

## 临床研究

## 过渡性经皮球囊主动脉瓣成形术在治疗危重主动脉瓣狭窄患者的临床应用——单中心经验

王墨扬, 宋光远, 裴汉军, 王媛, 张倩, 牛冠男, 周政, 张昊, 张文佳, 王建德, 吕滨, 吴永健, 乔树宾, 杨跃进, 高润霖

## 摘要

目的: 探讨过渡性经皮球囊主动脉瓣成形术(PBAV)治疗危重主动脉瓣狭窄患者的临床应用经验。

方法: 回顾性分析 2011-03 至 2017-03 在阜外医院行 PBAV 的 37 例暂不宜行瓣膜置换术的危重主动脉瓣狭窄患者, 年龄(74±12)岁。观察患者临床及解剖特点、手术有效及安全性, 并进行随访。

结果: 本组患者基线外科风险高心功能差, 二叶式主动脉瓣占比约 50%, 瓣叶钙化程度重[钙化体积 CT 值 850 (HU850) = (856.0±658.2) mm<sup>3</sup>]。术中参考瓣环上平均内径选择球囊, 术后 7 天主动脉瓣瓣口面积从 (0.37±0.10) cm<sup>2</sup> 增大至 (0.87±1.10) cm<sup>2</sup>, 主动脉瓣平均跨瓣压差从 (55.1±22.9) mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 降至 (44.8±17.8) mmHg ( $P<0.001$ ), 左心室射血分数从 (35.8±14.3) % 增加到 (41.0±12.2) % ( $P<0.001$ )。术后住院期间发生死亡 4 例, 1 例安装永久起搏器, 1 例主动脉瓣重度反流。术后平均随访 (16.5±11.1) 个月, 共有 13 例 (35.1%) 患者过渡到外科或经导管瓣膜置换术治疗。

结论: 对于暂不宜行外科主动脉瓣置换术和经导管主动脉瓣置换术 (TAVR) 的危重主动脉瓣狭窄患者, PBAV 可取得良好的早期临床结果, 有望成为过渡性治疗手段, 对于中国二叶式主动脉瓣比例高, 瓣叶钙化重特点, 采用瓣环上内径选择较小球囊安全有效。

关键词 主动脉瓣狭窄; 经皮球囊主动脉瓣成形术; 过渡性治疗

### Application for a Bridge Therapy of Percutaneous Balloon Aortic Valvuloplasty in the Era of Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Single Center Experience

WANG Mo-yang, SONG Guang-yuan, PEI Han-jun, WANG Yuan, ZHANG Qian, NIU Guan-nan, ZHOU Zheng, ZHANG Hao, ZHANG Wen-jia, WANG Jian-de, LV Bin, WU Yong-jian, QIAO Shu-bin, YANG Yue-jin, GAO Run-lin.

Department of Cardiology, National Center for Cardiovascular Disease and Fuwai Hospital, CAMS and PUMC, Beijing (100037), China  
Corresponding Author: WU Yong-jian, Email: fuwaihospital@hotmail.com

## Abstract

Objectives: To explore the clinical experience for a bridge therapy of percutaneous balloon aortic valvuloplasty (PBAV) in treating the patients with severe aortic stenosis (AS).

Methods: A total of 37 patients with severe AS who were not suitable for surgical valvular replacement received PBAV in our hospital from 2011-03 to 2017-03 were retrospectively studied. The patient's mean age was (74±12) years, their clinical and anatomical features, efficacy and safety of operation were observed and the outcomes were evaluated by follow-up study.

