

· 论 著 ·

# 经胸超声引导下不同封堵器介入封堵治疗 动脉导管未闭

陈志松<sup>1</sup>, 唐会<sup>2</sup>, 王红<sup>1</sup>

1. 昆明医科大学第一附属医院心内科, 云南 昆明 650032;

2. 云南省罗平县医院心内科, 云南 曲靖 655800

**摘要:** **目的** 探讨不同封堵器在经胸超声引导下动脉导管未闭(PDA)介入封堵中的应用效果。**方法** 回顾分析 2014 年 2 月至 2017 年 2 月接诊的 72 例 PDA 患者的临床资料,按照封堵方式不同分为观察组(Amplatzer 型封堵器)43 例和对照组(弹簧圈封堵器)29 例,比较两组封堵治疗效果。**结果** 观察组及对照组患者封堵成功率分别为 97.67% 和 89.66%,其中完全阻闭分别为 95.35% 与 79.31%,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组患者术后 1 个月、3 个月左房内径(LAD)、左室舒张末期内径(LVEDD)、左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV)、左室每搏量(LVSV)水平均明显低于术前( $P$  均  $< 0.05$ ),但两组间差异无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ )。观察组患者封堵直径明显高于对照组[(4.01 ± 0.86)cm vs (1.72 ± 0.48)cm,  $P < 0.01$ ]。两组患者手术时间、封堵操作时间差异无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ )。两组患者术后肺动脉收缩压、肺动脉平均压、主动脉压水平、术后并发症总发生率对比,差异无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ )。**结论** Amplatzer 型封堵器与弹簧圈封堵器在介入封堵 PDA 中均有良好的效果,可根据临床实际情况进行选择。

**关键词:** 先天性心脏病; 动脉导管未闭; 介入封堵; Amplatzer 型封堵器; 弹簧圈封堵器

**中图分类号:** R 654.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2018)03-0335-05

## Different occluders in transthoracic ultrasound-guided interventional occlusion in the treatment of patent ductus arteriosus

CHENG Zhi-song\*, TANG Hui, WANG Hong

\* Department of Cardiology, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University,

Kunming, Yunnan 650032, China

Corresponding author: WANG Hong, E-mail: wh197608@163.com

**Abstract: Objective** To investigate the application and effect of different occluders in transthoracic ultrasound-guided interventional occlusion in the treatment of patent ductus arteriosus (PDA). **Methods** According to the occlusion method, a total of 72 PDA patients were divided into observation group (Amplatzer canine duct occluder,  $n = 43$ ) and control group (coil occluder,  $n = 29$ ). The occlusion effect was compared between two groups. **Results** There was no significant difference in successful rate of occlusion in the observation group and the control group (97.67% vs 89.66%). The complete closure rate was 95.33% in the observation group and 79.31% in control group, respectively. The left atrium diameter (LAD), left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD), left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), left ventricular end-systolic volume (LVESV), left ventricular stroke volume (LVSV) in both two group at 1 and 3 month(s) after the operation were significantly lower than those at pre-operation (all  $P < 0.05$ ), but showed no difference between two groups (all  $P > 0.05$ ). The occlusion diameter in observation group was higher than that in control group [(4.01 ± 0.86)mm vs (1.72 ± 0.48)mm,  $P < 0.01$ ]. There were no significant differences in surgery time and occlusion operation time intra-operationally and in level of pulmonary artery systolic pressure, mean pulmonary artery pressure, aortic pressure and total incidence complications in two groups post-operationally. **Conclusion** Both Amplatzer canine duct occluder and coil occluder has a good effect in PDA closure which should be chosen according to clinical condition.

**Key words:** Congenital heart disease; Patent ductus arteriosus; Interventional occlusion; Amplatzer canine duct occluder; Coil occluder

