

# 经胸及经食管超声心动图右心声学造影诊断肺动静脉畸形的临床价值

薛媛 蔡垚 郝美芳 李奕莹 张静璇 徐琨

**摘要** 目的 探讨经胸超声心动图右心声学造影(cTTE)、经食管超声心动图右心声学造影(cTEE)诊断肺动静脉畸形(PAVM)的临床价值。方法 选取我院收治的可疑PAVM患者50例,均行cTTE、cTEE观察左心腔内微泡出现时间及微泡数量,并进行半定量分级。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析cTTE、cTEE对PAVM的诊断效能;采用Logistic回归分析cTTE、cTEE半定量分级与PAVM发生的关系。结果 50例可疑PAVM患者经胸部CT或CT肺血管造影检查确诊PAVM阳性6例(PAVM组),PAVM阴性44例(非PAVM组)。PAVM组cTTE半定量分级、cTEE半定量分级均高于非PAVM组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。纳入患者的cTEE半定量分级高于cTTE,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。ROC曲线分析显示,cTTE诊断PAVM的灵敏度、特异度、曲线下面积(AUC)分别为66.7%、86.4%、0.814;cTEE诊断PAVM的灵敏度、特异度、AUC分别为83.3%、88.6%、0.890。Logistic回归分析显示,cTTE、cTEE半定量分级均与PAVM发生相关(均 $P<0.05$ ),其中cTTE半定量分级>Ⅱ级患者发生PAVM的风险是≤Ⅱ级患者的12.865倍;cTEE半定量分级>Ⅱ级患者发生PAVM的风险是≤Ⅱ级患者的39.450倍。结论 对于可疑PAVM患者,应用cTTE、cTEE均可进行早期筛查,且cTEE半定量分级的诊断效能优于cTTE。

**关键词** 超声心动描记术,经胸,经食管;右心声学造影;肺动静脉畸形

[中图法分类号]R540.45;R543.2

[文献标识码]A

## Clinical value of contrast transthoracic echocardiography and contrast transesophageal echocardiography in diagnosing pulmonary arteriovenous malformation

XUE Yuan, CAI Yao, HAO Meifang, LI Yiyang, ZHANG Jingxuan, XU Ku  
School of Medical Imaging, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

**ABSTRACT** **Objective** To explore the clinical value of contrast transthoracic echocardiography (cTTE) and contrast transesophageal echocardiography (cTEE) in the diagnosis of pulmonary arteriovenous malformation (PAVM). **Methods** Fifty suspected PAVM patients in our hospital were selected. All patients underwent cTTE and cTEE examinations to observe the appearance time and quantity of microbubbles in the left heart cavity, and semi-quantitative grading was performed. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was performed to compare the diagnostic efficacy of cTTE and cTEE for PAVM. Logistic regression analysis was used to analyze the relationship between semi-quantitative grading by cTTE and cTEE and the occurrence of PAVM. **Results** Among the 50 suspected PAVM patients, 6 positive cases were confirmed for PAVM by chest CT/CTPA pulmonary angiography (PAVM group), and 44 negative cases were confirmed for PAVM (non-PAVM group). The cTTE semi-quantitative grading and cTEE semi-quantitative grading in PAVM group were higher than those in non-PAVM group, and the differences were statistically significant (both  $P<0.05$ ). The semi-quantitative grading of cTEE in enrolled patient was significantly higher than that of cTTE, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). ROC curve analysis showed that the sensitivity, specificity and area under the curve (AUC) of cTTE in diagnosing PAVM were 66.7%, 86.4% and 0.814,

respectively, while those of cTEE were 83.3%, 88.6% and 0.890, respectively. Logistic regression analysis showed that both cTTE and cTEE semi-quantitative grading were associated with the risk of PAVM (both  $P < 0.05$ ). The risk of PAVM was 12.865 times higher in patients with cTTE semi-quantitative grading  $> \text{II}$  than in patients with cTTE semi-quantitative grading  $\leq \text{II}$ . The risk of PAVM was 39.450 times higher in patients with cTEE semi-quantitative grading  $> \text{II}$  than in patients with cTEE semi-quantitative grading  $\leq \text{II}$ . **Conclusion** For suspected PAVM patients, cTTE and cTEE can serve as early screening tests, and the cTEE semi-quantitative grading is superior to cTTE.

