

儿童室间隔缺损封堵术后完全性右束支传导阻滞对心功能的影响

蔡仕俊, 张励庭, 刘少中, 阮 兢

(中山市人民医院普通儿科, 广东中山 528403)

摘要: 目的 评估儿童室间隔缺损 (ventricular septal defect, VSD) 封堵术后完全性右束支传导阻滞 (complete right bundle branch block, CRBBB) 对左心室和右心室功能的近期影响。方法 按随机数字表法选取从 2010 年 1 月至 2014 年 12 月于中山市人民医院行 VSD 封堵术后出现 CRBBB 的 40 例患者作为 CRBBB 组以及 40 例封堵术后无心律失常的患者为对照组。所有患者均完善术前及术后心电图、超声心动图检查, 规律随访超过 1 年。所有患者在最后一次随访时均完善心电图、常规超声心动图及组织多普勒成像 (TDI) 检查。结果 CRBBB 组和对照组手术年龄比较, 差异无统计学意义 [(5.62±1.84) 岁 vs. (5.80±1.65) 岁, $P>0.05$]。最近一次随访中, 常规超声心动图提示 CRBBB 组和对照组的左心室射血分数比较, 差异无统计学意义 (73.82%±8.55% vs. 75.46%±9.95%, $P>0.05$); 两组短轴缩短率比较, 差异无统计学意义 (36.06%±2.95% vs. 37.02%±3.16%, $P>0.05$); 两组右心室面积变化分数比较, 差异有统计学意义 (35.53%±5.33% vs. 39.68%±3.51%, $P<0.05$)。组织多普勒成像提示 CRBBB 组和对照组仅在三尖瓣右心室侧壁附着点舒张早期心肌速度 [(1.80±0.20) m/s vs. (1.91±0.25) m/s, $P<0.05$] 和三尖瓣右心室侧壁附着点舒张晚期心肌速度 [(1.62±0.22) m/s vs. (1.71±0.19) m/s, $P<0.05$] 比较, 差异有统计学意义; 而两组其他测量参数比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。结论 儿童 VSD 封堵术后 CRBBB 可对右心室功能产生一定程度影响, 这种影响尚不足以引起心功能不全及相关临床症状, 但其对右心室功能的影响是否可随时间进一步加重, 尚需要进一步研究。

关键词: 室间隔缺损; 介入治疗; 完全性右束支传导阻滞; 心功能

中图分类号: R541.7 文献标志码: A 文章编号: 1007-9688(2016)03-0250-05

Influence of complete right bundle branch block on cardiac function in children after ventricular septal defect closure

CAI Shi-jun, ZHANG Li-ting, LIU Shao-zhong, RUAN Jing

(Department of Pediatric, Zhongshan City People's Hospital, Zhongshan, Guangdong 528403, China)

Abstract: **Objectives** To evaluate the influence of complete right bundle branch block (CRBBB) on left ventricular and right ventricular function in children after transcatheter closure of ventricular septal defect (VSD). **Methods** Totally 40 patients with postoperative CRBBB from January 2010 to December 2014 in Zhongshan City People's Hospital were randomly selected as CRBBB group, while another 40 cases without CRBBB after VSD closure were selected as control group. All the patients underwent preoperative and postoperative electrocardiogram and echocardiogram examination, and had been followed up for more than one year. All the patients were checked with electrocardiogram, echocardiography and tissue Doppler imaging (TDI) examination at the last follow-up. **Results** Average age at surgery (years) between CRBBB group and control group had no significant difference [(5.62±1.84) years vs. (5.80±1.65) years, $P>0.05$]. At the latest follow-up, conventional echocardiography indicated that left ventricular ejection fraction (73.82%±8.55% vs. 75.46%±9.95%, $P>0.05$) and fractional shortening (36.06%±2.95% vs. 37.02%±3.16%, $P>0.05$) between CRBBB group and control group were statistically similar. Right ventricular fractional area change (RV-FAC) between the two group had significant difference (35.53%±5.33% vs. 39.68%±3.51%, $P<0.05$). TDI examination indicated that there were no significant differences in the measurement parameters between CRBBB group and control group except for early diastolic myocardial velocity (E_m) [(1.80±0.20) m/s vs. (1.91±0.25) m/s, $P<0.05$] and late diastolic myocardial velocity (A_m) [(1.62±0.22) m/s vs. (1.71±0.19) m/s, $P<0.05$] of the tricuspid valve. The

作者简介: 蔡仕俊 (1978-), 男, 主治医师, 研究方向为儿童先天性心脏病介入治疗。

other measurement parameters had no significant differences between CRBBB group and control group. **Conclusions** CRBBB in children after VSD occluder closure can affect the right ventricular function in this study. This effect is not enough to cause cardiac dysfunction and relative clinical symptoms, but it is worthy for further study to insure its impact on the right ventricular function in long-term follow-up.

