0.011
下壁基底段LS	20.6±5.2	17.0±5.5 [*]	16.0±5.2	0.029
后间隔基底段LS	19.9±4.4	15.5±4.1 [*]	14.8±6.0 [*]	0.002
前间隔中间段LS	18(14, 21)	14(11, 17)	14(9, 17) [*]	0.012
前壁中间段LS	19(17, 24)	15(12, 19) [*]	16(11, 19) [*]	0.009
侧壁中间段LS	20(16, 23)	17(14, 19) [*]	20(17, 22)	0.029
后壁中间段LS	18(15, 23)	16(14, 19)	19(15, 22)	0.114
下壁中间段LS	20(14, 26)	17(11, 21)	19(16, 22)	0.168
后间隔中间段LS	19.2±5.7	16.0±5.6	16.0±4.5	0.135
前壁心尖段LS	23(16, 28)	18(12, 24)	19(15, 22)	0.065
侧壁心尖段LS	20(17, 28)	21(15, 25)	22(19, 27)	0.436
下壁心尖段LS	25.0±7.9	23.4±9.4	24.5±7.8	0.288
室间隔心尖段LS	22.3±7.6	19.3±7.0	20.3±5.5	0.396

PASP:肺动脉收缩压;RVEDD:右心室舒张末期内径;RVESD:右心室收缩末期内径;TAPSE:三尖瓣环收缩期位移;LVEDD:左心室舒张末期内径;LVESD:左心室收缩末期内径;LVEF:左心室射血分数;GLS:整体纵向应变;LS:纵向应变。纵向应变测值为负数,取绝对值。^{*}*P*<0.05 与术前 1 d 相比;[△]*P*<0.05 与术后 1 d 相比。

3 讨 论

本研究发现, 无论是否合并 PH, ASD 患者在封堵术前均出现 TAPSE 及三尖瓣环 S' 增加, 即右心室纵向过度运动, 术后 1 d 内改善, 与既往研究^[5,8]类似。当容量负荷增加时, 右心室通过 Frank-Starling 定律增强收缩功能, 有效代偿血流动力学变化, 而右心室收缩主要依赖其纵向分布的纤维束, 因此此时纵向运动增强^[5, 9-10]。封堵术后, 右心室容量过负荷解除, 纵向运动随之减弱。本研究中, 术后 1~6 个月, 右心室纵向运动较术后 1 d 有增加趋势, 但小于术前 1 d, 这与 Akula 等^[11]的观察结果一致。这可能是因为右心室在长期的压力过负荷状态下, 发生缓慢重构, 并引起隐匿的收缩功能受损^[12]。ASD 患者右心室纵向过度运动, 说明其心肌仍保留良好的收缩储备功能, 掩盖了其隐匿的收缩功能受损。

左心室的肌纤维排列复杂: 心内膜为右手螺旋的纵向纤维, 与水平线夹角为 60°; 中层为环形心肌; 心外膜为左手螺旋的纵向纤维, 与心内膜心肌纤维几乎垂直。这种螺旋状排列的心肌纤维缩短, 导致了左心室扭转, 旋转的大小和方向取决于

跨壁应变梯度和心外膜下肌纤维相对于心内膜下肌纤维的运动优势。本课题组前期研究^[3, 13]发现, ASD 患者左心室整体扭转程度降低, 封堵术后 24 h 内即可改善。既往研究^[4, 6, 14]表明, ASD 患者封堵术后左心室圆周应变改善, 而 LS 有减小趋势, 表明圆周应变与 LS 亦存在相互拮抗的关系^[15]。

本研究中, PH 组患者术后 1 d 左心室 LS 减小, 与上述研究结果一致, 且主要发生在基底部和中间段。PH 组左心室 LS 的改变还可能与左右心室之间的机械作用有关。在代偿范围内, 右心室后负荷的增加伴随着其收缩功能的增加, 即右心室-肺动脉耦合, 在这种情况下, 右心室会通过增强室间隔收缩功能来辅助左心室泵血功能^[9, 16]。这种收缩功能的增加随着 PH 的解除而解除。

根据心肌带理论, 心肌纤维形成基底环和心尖环。其中, 基底环是水平方向的圆环, 形成包绕右心室及左心室的横向外壁^[17]。因此, 左右心室在基底部的运动可能有联动关系。本课题组前期研究^[3, 13]发现, ASD 患者封堵术前后的扭转改变主要发生在基底部; Bussadori 等^[14]的研究发现, 左心室圆周应变改变主要发生在二尖瓣水平。本研究中, ASD 患者封堵术后 LS 改变主要发生在基底部。

有研究^[18]通过二维斑点追踪技术发现, PH 患者的左心室收缩功能受损; 压力过负荷解除后, 左心室容量增加和结构性重塑可导致其 LS 增加^[5, 15]。本研究中 PH 组患者术后 1~6 个月左心室 LS 有增加趋势, 提示存在右心室压力过负荷的患者左心室发生了萎缩性重塑。Hardziyenka 等^[19]通过心脏磁共振成像发现, 慢性血栓栓塞性肺动脉高压患者左心室游离壁质量减小, 尤以右心衰竭患者明显; 肺动脉内膜切除术后, 随着右心室射血分数的增加, 左心室游离壁质量增加。