**KEY WORDS** Echocardiography, transthoracic, transesophageal; Contrast-enhanced echocardiography; Pulmonary arteriovenous malformation

肺动脉畸形 (pulmonary arteriovenous malformation, PAVM) 是肺动脉和肺静脉间直接交通形成的一种血管畸形<sup>[1]</sup>。PAVM 相关并发症包括不明原因脑卒中、偏头痛、短暂性脑缺血发作、大咯血、低氧血症等, 严重时会危及患者生命, 因此早期准确诊断对患者预后至关重要<sup>[2-3]</sup>。虽然肺动脉造影是诊断 PAVM 的金标准, 但其为侵入性检查、创伤大且存在辐射暴露、价格昂贵等缺点。目前临床常以胸部 CT 或 CT 肺血管造影 (computed tomography pulmonary angiography, CTPA) 作为诊断 PAVM 及治疗前显示其大小和范围的标准<sup>[3-4]</sup>。以往研究<sup>[2,5-6]</sup>表明经胸超声心动图右心声学造影 (contrast transthoracic echocardiography, cTTE) 是筛查 PAVM 的有效方法, 诊断灵敏度较高但特异度和阳性预测值均较低; 而经食管超声心动图右心声学造影 (contrast transesophageal echocardiography, cTEE) 在诊断 PAVM 方面较之具有更高的灵敏度和特异度。本研究旨在探讨 cTTE、cTEE 诊断 PAVM 的临床价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取 2021 年 10 月至 2023 年 5 月于山西医科大学第一医院就诊的可疑 PAVM 患者 50 例, 其中男 19 例, 女 31 例, 年龄 15 ~ 71 岁, 平均 (47.08 ± 14.74) 岁; 主要临床表现为: 头晕 22 例, 偏头痛 15 例, 脑梗死 10 例, 短暂性脑缺血发作 3 例。纳入标准: ①均行 cTTE、cTEE 检查, 且 cTEE 提示 PAVM 阳性 (即静息相右房显影 3 ~ 6 个心动周期后左心腔出现微泡显影且持续存在); ②均行胸部 CT 或 CTPA 检查确诊; ③影像学资料完整, 图像质量佳。本研究经医院医学伦理委员会批准, 入选者均签署知情同意书。

### 二、仪器与方法

1. 仪器: 使用 Philips EPIQ 7C 或 CVx 彩色多普勒超声诊断仪, cTTE 检查采用 S5-1 探头, 频率 1 ~ 5 MHz;

cTEE 检查采用 X7-2t 或 X8-2t 探头, 频率 2 ~ 7 MHz。

2. cTTE 检查: 患者取左侧卧位, 保持平静呼吸状态, 检查前于左肘静脉留置静脉通道。取 1 只 10 ml 注射器抽取 8 ml 生理盐水 + 1 ml 回抽血液 + 1 ml 空气, 经三通管与另 1 只 10 ml 注射器联通并来回抽吸至空气混匀于生理盐水中, 制备成微泡混悬液, 然后弹丸式注入 (2 ~ 3 s) 静脉内, 同时于心尖四腔心切面观察左心腔内微泡显影情况, 效果欠佳时可重复操作。待右房充分显影后观察左心腔内微泡出现时间及最大微泡数量, 并根据《卵圆孔未闭超声诊断中国专家共识》<sup>[7]</sup> 的分级标准进行半定量分级: 0 级, 左心腔内未见微泡, 无右向左分流 (right to left shunt, RLS); I 级, 左心腔内单帧图像见 < 10 个微泡; II 级, 左心腔内单帧图像见 10 ~ 30 个微泡; III 级, 左心腔内单帧图像见 > 30 个微泡或左心腔几乎充满微泡、心腔混浊。

3. cTEE 检查: 患者取右侧卧位, 口服盐酸达克罗宁胶浆行咽部局部麻醉, 保持平静呼吸状态, 探头进入食管后首先选取食管中段双腔静脉切面 (90° ~ 110°) 进行造影检查, 然后分别选取左肺静脉、右肺静脉切面进行造影检查, 方法同 cTTE。观察左心腔内造影剂微泡出现时间及微泡数量, 根据《卵圆孔未闭超声诊断中国专家共识》<sup>[7]</sup> 的分级标准进行半定量分级: 0 级, 左心腔内未见微泡, 无 RLS; I 级, 左心腔内单帧图像见 < 10 个微泡; II 级, 左心腔内单帧图像见 10 ~ 20 个微泡; III 级, 左心腔内单帧图像见 > 20 个微泡或左心腔几乎充满微泡、心腔混浊。

