

心血管疾病

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.001582

经胸超声心动图估测肺动脉收缩压的准确性

曾雨薇, 杨 渊, 廖 慧, 罗素新

(重庆医科大学附属第一医院心内科, 重庆 400016)

【摘要】目的:评价经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)通过三尖瓣反流压差法估测肺动脉收缩压(pulmonary arterial systolic pressure, PASP)的准确性。**方法:**回顾性分析重庆医科大学附属第一医院 2015 年 10 月至 2016 年 11 月住院的 91 例疑似肺动脉高压(pulmonary hypertension, PH)患者,所有患者均先后进行了 TTE 和右心导管(right heart catheterization, RHC)检查,以 RHC 结果为诊断金标准,应用 Pearson 相关系数法分析 2 种检查方法的相关性,绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,分析 TTE 估测 PASP 的准确性,同时确定其筛查 PH 的诊断临界值。**结果:**91 例患者中, TTE 确诊患者 67 例, 确诊率 73.6%。TTE 和 RHC 所测的 PASP 分别为 (73.63 ± 23.96) 、 (52.91 ± 3.07) mmHg, Pearson 相关性分析显示两者呈中度相关($r=0.734, P=0.000$)。ROC 曲线下面积(AUC)为 0.812($P=0.000$), 诊断准确性中等, 确定的筛查 PH 临界值为 $PASP \geq 62.5$ mmHg(灵敏度 70%, 特异性 83%), 高于目前国际推荐标准。**结论:**TTE 通过三尖瓣反流压差法估测 PASP 可能并不准确, 更易于高估患者的 PASP。

【关键词】肺动脉高压; 经胸超声心动图; 右心导管

【中图分类号】R445.1

【文献标志码】A

【收稿日期】2017-10-25

Accuracy of pulmonary artery systolic pressure estimated by transthoracic echocardiography

Zeng Yuwei, Yang Yuan, Liao Hui, Luo Suxin

(Department of Cardiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To investigate the accuracy of pulmonary artery systolic pressure(PASP) estimated by transthoracic echocardiography(TTE) using tricuspid regurgitation pressure gradient measurements. **Methods:** A cohort of 91 patients who were hospitalized in the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University between October 2015 and December 2016 with suspected pulmonary hypertension(PH) were enrolled in the retrospective study. All the patients underwent TTE and right heart catheterization(RHC) examinations. Setting the RHC results as the golden standard, the correlation between two examinations was evaluated using Pearson analytic method. The receiver operating characteristic(ROC) curve was drawn in order to analyze the accuracy of TTE and clarified its cut-off value for PH screening. **Results:** TTE confirmed 67 patients a diagnosis of PH with a diagnostic rate of 73.6%. The mean estimated PASP by TTE and RHC were (73.63 ± 23.96) mmHg and (52.91 ± 3.07) mmHg, respectively. Pearson correlation analysis showed that there was a moderate correlation between two methods($r=0.734, P=0.000$). Area under the ROC curve was 0.812($P=0.000$), indicating the diagnosis accuracy was moderate. The cut-off value for diagnosis of PH was $PASP \geq 62.5$ mmHg (sensitivity: 70%, specificity: 83%) which was higher than current international standard. **Conclusion:** The evaluation of PASP estimated by TTE using tricuspid regurgitation pressure gradient measurements is inaccurate; it is more likely to overestimate the PASP.

【Key words】 pulmonary hypertension; transthoracic echocardiography; right heart catheterization

肺动脉高压(pulmonary hypertension, PH)是一类以肺动脉压力增高、伴或不伴小肺动脉病变为特

作者介绍: 曾雨薇, Email: zyw8933@163.com,

研究方向: 心血管疾病的超声诊断。

通信作者: 罗素新, Email: luosuxin0204@163.com。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20180408.1405.006.html>

(2018-04-08)

征的恶性肺血管疾病, 疾病终末期往往引起右心功能衰竭甚至死亡^[1], 预后极差。PH 的临床表现缺乏特异性, 因此准确测量肺动脉压对该病的诊断至关重要。右心导管(right heart catheterization, RHC)是确诊 PH 的金标准, 但属于有创检查, 存在 X 线辐射, 且费用相对较高, 限制了其在临床上的广泛应

