

DOI:10.3724/SP.J.1008.2011.00443

• 综 述 •

人工心脏瓣膜-患者不匹配现象研究进展

谈梦伟, 郭 龙, 徐志云*

第二军医大学长海医院胸心外科, 上海 200433

[摘要] 人工心脏瓣膜-患者不匹配是指植入瓣膜的有效开口面积相对于患者体型过小, 术后残留明显的跨瓣压差进而影响患者预后。目前认为术后经胸超声测得的瓣膜有效开口面积指数是唯一可准确描述该现象的指标。各类瓣膜的有效开口面积差异较大, 其不匹配发生率亦不相同。近年来介入置换主动脉瓣后的不匹配现象亦日益为人们所重视。人工瓣膜不匹配的临床意义目前争议仍较大。由于描述指标, 定义标准及其他混杂因素不同, 加之患者年龄、术前心功能状态、瓣膜病变类型等因素对其意义的影响, 既往很多研究结论出入较大。左心功能不良及非高龄患者受其不良影响更为显著。手术时选用型号合适的瓣膜或在必要时实施根部拓宽术可有效预防不匹配的发生, 具体采用何种策略须根据患者情况权衡利弊, 但重度不匹配及心功能不良者的不匹配应尽力避免。本文就人工心脏瓣膜-患者不匹配现象近年来的研究进展作一综述。

[关键词] 瓣膜-患者不匹配; 人工心脏瓣膜; 心脏瓣膜植入术

[中图分类号] R 654.27

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2011)04-0443-04

Prosthesis-patient mismatch: recent progress

TAN Meng-wei, GUO Long, XU Zhi-yun*

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] Prosthesis-patient mismatch occurs when the effective orifice area of the prosthesis is too small according to the patient's body size after insertion, which may consequently result in consistent presence of significant residual transvalvular pressure gradients postoperatively, hampering the prognoses of patients. Currently the indexed effective orifice area measured by postoperative transthoracic echocardiography is considered the only appropriate parameter which can accurately describe the mismatch. Valves of various types can have very different indexed effective orifice areas, so the incidence of mismatch also varies. Recently, the mismatch following transcatheter aortic valve implantation is drawing increasing attention. The clinical implication of prosthesis-patient mismatch is still debated. Many factors, including the indices, standard and other mixing factors, together with the age, preoperative cardiac function and types of valve disease of patients can be related to the mismatch, the previous conclusions have been various. Prosthesis-patient mismatch may cause a greater influence to patients with left heart dysfunction and young patients. It can be largely prevented by choosing prostheses of appropriate size or by enlarging the aortic root by operation if necessary; a final decision should be made according to the patients' condition. Severe mismatch and mismatch in patients with severe cardiac dysfunction should be avoided. In this paper we reviews the recent progress on prosthesis-patient mismatch.

[Key words] prosthesis-patient mismatch; heart valve prosthesis; heart valve prosthesis implantation

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2011, 32(4): 443-446]

随着心脏瓣膜外科的发展, 人工心脏瓣膜-患者不匹配 (prosthesis-patient mismatch, PPM) 现象逐渐为人们所认识。然而, 目前描述 PPM 的指标种类繁多, 其定义标准亦不统一, 且各类瓣膜 PPM 发生率各不相同, 故其临床意义至今仍存在诸多争议^[1-3]。目前虽已有术中预防 PPM 的一般步骤, 但仍应根据患者的心功能状态、年龄、活动量等情况个体化地选择防治措施, 现就近年来 PPM 现象的研究进展作一综述。

1 PPM 概述

PPM 指植入的人工瓣膜有效开口面积 (effective orifice area, EOA) 相对于患者体表面积过小, 术后仍有明显的残余跨瓣压差 (transvalvular pressure gradients, TPG), 从而可能对手术预后产生不良影响^[1]。PPM 的危害主要在于术后残留 TPG^[2], 而术后超声实测人工瓣膜有效开口面积指数 (indexed effective orifice area, EOAI) 是唯一与 TPG 相关性良