先天性心脏病(先心病)是导致新生儿死亡的常见先天性畸形,危重度较高,近几年发病率一直居高不下<sup>[1]</sup>。动脉导管未闭(PDA)、室间隔缺损(VSD)、房间隔缺损(ASD)以及肺动脉瓣狭窄(PS)等均为先心病的常见类型,而两种或两种以上心脏畸形同时存在的情况在临床上也并不罕见,治疗难度较高<sup>[2]</sup>。随着经皮导管介入技术的成熟,其已经逐渐取代传统的开胸手术,大大减少了手术创伤和术后并发症风险,但经皮导管介入手术对患者血管通路条件要求较高,需严格把握适应证和禁忌证<sup>[3]</sup>。目前,国内外对于经胸超声引导下介入封堵治疗 PDA 的报道较多,不同封堵方式效果也有较大差异<sup>[4-5]</sup>。本研究对国内常用的两种封堵方式在 PDA 治疗中的应用效果进行比较,以期为该病治疗方案的优化提供参考。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 采用回顾性分析方法,将 2014 年 2 月至 2017 年 2 月本院接诊的 72 例 PDA 患者纳入本研究。按照封堵方式不同将患者分为观察组(Amplatzer 型封堵器)43 例和对照组(弹簧圈封堵器)29 例。观察组男性 19 例,女性 24 例;年龄为 4 个月~40 岁,平均(8.22 ± 2.47)岁;体重为 5.20 ~ 70.37 (14.06 ± 4.34) kg;其中 11 例合并 VSD,7 例合并 ASD。对照组男性 12 例,女性 17 例;年龄为 4 个月~39 岁,平均(8.18 ± 2.50)岁;体重 5.31 ~ 71.04 (14.13 ± 4.48) kg;其中 8 例合并 VSD,5 例合并 ASD。两组患者的性别比例、年龄、体重等资料差异无统计学意义( $P$ 均 > 0.05)。

1.2 纳入和排除标准 纳入标准:符合《心脏病学》<sup>[6]</sup>中 PDA 相关诊断标准;经胸心脏超声检查确诊;临床表现为胸骨左缘 2 ~ 3 肋间连续性收缩期杂音;无胸部手术史;签署知情同意书。排除标准:合并其他先天性疾病者;合并其他重要脏器功能障碍者;有手术禁忌证者;依从性很差,无法配合完成随访者。

### 1.3 方法

1.3.1 术前准备与麻醉 术前对所有患者进行常规肝肾功能、凝血功能、超声心动图、心电图及 X 线胸片检查,测量 PDA 主动脉端内径、肺动脉端内径、最窄处内径及导管长度。合并 VSD 者明确 VSD 位置、形态及其与心脏各膜瓣间距离,观测其血流束分流方向、分流束入室间隔侧与出室间隔侧直径。合并 ASD 者明确 ASD 位置、形态及其不同切面直径,观测其与上下腔静脉的距离、缺损周缘硬度及是否合并肺静脉异位引流,找出 ASD 最大伸展径。术前 0.5 h 预防性使用抗生素。婴幼儿和儿童(<18 岁)选择静脉

复合麻醉;成人( $\geq 18$  岁)选择局部麻醉。穿刺右侧股动静脉并注射抗凝药物肝素,剂量为 100 U/kg。

1.3.2 PDA 封堵 观察组选择 Amplatzer 型封堵器。使用多功能导管尝试经肺动脉通过 PDA 进入降主动脉,之后将加硬交换导丝送至降主动脉,建立轨道。若无法经肺动脉端通过 PDA 则选择经主动脉端进入肺动脉,之后循导管将超滑导丝(260.0 cm)送至肺动脉,经股静脉将圈套器放入并将超滑导丝套牢牵拉至体外以建立轨道。选择比 PDA 最窄部位内径大 4 ~ 6 mm 的封堵器收入收伞器,沿导丝将输送鞘送至降主动脉,并将封堵器推送至输送鞘顶端,在经胸彩色多普勒超声引导下将封堵器置于 PDA 最窄部位;经胸超声图像可见动脉水平分流信号消失且封堵器周围未见残余分流信号,经多切面多角度观察封堵器位置稳定,同时对患者进行心脏听诊,满意后释放封堵器并将导管拔出,术毕进行穿刺点压迫止血和加压包扎。对照组选择弹簧圈封堵器,操作方法与观察组类似。

1.4 观察指标 记录两组患者术中 PDA 类型、PDA 封堵手术情况[平均堵闭直径、平均封堵操作时间(封堵器放入输送器至完全撤离心腔时间)],并比较两组 PDA 封堵效果、术后并发症情况以及手术前后血压和心功能指标[左房内径(LAD)、左室舒张末期内径(LVEDD)、左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV)、左室每搏量(LVSV)]变化情况。PDA 封堵效果评估<sup>[7]</sup>,完全堵闭:超声心动图检查显示无分流束;残余分流:超声心动图检查显示存在分流束;微量残余分流:分流束宽度 < 1.0 mm;少量残余分流:分流束宽度为 1.0 ~ < 2.0 mm;中量残余分流:分流束宽度为 2.0 ~ < 4.0 mm;大量残余分流:分流束宽度  $\geq 4.0$  mm。完全堵闭、微量残余分流和少量残余分流均可视为封堵成功。