用。经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)因其无创、无辐射、操作简便、价格低廉等优势,广泛应用于 PH 患者的筛查、诊断、随访、药物治疗效果的评判。尽管是最常应用的检查手段,但仍有不少研究对 TTE 测量 PASP 的准确性提出质疑^[2-5]。本研究通过回顾我院既往疑诊 PH 患者,以 RHC 检测结果为金标准进行统计分析,评价 TTE 通过三尖瓣反流压差估测 PASP 的准确性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

回顾 2015 年 10 月至 2016 年 11 月在重庆医科大学附属第一医院心血管内科行 RHC 检查的患者 115 例,符合纳入和排除标准的患者 91 例。纳入标准(同时满足以下内容):①所有患者均先后于我院行 TEE 和 RHC 检查,并且经 TTE 筛查疑诊 PH, TTE 筛查 PH 的标准参照 2009 年美国心脏病学会基金会和美国心脏学会共同指出: $PASP \geq 40$ mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)提示患者存在 PH^[6];②TTE 和 RHC 检查的间隔时间在 1 周之内。排除标准(含以下任何一项):①RHC 检查失败者;②RHC 检查数据资料不全者。

PH 的诊断标准参照 2015 年欧洲心脏病学会肺动脉高压诊断与治疗指南^[7]:静息状态下,通过右心导管测得平均肺动脉压(mean pulmonary arterial pressure, mPAP) ≥ 25 mmHg。PH 的临床分类参照该指南的分类标准,根据相似的临床表现、病理、血流动力学特点和治疗策略分为五类:动脉型肺动脉高压、左心疾病相关性肺高压、肺疾病或缺氧导致的肺动脉高压、慢性血栓栓塞性肺动脉高压、机制不明或多种因素所致肺动脉高压。所有患者的心功能分级采用美国纽约心脏病协会 NYHA 心功能分级。

1.2 检查方法

1.2.1 TTE 检查 采用 GE vivid7 或 Philips iE33 彩色多普勒超声诊断仪,配备 M4S 或 S5-1 探头,探头频率 1~5 MHz。测量参数包括:左房前后径(left atrial diameter, LAD)、左室前后径(left ventricular diameter, LVD)、右房横径(right atrial transverse diameter, RATD)、右室前后径(right ventricular diameter, RVD),计算右、左室前后径比值(RVD/LVD)。利用连续多普勒测量三尖瓣最大反流速度(v),根据简化的 Bernoulli 方程($\Delta P=4v^2$)计算三尖瓣跨瓣压差。在不合并肺动脉狭窄及右室流出道梗阻时, $PASP$ 等于右室收缩压,即 $PASP=$ 三尖瓣跨瓣压差(ΔP)+右心房压(right atrial pressure, RAP), RAP 为 5~15 mmHg,通常取平均值 10 mmHg 来计算。该检查均由经验丰富的心脏彩超医师完成。

1.2.2 右心导管检查 经皮颈内静脉穿刺置入 8F 血管鞘,经鞘管送入 7F Swan-Ganz 导管经上腔静脉到右心房、右心

室,再进入肺动脉及其分支,通过外接的压力测量装置连续监测肺动脉压力和右房压。

1.3 统计学方法

应用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。连续变量用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,分类变量用例数(%)表示。采用 Pearson 相关系数法分析 TTE 测量参数与 RHC 测值的相关性;采用非参数法绘制 TTE 所测 PASP 的 ROC 曲线,结合 Youden 指数,综合考虑参数检测的灵敏度和特异度确定 TTE 筛查 PH 的临界值。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基线特征

本研究纳入患者总数 91 例,其中男性患者 48 例(52.7%),女性患者 43 例(47.3%),年龄 13~88 岁,平均年龄(56.71 ± 17.14)岁。确诊 PH 患者 67 人,确诊率 73.6%,其中动脉型肺动脉高压患者 17 例(18.7%),左心疾病相关性肺高压患者 18 例(19.8%),肺疾病或缺氧导致的肺动脉高压患者 15 例(16.5%),慢性血栓栓塞性肺动脉高压患者 10 例(11.0%),机制不明或多种因素所致肺动脉高压患者 7 例(7.7%)。NYHA 心功能分级 I 级 4 例(4.4%)、II 级 45 例(49.5%)、III 级 35 例(38.5%)、IV 级 7 例(7.7%),见表 1。