Results: Patients presented the high surgical risk and worse cardiac function, 50% of them had bicuspid leaflet morphology with severe calcification [HU850=(856.0±658.2) mm<sup>3</sup>]. Balloon size was chosen by the intra-operative supra-annular diameters; at 7 days after operation, aortic valve orifice area (AVOA) was increased from (0.37±0.10) cm<sup>2</sup> to (0.87±1.10) cm<sup>2</sup>, the mean trans-aortic valve gradient pressure decreased from (55.1±22.9) mmHg to (44.8±17.8) mmHg,  $P<0.001$  and LVEF elevated from (35.8±14.3) % to (41.0±12.2) %,  $P<0.001$ . There were 4 patients died in hospital, 1 received permanent pacemaker and 1 developed severe aortic valve regurgitation. The patients were followed-up for (16.5±11.1)

基金项目: 中国医学科学院医学与健康科技创新工程 (2017-I2M-3-002)

作者单位: 100037 北京市, 中国医学科学院 北京协和医学院 国家心血管病中心 阜外医院 冠心病诊治中心(王墨扬、宋光远、王媛、张倩、牛冠男、周政、张昊、张文佳、吴永健、乔树宾、杨跃进、高润霖), 超声科(王建德), 放射科(吕滨); 包头医学院第一附属医院 心内科(裴汉军)

通讯作者: 吴永健 Email: fuwaihospital@hotmail.com

中图分类号: R541.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3614 (2018) 04-0336-05 DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2018.04.006

months after operation, 13/37 (35.1%) patients were in transition to surgical or transcatheter aortic valve replacement (TAVR).

Conclusions: PBAV may have good early clinical efficacy in severe AS patients who were not suitable for surgical valvular replacement and TAVR; PBAV could be expected to become a bridge therapy, smaller supra-annular diameter was safe and effective for patients having bicuspid leaflet with severe calcification.

**Key words** Aortic stenosis; Percutaneous balloon aortic valvuloplasty; Bridge therapy

(Chinese Circulation Journal, 2018, 33: 336.)

经皮球囊主动脉瓣成形术(PBAV)作为重度主动脉瓣狭窄(AS)的介入治疗方法在上世纪80年代开始广泛使用,但由于术后瓣膜狭窄复发率高且不改善预后,临床价值受到质疑。在经导管主动脉瓣置换术(TAVR)及外科技术高速发展的今天,PBAV为病情极危重暂不适合TAVR及外科瓣膜手术的患者提供了过渡性治疗的选择。针对TAVR开展以来发现我国患者在临床及主动脉根部解剖均存在特殊性,本文旨在对于我中心近年开展过渡性PBAV以来患者特点、手术效果及其预后情况做一分析总结。

## 1 资料与方法

研究人群:回顾性分析2011-03至2017-03在阜外医院行过渡性PBAV的37例危重主动脉瓣狭窄患者的临床资料,其中男性患者23例,女性患者14例。入选标准:(1)符合2014年美国心脏病学会(ACC)/美国心脏协会(AHA)瓣膜病治疗指南的重度主动脉瓣狭窄诊断标准;(2)存在外科手术禁忌证或风险极高危,同时暂时不宜实施TAVR:①处于危急状态,合并心源性休克或需要有创或无创通气的严重肺水肿;②左心室射血分数过低( $\leq 30\%$ );③严重衰弱状态。排除标准:(1)左心室血栓形成;(2)不能耐受双联抗血小板治疗或有严重出血倾向;(3)感染、重度贫血(血红蛋白 $<60\text{ g/L}$ );(4)脑血管事件的急性期;(5)30天以内的急性心肌梗死;(6)严重冠状动脉疾病,如左主干合并三支病变未行冠状动脉旁路移植术或术后桥血管闭塞;(7)患者及家属拒绝手术或放弃治疗;(8)严重外周血管疾病;(9)对比剂过敏。

手术方法:均签署知情同意书,常规消毒穿刺麻醉,植入临时起搏器,建立股动脉入路,导丝跨主动脉瓣。所有患者均采用Numed球囊(美国霍普金盾公司产品),球囊型号依据冠状动脉及主动脉增强计算机断层摄影术(CT)瓣环及瓣环上水平平均内径(瓣环上水平定义为瓣环水平上方瓣膜钙化及