本研究局限性: (1) 三维斑点追踪技术存在局限性, 即帧频较低且对图像质量有较高要求。但是三维 LS 与二维 LS 具有相当的效力, 且可重复性好; 在流程上, 二维 LS 测定更加耗时, 三维 LS 测定相对简便。(2) 为了提高三维图像的帧频, 采用了多心动周期拼接的方法, 因此排除了房颤患者。但是, 房颤和左心室重构存在相互影响: 一方面左心室重构引起的舒张功能不全会导致左心房压升高, 继而引起房颤; 另一方面, 房颤也可能导致左心室重构^[20]。(3) PH 组患者的平均年龄大于 non-PH 组和对照组, 而左心室 GLS 会随年龄增加而略减小^[21], 因此本研究难以排除年龄影响。(4) 样本量较小。

综上所述, 无论合并 PH 与否, ASD 患者封堵术前均出现右心室纵向过度运动, 封堵术后逐渐改善; 合并与不合并 PH 的 ASD 患者封堵术后 1 d, 左心室 LS 均减小, 且具有节段性差异, 合并 PH 者 LS 改变的节段更多。

利益冲突: 所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] GABRIELS C, MEESTER P D, PASQUET A, et al. A different view on predictors of pulmonary hypertension in secundum atrial septal defect[J]. *Int J Cardiol*, 2014, 176(3): 833-840.
- [2] BAUMGARTNER H, BONHOEFFER P, DE GROOT N M, et al. ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010) [J]. *Eur Heart J*, 2010, 31(23): 2915-2957.
- [3] DONG L L, ZHANG F, SHU X H, et al. Left ventricular torsional deformation in patients undergoing transcatheter closure of secundum atrial septal defect[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2009, 25(5): 479-486.
- [4] CAI Q Z, LIANG Y, ZHU Z H, et al. Influence of percutaneous atrial septal defect closure on inter- and intra-ventricular mechanical dyssynchrony in adults: evaluation of strain pattern[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2014, 30(4): 721-727.
- [5] ALKHATEEB A, ROUSHDY A, HASAN-ALI H, et al. Immediate and short-term biventricular function assessment post-atrial septal defect surgical *versus* device closure: a comparative two-dimensional speckle tracking study[J]. *Prog Pediatr Cardiol*, 2021, 60: 101309.
- [6] MIKI T, YAMANO T, YAMANO M, et al. Favorable changes of left ventricular function in the circumferential direction following transcatheter atrial septal defect closure: a strain imaging study[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2021, 37(3): 903-912.
- [7] HUMBERT M, KOVACS G, HOEPER M M, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension[J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(38): 3618-3731.
- [8] KONG D H, CHENG L L, DONG L L, et al. Three-dimensional echocardiography in the evaluation of right ventricular global and regional systolic function in patients with atrial septal defect before and after percutaneous closure[J]. *Echocardiography*, 2016, 33(4): 596-605.
- [9] 程显声. 心室相互依赖与右心心肌力学功能模式[J]. *中华心血管病杂志*, 2020, 48(10): 814-822. CHENG X S. Left and right ventricular interdependence and right ventricular myocardial mechanical pattern[J]. *Chin J Cardiol*, 2020, 48(10): 814-822.
- [10] MORITA T, NAKAMURA K, OSUGA T, et al. Effect of acute volume overload on echocardiographic indices of right ventricular function and dyssynchrony assessed by use of speckle tracking echocardiography in healthy dogs[J]. *Am J Vet Res*, 2019, 80(1): 51-60.
- [11] AKULA V S, DURGAPRASAD R, VELAM V, et al. Right ventricle before and after atrial septal defect device closure[J]. *Echocardiography*, 2016, 33(9): 1381-1388.
- [12] VONK-NOORDEGRAAF A, HADDAD F, CHIN K M, et al. Right heart adaptation to pulmonary arterial hypertension: physiology and pathobiology[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(25 Suppl): D22-D33.
- [13] DONG L L, ZHANG F, SHU X H, et al. Left ventricular torsion in patients with secundum atrial septal defect[J].

- Circ J, 2009, 73(7): 1308-1314.
- [14] BUSSADORI C, OLIVEIRA P, ARCIDIACONO C, et al. Right and left ventricular strain and strain rate in young adults before and after percutaneous atrial septal defect closure[J]. Echocardiography, 2011, 28(7): 730-737.
- [15] VOIGT J U, CVIJIC M. 2- and 3-dimensional myocardial strain in cardiac health and disease[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(9): 1849-1863.
- [16] NAEIJE R, BADAGLIACCA R. The overloaded right heart and ventricular interdependence[J]. Cardiovasc Res, 2017, 113(12): 1474-1485.
- [17] 樊红光, 郑 哲, 胡盛寿. 左心室重建术: 从解剖到临床[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2014, 21(4): 542-547. FAN H G, ZHENG Z, HU S S. Left ventricular reconstruction: from anatomy to surgery[J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 21(4): 542-547.
- [18] DE AMORIM CORRÊA R, DE OLIVEIRA F B, BARBOSA M M, et al. Left ventricular function in patients with pulmonary arterial hypertension: the role of two-dimensional speckle tracking strain[J]. Echocardiography, 2016, 33(9): 1326-1334.
- [19] HARDZIYENKA M, CAMPIAN M E, REESINK H J, et al. Right ventricular failure following chronic pressure overload is associated with reduction in left ventricular mass: evidence for atrophic remodeling[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 57(8): 921-928.
- [20] LEDWOCH J, FRÖHLICH C, OLBRICH I, et al. Impact of sinus rhythm *versus* atrial fibrillation on left ventricular remodeling after transcatheter aortic valve replacement[J]. Clin Res Cardiol, 2021, 110(5): 689-698.
- [21] SKAARUP K G, LASSEN M C H, JOHANSEN N D, et al. Age- and sex-based normal values of layer-specific longitudinal and circumferential strain by speckle tracking echocardiography: the Copenhagen City Heart Study[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2022, 23(5):629-640.

[本文编辑] 姬静芳