

经皮主动脉瓣膜置入术的临床应用进展

宋超 陆清声 周建于鹏 景在平[△]

(第二军医大学长海医院血管外科,全军血管外科研究所 上海 200433)

摘要 在老年人群中,由于主动脉瓣膜退行性病变或钙化导致的主动脉狭窄已成为最常见的原发性瓣膜病,尽管传统的开放式主动脉人工瓣膜置换术疗效显著,但其对患者一般情况要求较高,适应证较窄。经皮主动脉瓣置入术的出现改变这一状况。目前,这类手术有效改善了患者的生存质量和期望。

关键词 主动脉瓣 经皮主动脉瓣置入术 高龄

中图分类号: R654.3 文献标识码: A 文章编号: 1673-6273(2012)01-175-04

Progress in Transcatheter Aortic Valve Implantation

SONG Chao, LU Qing-sheng, ZHOU Jian, YU Peng, JING Zai-ping[△]

(Dept. of Vascular Surgery, Changhai Hospital, Second Military Medical University, 20043, Shanghai, China;

Institution of Vascular Surgery, the People's Liberation Army, 200433, Shanghai, China)

ABSTRACT: Aortic stenosis due to valve degeneration and calcification was the most frequent native valve disease among septuagenarian. The indication of open surgery exclude many patients with other comorbidities, the application of transcatheter aortic valve implantation might lead to a better outcome of those patients.

Key words: Aortic valve; TAVI; Septuagenarian

Chinese Library Classification: R654.3 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2012)01-175-04

前言

心脏瓣膜病是一类由于心脏瓣膜(包括瓣叶、腱索及乳头肌)结构毁损、纤维化、粘连、缩短、粘液瘤样变性、缺血性坏死、钙质沉着或者先天发育畸形所导致的一大类疾病,通常以风湿性心脏瓣膜病多见。但研究发现,在老年人群(>75岁)中,由于主动脉瓣膜退行性病变或钙化导致的主动脉狭窄是最常见的原发性瓣膜病^[1]。尽管传统的开放式主动脉人工瓣膜置换术疗效显著,但有超过三分之一的老年患者因为心肺功能受限或合并其他疾病而难以耐受体外循环下开胸手术^[2]。针对这部分患者的治疗,早期多采用经皮球囊主动脉瓣成形术(BAV),但其术后6至12个月内再狭窄发生率高,并不能改善患者的长期生存率^[3]。2002年,Cribier完成第一例经皮主动脉瓣膜置入术(Transcatheter Aortic Valve Implantation, TAVI)^[4],术后短期随访提示患者主动脉瓣口面积明显增加,跨膜压差显著降低,最新研究表明接受TAVI治疗的患者一年生存率可达70%^[5]。

1 经皮主动脉瓣置入术

1.1 手术路径

1.1.1 经股动脉 TAVI 在早期的 BAV 治疗中,多采用经股动脉插管逆行至主动脉瓣膜区完成手术,手术路径简单直观,易于操作。但在 TAVI 体外试验中发现,由于受到主动脉弓走形及狭窄的主动脉瓣膜的影响,瓣膜置入装置难以与周围结构完全贴合,因此不得不选取新的置管路径。

Cribie 所完成的第一例 TAVI 手术即是选择从右股静脉将导丝送入右心房,穿刺房间隔进入左心房内,经二尖瓣、主动脉瓣进入主动脉,至左股动脉侧穿出后建立输送通道^[4]。以钙化的主动脉瓣为标记物,用 24F 鞘管将 1 枚 23mm 球囊扩张支架顺利置入主动脉瓣膜区,术后经食道超声(TEE)提示跨瓣压显著下降,瓣口面积显著增大,连续随访 4 个月提示血流动力学改善显著,无明显主动脉瓣及瓣周返流。这种顺着血液流动方向放置支架的方式即称为顺行 TAVI。但是,在随后的研究中发现,尽管顺行 TAVI 在放置瓣膜的过程中可以顺利的通过主动脉瓣,并始终与血流方向保持一致,使得心脏搏动对瓣膜置入装置影响较小,有助于瓣膜的精确着位,但这一术式对操作者的技术水平有较高的要求,尤其是在穿刺房间隔以及通过二尖瓣的过程中,稍有不慎,即可导致心包填塞及重度二尖瓣返流等恶性并发症的出现^[6],从而限制了该项技术的广泛应用。由于顺行 TAVI 存在上述风险,有研究再次选择经股动脉逆行置入瓣膜支架。2005 年, Hanzel 等人报道在顺行 TAVI 置入瓣膜失败的情况下,采用经股动脉逆行插管完成手术^[7]。2006 年, Webb 等人报道通过改进瓣膜输送设备及瓣膜结构,顺利完成逆行 TAVI^[8]。改进后的逆行 TAVI 简化了操作步骤,降低了操作风险。