增生最为严重平面)进行选择(图1),以瓣环上水平内径为选择球囊内径上限,如钙化过重则较瓣环上水平内径减少1~2 mm作为球囊内径标准。以180次/min的速率快速心室起搏条件下进行扩张。完成后负压球囊撤出,常规止血包扎<sup>[1]</sup>。

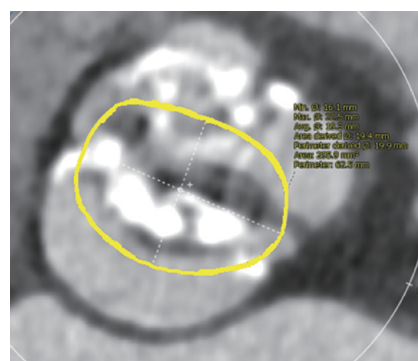


图1 瓣环上水平测量(钙化及增生最为严重平面,充分考虑钙化及增生瓣膜扩张后位移程度进行的估算测量)

实验室及影像检查:行冠状动脉及主动脉增强CT检查,并通过3mensio软件由同一有经验的测量人员进行分析测算。于术后即刻、24小时、术后7天行超声心动图检查。在PBAV术前及术后1周检测N末端B型利钠肽原(NT-pro BNP),其正常值为 $<400\text{ ng/L}$ 。

院内及出院随访:记录院内发生的所有不良事件,并在出院后通过门诊及电话随访。

统计学分析:使用SPSS 19.0软件进行统计学分析。所有计量资料均进行正态性检验和方差齐性检验;计量资料以均值 $\pm$ 标准差表示,手术前后计量资料的比较采用配对 $t$ 检验。计数资料以率或构成比表示,手术前后计数资料的比较采用卡方检验;对于样本量小于40的计数资料,应用Fisher精确概率法。采用双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

基础临床特征(表1):本组患者平均年龄

(73.7±11.7)岁[其中20例(54%)超过75岁],平均美国心胸外科医师协会(STS)评分属高危为(8.2±2.4)%,所有患者均有AS导致的临床症状,其中100%有心力衰竭症状,19例(51.4%)需要血管活性药物维持循环。主要合并症包括冠心病12例(32.4%)、严重慢性阻塞性肺病9例(24.3%)、慢性肾功能不全6例(16.2%),有16例(43.2%)患者的左心室射血分数≤30%。

表 1 37 例患者的基线临床特征( $\bar{x} \pm s$ )	
项目	数据
年龄(岁)	73.7±11.7
男性[例(%)]	23 (62.2)
体重(kg)	56.6±9.0
身高(cm)	164.0±7.5
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	21.0±3.5
STS 评分(%)	8.2±2.4
NYHA 心功能分级≥Ⅲ级[例(%)]	36 (97.3)
吸烟史[例(%)]	17 (45.9)
晕厥史[例(%)]	4 (10.8)
心绞痛史[例(%)]	12 (32.4)
心力衰竭史[例(%)]	37 (100)
冠心病史[例(%)]	12 (32.4)
心肌梗死史[例(%)]	1 (2.7)
既往 CABG 史[例(%)]	1 (2.7)
既往 PCI 史[例(%)]	2 (5.4)
恶性肿瘤史[例(%)]	2 (5.4)
脑卒中史[例(%)]	4 (10.8)
起搏器植入史[例(%)]	1 (2.7)
高血压病[例(%)]	15 (40.5)
糖尿病[例(%)]	4 (10.8)
高脂血症[例(%)]	13 (35.1)
慢性阻塞性肺病[例(%)]	9 (24.3)
束支阻滞[例(%)]	4 (10.8)
心房颤动[例(%)]	3 (8.1)
慢性肾功能不全[例(%)]	6 (16.2)
血管活性药物辅助循环[例(%)]	19 (51.4)
基线超声	
瓣口面积(cm <sup>2</sup> )	0.37±0.1
主动脉瓣平均跨瓣压差(mmHg)	55.1±22.9
LVEF(%)	35.8±14.3
LVED(mm)	59.6±11.1