### 三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件, 计数资料以频数或率表示, 组间比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验; cTTE 与 cTEE 半定量分级比较采用  $\chi^2$  检验。绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析 cTTE、cTEE 对 PAVM 的诊断效能。采用 Logistic 回归分析 cTTE、cTEE 半定量分级与 PAVM 发生的关系。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

50例可疑PAVM患者均经胸部CT或CTPA检查确诊,PAVM阳性6例(PAVM组),PAVM阴性44例(非PAVM组)。其中PAVM组男1例,女5例,平均年龄(42.33±18.59)岁,主要临床症状包括脑梗死、偏头痛、头晕;非PAVM组男18例,女26例,平均年龄(47.73±14.28)岁,主要临床症状包括短暂性脑缺血发作、脑梗死、偏头痛、头晕。

### 一、cTTE检查结果

cTTE半定量分级结果显示,PAVM组中I级1例、II级1例、III级4例;非PAVM组中0级6例、I级23例、II级9例、III级6例。cTTE I级、II级、III级诊断PAVM的阳性预测值分别为4.2%、10.0%、40.0%。PAVM组cTTE半定量分级高于非PAVM组,差异有统计学意义( $Z=-2.653, P=0.008$ )。见表1和图1。

### 二、cTEE检查结果

cTEE半定量分级结果显示,PAVM组中II级1例、III级5例,非PAVM组中I级16例、II级23例、III级5例。cTEE II级、III级诊断PAVM的阳性预测值分别为4.2%、50.0%。PAVM组cTEE半定量分级高于非

PAVM组,差异有统计学意义( $Z=-3.337, P=0.001$ )。纳入患者的cTEE半定量分级高于cTTE,差异有统计学意义( $\chi^2=13.365, P=0.004$ )。见表1和图2。

cTEE检查显示,左心腔内造影剂微泡来源于右肺静脉24例(48.0%)、左肺静脉4例(8.0%)、双肺静脉22例(44.0%)。

### 三、ROC曲线分析结果

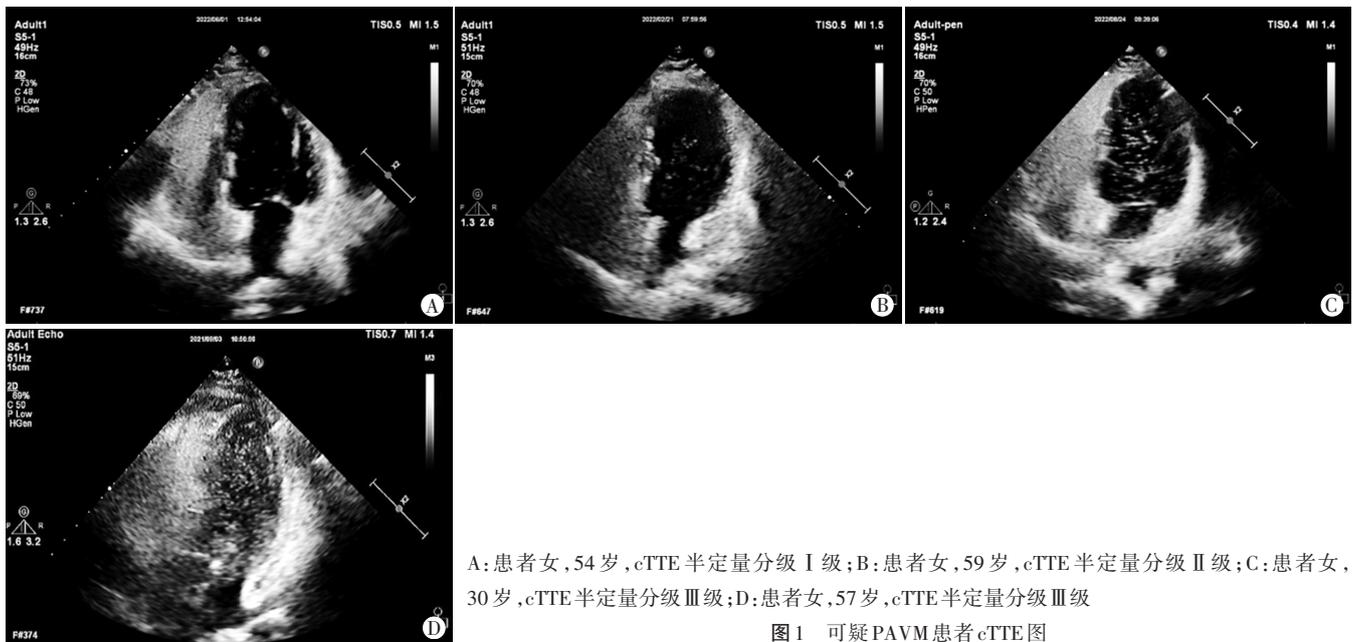
ROC曲线分析显示,cTTE诊断PAVM的曲线下面积(AUC)为0.814(95%可信区间:0.632~0.997,  $P=0.013$ ),以cTTE半定量分级II级为截断值,诊断灵敏度、特异度分别为66.7%、86.4%;cTEE诊断PAVM的AUC为0.890(95%可信区间:0.764~1.000,  $P=0.002$ ),以cTEE半定量分级II级为截断值,诊断灵敏度、特异度分别为83.3%、88.6%。见图3。