1.5 统计学分析 运用 SPSS 21.0 统计学软件进行数据的统计和分析。计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示,符合正态分布时采用重复测量资料的方差分析及多重比较的 LSD- $t$  检验;非正态分布采用非参数检验;计数资料用例(%)表示,采用  $\chi^2$  检验和校正  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组患者 PDA 类型对比 两组患者术中可见 PDA 类型均主要为漏斗型,其次为管型,组间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

2.2 两组患者 PDA 封堵手术情况对比 观察组患者封堵直径明显高于对照组( $P < 0.01$ );两组患者手

术时间、封堵操作时间、呼吸辅助时间及住 ICU 时间对比,差异无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。见表 2。

2.3 两组患者术毕即刻 PDA 封堵效果对比 两组患者封堵成功率分别为 97.67% 和 89.66%, 组间比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 3。观察组 1 例封堵失败原因为:造影显示为粗长动脉导管,主动脉壶腹部很小,无法实施介入手术。对照组 3 例封堵失败原因分别为:1 例造影结果显示 PDA 分流束过宽,无法进行封堵;1 例 PDA 呈长漏斗形,使用标准封堵器封堵后难以维持形状,多次尝试后放弃;1 例合并重度肺动脉高压,多次尝试均无法顺利进入降主动脉。

2.4 两组患者随访 1 个月 PDA 封堵效果对比 观察组术后随访 1 个月期间 1 例微量残余分流患者转为完全堵闭。对照组 2 例少量残余分流患者 1 例转为完全堵闭,1 例转为微量残余分流;另外 1 例微量残余分流患者转为完全堵闭。见表 4。

2.5 两组患者手术前后心功能情况对比 两组患者术后 24 h LAD、LVESV、LVSV 水平均明显低于术前( $P$ 均 $<0.05$ );两组患者术后 1 个月、3 个月 LAD、

LVEDD、LVEDV、LVESV、LVSV 水平均明显低于术前( $P$ 均 $<0.05$ );两组患者术后 1 个月、3 个月 LAD、LVEDD、LVEDV、LVESV 水平均明显低于术后 24 h, 差异有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ );两组患者术后 24 h、1 个月、3 个月 LAD、LVEDD、LVEDV、LVESV、LVSV 水平比较,差异无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。各指标各时段两组间均无统计学差异( $P$ 均 $>0.05$ )。见表 5。

2.6 两组患者手术前后血压情况对比 两组患者术后肺动脉收缩压、肺动脉平均压均明显低于同组术前,主动脉压均明显高于术前,差异有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ );两组患者术后肺动脉收缩压、肺动脉平均压、主动脉压水平对比,差异无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。见表 6。

表 1 两组患者 PDA 类型对比 例(%)

分组	例数	漏斗型	窗型	管型	瘤型
观察组	43	39(90.70)	1(2.33)	2(4.65)	1(2.33)
对照组	29	27(93.10)	0	2(6.90)	0

表 2 两组患者 PDA 封堵手术情况对比 ( $\bar{x} \pm s$ )

分组	例数	封堵直径(mm)	手术时间(min)	封堵操作时间(min)	呼吸辅助时间(min)	住 ICU 时间(h)
观察组	43	4.01 ± 0.86 *	50.64 ± 16.86	7.44 ± 3.18	224.38 ± 51.66	20.17 ± 4.05
对照组	29	1.72 ± 0.48	49.25 ± 15.45	7.18 ± 2.85	235.75 ± 50.85	21.66 ± 4.30

注:与对照组对比,\* $P<0.01$ 。

表 3 两组患者术毕即刻 PDA 封堵效果对比 例(%)

分组	例数	成功封堵				封堵失败
		完全堵闭	少量残余分流	微量残余分流	合计	
观察组	43	41(95.35)	0	1(2.33)	42(97.67)	1(2.33)
对照组	29	23(79.31)	2(6.90)	1(3.45)	26(89.66)	3(10.34)

表 4 两组患者随访 1 个月 PDA 封堵效果对比 例(%)

分组	例数	成功封堵				封堵失败
		完全堵闭	少量残余分流	微量残余分流	合计	
观察组	43	42(97.67)	0	0	42(97.67)	1(2.33)
对照组	29	25(86.21)	0	1(3.45)	26(89.66)	3(10.34)