1.1.2 经心尖 TAVI 尽管已有研究表明改进后的逆行 TAVI 对患者一般情况要求较低,心肺功能较差的老年患者亦可耐受手术,但在实际操作过程中发现,一部分老年患者受到动脉粥样

* 基金项目 国家自然科学基金(30972942) 军队十一五保健专项(09B5206) 军队临床高新技术重大专项(2010gxjs063)

作者简介 宋超(1986-) 男 医学博士 主要研究方向 主动脉扩张病腔内治疗。E-mail: sccd333@gmail.com

[△]通讯作者 景在平 E-mail: xueguanky@163.com

(收稿日期 2011-04-16 接受日期 2011-05-12)

硬化、糖尿病等慢性疾病的影响,血管病变严重,还有部分患者合并动脉瘤及动脉夹层等血管相关病变,难以匹配合适的支架置入设备进行 TAVI 治疗。2006 年,有报道^[9]在全麻条件下,经肋间小切口直视下经心尖穿刺行 TAVI 获得成功,从而避免在病变血管内建立通路,损伤血管,造成斑块脱落、血管破裂等不良事件的发生。对接受经心尖 TAVI 治疗的 7 名患者随访半年后发现,除 1 名患者死于严重的合并症外,其余患者症状明显缓解,TEE 提示瓣膜无移位,未见明显返流,瓣口面积及平均跨瓣压保持稳定,左心功能呈改善趋势^[10]。

经心尖 TAVI 不但融合了顺行 TAVI 的优点,排除升主动脉、主动脉弓以及外周血管走形对手术的影响,使支架着位更准确,而且减少了输送鞘管直径的限制,使得瓣膜选择的余地更大,还进一步简化了操作步骤,缩短心脏停跳时间甚至可以通过心室快速起搏,在不停跳状态下完成手术,使得更多的患者得以进行手术治疗。

现推荐合并髂血管严重钙化、迂曲或直径小于 6mm,或者主动脉弓明显扭曲、严重动脉粥样硬化以及腹主动脉瘤合并大量附壁血栓等情况的患者行经心尖 TAVI 治疗^[11]。

目前,全世界只有不到 300 名患者接受经心尖 TAVI 治疗,其中绝大多数合并有严重的基础疾病及(或)周围血管疾病。手术成功率与逆行途径基本相似,死亡率约为 9~18%,中风发生率为 0~6%,也基本同逆行途径相近。但目前尚无关于这两种途径疗效的对比研究提供可供参考的数据。

1.1.3 经锁骨下动脉 TAVI 尽管经心尖 TAVI 可以排除外周血管情况的干扰,使得更多的患者可以接受手术,但由于经心尖穿刺需要在全麻条件下完成,因此,呼吸功能不全的患者因为不能耐受而不适于该项治疗,其他禁忌症还包括左心室修补手术史及心包钙化。有报道一名 84 岁患者接受经心尖 TAVI 治疗后出现左室游离壁破裂而导致死亡^[12]。因此,有研究选择病变程度通常较轻的锁骨下动脉进行 TAVI^[13,14],但其本质仍是一种逆行 TAVI,相比经典逆行 TAVI 而言,经锁骨下动脉穿刺缩短了导管的长度,使得瓣膜的定位与释放更加容易,术后短期疗效令人满意。

1.2 手术器械

目前 TAVI 过程中常用的带瓣膜支架根据支架成型特点可分为球囊扩张式支架和自膨式支架两大类(表 1)。

表 1 带瓣膜支架分类
Tabel 1 Classification of aortic valves

Category	Balloon-expandable Valve	Self-expandable Valve
Product	Edwards SAPIEN Valve [#]	CoreValve Valve [*]
Valve Materials	Bioprosthetic	Bioprosthetic
Stent Material	Stentless	Nickel
Valve Diameter	23/26mm	26/29mm
Implant Approach	Retrograde, Antegrade, Transapical	Retrograde, Antegrade, Transapical
Catheter Diameter	22/24F(Antegrade, Retrograde)	18F(Antegrade, Retrograde)
	26F(Transapical)	21F(Transapical)