注: BMI: 体重指数; STS: 美国心胸外科医师协会; NYHA: 纽约心脏协会; PCI: 经皮冠状动脉介入治疗; CABG: 冠状动脉旁路移植术; LVEF: 左心室射血分数; LVED: 左心室舒张末内径。1mmHg=0.133 kPa

基线 CT 测量结果: 除 7 例患者因术前病情无法耐受 CT 检查外, 其余 30 例均进行主动脉及冠状动脉增强 CT 检查(表 2)。患者瓣叶分型复杂, 二叶式主动脉瓣比例高。根据 Jilaihawi 等<sup>[2]</sup>2016 年提出二叶式主动脉瓣分型方法, 二叶式主动脉瓣 15 例(无脊二叶瓣 11 例, 带脊 4 例), 三叶瓣 15 例(其

中 2 例为功能性二叶瓣), 瓣膜钙化严重[钙化体积 CT 值 850 (HU850) = (856.0±658.2) mm<sup>3</sup>], 瓣环平均内径为 (25.4±3.0) mm。二叶瓣患者较三叶瓣患者升主动脉扩张更为明显, 瓣叶钙化更重, 左冠状动脉开口更高。

表 2 30 例患者术前计算机断层摄影术测量结果( $\bar{x} \pm s$ )				
项目	全部 (n=30)	BiAV (n=15)	TAV (n=15)	P 值 (BiAV vs TAV)
瓣环长径(mm)	28.6±3.9	28.7±3.9	28.7±4.0	0.964
瓣环短径(mm)	22.2±2.5	22.5±2.6	22.0±2.5	0.524
瓣环平均内径(mm)	25.4±3.0	25.6±3.1	25.3±3.0	0.770
瓣环周长(mm)	80.6±6.9	81.0±9.9	80.5±9.8	0.883
瓣环上水平周长(mm)	66.3±74.8	69.1±6.6	62.8±19.9	0.276
窦部内径(mm)	32.6±3.6	33.9±3.8	31.5±3.2	0.066
升主动脉最大内径(mm)	42.7±6.5	45.5±5.5	39.7±6.4	0.012
左冠状动脉开口高度(mm)	15.0±4.2	16.7±4.4	13.7±3.4	0.047
右冠状动脉开口高度(mm)	16.4±3.1	16.7±3.2	16.1±3.1	0.617
主动脉瓣叶钙化体积 HU-850 (mm <sup>3</sup> )	856.0±658.2	1 123.3±768	613.5±430.4	0.042

注: BiAV: 二叶式主动脉瓣; TAV: 三叶式主动脉瓣; HU-850: CT 值 850

术中情况: 4 例危重患者采用全身麻醉及气管插管, 其余 33 例采用镇静加局部麻醉。37 例均采用股动脉入路其中右侧主入路 34 例, 左侧主入路 3 例, 并均成功实施 PBAV。其中 2 例患者使用内径 16 mm 球囊, 6 例患者使用内径 18 mm 球囊, 24 例患者使用内径 20 mm 球囊, 5 例患者使用内径 22 mm 球囊。平均手术时间为 (63.8±15.5) min; 33 例仅扩张 1 次, 4 例因首次球囊扩张不充分或移位, 以同型号球囊进行二次扩张。术中使用球囊内径与瓣环上水平平均内径相当( $P=0.128$ ), 而小于瓣环平均内径( $P<0.001$ )。(瓣环上平均内径: 球囊内径=1.1±0.1, 瓣环平均内径: 球囊内径=1.3±0.2)。