表 5 两组患者手术前后心功能情况对比 ( $\bar{x} \pm s$ )

分组	例数	LAD(mm)	LVEDD(mm)	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	LVSV(ml)
观察组	43					
术前		31.16 ± 3.47	47.89 ± 5.45	114.97 ± 30.06	33.12 ± 8.68	85.29 ± 16.68
术后 24 h		28.08 ± 4.14 <sup>△</sup>	46.06 ± 5.01	108.05 ± 28.57	26.31 ± 6.25 <sup>△</sup>	75.77 ± 14.62 <sup>△</sup>
术后 1 个月		21.57 ± 3.03 <sup>△*</sup>	39.58 ± 4.82 <sup>△*</sup>	64.02 ± 16.62 <sup>△*</sup>	26.85 ± 6.03 <sup>△</sup>	54.79 ± 10.04 <sup>△*</sup>
术后 3 个月		19.90 ± 3.14 <sup>△*</sup>	38.97 ± 4.79 <sup>△*</sup>	64.08 ± 16.57 <sup>△*</sup>	24.11 ± 5.89 <sup>△</sup>	50.31 ± 9.93 <sup>△*</sup>
对照组	29					
术前		31.20 ± 3.64	47.91 ± 5.39	114.92 ± 31.17	33.15 ± 8.47	85.31 ± 16.29
术后 24 h		28.12 ± 4.33 <sup>△</sup>	46.11 ± 5.15	107.95 ± 26.26	26.32 ± 6.47 <sup>△</sup>	75.75 ± 14.14 <sup>△</sup>
术后 1 个月		21.63 ± 3.05 <sup>△*</sup>	39.49 ± 4.77 <sup>△*</sup>	64.12 ± 15.85 <sup>△*</sup>	26.81 ± 6.15 <sup>△</sup>	54.80 ± 9.62 <sup>△*</sup>
术后 3 个月		19.89 ± 3.07 <sup>△*</sup>	39.01 ± 4.52 <sup>△*</sup>	64.20 ± 16.05 <sup>△*</sup>	24.24 ± 6.01 <sup>△</sup>	50.33 ± 9.83 <sup>△*</sup>

注:与同组术前对比,<sup>△</sup> $P<0.05$ ;与同组术后 24 h 对比,\* $P<0.05$ 。

表 6 两组患者手术前后血压情况对比 (mm Hg,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	肺动脉收缩压	肺动脉平均压	主动脉压
观察组	43			
术前		37.22 ± 7.47	35.48 ± 6.86	92.12 ± 9.45
术后		30.92 ± 7.15 *	28.14 ± 4.74 *	98.62 ± 9.33 *
对照组	29			
术前		37.05 ± 7.29	35.42 ± 6.79	92.01 ± 9.38
术后		31.04 ± 7.22 *	28.30 ± 4.89 *	97.70 ± 9.17 *

注:与同组治疗前对比, \* $P < 0.05$ 。

2.7 两组患者术后并发症情况对比 两组患者手术期间均未出现死亡病例。观察组术后出现 1 例机械性溶血,采取保守治疗后痊愈;1 例腹股沟皮下血肿,未经特殊处理自行消失;1 例三尖瓣少量反流,未进行特殊处理自行消失;1 例心包积液患者行心包引流并积极进行抗炎治疗后痊愈。对照组术后出现 1 例股动脉血栓,经溶栓治疗后痊愈;1 例主动脉血流速增快,未经特殊处理自行消失。两组均未出现瓣膜损伤、感染性心内膜炎、降主动脉/肺动脉狭窄、封堵器移位/脱落等并发症。观察组术后并发症总发生率为 9.30% (4/43),对照组为 6.90% (2/29),两组比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 3 讨论

先心病属于新生儿严重先天性畸形,PDA 是其中的常见类型,与 VSD 和 ASD 相比治疗技术更为成熟,并发症相对较少,封堵成功率也较高<sup>[8]</sup>。调查研究显示,PDA 合并 VSD 与 ASD 在临床上并不少见,有部分专家认为 PDA 合并 VSD 与 ASD 并不是严重复合畸形,但患者一般肺部充血状态较为严重,及早进行矫治是改善患者预后的关键<sup>[9]</sup>。传统的开胸手术一直是治疗 CHD 的金标准,手术效果明确,但该术式临床劣势也较为明显,如手术操作复杂、创伤较大、并发症较多、术后恢复时间较长、遗留疤痕明显等<sup>[10]</sup>。因此,外科医生研究的重点逐渐转移至微创术式。