表 1 纳入患者的基线特征

Tab.1 Patient demographics and characteristics

指标	基线特征 ($n=91$)
年龄(岁)	56.71 ± 17.14
性别($n, \%$)	
女性	43 (47.3)
男性	48 (52.7)
PH 患者($n, \%$)	67 (73.6)
PH 患者分类($n, \%$)	
动脉型肺动脉高压	17 (18.7)
左心疾病相关性肺高压	18 (19.8)
肺疾病或缺氧导致的肺动脉高压	15 (16.5)
慢性血栓栓塞性肺动脉高压	10 (11.0)
机制不明或多种因素所致肺动脉高压	7 (7.7)
NYHA 心功能分级($n, \%$)	
I 级	4 (4.4)
II 级	45 (49.4)
III 级	35 (38.5)
IV 级	7 (7.7)

2.2 Pearson 相关性分析

TTE 测量的 PASP 为(73.63 ± 23.96) mmHg,右心导管测量的 PASP 为(52.91 ± 3.07) mmHg。Pearson 相关性分析显示,2 种方法测量的 PASP 呈中度相关($r=0.734, P=0.000$)(表 2)。TTE 检测的其他参数与 RHC 所测 PASP、mPAP_{RHC} 分别行

Pearson相关性分析,结果仅右室前后径、右左室前后径比值与 RHC 所测 PASP、mPAP_{RHC} 呈低度相关($r=0.222$ 、 0.243 , $P=0.035$ 、 0.020)及($r=0.230$ 、 0.276 , $P=0.028$ 、 0.008),见表 3。

表 2 TTE 和 RHC 的检测参数

Tab.2 Examination results of TTE and RHC

检测方法 & 参数	检查例数	参数
TTE检测		
PASP (mmHg)	91	73.626 ± 23.958
RATD (mm)	91	43.835 ± 8.384
LAD (mm)	91	33.692 ± 8.653
RVD (mm)	91	24.923 ± 6.213
LVD (mm)	91	46.461 ± 9.106
RVD/LVD	91	0.561 ± 0.201
RHC 检测		
PASP (mmHg)	91	52.912 ± 29.320
RAP (mmHg)	87	9.621 ± 7.093
mPAP (mmHg)	91	36.659 ± 19.675
PVR (mmHg)	87	6.288 ± 6.208

表 3 TTE 所测参数和 PASP_{RHC}、mPAP_{RHC} 的相关性分析

Tab.3 Correlation analysis between TTE examination results and PASP measured by RHC

	PASP _{TTE}	RATD	LAD	RVD	LVD	RVD/LVD
PASP _{RHC} r 值	0.734	0.129	-0.143	0.222	-0.181	0.243
P 值	0.000	0.223	0.175	0.035	0.085	0.020
mPAP _{RHC} r 值	0.715	0.187	-0.154	0.230	-0.191	0.276
P 值	0.000	0.076	0.144	0.028	0.070	0.008

注:PASP_{RHC} 指右心导管的肺动脉收缩压测值;mPAP_{RHC} 指右心导管的平均肺动脉压测值;PASP_{TTE} 指经胸超声心动图的肺动脉收缩压测值

2.3 非参数法 ROC 曲线分析

以 1-特异性为横坐标,以灵敏度为纵坐标绘制 TTE 所测 PASP 的 ROC 曲线,该曲线位于参考线以上(图 1)。ROC 曲线下面积(AUC)为 0.812,95%置信区间为 72.2%~90.1%(表 4)。根据统计结果中各切点的灵敏度和特异度,计算 Youden 指数,即灵敏度-(1-特异性),其最大值为 0.56,若选择 Youden 指数最大值处为临界点,则 PASP $\geq$ 64.5 mmHg 为筛查 PH 的临界值,对应的灵敏度为 69%,特异性为 87%(表 5)。由于 TTE 主要作为 PH 的筛查工具,适当提高灵敏度,确定 PASP $\geq$ 62.5 mmHg 为筛查临界值,对应的灵敏度为 70%,特异性为 83%。