[收稿日期] 2010-12-10

[接受日期] 2011-03-10

[作者简介] 谈梦伟, 博士生. E-mail: tmengwei57@gmail.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-81873417, E-mail: zhiyunx@hotmail.com

好的参数^[1],目前认为它是唯一可准确描述 PPM 的合适指标^[1,3-5],但仅有少数研究采用^[4,6]。更多的研究使用了基于文献报道的 EOAi 体内参考值(projected indexed EOA),其优越性在于术前即可获得,术时可根据此预测植入某瓣膜后发生 PPM 的概率,继而选择合适的防治措施^[1,5,7]。但有学者报道 EOAi 参考值和术后超声实测 EOAi 仅中度相关($r=0.49$),其预测 PPM 的敏感性 & 特异性仅分别为 75% 及 52%^[4,6]。此外,由于 EOA 在体内尚受左室流出道及主动脉根部结构的影响^[3],一些经体外实验获得的 EOA 多大于其体内实际值^[1,5];其他指标如瓣膜内口面积(internal geometric area, IGA/ geometric orifice area, GOA)与 TPG 相关性亦较差($r=0.32$),据其判断 PPM 敏感性仅 0%~26%,故二者均不适合用于描述 PPM^[1,5,7]。近来有学者报道通过超声所测射血分数/流速比值(ejection fraction/velocity ratio, EFVR)可准确估算出 EOAi 的大小,其结果和经常规方法获得的 EOAi 相关性良好($r=0.85$),故 EFVR 可作为 EOAi 的替代指标用以描述 PPM^[8]。主动脉瓣 PPM 分级尚无统一标准,常用的为:EOAi $\geq 0.85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 无明显 PPM; $0.65 \text{ cm}^2/\text{m}^2 < \text{EOAi} \leq 0.85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 中度,EOAi $\leq 0.65 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 重度;另有研究将 EOAi 作为连续性变量进行研究^[4]。

2 PPM 的发生率及原因

主动脉瓣置换术后轻中度 PPM 并不少见,其发生率约 20%~70%,但重度 PPM 仅 2%~12%^[1,2,5,9]。不同种类的同等型号人工瓣膜 EOA 相差悬殊,一般机械瓣大于无支撑结构的生物瓣,又大于传统生物瓣,故各类瓣膜 PPM 发生率不尽相同。Sakamoto 等^[10]认为对于含有支撑结构的生物瓣 PPM 应定义为 EOAi $< 1.25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 方可确保术后无明显 TPG($< 10 \text{ mmHg}$, $1 \text{ mmHg}=0.133 \text{ kPa}$)。近年出现的各类新型瓣膜 EOA 相对于传统瓣膜更大,术后 PPM 发生率相对较低^[4,11],其中 Wyss 等^[11]报道使用新一代 Carpentier-Edwards 生物瓣置换主动脉瓣术后总的 PPM 发生率仅 0.5%。此外临床使用日益增多的同种异体主动脉带瓣管道、肺动脉自体移植材料 EOA 接近正常自体瓣膜,术后 PPM 发生率更低。

介入下置换主动脉瓣发展迅速,目前用于介入治疗的人工主动脉瓣膜种类和型号仍较少,使用较广泛的是 Medtronic-Corevalve 及 Edwards-Sapien 瓣膜^[12-15]。介入置换主动脉瓣术后 PPM 发生率约 32%~39%,重度 PPM 约 2%~16%^[12-15]。与传统换瓣手术相比,介入换瓣术后虽然瓣周反流发生率更高,但 PPM 发生率及 TPG 多低于前者,而 EOAi 则相对更大^[13-14]。目前尚无研究直接比较上述 2 类瓣膜术后 PPM 发生率有无显著差异。介入置换主动脉瓣后 PPM 原因尚未明确,瓣膜释放后其近端支撑结构能否位于瓣环下方 5~10 mm 这一理想位置是决定是否发生 PPM 的重要因素。如植入过深将使包含瓣膜的这部分支撑结构无法完全撑开;过浅则使近端支撑结构由圆锥形变为圆柱形,内部瓣叶之间相互受到挤压。Tzikas 等^[15]报道术前主动脉瓣 EOAi 基础值较小亦是介入换瓣后发生 PPM 的危险因素($P < 0.05$)。

