

DOI:10.16781/j.0258-879x.2017.05.0670

## 不同路径行经导管主动脉瓣置入术围手术期常见并发症的 meta 分析

王安立, 奚望, 于越, 王志农\*

第二军医大学长征医院胸心外科, 上海 200003

**[摘要]** **目的** 系统评价不同路径经导管主动脉瓣置入术(TAVI)围手术期常见并发症的发生情况。**方法** 通过对 PubMed、Embase、Ovid Medline 数据库和效果评价文摘数据库(DARE)进行文献检索, 获得已公开发表的行经心尖(TAp)、经股动脉(TF)及经升主动脉(TAo)3种路径 TAVI 的随机对照研究, 统计各路径患者术后早期(30 d内)病死率、人工瓣膜瓣周漏、严重出血事件、大血管并发症、卒中、急性肾损伤及起搏器依赖型传导阻滞等手术相关或常见的严重并发症的发生情况, 用 Review Manager 5.3 软件行 meta 分析。**结果** 研究共纳入 22 篇文献, 总病例数 11 530 例。TAp 组、TAo 组患者术后早期人工瓣膜瓣周漏发生率均低于 TF 组[4.6%(63/1 384) vs 9.2%(400/4 366),  $P<0.000 01$ ; 6.4%(33/518) vs 9.3%(331/3 541),  $P=0.002$ ], 而术后早期病死率均高于 TF 组[10.0%(271/2 711) vs 4.8%(326/6 756),  $P<0.000 01$ ; 8.9%(46/518) vs 4.5%(160/3 541),  $P=0.002$ ]。TAp 组、TAo 组患者的术后早期严重出血发生率均高于 TF 组[8.4%(186/2 204) vs 3.9%(268/6 818),  $P<0.000 01$ ; 6.5%(35/542) vs 1.4%(50/3 569),  $P=0.01$ ]。TAp 组患者术后早期大血管并发症发生率低于 TF 组[2.3%(58/2 524) vs 6.5%(417/6 367),  $P<0.000 01$ ], 而 TAo 组与 TAp 组、TF 组相比差异均无统计学意义。3 组患者的术后早期卒中发生率差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。TF 组患者术后早期急性肾损伤发生率低于 TAp 组[8.3%(610/7 334) vs 22.8%(615/2 699),  $P<0.000 01$ ]和 TAo 组[3.1%(110/3 569) vs 12.5%(68/542),  $P<0.000 01$ ]。TF 组患者术后早期起搏器依赖型传导阻滞发生率高于 TAo 组[13.2%(472/3 569) vs 9.2%(50/542),  $P=0.003$ ]。**结论** 经 TAp 路径及经 TF 路径行 TAVI 路径较短, 可以有效减少瓣周漏及大血管损伤的发生, 具备独特的优势与潜在价值。

**[关键词]** 经导管主动脉瓣置入术; 经心尖路径; 经股动脉路径; 经主动脉路径; 手术后并发症

**[中图分类号]** R 654.27 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2017)05-0670-09

## Comparison of common peri-operative complications in transcatheter aortic valve implantation through different approaches: a meta-analysis

WANG An-li, XI Wang, YU Yue, WANG Zhi-nong\*

Department of Cardiothoracic Surgery, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