表 4 TTE 所测 PASP 的 ROC 曲线分析

Tab.4 ROC curve analysis of PASP by TTE

AUC	标准误	P 值	95%置信区间	
			下限	上限
0.812	0.046	0.000	0.722	0.901

表 5 ROC 曲线中各切点的灵敏度、1-特异性和 Youden 指数

Tab.5 The sensitivity, 1-specificity and Youde index of all the pointcuts on the ROC curve

TTE所测 PASP (mmHg)	灵敏度	1-特异性	Youden指数
39.000	1.000	1.000	0.000
41.000	1.000	0.958	0.042
44.000	1.000	0.917	0.083
46.500	1.000	0.875	0.125
47.500	0.985	0.750	0.235
48.500	0.970	0.625	0.345
49.500	0.955	0.625	0.330
50.500	0.940	0.625	0.315
51.500	0.866	0.583	0.283
52.500	0.851	0.583	0.268
54.000	0.806	0.583	0.223
55.500	0.776	0.542	0.234
56.600	0.761	0.542	0.219
57.500	0.761	0.417	0.344
58.500	0.746	0.417	0.329
59.500	0.701	0.333	0.368
60.500	0.701	0.250	0.451
61.500	0.701	0.208	0.493
62.500	0.701	0.167	0.534
64.500	0.687	0.125	0.562
66.500	0.657	0.125	0.532
68.000	0.642	0.125	0.517
70.000	0.612	0.083	0.529
71.500	0.597	0.083	0.514
72.500	0.582	0.042	0.540
75.000	0.537	0.042	0.495
77.500	0.522	0.042	0.480
78.500	0.493	0.042	0.451
79.500	0.478	0.042	0.436
81.000	0.463	0.042	0.421
82.500	0.448	0.042	0.406
83.500	0.433	0.042	0.391
84.500	0.418	0.000	0.418
85.500	0.388	0.000	0.388
86.500	0.358	0.000	0.358
88.500	0.328	0.000	0.328
90.500	0.313	0.000	0.313
91.500	0.299	0.000	0.299
92.500	0.284	0.000	0.284
95.500	0.269	0.000	0.269
98.500	0.224	0.000	0.224
99.500	0.209	0.000	0.209
101.000	0.194	0.000	0.194
103.000	0.179	0.000	0.179
105.500	0.149	0.000	0.149
108.500	0.134	0.000	0.134
111.000	0.104	0.000	0.104
114.000	0.090	0.000	0.090
118.000	0.075	0.000	0.075
120.500	0.060	0.000	0.060
125.500	0.045	0.000	0.045
136.500	0.030	0.000	0.030
144.000	0.000	0.000	0.000

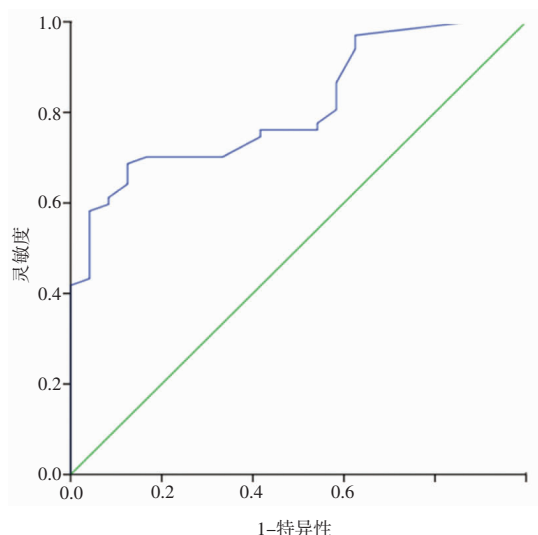


图 1 TTE 所测 PASP 的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curve of PASP by TTE