我国自 20 世纪 80 年代开始引入介入封堵技术,早期的介入封堵手术操作复杂,术后残余分流率也较高,封堵器的使用也不规范<sup>[11]</sup>。Amplatzer 型封堵器和弹簧圈封堵器是经过长期临床实践证实的两种可靠性较高的封堵器,其中弹簧圈封堵器出现较早,具有操作难度低、自膨胀性强、耐压性好等优点,对于直径  $< 2$  mm 的 PDA 效果显著,但对中等以上直径的 PDA 效果较差<sup>[12]</sup>。McElhinney<sup>[13]</sup>的研究中应用弹簧圈对 PDA 进行封堵,术后即刻封堵成功率高达 80%,术后随访封堵成功率增加至 92%,也证实了弹簧圈在 PDA 介入封堵中的确切效果。Boutet 等<sup>[14]</sup>的研究

则指出,弹簧圈封堵 PDA 移位发生风险较高,也容易造成左肺动脉狭窄,在对大导管进行封堵时有较高的失败率,常需使用多个弹簧圈,且 PDA 直径越大者使用弹簧圈封堵失败风险越高。本研究中对照组患者平均封堵直径为  $(1.72 \pm 0.48)$  cm,明显低于观察组的  $(4.01 \pm 0.86)$  cm,可见弹簧圈更适用于小直径的 PDA 封堵。

Amplatzer 型封堵器的出现很好的解决了上述问题,其不仅操作简单、不容易发生移位,也能够降低左肺动脉狭窄发生的风险,术后残余分流率也较低,拓宽了 PDA 介入封堵的适应证,在国内外心脏介入治疗 PDA 中应用较多<sup>[15-16]</sup>。临床实践表明,Amplatzer 型封堵器选择时需要较导管直径大 4~6 mm,对于大中 PDA 封堵均有较高的成功率,Amplatzer 型封堵器封堵成功后仅有少数患者出现少量残余分流,且随着随访时间延长,一般均可逐渐转变为完全封堵,极少出现持续残余分流<sup>[17-18]</sup>。需要注意的是,Amplatzer 型封堵器经皮介入回收难度较高,需要取出时一般选择手术取出,但 Amplatzer 型封堵器移位发生率很低,因此一般不会存在取出问题<sup>[19]</sup>。

本研究结果显示,两组患者手术时间、封堵操作时间无明显差异,这主要与两种介入封堵的手术操作基本相同,仅在最后释放封堵器时操作略有差异有关。在封堵效果方面,两组患者封堵成功率均较高,分别为 97.67% 和 89.66%,并无统计学差异,可见两种封堵器在介入封堵中均有良好的应用效果,当然也与术前本院医师严格把握两种封堵器的适应证有关。随访结果显示,观察组 1 例微量残余分流患者转为完全堵闭;对照组 2 例少量残余分流患者 1 例转为完全堵闭、1 例转为微量残余分流,另外 1 例微量残余分流患者转为完全堵闭,这主要是由于微量或少量残余分流可在术后心肌细胞生长爬行覆盖后被完全封堵。在血压与心功能方面,两种封堵器均能有效改善患者肺动脉收缩压、肺动脉平均压、主动脉压以及心功能相关指标,且改善效果基本相似,这主要是由于二者的治疗机制基本一致,与国内相关研究报道结果相似<sup>[20]</sup>。PDA 介入封堵的并发症种类较多,需要注意。本研究出现的并发症主要为血栓形成、机械性溶血、腹股沟皮下血肿、主动脉血流速增快、三尖瓣反流与心包积液,但发生率均较低,多数患者未经特殊处理后症状自行消失,可见两种封堵器安全性良好。

另外,本研究中部分 PDA 患者还合并 VSD 与 ASD,在手术顺序选择方面需要注意一般优先对 VSD 和 ASD 进行封堵,主要由于 VSD 和 ASD 解剖结构、