Note: # Edwards Lifesciences Inc., CA, USA ;* CRS TM, CoreValve Inc., Irvine, CA, USA

由于主动脉瓣附近形态复杂,包含冠脉开口、脉管交界区等一系列重要结构,而这两类支架均是采用普通血管介入治疗用支架改进而成,并不能完全贴合主动脉瓣膜区的生理特点,瓣周返流、支架移位及冠脉口堵塞等并发症时有发生^[15]。因此,有越来越多的研究关注新型支架的运用。Lotus 瓣膜支架是一种由镍丝制成的可回收式支架,经股血管途径置入,该瓣膜支架可根据实际需要,在术中调整支架长度,从而避免冠脉口堵塞的发生。Ventor 瓣膜支架是由两层支架组成,外层皇冠样支架类似于开放手术植入的人工瓣膜的结构,将整个支架固定于主动脉窦,减少支架移位的发生,内层的支架形态则与左室流出道高度贴合,减少瓣周返流的发生^[16]。但由于有证据表明自膨式支架植入后,有 24%的患者因为严重房室传导阻滞不得不植入心脏起搏器^[11],推测可能是由于支架轴向支撑力引起心脏结构变化,导致传导系统受阻。因此,同样采用双层支架设计的 Jena 瓣膜支架,明显缩短了内层支架长度,仅起到固定瓣膜的作用,以期达到减少对心脏传导系统影响的目的,在动物实验及离体标本中已经获得成功经验。PercValve 是一种机械瓣膜支架,可根据患者情况选择任意一种置入途径,采用纳米技术制作的机械瓣更轻薄,组织相容性更好,减少了术后再狭窄

的可能。Direct Flow 瓣膜是一种新型的可回收式无支架瓣膜,利用位于瓣膜两端的环形聚合物与主动脉瓣环相互咬合,起到支撑及稳定瓣膜的作用,有效减少瓣周返流的发生。

1.3 手术疗效

2007 年,Grube 报道运用第二代及第三代 CoreValve 瓣膜治疗主动脉瓣膜狭窄^[17],总共 86 名患者中,有 50 名置入第二代瓣膜,36 名置入第三代瓣膜。瓣膜置入成功率为 88%,瓣膜置入后跨瓣压显著降低。手术成功率为 74%,术后 30 天死亡率为 12%,包括死亡、心梗及中风在内的恶性并发症发生率为 22%。Vahanian 报道通过对近 1000 名接受逆行 TAVI 治疗的患者随访发现^[11],总体手术成功率约为 90%,术后 30 天死亡率为 5%~18%,中风发生率为 3~9%,急性心肌梗死发生率为 2%~11%,只有不到 1%的患者术后出现冠脉口堵塞,大约 4~8%的患者还出现房室传导阻滞。在 10%~15%的患者中可见瓣膜损伤,这也是导致患者死亡的主要原因之一。大约 50%的患者出现轻中度主动脉返流,其中以瓣周返流多见。2 年存活率约为 70~80%,死亡原因多见于合并的其他系统疾病,超声心动图随访显示绝大部分支架结构及功能良好。2009 年,Bleiziffer 报道 TAVI 治疗主动脉瓣狭窄 137 例,18/30 天死亡率为 12.4%,术

后3月生存率为78.8%,有19.7%的患者因为房室传导阻滞接受心脏起搏器植入术,7%的患者出现继发神经系统症状。2010年,Wong等人报道经心尖TAVI治疗主动脉瓣狭窄60例^[19],手术成功率98.3%,术后30天死亡率为18.3%,中风发生率3.3%,房室传导阻滞发生率5%,心尖穿刺点出血及假瘤形成发生率11.6%。Avanzas等人报道运用CoreValve瓣膜支架治疗严重的主动脉狭窄108例^[20],手术成功率98.1%,术中未见死亡病例。有35.2%的患者因为持续性房室传导阻滞接受心脏起搏器植入术。术后30天死亡率为7.4%,1年生存率为82.3%。2010年全球第一项关于TAVI疗效的多中心临床随机对照研究显示,接受TAVI治疗的患者1年生存率、年平均住院天数以及心功能改善情况明显优于药物保守治疗组^[5]。