**[Abstract]** **Objective** To systemically evaluate the occurrence of common peri-operative complications in transcatheter aortic valve implantation (TAVI) through different approaches. **Methods** We searched the database, including PubMed, Embase, Ovid Medline and Database of Abstracts of Review of Effectiveness (DARE) and selected the published randomized controlled studies on the TAVI through the transapical (TAp group) or transfemoral (TF group) or transaortic (TAo group) approaches. And we compared and analyzed the 30-day post-operative mortality and the incidences of early paravalvular leakage (PVL), severe hemorrhage, major vascular complications, stroke, acute kidney injury (AKI) and permanent pacemaker (PPM) required atrioventricular block (AVB). A meta-analysis was carried out by Review Manager 5.3 software. **Results** A total of 22 studies, 11 530 cases were included in this study. Compared with the TF group, the incidence of early PVL in the TAp and TAo groups was significantly lower (4.6% [63/1 384] vs 9.2% [400/4 366],  $P<0.000 01$ ; 6.4% [33/518] vs 9.3% [331/3 541],  $P=0.002$ ), while the 30-day post-operative mortality was significantly higher (10.0% [271/2 711] vs 4.8% [326/6 756],  $P<0.000 01$ ; 8.9% [46/518] vs 4.5% [160/3 541],  $P=0.002$ ). The incidence of severe hemorrhage in the TAp and TAo groups was significantly higher than that in the TF group (8.4% [186/2 204] vs 3.9% [268/6 818],  $P<0.000 01$ ; 6.5% [35/542] vs 1.4% [50/3 569],  $P=0.01$ ). The major vascular complication had a lower incidence in the TAp group compared with the TF group (2.3% [58/2 524] vs 6.5% [417/6 367],  $P<0.000 01$ ). There was no difference in the occurrence of stroke among the three groups ( $P>0.05$ ). TF group showed a significant reduction of AKI incidence compared with the TAp group (8.3% [610/7 334] vs 22.8% [615/2 699],  $P<0.000 01$ ) and the TAo group (3.1% [110/3 569] vs 12.5%

**[收稿日期]** 2017-02-14 **[接受日期]** 2017-03-30

**[作者简介]** 王安立, 博士生. E-mail: 18017852567@163.com

\* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-81885901, E-mail: wangzn007@163.com

[68/542],  $P < 0.000\ 01$ ). TF group showed a significant increase in the incidence of PPM required AVB compared with the TAO group (13.2% [472/3 569] vs 9.2% [50/542],  $P = 0.003$ ). **Conclusion** The TAp and TF approaches have a shorter path in TAVI and can significantly reduce the occurrence of PVL and major vascular impairment, which is an unique advantage and has potential value.

**[Key words]** transcatheter aortic valve implantation; transapical approach; transfemoral approach; transaortic approach; postoperative complications

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2017, 38(5): 670-678]

主动脉瓣病变是最常见的瓣膜病类型之一,目前外科手术是治疗存在症状或重度主动脉瓣病变的最佳选择。然而,传统的主动脉瓣置换手术存在外科操作损伤、体外循环导的全身炎症反应、缺血-再灌注损伤3大损伤因素,对于一般情况较差、高龄及再次行心脏手术患者的风险较高<sup>[1-5]</sup>。

经导管主动脉瓣置入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)是建立在介入学科及超声诊断学科基础上的新型心血管手术方式。相比传统开胸体外循环下心血管手术,其具有手术时间短、手术创伤小等优势,特别适合高龄、危重主动脉瓣病变患者或因主动脉瓣生物瓣衰败而面临再次手术的患者。

TAVI可经多种路径实施,目前应用较为广泛主要有经心尖(transapical, TAp)路径、经股动脉(transfemoral, TF)路径及经升主动脉(transaortic, TAO)路径3种。针对不同路径的优劣,特别是对人工瓣膜瓣周漏、大血管并发症、严重出血、卒中、急性肾损伤及起搏器依赖型传导阻滞等TAVI围术期常见并发症发生率的影响已进行多项临床随机对照试验(RCT)研究。本研究整理并统计分析了上述3种常用路径TAVI围术期常见并发症的发生情况,旨在为临床医师选择具体术式提供依据。

## 1 资料和方法

**1.1 文献检索与筛选** 以“transcatheter aortic valve implantation”“transapical”“transfemoral”“transaortic”为关键词,在PubMed、Embase、Ovid Medline和效果评价文摘数据库(DARE)检索获得已公开发表的行经TAp路径、TF路径和TAO路径TAVI的RCT研究。检索截止日期为2017年1月。纳入文献仅限人类为研究对象,剔除缺少对照组的研究及病例报告,进一步阅读文献并剔除回顾性研究。对最终纳入文献进行质量评价与偏倚分析。

**1.2 资料提取与分析** 针对筛选文献,了解其研究设计类型及评价指标。统计分析每篇文献中行经TAp路径、TF路径和TAO路径TAVI的患者基本信息,以及各路径患者术后早期(30 d内)病死率、人工瓣膜瓣周漏(中度及以上)、严重出血事件、大血管并发症(动脉损伤、夹层等)、卒中、急性肾损伤及起