### 四、Logistic回归分析结果

Logistic回归分析显示,cTTE、cTEE半定量分级均与PAVM发生相关(均 $P<0.05$ ),二者均以II级为截断值,其中cTTE半定量分级>II级患者发生PAVM的风险是≤II级患者的12.865倍;cTEE半定量分级>II级患者发生PAVM的风险是≤II级患者的39.450倍。见表2。

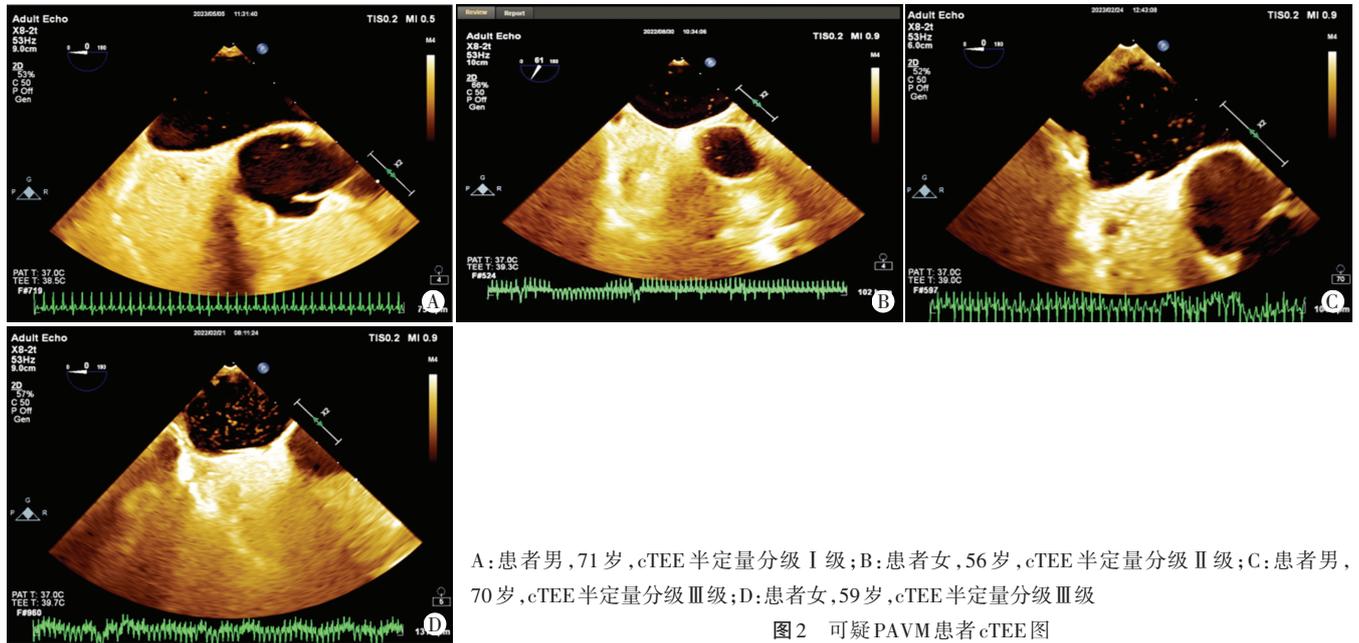
表1 两组cTTE和cTEE半定量分级结果比较

组别	cTTE半定量分级				cTEE半定量分级			
	0级	I级	II级	III级	0级	I级	II级	III级
PAVM组(6)	0	1	1	4	0	0	1	5
非PAVM组(44)	6	23	9	6	0	16	23	5
Z值	-2.653				-3.337			
P值	0.008				0.001			