围术期血流动力学改变: 术后即刻超声主动脉瓣平均跨瓣压差 (37.4±14.4) mmHg 较基线期 (55.1±22.9) mmHg 有明显下降 ( $P<0.001$ ), 7 天后平均跨瓣压差 (44.8±17.8) mmHg 有所回升, 但较术后即刻相比差异无统计学意义 ( $P<0.958$ ), 与基线期比较差异仍有统计学意义 ( $P<0.001$ )。术后 7 天超声较基线期主动脉瓣瓣口面积增加明显 ( $P=0.012$ ), 主动脉瓣最大流速、主动脉瓣最大跨瓣压差及主动脉瓣平均跨瓣压差明显减低 ( $P$  均  $<0.01$ ), 左心室射血分数显著增加 ( $P<0.001$ ), 差异均有统计学意义。主动脉瓣反流量≥中度患者及左心室舒张末期内径与基线期比差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ) (表 3)。



表 3 37 例围术期患者血流动力学(经胸超声数据)及心功能变化(  $\bar{x} \pm s$  )

项目	基线期	术后即刻	术后 7 日	P 值 (术后 7 日对比基线)
主动脉瓣口面积 (cm <sup>2</sup> )	0.37 ± 0.10	—	0.87 ± 1.10	0.012
主动脉瓣最大流速 (m/s)	4.6 ± 0.8	—	3.9 ± 1.2	0.001
主动脉瓣最大跨瓣压差 (mmHg)	88.2 ± 34.6	—	68.0 ± 28.5	0.002
主动脉瓣平均跨瓣压差 (mmHg)	55.1 ± 22.9	37.4 ± 14.4	44.8 ± 17.8	<0.001
左心室射血分数 (%)	35.8 ± 14.3	—	41.0 ± 12.2	<0.001
左心室舒张末期内径 (mm)	59.6 ± 11.1	—	57.3 ± 11.5	0.061
主动脉瓣反流量 ≥ 中度 [例 (%)]	6 (16.2)	8 (21.6)	6 (18.1)	1.000
NYHA 心功能分级 III ~ IV 级 [例 (%)]	35 (94.6)	—	10 (30.3)	<0.001

注:NYHA: 纽约心脏协会。—: 无。1 mmHg=0.133 kPa

住院期间主要并发症:(1)死亡 4 例(10.8%):其中 2 例为术后出现恶性心律失常;1 例合并慢阻肺患者术后出现严重肺部感染,死于呼吸循环衰竭;1 例患者术后出现腰部剧痛,行主动脉 CT 排除夹层及腹膜后血肿后猝死,但拒绝进一步尸检明确死因。(2)主动脉瓣重度反流:1 例患者术前中度反流,球囊扩张后出现反流量增加,心力衰竭症状加重,于术后 1 周行 TAVR 后改善。(3)心律失常:5 例患者出现术后一过性完全性左束支阻滞,24 小时内自行恢复,1 例患者术后出现窦性停搏,安装永久起搏器。(4)血管并发症:1 例患者出现术后穿刺点渗血,经加压包扎处理后出血停止。本组患者中未出现卒中、瓣环破裂、心肌梗死等其他严重并发症。

围术期心脏功能评估:对比基线期,术后 7 天患者 NYHA 心功能分级明显改善 ( $P<0.001$ ) (表 3),术后 7 天 NT-proBNP ( $6\,947.0 \pm 7\,379.0$ ) ng/ml 对比基线 NT-proBNP ( $8\,513.5 \pm 6\,540.6$ ) ng/ml 有明显改善 ( $P=0.028$ ),差异均有统计学意义。

过渡到瓣膜置换术及随访情况:本组患者通过 PBAV 术后平均随访时间 ( $16.5 \pm 11.1$ ) 个月,共有 13 例(35.1%)患者最终过渡到瓣膜置换术治疗。其中 7 例(18.9%)患者接受 TAVR 治疗,6 例(16.2%)患者进行外科主动脉瓣置换术(SAVR),余 24 例患者仅为药物保守治疗。本组过渡到 SAVR 患者 PBAV 术前 STS 评分为 ( $7.4 \pm 3.4$ )%,外科手术前再次进行 STS 评分为 ( $5.3 \pm 2.1$ )%。随访期间共 10 例患者死亡,除住院期间死亡 4 例外,其余 6 例中 5 例患者为药物保守治疗患者,均在 PBAV 术后 6 个月至 12 个月期间因心力衰竭加重原发性休克死亡。1 例为外科瓣膜置换术后恶性心律失常死亡。