3 PPM 的临床意义

PPM 的临床意义目前仍有争议,一些研究表明主动脉瓣置换术后 PPM 对患者预后产生显著的负面影响^[4,6],这些研究大多使用了文献报道的 EOAi 体内参考值作为描述 PPM 的指标。另一些研究则显示 PPM 与上述事件不相关^[2,9],使用 GOAi 或来自体外实验的 EOAi 描述 PPM 的研究大多得到了阴性结果^[1]。一些学者认为描述 PPM 现象的参数及定义标准不同是上述研究结论存在差异的重要原因^[3,7,12],此外不同研究中患者群体间的差异也是导致结论存在差异的原因之一。

3.1 左室质量的减轻(left ventricular mass regression, LVMR) 主动脉瓣置换术目的在于减轻左室后负荷以逆转心肌肥厚,有研究显示 PPM 将明显阻碍这一过程,尤其是术前心功能失代偿的患者^[16-17]。但近年的一些研究更多地提示 PPM 并不会明显延缓 LVMR 的进程^[2,9]。Tasca 等^[18]指出不论是否发生 PPM,只要与术前相比 EOAi 有所增加,术后左室质量均会有一定程度的减轻,且 LVMR 幅度与 EOAi 增幅正相关。但需指出,主动脉瓣置换术后 LVMR 幅度尚与术前左室基础质量、主动脉瓣病变类型等、瓣膜置换方式、术后用药等诸多因素相关^[14,19-20],术前左室质量指数较大及主动脉瓣为关闭不全型病变者术后 LVMR 程度往往更大。综上所述,PPM 在术后 LVMR 中所起的作用仍有待商榷。

3.2 术后近期及远期病死率 有研究报道主动脉瓣 PPM 患者术后早、中期病死率更高^[4,6,21],但其中仅少数使用了经超声实际测量的 EOAi 值^[4,6];另一些研究^[2,22]结论则相反。Blais 等^[21]认为 PPM 对术后早期病死率的危害程度同时取决于其严重程度及患者左心功能状态,重度 PPM 及心功能不良者中度以上的 PPM 将导致术后早期死亡风险骤增。轻到中度的 PPM 对心功能良好的患者术后早、中期病死率影响较小^[22]。Monin^[3]甚至认为 PPM 患者常伴有更多手术危险因素才是其较非 PPM 者早期病死率更高的真正原因。对于介入下置换主动脉瓣,近来 Tzikas 等^[15]报道重度 PPM 对术后近期病死率无显著负面影响。

目前尚无足够证据表明 PPM 影响主动脉瓣置换术的远期预后^[3]。一些研究提示 PPM 将增加远期病死率或降低患者生存时间^[6,23],但其中仅 Florath 等^[6]使用了术后经超声实际测量的 EOAi 值,故结论更为可信;另一些则报道 PPM 并非远期病死率的危险因素^[2,9]。诸多研究均提示 PPM 对远期生存率的影响程度尚受术前主动脉瓣病变类型、患者心功能状态、年龄、体质指数(body mass index, BMI)等因素的影响^[6,23]。