形态以及位置复杂,封堵失败率较高,而 PDA 封堵成功率高、并发症也较少,因此往往最后考虑封堵 PDA。

总之,Amplatzer 型封堵器与弹簧圈封堵器在介入封堵 PDA 中均有良好的效果,可根据临床实际情况进行选择。

#### 参考文献

- [1] Ngo S, Profit J, Gould J B, et al. Trends in patent ductus arteriosus diagnosis and management for very low birth weight infants[J]. *Pediatrics*, 2017, 139(4): e20162390.
- [2] 赵鹏军, 高伟, 余志庆, 等. 第二代动脉导管未闭封堵器封堵特殊类型室间隔缺损 2 例报告[J]. *中国实用儿科杂志*, 2012, 27(2): 109 - 111.
- [3] 王鉴, 陈笋, 孙锐, 等. 新型动脉导管未闭封堵器封堵冠状动脉瘘[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2014, 34(12): 1851 - 1853.
- [4] 王琦光, 朱鲜阳, 张端珍, 等. 体质量  $\leq 8\text{kg}$  小儿动脉导管未闭封堵治疗[J]. *介入放射学杂志*, 2014, 23(2): 100 - 103.
- [5] Khan KK, Khan S, Hamid M. Maternal patent ductus arteriosus with bidirectional shunt: Obstetric anaesthesia and its challenges[J]. *Indian J Anaesth*, 2017, 61(4): 357 - 358.
- [6] 曹林生, 廖玉华. *心脏病学[M]*. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [7] Pepeta L, Greyling A, Nxele MF, et al. Patent ductus arteriosus closure using Occlutech® Duct Occluder, experience in Port Elizabeth, South Africa[J]. *Ann Pediatr Cardiol*, 2017, 10(2): 131 - 136.
- [8] Salas R, Lavín P, Rincón Y, et al. Digestive and Kidney Complications by indomethacin and ibuprofen in extreme preterm infants with patent ductus arteriosus [J]. *Rev Chil Pediatr*, 2017, 88(2): 243 - 251.
- [9] 殷恒讳, 常光其, 王冕, 等. 动脉导管未闭封堵器治疗肾切除术后肾动静脉瘘的疗效观察(附 2 例报告)[J]. *中国血管外科杂志(电子版)*, 2015, 7(2): 95 - 98.
- [10] Mohamed MA, El-Dib M, Alqahtani S, et al. Patent ductus arteriosus in premature infants: to treat or not to treat[J]. *J Perinatol*, 2017, 37(6): 652 - 657.
- [11] 吴文辉, 杨呈伟, 刘光锐, 等. I 代动脉导管未闭封堵器在封堵膜部室间隔缺损中的应用[J]. *心肺血管病杂志*, 2015, 34(3): 160 - 163, 170.
- [12] 郑林琼, 鲁一兵, 张伟华, 等. 低体重儿童动脉导管未闭封堵治疗的疗效观察[J]. *昆明医科大学学报*, 2014, 35(2): 38 - 40.
- [13] McElhinney DB. Small and preterm infants: The shrinking frontier of transcatheter patent ductus arteriosus closure [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2017, 89(6): 1066 - 1068.
- [14] Boutet BG, Saunders AB, Gordon SG. Clinical characteristics of adult dogs more than 5 years of age at presentation for patent ductus arteriosus[J]. *J Vet Intern Med*, 2017, 31(3): 685 - 690.
- [15] 万俊义, 张戈军, 徐仲英, 等. 第 II 代动脉导管未闭封堵器栓塞婴幼儿肺侧支的临床应用[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2016, 24(2): 79 - 82.
- [16] 邱庆欢, 张智伟. Amplatzer 二代动脉导管未闭封堵器封堵膜周部室间隔缺损应用[J]. *岭南心血管病杂志*, 2015, 21(3): 329 - 333.
- [17] Kheiw A, Ross RD, Kobayashi D. Reversal of severe mitral regurgitation by device closure of a large patent ductus arteriosus in a premature infant[J]. *Cardiol Young*, 2017, 27(1): 189 - 192.
- [18] 李奕琼, 刘志东, 钟敏. 超声心动图评价动脉导管未闭封堵术前心脏结构和心功能变化[J]. *中国现代药物应用*, 2015, 9(14): 69 - 70.
- [19] 肖云彬, 陈智, 黄希勇, 等. 动脉导管未闭封堵器在冠状动脉瘘介入治疗的应用[J]. *介入放射学杂志*, 2014, 23(10): 853 - 856.
- [20] Zanjani KS, Sobhy R, El-Kaffas R, et al. Multicenter off-label use of nit-occlud coil in retrograde closure of small patent ductus arteriosus [J]. *Pediatr Cardiol*, 2017, 38(4): 828 - 832.

收稿日期: 2017 - 08 - 30 修回日期: 2017 - 10 - 17 编辑: 周永彬