2 手术指征

尽管全世界范围已经先后开展了多项研究,但并没有形成统一的标准筛选适于接受TAVI治疗的患者。2008年欧洲胸心外科协会、心血管协会及心血管介入协会联合发布TAVI治疗指南11,从主动脉狭窄程度、患者症状、开放手术风险以及介入手术可行性等四个方面评估主动脉狭窄患者能否接受TAVI治疗。

2.1 评价主动脉狭窄程度

利用超声心动图判断主动脉狭窄情况,目前认为主动脉瓣口面积 $<0.8\text{cm}^2$,跨瓣压 $>40\text{mmHg}$,峰值流速 $>4\text{m/s}$ 的情况下,患者有进行TAVI治疗的手术指征。

2.2 判断患者症状

结合辅助检查,明确患者症状确系主动脉狭窄所致。

2.3 评估开放手术风险

由于老年患者常合并多种其他系统疾病,从而增加了手术风险评估的难度。目前主要是通过欧洲心脏手术风险评估系统(EuroSCORE)及美国胸外科学会(STS)死亡风险评分等指标判断患者的手术风险。但由于在评估过程中无法囊括所有类型的合并症,这类评价体系的预测价值在一定程度上受到影响,单纯依赖某一评价体系判断这些高龄高危患者的手术风险,可能会导致TAVI治疗指征扩大化^[21]。因此,目前推荐EuroSCORE与STS评分联合评估,当EuroSCORE大于20%且STS评分大于10%时,若患者合并有胸部放疗史、冠状动脉旁路移植术后、肝硬化等病史时,开放手术风险明显增高,建议行TAVI治疗。需要注意的是,如果患者无开放手术禁忌症,而主观要求行TAVI治疗,原则上仍应行开放手术治疗。

2.4 明确介入手术可行性与禁忌症

运用各种辅助检查手段明确各重要解剖结构的形态及位置,并在手术过程中进行精确的影像学评估是缩小手术创面,降低手术风险的关键所在。

2.4.1 超声心动图 超声心动图不仅可以测量患者主动脉瓣瓣口面积及流速,还可以观察左室流出道形态及主动脉根部直径。借助TEE还观察主动脉瓣环及瓣叶形态,明确手术可行性。如果出现主动脉瓣环直径小于18mm或大于27mm,主动脉瓣叶严重对称性钙化或者是窦管交界区直径大于45mm,则应放弃TAVI治疗。

2.4.2 血管造影 利用血管造影可以明确冠状动脉狭窄程度,如果出现近端血管严重狭窄,则应禁止行TAVI术。同时,血管造影还可以明确外周血管的直径、扭曲及钙化程度,以便于选择

合适的手术方式。但由于造影过程中采用的造影剂有一定的肾毒性,合并肾功能衰竭的患者难以耐受,有研究采用TEE辅助植入支架,不仅有效避免造影剂对肾脏功能的进一步损害^[15],还能够观察心腔内导管的完整形态及其与心脏其余结构之间的相对位置关系^[22],提高手术成功率。

2.4.3 三维CT成像 运用三维CT成像技术对主动脉根部进行局部成像,可以明确窦管交界区的结构及钙化程度,有助于支架的准确着位。目前,已有研究表明借助CT成像技术可以提高手术成功率,但还需要进一步进行前瞻性对照研究证实这一结论^[23]。

2.4.4 MRI 有报道运用MRI术中实时成像技术引导术者完成经心尖TAVI^[24],中期结果显示这项技术的运用使得术中成像更加清晰,有助于手术的顺利进行。此外,该项技术还可以同时评估组织灌注情况和脏器功能,弥补传统成像技术的不足。

3 术后并发症

TAVI并发症主要由两方面组成:1)手术器材相关并发症:支架瓣膜脱落、心包填塞、冠脉口堵塞、瓣周漏、瓣膜返流、支架移位等;2)手术操作相关并发症:二尖瓣损伤、房室传导阻滞、穿刺点大出血、主动脉根部撕裂。以上情况可以通过完善术前评估、明确适应证及术中仔细操作等步骤降低手术风险,改善患者的预后。