3 讨论

TTE 测量肺动脉压力主要有 3 种方法:瓣膜反流压差估测法、心内分流估测法及肺动脉血流频谱测量法。其中,三尖瓣反流压差法估测 PASP 在临床上广泛应用^[8]。以往研究多关注该方法所测 PASP 与 RHC 测值的相关性,Table 等^[9]筛选了 1984 至 2009 年发表的相关文献,就 TTE 估测 PASP 的准确性进行了 Meta 分析,结果发现 TTE 与 RHC 所测 PASP 的相关性良好,相关系数 $r=0.65\sim 0.97$ 。本研究结果发现 2 种方法所测 PASP 呈中度相关($r=0.734, P=0.000$),相关系数值在 Table 等的研究结果范围内,同时发现 TTE 所测 PASP 与 RHC 所测 mPAP 也呈良好的相关性($r=0.715, P=0.000$)。但单凭相关性并不足以评价一种方法的准确性,为此绘制了 ROC 曲线,分析结果显示 AUC 为 0.812,与 0.5 相比有统计学意义,说明 TTE 估测 PASP 有诊断价值,准确性为中等,但准确性并不高。这就表示 TTE 存在低估或者高估的问题。研究结果中,TTE 所测 PASP 的平均值高于 RHC,同时确定了 $PASP \geq 62.5$ mmHg 为 TTE 筛查 PH 的临界值,但目前国际推荐 TTE 拟诊 PH 的标准为 $PASP \geq 40$ mmHg^[6]。相比之下,本研究的临界值高出 22.5 mmHg,说明本研究中 TTE 测值以高估为主,结果容易出现假阳性。

造成 TTE 高估 PASP 的原因可能有以下几点:

①TTE 与 RHC 的测量原理不尽相同,导管测压为峰值对峰值压差,超声多普勒测值为最大瞬时压差和流速,因此三尖瓣反流压差法可能高估了右房、右室间的压差。②本研究中的 RAP 通过取固定的平均值 10 mmHg 来计算,但 RHC 的测值结果发现,接近 50% 的 RAP 未达到 10 mmHg,可见,不准确的 RAP 估值导致了近半数患者的 PASP 值被高估。应采用目前国际上普遍使用的吸气末下腔静脉内径和塌陷率估测右房压^[10],提高估值的准确性。③2 种检查方法非同时进行,虽然中间间隔时间不超过 1 周,但患者疾病状态的不同及治疗因素的干扰,可能造成 2 种检测方法测量值的差异,比如部分左心疾病相关性 PH 患者,针对基础疾病进行优化治疗后再行 RHC 检查,测得的 PASP 值可能较前减低。本研究中,12 例患者在 TTE 和 RHC 检查间期口服靶向药物(包括波生坦、他达那非、贝前列素钠片等)治疗,但口服靶向药物起效缓,一般在用药 12 周后评估疗效,1 周内不会引起 PASP 的明显改变。

除此之外,以下因素也可能影响 TTE 估测 PASP 的准确性:①简化的 Bernoulli 方程忽略了 Bernoulli 方程中血流局部加速度和黏性损失造成的压差,可能会低估右房右室间的压力梯度。②老年人、肥胖、肺气肿等因素引起超声图像质量差,或者三尖瓣反流量较小,无法获得完整的三尖瓣反流频谱时,会影响测值的准确性。③反流速度的测量有角度依赖性,超声声束与反流束走形方向不平行,所成角度较大时(超过 20°),会低估三尖瓣反流速度。Mathai 等研究发现,超声声束与反流束方向之间的夹角达 10° 时,流速就会被低估 1.5%^[11]。④另外,操作者不同也会造成 TTE 测值上的误差。既往孙云娟等^[12]报道 TTE 定量估测 PASP 常不准确,更易于低估 PH 患者的 PASP,与本研究结果存在差异,究其原因,可能与 2 项研究检查间隔时间不同、操作者不同以及本中心 RAP 估值的不准确性等有关。

由于 TTE 估测 PASP 与 RHC 测值之间存在误差,临床实践中不能单凭 TTE 的估值诊断 PH,还需重视其他支持肺动脉高压的超声心动图表现。2015 版欧洲心脏病学会 PH 诊断与治疗指南中指出,依据静息时三尖瓣最大反流速度,以及其他支持肺动脉高压的超声心动图表现(如右左室内径比例增大、右室扩大、室间隔偏心指数增大、肺动脉增宽、