搏器依赖型传导阻滞等手术相关或常见的严重并发症的发生情况。

**1.3 统计学处理** 采用Review Manager 5.3软件(Cochrane Collaboration, Software Update, Oxford, UK)进行标准和累计meta分析,使用比值比(odds ratio, OR)或加权平均差异(weighted mean difference, WMD)作汇总统计。 $I^2$ 统计估算各研究间整体差异的百分比, $I^2 > 15\%$ 时认为存在异质性,若meta分析结果为阳性,同时采用固定模型与随机模型检验结果是否准确。检验水准( $\alpha$ )为0.05。

## 2 结果

**2.1 文献检索** 通过检索共获得125篇文献。根据纳入标准,经阅读文献后,剔除缺少对照组、病例报告及回顾性研究,最终纳入22项研究(图1)。其中经TAp路径行TAVI的患者3 276例(TAp组),经TF路径行TAVI者7 546例(TF组),经TAO路径行TAVI者708例(TAO组),见表1。

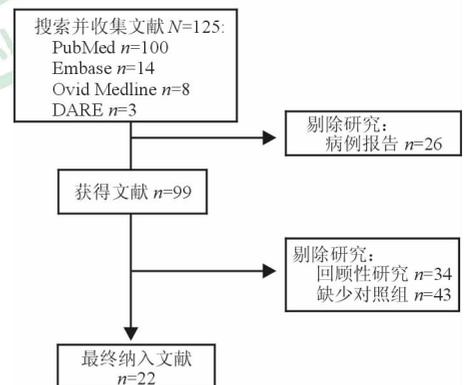


图1 文献检索流程图

DARE: 效果评价文摘数据库

**2.2 术后早期病死率** 固定模型分析显示TAp组患者术后早期病死率高于TF组[10.0% (271/2 711) vs 4.8% (326/6 756),  $P < 0.000\ 01$ ],但存在低度异质性( $I^2 = 19\%$ ),因此采用随机模型进行合并分析,结果与上述一致。TAp组与TAO组患者术后早期病死率差异无统计学意义[10.6% (124/1 168) vs 9.7% (62/640),  $P = 0.47$ ];TF组患者术后早期病死率低于TAO组[4.5% (160/3 541) vs 8.9% (46/518),  $P = 0.002$ ],见图2。

表 1 纳入文献及各组人数

研究	行 TAVI 患者				术后 30 d 内病死			
	TAp n	TF n	TAo n	合计 N	TAp n	TF n	TAo n	合计 N
Adamo 等 <sup>[1]</sup>	32	246	44	322		13	4	17
Arai 等 <sup>[2]</sup>	42	467	289	798	6	26	27	59
Al-Attar 等 <sup>[3]</sup>	15	35		50	4	3		7
Biancari 等 <sup>[4]</sup>	199	199		398	16	8		24
Rodés-Cabau 等 <sup>[5]</sup>	177	168		345	20	16		36
Dworakowski 等 <sup>[6]</sup>	84	67		151	11	4		15
Ewe 等 <sup>[7]</sup>	59	45		104	5	5		10
Fröhlich 等 <sup>[8]</sup>	761	2 828	185	3 774	80	121	15	216
Gauthier 等 <sup>[9]</sup>	59	117		176	10	4		14
Greason 等 <sup>[10]</sup>	100	100		200	2	5		7
Himbert 等 <sup>[11]</sup>	24	51		75	4	4		8
Koifman 等 <sup>[12]</sup>	132	516		648				
Lardizabal 等 <sup>[13]</sup>	76		44	120	11		6	17
Murarka 等 <sup>[14]</sup>	57	66		123	3	3		6
Okuyama 等 <sup>[15]</sup>	86		51	137	6		4	10
Van der boon 等 <sup>[16]</sup>	89	793		882	14	51		65
Ropponen 等 <sup>[17]</sup>	64		36	100	8		6	14
Schymik 等 <sup>[18]</sup>	894	1 685		2 579	89	71		160
Tanawuttawat 等 <sup>[19]</sup>	36	28	24	88				
Thongprayoon 等 <sup>[20]</sup>	108	108		216	3	2		5
Thourani 等 <sup>[21]</sup>	139		35	174	13		4	17
Wenaweser 等 <sup>[22]</sup>	43	27		70	4	3		7