Key words: ventricular septal defect; interventional treatment; complete right bundle branch block; cardiac function

室间隔缺损 (ventricular septal defect, VSD) 是最常见的先天性心脏病之一^[1], 由于膜周部 VSD 靠近心脏传导系统, 无论外科手术还是介入封堵 VSD, 术后均可出现各种类型传导异常心律失常^[2]。右束支传导阻滞 (right bundle branch block, RBBB) 是最常见的一种心律失常类型^[3]。但目前国内对封堵术后 RBBB 对心功能影响的报道甚少。国内、外一些研究认为孤立性 RBBB 与心功能不全相关^[4,5]。由于介入封堵术后 RBBB 的发生率较高, 我们不能忽略介入封堵术后出现的 RBBB, 特别是完全性右束支传导阻滞 (complete right bundle branch block, CRBBB) 对心功能的影响。本研究将封堵术后出现 CRBBB 的患者作为实验组; 将封堵术后无心电改变的患者作为对照组, 通过常规超声心动图及组织多普勒成像 (tissue Doppler imaging, TDI) 评估及对照两组患者的左心室功能及右心室功能, 分析 VSD 封堵术后 CRBBB 对心功能的影响。

1 资料和方法

1.1 一般资料

按随机数字表法选取 2010 年 1 月至 2014 年 12 月于中山市人民医院行 VSD 封堵术后出现 CRBBB 的 40 例患者为 CRBBB 组; 40 例封堵术后无心律失常的患者为对照组。

纳入标准: (1) 年龄 3 岁至 12 岁; (2) 术前符合介入封堵指征^[6], 术程顺利, 无严重手术相关并发症; (3) 术后定期门诊随访, 且随访时间已超过一年; (4) CRBBB 组患者为术后 1 周内出现新发的 CRBBB, 且 CRBBB 持续存在至最近一次随访; (5) 对照组患者术前、术后早期及随访过程中心电图均无提示有束支传导阻滞。

排除标准: (1) 术前有严重心功能不全或术前已存在 CRBBB; (2) 合并其他心脏畸形或其他可引起心功能不全的疾病; (3) 术后仍有残余分流; (4) 长期服用可影响心功能的药物; (5) 术前或术后存在其他类型心律失常。

1.2 心电图检查方法

CRBBB 定义为十二导联心电图中, 在 V_1 或

V_2 出现 rSR', 同时在 V_5 和 V_6 上有宽大 S 波和 QRS 持续时间超过 0.12 s^[7]。记录研究对象的临床基本数据, 手术资料和随访数据。所有研究对象术前 3 d 内及术后第 1 天、第 1 个月、第 3 个月、第 6 个月、第 1 年均完善心电图和超声心动图检查, 并在最近一次随访中完成常规超声心动图及 TDI 检查, 以详细评估左心室及右心室功能。

1.3 超声心动图检查方法

心脏超声仪器为: Philips 公司生产的 IE33 彩色多普勒超声诊断仪, 配备 S5-1 探头, 频率 1.0~5.0 MHz。研究对象的超声心动图及 TDI 检查均为同一医师完成。所有的超声心动图测量方法参照超声心动图学术委员会标准^[8,9]。时间间期指标通过测量三个心动周期取平均值, 并对所测值按照公式 $Tc=T/(R-R)1/2$ 进行心率校正。左心室收缩功能通过 M 型超声心动图在胸骨旁左心室长轴切面长轴切面测量得出短轴缩短率 (fractional shortening, FS) 及射血分数 (ejection fraction, EF), 并使用改良 Simpson 法测量得出更精确的左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)。右心室收缩功能通过测三尖瓣环收缩期位移 (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE) 和切面面积变化分数 (fractional area change, FAC) 评估。需采集的心肌组织运动速度指标主要包括: 收缩期峰值速度 (S_m); 舒张早期峰值速度 (E_m); 舒张晚期峰值速度 (A_m)。需采集的心肌组织运动时间间期指标主要包括: 等容收缩时间 (isovolumetric contraction time, IVCT), 为等容收缩波起至其后的收缩波 (s 波) 开始的时间; 等容舒张时间 (isovolumetric relaxation time, IVRT), 为 s 波结束至其后的舒张早期波 (e 波) 起始的时间; 射血期 (ejection time, ET) 为 s 波的持续时间; Tei 指数, 由公式 $IVCT+IVRT/ET$ 计算得出。取样点为三尖瓣环右心室侧壁附着点和二尖瓣环左心室侧壁附着点。