肺动脉反流压差等)综合评估,可提高 PH 诊断的准确性^[7]。本研究结果也显示,右室内径、右左室内径比值与 RHC 测值存在一定相关性,可作为诊断 PH 的参考指标。然而,目前超声心动图多参数结合法诊断 PH 尚未有统一的诊断标准,因此,还有待大样本、多中心的前瞻性研究进一步探索和证实。

本研究属于回顾性研究,样本量较小。研究所得 TTE 筛查 PH 的临界值与目前指南推荐标准之间有差异,可能与操作中潜在的问题相关,比如采用一个固定值来估算 RAP 并不准确。因此,在操作中需注意多切面、多角度采集三尖瓣反流信号,选用最大流速,同时适当调整增益,测量边界清晰、形态完整的血流频谱,并取 3 次测量的平均值作为最终记录值。采用下腔静脉内径及其塌陷率来估测右房压,尽可能减小测量误差。

4 结 论

总之,本研究发现 TEE 估测 PASP 并不十分准确。尽管它作为疑诊 PH 患者的首选筛查手段,但不能过高评价其实用价值。临床应用中,对于疑诊 PH 的患者,除了关注 TTE 的肺动脉压测值,还要注意有无其他支持肺动脉高压的超声心动图表现,结合临床表现综合评估,必要时完善 RHC 检查。TTE 目前的诊断能力、作用价值尚不能替代 RHC 检查。

致谢

在此论文完成之际,感谢我的导师罗素新教授在研究实施过程中对我的启发和支持,感谢杨渊医师在论文撰写过程中对我的指导和帮助,向他们致以最诚挚的感谢。

参 考 文 献

[1] 荆志成. 2010 年中国肺高血压诊治指南[J]. 中国医学前沿杂志(电子版),2011,3(2):62-81.
[2] Fisher MR, Forfia PR, Chamara E, et al. Accuracy of doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2009, 179(7):615-621.

[3] Attaran RR, Ramaraj R, Sorrell VL, et al. Poor correlation of estimated pulmonary artery systolic pressure between echocardiography and right heart catheterization in patients awaiting cardiac transplantation: results from the clinical arena[J]. Transplant Proc, 2009, 41(9):3827-3830.
[4] Kuppahally SS, Michaels AD, Tandar A, et al. Can echocardiography evaluation of cardiopulmonary hemodynamics decrease right heart catheterizations in end-stage heart failure patients awaiting transplantation[J]. Am J Cardiol, 2010, 106(11):1657-1662.
[5] Rich JD, Shah SJ, Swamy RS, et al. Inaccuracy of Doppler echocardiographic estimates of pulmonary artery pressure in patients with pulmonary hypertension: implications for clinical practice[J]. Chest, 2011, 139(5):988-993.
[6] McLaughlin VV, Archer SL, Badesch DB, et al. ACCF/AHA 2009 expert consensus document on pulmonary hypertension: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents and the American Heart Association developed in collaboration with the American College of Chest Physicians; American Thoracic Society, Inc.; and the Pulmonary Hypertension Association[J]. J Am Coll Cardiol, 2009, 53(17):1573-1619.
[7] Galie N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension; The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS); Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT)[J]. Eur Respir J, 2015, 46(4):903-975.
[8] 吴积新. 超声心动图对肺动脉高压的诊断价值[J]. 临床超声医学杂志, 2014, 16(4):274-276.
[9] Taleb M, Khuder S, Tinkel J, et al. The diagnostic accuracy of Doppler echocardiography in assessment of pulmonary artery systolic pressure: a meta-analysis[J]. Echocardiography, 2013, 30(3):258-265.
[10] Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2010, 23(7):685-713.
[11] Mathai SC, Sibley CT, Forfia PR, et al. Tricuspid annular plane systolic excursion is a robust outcome measure in systemic sclerosis-associated pulmonary arterial hypertension[J]. J Rheumatol, 2011, 38(11):2410-2418.
[12] 孙云娟, 曾伟杰, 何建国. 经胸多普勒超声心动图定量估测肺动脉收缩压的准确性[J]. 中华医学杂志, 2011, 91(28):1945-1948.

(责任编辑: 冉明会)