3.3 其他临床意义 除了对术后运动耐量的恢复及充血性心力衰竭的发生有不良影响外,近年来有报道主动脉瓣置换术后 PPM 对术前并存的左房室瓣反流的改善、远期瓣膜结构性衰败、血浆 NT-pro-BNP 水平的降低等均有一定程度的不良影响^[19,24-25]。其中 Flameng 等^[24]关于 PPM 对远期瓣膜结构性衰败(structural valve deterioration, SVD)的研究显示 PPM 患者出现 SVD 要明显早于非 PPM 者,且多呈狭窄型(81%),而非 PPM 组患者如发生 SVD 者则多为反流型(79%)。

3.4 影响 PPM 临床意义的因素 越来越多的研究证实相比活动量较小的老年人,PPM 对年轻患者的负面影响更为显著^[5-6,23],原因如下:(1)年轻患者平素活动量大,故对心输出量的需求更大^[23-24];(2)年轻患者生存期更长,故将长期暴露于 PPM 的负面影响;(3)老年患者多伴随其他影响预后的合并症,从而部分掩盖了 PPM 对预后的影响^[24]。左心功能不良患者是 PPM 问题中的一个特殊群体,失代偿的左心功能因不耐受术后残余 TPG 故将加重 PPM 的危害,此类患者必须积极避免中度以上 PPM 的发生^[21]。已有诸多研究表明:与心功能正常患者相比,PPM 对左室功能受损者各项预后指标不良影响更显著^[16-17,21-23]。目前有关主动脉瓣 PPM 的研究多以狭窄/混合型病变患者为研究对象,而单纯关闭不全者血流动力学情况不同于前者。一些研究^[9,19]显示,PPM 对此类患者术后左室重构情况及 LVMR 程度、中远期生存率、是否发生心力衰竭等均无显著影响;但却是术前呈狭窄/混合型病变的心功能不良患者远期生存率的独立危险因素,提示 PPM 对主动脉瓣关闭不全者的临床意义小于狭窄型患者^[19]。此外,Mohty 等^[23]报道 PPM 的作用尚受 BMI 影响,PPM 将增加 BMI<30 kg/m² 患者的远期病死率。

4 PPM 的预防

术时借助 EOAi 参考值的 PPM 三步法预防措施既往已有详细述及^[1],故不再累述。目前很多厂家都会提供其瓣膜的 EOAi 参考表方便查找,Bleiziffer 等^[7]报道采用该方法可有效降低术后 PPM 的发生率。然而如前所述,使用 EOAi 参考值对部分患者并不能准确预计其术后是否发生 PPM^[6],故临床上应使用来自大样本、多中心、经心脏超声测得的体内 EOA 参考值以尽可能避免各种误差。

主动脉根部狭窄者是 PPM 的高危人群,当无法植入足以避免 PPM 的大号瓣膜时应考虑以下几种方案:(1)首选 EOA 相对更大的特殊机械瓣膜、新型生物瓣以避免复杂的瓣环拓宽术,术后多可获得良好的血流动力学效果^[11]。(2)瓣环<17 mm 的患者一般须实施主动脉根部拓宽术或以同种带瓣管道行 Ross 术,前者主要包括 Manouguian、Nicks、Konno 等术式,以 Manouguian 术应用最为广泛,Nick 法则主要用于拓宽主动脉瓣环,Ross 术最适合用于儿童。我科报道经改良 Manouguian 法对 11 例平均主动脉根部内径为 16.6 mm 的患者行主动脉瓣置换术,术后早期无一例死亡;半年后复查心脏超声提示人工主动脉瓣 TPG 9~22 mmHg^[26]。(3)当存在植入环上瓣的禁忌证,如冠状动脉开口较低、窦管交界狭窄钙化或患者一般状况较差不适合实施根部拓宽术时,如果患者活动量较小、心功能良好且体型较小,则轻中度的 PPM 是可以接受的^[1]。总之,治疗方案的选择须综合考虑患者整体情况,权衡得失。但以下 3 种情况必须尽可能避免中度以上 PPM 的发生:(1)预计植入后将发生重度 PPM;(2)患者左心功能失代偿;(3)患者为运动员或平素运动量较大的年轻人^[1]。