1.4 统计学分析

数据使用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。计量资料用 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 两组的均数比较用 t 检验。计数资料用百分比表示, 采用 χ^2 检验比较。以 $P <$

0.05 有统计学差异。

2 结果

2.1 两组基本临床资料比较

CRBBB 组与对照组的基本临床资料比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 详见表 1 和表 2。

表 1 CRBBB 组和对照组计量基本临床资料比较
[$n=40, \bar{x}\pm s$]

项目	CRBBB 组	对照组	P 值
年龄/岁	7.96±2.11	8.20±1.68	0.58
手术时年龄/岁	5.62±1.84	5.80±1.65	0.51
VSD大小(造影测量)/mm	4.87±1.08	4.58±0.93	0.20
封堵器大小/mm	6.13±0.88	6.00±0.85	0.52

表 2 CRBBB 组和对照组计数基本临床资料比较
[$n=40, \bar{x}\pm s$]

项目	CRBBB组	对照组	P 值
性别(男)	22(55.0)	25(62.5)	0.65
术前肺动脉高压	7(17.5)	4(10.0)	0.33
术前三尖瓣反流	12(30.0)	8(20.0)	0.30
随访时肺动脉高压	2(5.0)	1(2.5)	0.56
随访时三尖瓣反流	8(20.0)	8(20.0)	1.00

2.2 两组心电图测量结果比较

两组心电图测量结果中心率、PR 间期, QT 间期比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 详见表 3。

表 3 CRBBB 组和对照组心电图测量结果比较
[$n=40, \bar{x}\pm s$]

参数	CRBBB 组	对照组	P 值
心率/次·min ⁻¹	89.95±8.58	91.85±9.16	0.34
PR 间期/ms	127.75±10.00	125.18±11.25	0.28
QRS 间期/ms	140.53±10.53	88.85±5.97	0.00
QT 间期/ms	335.15±16.58	335.43±15.23	0.93
QTc/ms	411.45±5.37	411.10±5.29	0.64

2.3 两组常规超声心动图和组织多普勒成像测量结果比较

常规超声心动图检查中, CRBBB 组中右心室-FAC 比对照组显著降低, 差异有统计学意义 ($P<0.05$); 两组其他测量值比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。脉冲多普勒测量结果显示, 两组间各瓣膜血流速度及二尖瓣、三尖瓣 Em、Am、E/A 比值比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。TDI 测量结果提示, CRBBB 组三尖瓣右心室侧壁附着点 Em、Am 减少, 差异有统计学意义 ($P<0.05$); 而两组 Sm 和 Em/Am 比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 两

组二尖瓣环左心室侧壁附着点的 Sm、Em、Am、Em/Am 比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 两组间二尖瓣、三尖瓣环的 IVCT、IVRT、ET 比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 两组的二尖瓣、三尖瓣环 Tei 指数比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。两组常规超声心动图和 TDI 测量结果比较, 详见表 4 和表 5。

表 4 CRBBB 组和对照组常规超声心动图参数对照
[$n=40, \bar{x}\pm s$]