3 讨论

随着 TAVR 时代的到来,PBAV 作为有效过渡手段重现了临床价值和生机<sup>[3]</sup>,同时对于我国患者主动脉根部的解剖结构特点,亟需总结适合的 PBAV 方法和经验,并结合临床情况分析其安全有效性及过渡到瓣膜置换术的规律。

有效性方面,Morretti 等<sup>[4]</sup>在 2015 年报道了一组迄今样本量最大的(811 例)研究,结果提示 PBAV 术后最大跨瓣压差及瓣口面积均有明显改善 ( $P<0.01$ )。我中心自 TAVR 开展以来同时开始进行 PBAV 治疗<sup>[5]</sup>,本组患者通过 PBAV 术后血流动力学指标及 NYHA 心功能分级、NT-proBNP 等心脏功能指标明显改善,并有超 1/3 的患者最终过渡到经导管或外科瓣膜置换术,其初步结果表明该方法可以有效改善患者心脏功能及临床症状,具有过渡治疗价值。

安全性方面,Bashore 等<sup>[6]</sup>在 1991 年报道一组 674 例 PBAV 患者总体严重并发症发生率高达 25%,而近 30 年报道在院期间死亡率在 1%~10%<sup>[7]</sup>。本组患者总体严重并发症比例为 18.9%,且本组均属基线期一般状况极差,多需要血管活性药物维持循环的暂不适合瓣膜置换术的患者,所以术中风险高于 TAVR 时代前单纯球囊扩张患者。其中两例术后出现低血压及恶性心律失常,总结我中心经验,由于扩张后血流动力学改变,参考心功能耐受程度前提下应适当补充容量避免低血压、低灌注情况并维持内环境稳定,适当应用抗心律失常药物可有效改善相关并发症<sup>[1]</sup>。

PBAV 及 TAVR 均为“非直视”瓣膜介入手术,其术前对于主动脉根部的解剖结构做综合影像学评估的重要性已经成为共识,其中主动脉根部 CT 为核心检查手段<sup>[8]</sup>。既往西方报道二叶式主动脉瓣仅占介入治疗患者 2%~10%,而我国主动脉瓣重度狭窄患者二叶式主动脉瓣比例可达 40% 以上,钙化程度几乎三倍于西方患者<sup>[9]</sup>。本组患者根部测量结果符合上述特点,且二叶式主动脉瓣患者的钙化程度、升主动脉扩张程度较三叶瓣更为严重。Kochman 等<sup>[10]</sup>在 2015 年提出重度钙化主动脉瓣膜真正决定狭窄程度的钙化增生最重水平面通常位于瓣环上的理念在中国二叶瓣 TAVR 实践中得以佐证,同样作

为 PBAV 选择球囊型号及扩张策略也要充分参考中国患者的特殊解剖形态, 从而避免瓣环膜裂、心包填塞等并发症发生。既往西方研究强调术后平均跨瓣压差下降应超过 50%, 故多根据超声瓣环选择 1:1 型号球囊或球囊内径超过左心室流出道内径 10% 以保证球囊扩张效果<sup>[7]</sup>。但本组患者使用球囊内径和瓣环上平均内径相关性较好, 均小于瓣环平均内径。虽术后压差较术前下降达到 50% 仅为 14 例 (37.8%), 但由于患者术前心功能低下, 术前跨瓣压差可出现低压差-低流速情况, 随着心脏功能改善, 术后压差通常变化不大甚至有不降反升情况, 且患者血流动力学改善明显, 左心室射血分数明显升高。NT-proBNP 及临床症状、心脏功能改善明显。而使用小球囊对于二叶式主动脉瓣比例高, 合并重度钙化的中国患者可有效减少术后大量反流发生, 减少瓣环膜裂、心包填塞的风险。但目前尚存在瓣环上水平标准不够统一问题, 随着测量技术的完善, 该标准也将进一步规范。