5 术后 TPG 异常增高的鉴别诊断

主动脉瓣置换术后 TPG 异常增高者应鉴别为 PPM、人

工瓣膜功能不良或其他情况。首先经心脏超声测量其 EOA 并与参考值进行对比,如前者远小于后者且在随访过程中进行性变小则应考虑人工瓣膜功能不良,这部分患者应择期再次换瓣。如两者相近则进一步计算相应的 EOAi,小于 0.85 cm²/m² 者提示发生了 PPM,这部分患者应长期随访;大于 0.85 cm²/m² 者应考虑是否为继发于高血流动力学状态或瓣下狭窄的左室流出道流速增高,同时排除测量误差所致的情況^[1]。

6 左房室瓣 PPM 问题

有关左房室瓣置换术后 PPM 的临床研究相对较少^[27-34],其病理生理改变类似左房室瓣狭窄,最终可导致淤血型肺动脉高压。目前使用较多的定义标准为:EOAi>1.2 cm²/m² 无 PPM,0.9 cm²/m²<EOAi≤1.2 cm²/m² 为中度,EOAi≤0.9 cm²/m² 为重度^[32]。近来有学者通过研究 EOAi 和残余 TPG 及肺动脉压力的关系认为,静息状态下 EOAi<1.16 cm²/m² 即诊断左房室瓣 PPM,<0.94 cm²/m² 为重度 PPM;运动时<1.5 cm²/m² 诊断 PPM 更有临床意义^[31]。左房室瓣 PPM 发生率约 8.6%~33%^[28,33],这些研究均使用了超声实测的 EOAi,其中 Totaro 等^[33]认为使用 EOA 参考值将高估 PPM 发生率。此处 PPM 的临床意义目前仍存在诸多争议,有报道左房室瓣 PPM 将导致术后肺动脉压力持续维持于较高水平,房室顺应性差,肺动脉收缩压更高,远期病死率增加,但并不增加术后早期病死率^[28,31-34]。另一些研究报道左房室瓣 PPM 对预后的影响受患者肺动脉压力及年龄等因素影响^[27,29],其中 Aziz 等^[27]报道年龄大于 65 岁置换左房室瓣生物瓣膜的患者如发生重度 PPM,术后 5 年及 10 年生存率均明显低于轻中度或无 PPM 者($P=0.05$),而 PPM 对年龄小于 65 岁置换机械瓣膜者远期生存率的负面影响并无统计学差异($P=0.08$)。Jamieson 等^[29]的研究显示左房室瓣处 PPM 不是术后近期、远期及总体病死率的独立危险因素,但将加重肺动脉高压对患者预后的危害。其他一些研究认为左房室瓣 PPM 对术后近、远期预后无明显不良影响^[30,33]。

[参考文献]

- [1] Pibarot P, Dumesnil J G. Prosthesis-patient mismatch: definition, clinical impact, and prevention[J]. Heart, 2006, 92: 1022-1029.
- [2] Mannacio V A, De Amicis V, Di Tommaso L, Iorio F, Vosa C. Influence of prosthesis-patient mismatch on exercise-induced arrhythmias: a further aspect after aortic valve replacement[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009, 138: 632-638.
- [3] Monin J L. Prosthesis-patient mismatch: myth or reality? [J]. Heart, 2009, 95: 948-952.
- [4] Bleiziffer S, Ali A, Hettich I M, Akdere D, Laubender R P, Ruzicka D, et al. Impact of the indexed effective orifice area on mid-term cardiac-related mortality after aortic valve replacement[J]. Heart, 2010, 96: 865-871.
- [5] Pibarot P, Dumesnil J G. Prevention of valve prosthesis-patient mismatch before aortic valve replacement: does it matter and is it feasible? [J]. Heart, 2007, 93: 549-551.
- [6] Florath I, Albert A, Rosendahl U, Ennker I C, Ennker J. Impact of