最近有研究发现,对32名接受TAVI治疗的患者进行脑部弥散加权核磁共振成像(DW-MRI)显示,超过84%的患者出现无症状性新发病灶,较开放手术患者显著增加,但术后3个月随访发现,这类病灶并不能导致神经认知功能障碍^[25]。还有研究发现,TAVI治疗组脑卒中的发生率高于药物保守治疗组,其发生率分别为5%和1.1%^[5]。

4 展望

尽管在临床开展经皮主动脉瓣膜置入术至今不足十年时间,但已取得了较为明显的发展。目前,运用经皮主动脉瓣置换术治疗原发性主动脉狭窄已有较多的经验,但是,将其运用于主动脉人工瓣膜置换术后再狭窄的治疗尚处于研究阶段。Khawaja等人报道成功运用CoreValve带瓣膜支架治疗人工瓣膜置换术后再狭窄的患者^[26]。Wiedemann等人报道1例主动脉带瓣膜支架植入后8月后出现瓣膜再狭窄的案例,选用Magna Ease瓣膜支架成功完成治疗^[27]。Taramasso等人报道将Edwards SAPIEN瓣膜支架成功置入出现严重返流的CoreValve瓣膜支架内,手术效果令人满意^[28]。有报道将带瓣膜支架植入23mm Edwards SAPIEN瓣膜,结果发现,人工瓣膜的刚性环限制支架的正常膨胀,导致瓣膜不能完全张开,从而影响血流动力学表现,并且如果发生狭窄的人工瓣膜直径为19mm或者21mm,现有的技术水平尚无法再置入合适的带瓣膜支架以有效改善再狭窄所引起的症状^[19]。进一步研究试图选用一种新方法改变这一现状,为了避免人工瓣膜的限制,保证支架内瓣膜的顺利张开,选用较长的覆膜支架直接跨过人工瓣膜,将带瓣膜支架锚定区延伸至人工瓣膜上方。体外研究发现,这种方法可以有效降低跨瓣压,改善狭窄状况,但由于尚不清楚这种方法是否会产生远期血流动力学改变,还需要进一步研究明确这种方法的安全性及临床应用的可行性^[18]。

累及主动脉瓣的升主动脉夹层或升主动脉瘤是一种死亡

率极高的恶性心血管事件,现有的介入治疗手段由于不能修复受累的主动脉瓣膜,而不能达到治疗的目的,目前只能采用带主动脉瓣人工血管升主动脉替换术(BENTALL术)治疗该类疾病,仍存在手术创伤大,出血多,术后恢复时间长等传统开放手术的不足。运用带瓣膜支架治疗主动脉瓣狭窄的成功经验,使其可能在未来成为治疗升主动脉疾病的有效手段。目前,尚未见关于这方面的文献报道,这与主动脉瓣根部形态结构复杂有关,现有的带瓣膜支架还不足以在保证完整隔绝假腔或瘤腔的同时,保持冠脉通畅及主动脉根部的固有生理形态,还有待进一步研究探讨这种治疗方案的可行性。

参考文献(References)