A: 患者女,54岁,cTTE半定量分级I级;B:患者女,59岁,cTTE半定量分级II级;C:患者女,30岁,cTTE半定量分级III级;D:患者女,57岁,cTTE半定量分级III级

图1 可疑PAVM患者cTTE图



A: 患者男, 71岁, cTEE半定量分级 I级; B: 患者女, 56岁, cTEE半定量分级 II级; C: 患者男, 70岁, cTEE半定量分级 III级; D: 患者女, 59岁, cTEE半定量分级 III级

图2 可疑PAVM患者cTEE图

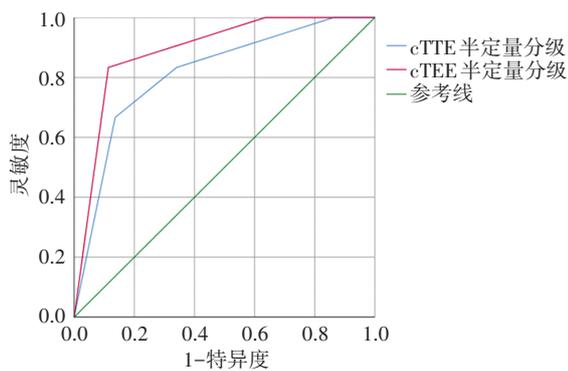


图3 cTTE、cTEE诊断PAVM的ROC曲线图

表2 Logistic回归分析结果

变量	回归系数	标准误	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR值及其95%可信区间
cTTE半定量分级	2.555	1.299	3.865	0.049	12.865(1.008 ~ 164.221)
cTEE半定量分级	3.675	1.355	7.359	0.007	39.450(2.773 ~ 561.299)

## 讨论

PAVM为肺动脉和肺静脉之间直接交通形成的一种血管畸形,在一般人群中患病率约为1/2600,约90%与遗传性出血性毛细血管扩张症相关<sup>[8]</sup>。胸部CT或CTPA检查通常被认为是诊断PAVM及治疗前显示其大小和范围的标准,但Hanneman等<sup>[9]</sup>提出在遗传性出血性毛细血管扩张症患者中常规完善胸部CT以筛查PAVM将增加患者患癌风险及不必要的辐射,因此寻找一种安全的早期诊断PAVM的方法具有重要的临床意义。

既往研究<sup>[2]</sup>表明,cTTE在PAVM筛查试验中具有较高的诊断灵敏度和阴性预测值,但其难以区分RLS

来源于心内或心外,诊断特异度和阳性预测值均较低。本研究在应用cTEE检查时选取肺静脉切面进行右心声学造影,能明确显示进入左心腔的造影剂微泡来源,从而避免出现cTTE诊断PAVM假阳性的情况。此外,本研究根据《卵圆孔未闭超声诊断中国专家共识》<sup>[7]</sup>中关于cTEE III级的诊断标准(即左心腔内单帧图像出现的微泡数量>20个)进行判定,减少了因cTEE视野受限所致低估分流量的情况,这与本研究中纳入患者cTEE半定量分级高于cTTE的结果一致。本研究表明,应用cTTE和cTEE半定量分级诊断PAVM的AUC分别为0.814、0.890,且cTTE、cTEE半定量分级均与PAVM发生相关(均 $P<0.05$ );二者均以II级为截断值,其中cTTE半定量分级>II级患者发生PAVM的风险是 $\leq$ II级患者的12.865倍;cTEE半定量分级>II级患者发生PAVM的风险是 $\leq$ II级患者的39.450倍。提示cTTE、cTEE半定量分级>II级患者发生PAVM的风险更高,具有一定的临床预测价值。

右心声学造影中,PAVM表现为静息相右房显影3~6个心动周期后左心腔出现持续存在的微泡显影,且左心腔微泡清空晚于右心腔<sup>[7,10]</sup>。通过回顾资料发现,本研究中大多病例微泡出现在第8、9个心动周期,但PAVM组中有1例患者cTTE和cTEE检查出现微泡的时间均为第4个心动周期。与Nakashima等<sup>[11]</sup>研究结果一致。分析其原因为:PAVM常发生于肺下叶,而该例患者经CTPA检查证实其畸形部位位于左肺上叶尖后段,由肺动脉相对近端的血管供血,心脏与PAVM的距离较典型病例短,故造影剂微泡较早出现在左心