参数	CRBBB 组	对照组	P 值
右心房内径/mm	30.23±7.10	31.75±7.69	0.36
左心房内径/mm	28.33±9.19	28.48±7.49	0.94
右心室内径/mm	32.70±5.68	30.92±6.29	0.54
左心室舒张末期内径/mm	38.54±6.03	38.03±5.40	0.72
左心室收缩末期内径/mm	24.70±5.19	23.95±5.80	0.23
EF/%	73.82±8.55	75.46±9.95	0.43
FS/%	36.06±2.95	37.02±3.16	0.21
左心室舒张末期容积/mL	61.33±17.15	62.98±16.52	0.59
左心室收缩末期容积/mL	28.23±9.30	29.08±6.71	0.83
LVEF/%	53.97±2.10	53.82±1.82	0.90
右心室舒张末期面积/cm ²	15.90±3.00	15.18±3.38	0.33
右心室收缩末期面积/cm ²	10.25±2.35	9.15±2.27	0.11
右心室-FAC/%	35.53±5.33	39.68±3.51	0.02
TAPSE/mm	18.27±2.67	18.96±2.97	0.28
二尖瓣-E/m·s ⁻¹	1.08±0.11	1.08±0.09	0.88
二尖瓣-A/m·s ⁻¹	0.60±0.09	0.59±0.08	0.73
二尖瓣-E/A	1.77±0.21	1.80±0.20	0.75
三尖瓣-E/m·s ⁻¹	0.76±0.16	0.79±0.12	0.29
三尖瓣-A/m·s ⁻¹	0.51±0.11	0.53±0.11	0.44
三尖瓣-E/A	1.49±0.28	1.44±0.19	0.20

表 5 CRBBB 组和对照组 TDI 参数对照 [$n=40, \bar{x}\pm s$]

参数	CRBBB 组	对照组	P 值
二尖瓣-Sm/m·s ⁻¹	1.06±0.21	1.01±0.20	0.28
二尖瓣-Em/m·s ⁻¹	1.87±0.26	1.89±0.33	0.99
二尖瓣-Am/m·s ⁻¹	0.79±0.21	0.81±0.20	0.87
二尖瓣-Em/Am	2.37±0.23	2.34±0.35	0.70
三尖瓣-Sm/m·s ⁻¹	1.63±0.33	1.70±0.21	0.24
三尖瓣-Em/m·s ⁻¹	1.80±0.20	1.91±0.25	0.02
三尖瓣-Am/m·s ⁻¹	1.62±0.22	1.71±0.19	0.04
三尖瓣-Em/Am	1.10±0.27	1.12±0.24	0.34
二尖瓣-IVCT/ms	50.13±7.13	48.13±8.00	0.24
二尖瓣-IVRT/ms	47.40±7.65	45.05±7.96	0.18
二尖瓣-ET/ms	234.75±23.46	229.00±22.24	0.26
二尖瓣-Tei	0.41±0.04	0.40±0.04	0.60
三尖瓣-IVCT/ms	51.53±7.90	49.62±7.60	0.29
三尖瓣-IVRT/ms	49.76±8.10	48.40±7.18	0.43
三尖瓣-ET/ms	231.37±22.76	235.12±21.38	0.45
三尖瓣-Tei	0.43±0.06	0.41±0.03	0.18

3 讨论

近年来,介入封堵 VSD 已成为符合适应证的 VSD 患者的首选治疗方法。Ⅲ度房室传导阻滞是 VSD 封堵治疗初期最严重的并发症之一^[10],其发生时间及危险因素难以预测。但随着临床医生的重视及介入技术的发展,近年来报道Ⅲ度房室传导阻滞发生率已较早期明显下降。而束支传导阻滞作为 VSD 封堵术后更为常见的并发症,仍未得到相应的重视。虽然完全性左束支传导阻滞(complete left bundle branch block, CLBBB)引起封堵术后心功能不全的病例逐渐被报道^[11, 12]。但是 RBBB 在 VSD 封堵术后更为常见,发生率可高达 5%~15%^[2, 13, 14],却罕见其与心功能变化关系的相关研究。

目前有研究通过 TDI 及速度向量成像技术证实,在孤立性 RBBB 患者中可观察到心室收缩运动不同步,RBBB 可引起右心舒张功能减低^[5],进一步加重患者心力衰竭症状,特别是在心力衰竭患者中,RBBB 可增加患者的病死率^[4]。在急性心肌梗死患者中,新发的 RBBB 往往提示预后不良^[15]。RBBB 也可通过影响心肌同步化运动导致左心室收缩功能不全^[16]。而对于 VSD 封堵术后新发的 CRBBB 是否也会影响到心功能,目前国内、外罕见相关的研究。

既往已有较多学者利用 TDI 对心功能评价,证实 TDI 能准确反映左、右心室的舒缩功能^[17]。大量研究证实二尖瓣环及三尖瓣环运动的 TDI 频谱与左、右心室舒缩功能有良好的相关性^[18]。其中反映心室收缩功能的参数主要包括收缩期心肌收缩速度(Sm),ET 和 IVCT;反映心室舒张功能的参数主要包括早期二尖瓣、三尖瓣流入速度(E),晚期二尖瓣、三尖瓣流入速度(A),E/A,舒张早期(Em)和舒张晚期(Am)峰值速度,Em/Am 比值。