本组过渡 SAVR 患者 PBAV 术前 STS 评分高, 经球囊扩张后外科手术前再次进行 STS 有明显下降。分析其原因, 对于非心脏合并症较多患者在 PBAV 后 STS 评分改善不明显, 而合并症少但由于心功能差、需血管活性药物支持等原因导致的 STS 评分高的患者在术后评分改善明显, 故该类患者在 PBAV 术后过渡到 SAVR 可能性更大。对于本组患者过渡到 TAVR 偏低同样存在瓣膜尚未上市等客观因素影响。

结论: 本研究显示在危重主动脉瓣重度狭窄患者中 PBAV 作为可行的过渡治疗方式, 为瓣膜置换手术争取时间和机会, 针对我国二叶式主动脉瓣比例高及瓣膜钙化程度高特点选择小球囊进行扩张安全有效, 随着 TAVR 技术的不断进步, 过渡性 PBAV 也会进一步凸显价值, 但目前总体病例数较少, 需要更多临床实践总结经验和不足。

## 参考文献

- [1] 裴汉军, 吴永健, 杨跃进, 等. 过渡性经皮球囊主动脉瓣成形术治疗危重主动脉瓣狭窄的早期效果 [J]. 中华心血管病杂志, 2015, 43(1): 34-38. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3758. 2015. 01. 007.
- [2] Jilaihawi H, Chen M, Webb J, et al. A Bicuspid Aortic Valve Imaging Classification for the TAVR Era [J]. JACC: Cardiovascular Imaging, 2016, 9: 1145-1158. DOI: 10. 1016/j. jemg. 2015. 12. 022.
- [3] Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description [J]. Circulation, 2002, 106(24): 3006-3008.
- [4] Moretti C, Chandran S, Vervueren PL, et al. Outcomes of patients undergoing balloon aortic valvuloplasty in the TAVI era: a multicenter registry [J]. J Invasive Cardiol, 2015, 27: 547-553.
- [5] 王墨扬, 许亮, 裴汉军, 等. 15 例拟行经导管主动脉瓣置换术患者主动脉根部影像学临床应用—单中心早期经验 [J]. 中国循环杂志, 2014, 29(9): 714-717. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-3614. 2014. 09. 0015.
- [6] Bashore TM, Berman AD, Davidson CJ, et al. the NHLBI Balloon Valvuloplasty Registry. Percutaneous balloon aortic valvuloplasty. Acute and 30-day follow-up results in 674 patients from the NHLBI Balloon Valvuloplasty Registry [J]. Circulation, 1991, 84: 2383-2397.
- [7] Keeble T, Khokhar A, Akhtar M, et al. Percutaneous balloon aortic valvuloplasty in the era of transcatheter aortic valve implantation: a narrative review [J]. Open Heart, 2016, 3(2): e000421. DOI: 10. 1136/openhrt-2016-000421.
- [8] 王墨扬, 吴永健. 经导管主动脉瓣置换术前影像学评估 [J]. 中国循环杂志, 2016, 31(7): 715-717. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-3614. 2016. 07. 022.
- [9] Jilaihawi H, Wu Y, Yang Y et al. Morphological characteristics of severe aortic stenosis in China: imaging core lab observations from the first Chinese transcatheter aortic valve trial [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2015, 85(Suppl 1): 752-761. DOI: 10. 1002/ccd. 25863.
- [10] Kochman J, Rymuza B, Huczek Z. Transcatheter aortic valve replacement in bicuspid aortic valve disease [J]. Current Opinion in Cardiology, 2015, 30(6): 594-602. DOI: 10. 1097/HCO. 0000000000000219.

(收稿日期: 2017-06-23)

(编辑: 汪碧蓉)