腔;表明即使cTTE、cTEE检查中左心腔出现微泡的心动周期较早,也应考虑PAVM的存在。

既往研究<sup>[1,11]</sup>指出PAVM单发病变最多见于左肺下叶,其次为右肺下叶,但也有学者认为病变以右肺下叶最多见。Lim等<sup>[2]</sup>研究发现PAVM来源为左肺静脉最常见(71.4%),其次为右肺静脉(14.8%)。本研究cTEE检查结果显示,左心腔内造影剂微泡来源于右肺静脉24例(48.0%)、左肺静脉4例(8.0%)、双肺静脉22例(44.0%)。分析结果不一致的原因为本研究纳入样本量较少所致,有待后续扩大样本量进一步探索PAVM的来源。本研究共纳入50例可疑PAVM患者,但最终经胸部CT或CTPA检查确诊为PAVM阳性者仅6例,这可能与本研究纳入较多半定量分级较低的患者有关,因畸形血管的直径小,未被胸部CT或CTPA检出,或检查过程中患者呼吸幅度深浅不一时也将导致病灶部位未被识别,且部分健康人群也可能存在生理性I~II级肺循环来源微泡,因此推测非PAVM组患者中可能存在假阴性。且PAVM无症状患者一般不会选择就诊,本研究初筛时纳入129例可疑PAVM患者,但仅50例接受进一步胸部CT或CTPA检查,导致纳入研究的总病例数和阳性病例数少,今后将继续扩大样本量进行深入研究。

综上所述,对于可疑PAVM患者,应用cTTE、cTEE检查均可进行早期筛查,且cTEE半定量分级诊断效能优于cTTE。当发现cTEE半定量分级为III级时,再完善胸部CT或CTPA检查,可减少不必要的辐射暴露,为临床决策提供影像学参考信息。

#### 参考文献

[1] Tellapuri S, Park HS, Kalva SP. Pulmonary arteriovenous

malformations[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(8): 1421-1428.

[2] Lim KH, Kim SM, Park SJ, et al. Significance of transesophageal contrast echocardiography with the agitated saline test for diagnosing pulmonary arteriovenous malformations [J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9(1): 975901.

[3] Saboo SS, Chamarthy M, Bhalla S, et al. Pulmonary arteriovenous malformations: diagnosis [J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2018, 8(3): 325-337.

[4] Kaufman CS, McDonald J, Balch H, et al. Pulmonary arteriovenous malformations: what the interventional radiologist should know [J]. Semin Intervent Radiol, 2022, 39(3): 261-270.

[5] Deng Y, Huang X, Wang G, et al. Applicability of transthoracic contrast echocardiography for the diagnosis and treatment of idiopathic pulmonary arteriovenous malformations [J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8(1): 656702.

[6] Hessels J, Kroon S, Vorselaars VVM, et al. Evolution of pulmonary arteriovenous malformations: the role of contrast echocardiography [J]. Chest, 2023, 163(3): 669-677.

[7] 马为, 杨颖, 吴永健, 等. 卵圆孔未闭超声诊断中国专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(1): 4-11.

[8] Shovlin CL, Condliffe R, Donaldson JW, et al. British thoracic society clinical statement on pulmonary arteriovenous malformations [J]. Thorax, 2017, 72(12): 1154-1163.

[9] Hanneman K, Faughnan ME, Prabhudesai V. Cumulative radiation dose in patients with hereditary hemorrhagic telangiectasia and pulmonary arteriovenous malformations [J]. Can Assoc Radiol J, 2014, 65(2): 135-140.

[10] Faughnan ME, Palda VA, Garcia-Tsao G, et al. International guidelines for the diagnosis and management of hereditary haemorrhagic telangiectasia [J]. J Med Genet, 2011, 48(2): 73-87.

[11] Nakashima M, Miki T, Takaya Y, et al. Pulmonary arteriovenous fistula in a rare location: the importance of excluding patent foramen ovale [J]. J Cardiol Cases, 2022, 27(3): 124-127.

(收稿日期: 2023-06-28)