- valve prosthesis-patient mismatch estimated by echocardiographic-determined effective orifice area on long-term outcome after aortic valve replacement[J]. *Am Heart J*, 2008, 155: 1135-1142.
- [7] Bleiziffer S, Eichinger W B, Hettich I, Guenzinger R, Ruzicka D, Bauernschmitt R, et al. Prediction of valve prosthesis-patient mismatch prior to aortic valve replacement: which is the best method? [J]. *Heart*, 2007, 93: 615-620.
 - [8] Cattaneo P, Baravelli M, Rossi A, Mariscalco G, Romano M, Imperiale D, et al. Ejection fraction/velocity ratio identifies prosthesis-patient mismatches in patients with aortic bioprosthetic valves and left ventricular dysfunction[J]. *J Ultrasound Med*, 2009, 28: 1167-1174.
 - [9] Nozohoor S, Nilsson J, Lühns C, Roijer A, Sjögren J. Influence of prosthesis-patient mismatch on left ventricular remodelling in severe aortic insufficiency[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010, 37: 133-138.
 - [10] Sakamoto Y, Hashimoto K, Okuyama H, Ishii S, Kawada N, Inoue T. Validity of identifying patient-prosthesis mismatch from the indexed effective orifice area[J]. *J Artif Organs*, 2008, 11: 163-164.
 - [11] Wyss T R, Bigler M, Stalder M, Englberger L, Aymard T, Kadner A, et al. Absence of prosthesis-patient mismatch with the new generation of Edwards stented aortic bioprosthesis[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010, 10: 884-887.
 - [12] Jilalawi H, Chin D, Spyt T, Jeilan M, Vasa-Nicotera M, Bence J, et al. Prosthesis-patient mismatch after transcatheter aortic valve implantation with the Medtronic-Corevalve bioprosthesis [J]. *Eur Heart J*, 2010, 31: 857-864.
 - [13] Clavel M A, Webb J G, Pibarot P, Altwegg L, Dumont E, Thompson C, et al. Comparison of the hemodynamic performance of percutaneous and surgical bioprostheses for the treatment of severe aortic stenosis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53: 1883-1891.
 - [14] Giannini C, Petronio A S, Nardi C, De Carlo M, Guarracino F, Delle Donne M G, et al. Left ventricular reverse remodeling in percutaneous and surgical aortic bioprostheses: an echocardiographic study[J]. *Am Soc Echocardiogr*, 2011, 24: 28-36.
 - [15] Tzikas A, Piazza N, Geleijnse M L, Van Mieghem N, Nuis R J, Schultz C, et al. Prosthesis-patient mismatch after transcatheter aortic valve implantation with the medtronic CoreValve system in patients with aortic stenosis[J]. *Am J Cardiol*, 2010, 106: 255-260.
 - [16] Ruel M, Al-Faleh H, Kulik A, Chan K L, Mesana T G, Burwash I G. Prosthesis-patient mismatch after aortic valve replacement predominantly affects patients with preexisting left ventricular dysfunction: effect on survival, freedom from heart failure, and left ventricular mass regression[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, 131: 1036-1044.
 - [17] Kulik A, Burwash I G, Kapila V, Mesana T G, Ruel M. Long-term outcomes after valve replacement for low-gradient aortic stenosis: impact of prosthesis-patient mismatch[J]. *Circulation*, 2006, 114(1 Suppl): I553-I558.
 - [18] Tasca G, Brunelli F, Cirillo M, Dalla Tomba M, Mhagna Z, Troise G, et al. Impact of the improvement of valve area achieved with aortic valve replacement on the regression of left ventricular hypertrophy in patients with pure aortic stenosis [J]. *Ann Thorac Surg*, 2005, 79: 1291-1296.
 - [19] Price J, Lapierre H, Ressler L, Lam B K, Mesana T G, Ruel M. Prosthesis-patient mismatch is less frequent and more clinically indolent in patients operated for aortic insufficiency[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2009, 138: 639-645.