在本研究的 CRBBB 组中,右心室-FAC 比不存在 RBBB 的对照组低,提示 CRBBB 组的右心收缩功能可能较对照组差。TDI 测量值中,三尖瓣环 Em、Am 在 CRBBB 组中比对照组低,反映 CRBBB 组中右心室心肌顺应性降低,舒张功能降低。这种现象产生的原因有可能是因为存在 CRBBB 时,电兴奋通过右束支激动右心室时间慢于通过左束支激动左心室,或右心室在左心室激动过后才经室间隔传入电兴奋,这造成两个心室电机械运动的不协调,影响右心室功能。

TAPSE 反映的是三尖瓣环在心脏长轴的纵向位移,由于右心室心肌收缩力主要来自纵向心肌,所以 TAPSE 与右心室-FS 及右心室-EF 有良好相关性,可用于评估右心功能^[18]。Tei 指数可综合评价心室整体收缩和舒张功能,且 Tei 指数几乎不受年龄、心率、血压、前负荷影响^[19]。但在本研究中,并没有发现 CRBBB 组与对照组在这两者方面有统计学差异。

尽管 Stegemann 等^[16]研究提示右束支传导阻滞也可导致左心室收缩功能不全,但在本研究中,并没有发现左心室收缩和舒张功能指标在两组间有明显差异。而在常规超声心动图检查中,也没有发现两组间在心脏结构大小及瓣膜血流速度上有明显差异。

本研究对比 CRBBB 组和对照组的超声心动图相关数值,仅发现右心室-FAC、三尖瓣环 Em、Am 值有差异,而在其他有关 RBBB 对右心功能影响的研究中,RBBB 对右心功能的影响远大于本研究的结果。这种差异的存在有可能是因为其他研究中选取对象为成年人,甚至是老年患者,CRBBB 已长期存在并影响心功能及心肌重构,而本研究选取的 CRBBB 组均为新发的 CRBBB 患者,CRBBB 对心功能的影响不过数年。而且,其他研究也提示 RBBB 在有潜在心血管问题的患者中更具临床意义,特别是已有心功能不全或心力衰竭的患者^[4, 20],而本研究中入选对象均已纠正心脏结构畸形,且已排除严重心功能不全的患者。这种入选标准的差异可进一步排除部分因右心功能不全而引起 CRBBB 的患者入组,影响研究结果。

一项长达数十年的 VSD 外科手术长期随访结果提示,VSD 术后患者仍有出现迟发性房室传导阻滞、肺动脉高压、心功能不全的可能^[21]。现在有关 VSD 封堵术后长期随访的研究很少,但仍不能忽略患者在术后长期生活过程中可能出现的不良心血管事件。因此,早期发现心肌功能的细微变化可能对术后随访管理极其重要。

本研究发现 CRBBB 组中,右心室-FAC、三尖瓣环 Em、Am 值较对照组下降,在别的研究报道中,右心室-FAC 值的降低在瓣膜手术或心脏衰竭高危患者的预后中具有临床意义^[22]。这提示 CRBBB 组中可能存在潜在的右心功能不全,这一部分患者可能需要更严密的随访。但也有研究认为右心室-FAC 的变化对预测心源性死亡、心力衰竭方面没有价值^[23]。

由于本研究为非前瞻性研究, 入选的研究对象为年龄及体质量相差较大的儿童, 研究中没有纳入对患者术前及术后早期心功能的详细评估, 且由于儿童年龄的差异, 难以通过类似于6分钟步行试验的运动试验进一步评定心功能, 以了解CRBBB对心功能影响的临床表现, 尽管这种影响可能在临床表现上难以观察到。

总之, 儿童VSD封堵术后CRBBB可对右心室功能产生一定程度的影响。本研究表明, 这种影响表现为RV-FAC、三尖瓣环Em、Am值的降低, 尚不足以引起心功能不全及临床症状, 但其对右心功能的影响是否可随时间进一步加重, 尚需要进一步随访观察。

参考文献:

- [1] MIRANOVIC V. The incidence of congenital heart disease: previous findings and perspectives[J]. *Srp Arh Celok Lek*, 2014, 142(3-4): 243-248.
- [2] YANG R, KONG X, SHENG Y, et al. Risk factors and outcomes of post-procedure heart blocks after transcatheter device closure of perimembranous ventricular septal defect[J]. *JACC: Cardiovascular Interventions*, 2012, 5(4): 422-427.
- [3] LI P, ZHAO X, ZHENG X, et al. Arrhythmias after transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects with a modified double-disk occluder: early and long-term results[J]. *Heart and Vessels*, 2012, 27(4): 405-410.
- [4] MUELLER C, LAULE-KILIAN K, KLIMA T, et al. Right bundle branch block and long-term mortality in patients with acute congestive heart failure[J]. *J Internal Med*, 2006, 260(5): 421-428.
- [5] 张琴, 王硕, 薛明华, 等. 完全性右束支传导阻滞患者心室机械功能的变化[J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2007, 21(4): 327-330.
- [6] 中国医师协会儿科分会先天性心脏病专家委员会, 中华医学会儿科学分会心血管学组, 编辑委员会中华儿科杂志. 儿童常见先天性心脏病介入治疗专家共识[J]. *中华儿科杂志*, 2015, 53(1): 17-25.
- [7] 黄宛. 黄宛临床心电图学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [8] 北京地区超声心动图协作组. 超声心动图规范化检测心功能与正常值[M]. 上海: 上海科技文献出版社, 2005.
- [9] HO C Y. A Clinician's Guide to Tissue Doppler Imaging[J]. *Circulation*, 2006, 113(10): e396-e398.
- [10] 白元, 宗刚军, 秦永文. 室间隔缺损介入治疗后并发Ⅲ度房室传导阻滞的临床现状[J]. *中华内科杂志*, 2009, 48(5): 425-426.
- [11] 戴辰程, 魏淑萍, 郭保静, 等. 室间隔缺损封堵术后持续性完全性左束支传导阻滞外科治疗缓解一例[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2010, 18(6): 358-359.
- [12] 陈大业, 钱明阳, 卞洪亮. 小儿经导管封堵膜周部室间隔缺损术后发生左束支传导阻滞的临床研究[J]. *岭南心血管病杂志*, 2015, 21(3): 334-337.
- [13] 钟庆华, 郑鸿雁, 张智伟, 等. 儿童室间隔缺损经导管封堵术后心律失常的随访研究[J]. *中华心血管病杂志*, 2014, 42(10): 840-845.
- [14] LI P, ZHAO X, ZHENG X, et al. Arrhythmias after transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects with a modified double-disk occluder: early and long-term results[J]. *Heart Vess*, 2012, 27(4): 405-410.
- [15] 陈珍珍. 急性心肌梗死并发右束支传导阻滞的预后[J]. *心脑血管病防治*, 2003, 3(4): 33-34.
- [16] STEGEMANN B, DREGER H, ISMER B, et al. Left ventricular asynchrony in patients with right bundle branch block and normal ejection fraction[J]. *Pac Clin Electrophysiol*, 2013, 36(1): 63-68.
- [17] WAGGONER A D, BIERIG S M. Tissue Doppler imaging: A useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2001, 14(12): 1143-1152.
- [18] 陶文鸿, 胡瀚中, 郭其凤, 等. 三尖瓣环收缩期位移评价房间隔缺损患者的右心室功能[J]. *临床超声医学杂志*, 2013, 15(8): 549-551.
- [19] 林约瑟, 李淑娟, 李轩狄, 等. 超声Tei指数联合三尖瓣环收缩期位移评价肺动脉高压患儿右心室功能[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2014, 8(9): 1625-1629.
- [20] HADDAD F, DENAULT A Y, COUTURE P, et al. Right ventricular myocardial performance index predicts perioperative mortality or circulatory failure in high-risk valvular surgery[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(9): 1065-1072.
- [21] MEIJBOOM F, SZATMARI A, UTENS E, et al. Long-term follow-up after surgical closure of ventricular septal defect in infancy and childhood[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1994, 24(5): 1358-1364.
- [22] ABD E RAHMAN M Y, HUI W, YIGITBASI M, et al. Detection of left ventricular asynchrony in patients with right bundle branch block after repair of tetralogy of Fallot using tissue-Doppler imaging-derived strain[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45(6): 915-921.
- [23] ANAVEKAR N S, SKALI H, BOURGOUN M, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study)[J]. *Am J Cardiol*, 2008, 101(5): 607-612.

(收稿日期: 2015-11-30)