- [1] Iung B, Baron G, Butchart EG, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease [J]. *Eur Heart J*, 2003,24:1231-1243
- [2] Iung B, Cachier A, Baron G, et al. Decision-making in elderly patients with severe aortic stenosis: why are so many denied surgery [J]. *Eur Heart J*, 2005,26:2714-2720
- [3] Lieberman EB, Bashore TM, Hermiller JB, et al. Balloon aortic valvuloplasty in adults: failure of procedure to improve long-term survival [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1995,26:1522-1528
- [4] 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*, 2002,106:3006-3008
- [5] Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery [J]. *New England Journal of Medicine*, 2010,363:1597-1607
- [6] Sakata Y, Syed Z, Salinger MH, Feldman T. Percutaneous balloon aortic valvuloplasty: antegrade transseptal vs. Conventional retrograde transarterial approach [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2005,64:314-321
- [7] Hanzel GS, Harrity PJ, Schreiber TL, O'Neill WW. Retrograde percutaneous aortic valve implantation for critical aortic stenosis [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2005,64:322-326
- [8] Webb JG, Chandavimol M, Thompson CR, et al. Percutaneous aortic valve implantation retrograde from the femoral artery [J]. *Circulation*, 2006,113:842-850
- [9] Ye J, Cheung A, Lichtenstein SV, et al. Transapical aortic valve implantation in humans [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006,131:1194-1196
- [10] Ye J, Cheung A, Lichtenstein SV, et al. Six-month outcome of transapical transcatheter aortic valve implantation in the initial seven patients [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2007,31:16-21
- [11] Vahanian A, Alfieri OR, Al-Attar N, et al. Transcatheter valve implantation for patients with aortic stenosis: a position statement from the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Society of Cardiology (ESC), in collaboration with the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI) [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2008,34:1-8
- [12] Ferrari E, Rizzo E, Sulzer C, von Segesser LK. Unexpected left ventricular free-wall rupture following an aortic catheter-valve implantation [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010,37:242-244
- [13] Modine T, Obadia JF, Choukroun E, et al. Transcatheter aortic valve implantation using the axillary/subclavian access: Feasibility and early clinical outcomes [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010,141:487-491
- [14] Bruschi G, Fratto P, De Marco F, et al. The trans-subclavian retrograde approach for transcatheter aortic valve replacement: single-center experience [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010,140:911-5, 5 e1-2
- [15] Marchand C, Heim F, Durand B. Heart valve stent for percutaneous implantation: design optimization [J]. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 2010,92:138-148
- [16] Falk V, Schwammenthal EE, Kempfert J, et al. New anatomically oriented transapical aortic valve implantation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2009,87:925-926
- [17] Grube E, Schuler G, Buellesfeld L, et al. Percutaneous Aortic Valve Replacement for Severe Aortic Stenosis in High-Risk Patients Using the Second- and Current Third-Generation Self-Expanding corevalve Prosthesis: Device Success and 30-Day Clinical Outcome [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007,j.jacc,2007,04:047
- [18] Bleiziffer S, Ruge H, Mazzitelli D, et al. Results of percutaneous and transapical transcatheter aortic valve implantation performed by a surgical team [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2009,35:615-620; discussion 20-21
- [19] Wong DR, Ye J, Cheung A, Webb JG, Carere RG, Lichtenstein SV. Technical considerations to avoid pitfalls during transapical aortic valve implantation [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010,140:196-202
- [20] Avanzas P, Munoz-Garcia AJ, Segura J, et al. Percutaneous implantation of the corevalve self-expanding aortic valve prosthesis in patients with severe aortic stenosis: early experience in Spain [J]. *Rev Esp Cardiol*, 2010,63:141-148
- [21] Morgan LB, Hartzell VS, Maurice ES, et al. Is the European System for Cardiac Operative Risk Evaluation model valid for estimating the operative risk of patients considered for percutaneous aortic valve replacement? [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2008,136:566-571
- [22] Gila P, Roberto ML, Miguel Angel G-F, et al. Use of Real Time Three-Dimensional Transesophageal Echocardiography in Intracardiac Catheter Based Interventions [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009,22:865-882
- [23] Schoenhagen P, Tuzcu EM, Kapadia SR, Desai MY, Svensson LG. Three-dimensional imaging of the aortic valve and aortic root with computed tomography: new standards in an era of transcatheter valve repair/implantation[J]. *Eur Heart J*, 2009,30:2079-2086
- [24] Horvath KA, Mazilu D, Guttman M, Zetts A, Hunt T, Li M. Midterm results of transapical aortic valve replacement via real-time magnetic resonance imaging guidance[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010,139:424-430
- [25] Kahlert P, Knipp SC, Schlamann M, et al. Silent and apparent cerebral ischemia after percutaneous transfemoral aortic valve implantation: a diffusion-weighted magnetic resonance imaging study [J]. *Circulation*, 2010,121:870-878
- [26] Khawaja MZ, Haworth P, Ghuran A, et al. Transcatheter aortic valve implantation for stenosed and regurgitant aortic valve bioprostheses corevalve for failed bioprosthetic aortic valve replacements [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010,55:97-101
- [27] Wiedemann D, Bonaros N, Laufer G, Kocher A. Aortic bioprosthetic valve deterioration 8 months after implantation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2010,89:277-279
- [28] Taramasso M, Sharp ASP, Maisano F. First-in-man case report of the use of an Edwards-Sapien valve to treat a regurgitant corevalve aortic valve prosthesis[J]. *Catheter Cardio Inte*, 2010,75:51-55