 - [20] Brown M L, Schaff H V, Suri R M, Li Z, Sundt T M, Dearani J A, et al. Regression in left ventricular mass after aortic valve replacement for chronic aortic regurgitation is unrelated to prosthetic valve size[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010 Nov 10. [Epub ahead of print]
 - [21] Blais C, Dumesnil J G, Baillot R, Simard S, Doyle D, Pibarot P. Impact of valve prosthesis-patient mismatch on short-term mortality after aortic valve replacement[J]. *Circulation*, 2003, 108: 983-988.
 - [22] Urso S, Sadaba R, Monleón-Getino T, Aldamiz-Echevarría G. Moderate patient-prosthesis mismatch has no independent effect on 30-day mortality after isolated aortic valve replacement[J]. *Rev Esp Cardiol*, 2010, 63: 409-414.
 - [23] Mohty D, Dumesnil J G, Echahidi N, Mathieu P, Dagenais F, Voisine P, et al. Impact of prosthesis-patient mismatch on long-term survival after aortic valve replacement: influence of age, obesity, and left ventricular dysfunction[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53: 39-47.
 - [24] Flameng W, Herregods M C, Vercalsteren M, Herijgers P, Boggaerts K, Meuris B. Prosthesis-patient mismatch predicts structural valve degeneration in bioprosthetic heart valves[J]. *Circulation*, 2010, 121: 2123-2129.
 - [25] Melina G, Angeloni E, Benedetto U, Refice S, Miceli A, Miele C, et al. Relationship between prosthesis-patient mismatch and pro-brain natriuretic peptides after aortic valve replacement[J]. *J Heart Valve Dis*, 2010, 19: 171-176.
 - [26] 丁芳宝, 梅 举, 张宝仁, 徐志云, 王连才, 赵 枫. 11例主动脉根部细小病人的主动脉瓣置换手术[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2003, 19: 177-178.
 - [27] Aziz A, Lawton J S, Maniar H S, Pasque M K, Damiano R J Jr, Moon M R. Factors affecting survival after mitral valve replacement in patients with prosthesis-patient mismatch [J]. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90: 1202-1210.
 - [28] Tuğcu A, Köse O, Yildirimtürk O, Tayyareci Y, Aytekin S. The frequency of prosthesis-patient mismatch after mechanical mitral valve replacement and its effect on postoperative systolic pulmonary arterial pressure[J]. *Türk Kardiyol Dern Ars*, 2009, 37: 523-530.
 - [29] Jamieson W R, Germann E, Ye J, Chan F, Cheung A, MacNab J S, et al. Effect of prosthesis-patient mismatch on long-term survival with mitral valve replacement: assessment to 15 years[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87: 1135-1141.
 - [30] Sakamoto H, Watanabe Y. Does patient-prosthesis mismatch affect long-term results after mitral valve replacement? [J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2010, 16: 163-167.
 - [31] Tann D, Kadem L, Rieu R, Pibarot P. Hemodynamic impact of mitral prosthesis-patient mismatch on pulmonary hypertension: an in silico study[J]. *J Appl Physiol*, 2008, 105: 1916-1926.
 - [32] Magne J, Mathieu P, Dumesnil J G, Tann D, Dagenais F, Doyle D, et al. Impact of prosthesis-patient mismatch on survival after mitral valve replacement[J]. *Circulation*, 2007, 115: 1417-1425.
 - [33] Totaro P, Argano V. Patient-prosthesis mismatch after mitral valve replacement: myth or reality? [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, 134: 697-701.
 - [34] Lam B K, Chan V, Hendry P, Ruel M, Masters R, Bedard P, et al. The impact of patient-prosthesis mismatch on late outcomes after mitral valve replacement[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, 133: 1464-1473.