TAVI: 经导管主动脉瓣置入术; TAp: 经心尖; TF: 经股动脉; TAo: 经主动脉

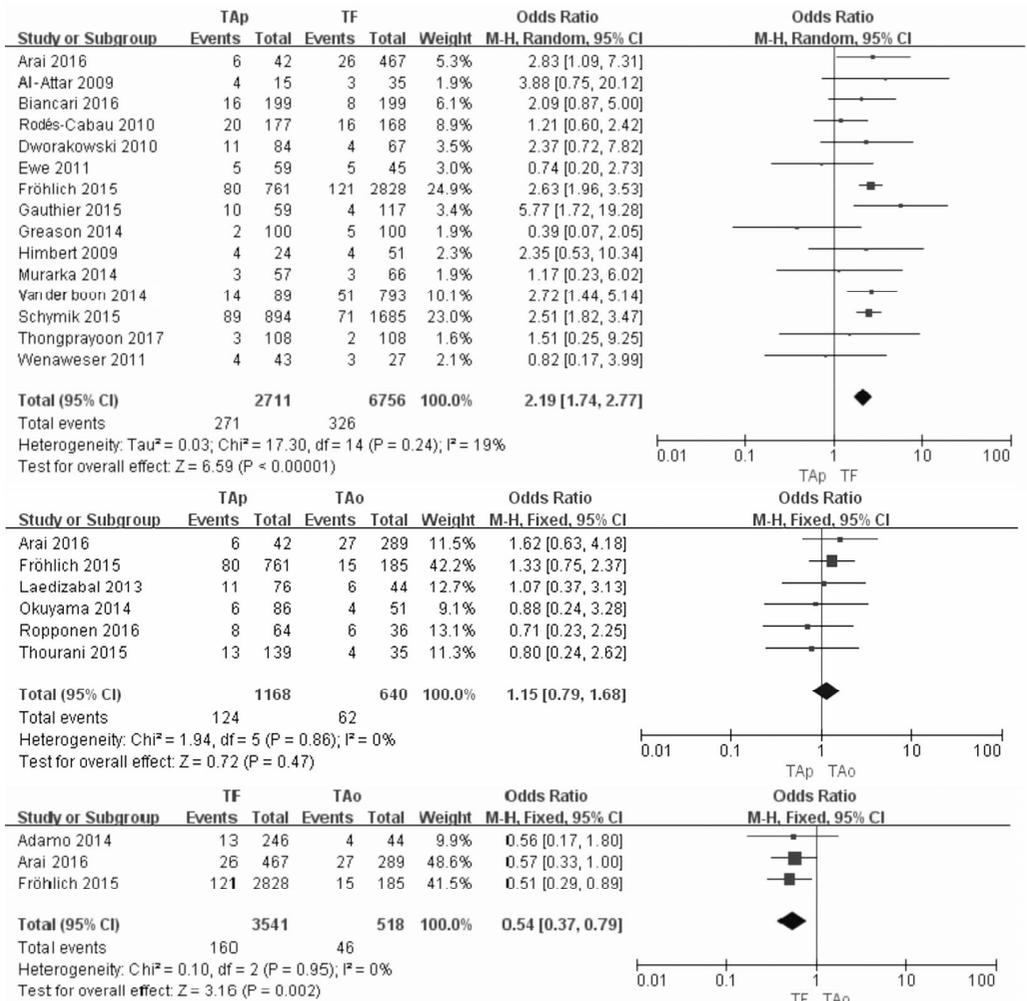


图 2 不同路径 TAVI 患者术后早期病死情况比较

TAp: 经心尖; TF: 经股动脉; TAo: 经主动脉; TAVI: 经导管主动脉瓣置入术

2.3 术后早期人工瓣膜瓣周漏 TAp 组、TAo 组患者的术后早期人工瓣膜瓣周漏发生率均低于 TF 组[4.6% (63/1 384) vs 9.2% (400/4 366),  $P < 0.000 01$ ; 6.4% (33/518) vs 9.3% (331/3 541),

$P = 0.002$ ], 而 TAp 组与 TAo 组患者术后早期人工瓣膜瓣周漏发生率差异无统计学意义[3.6% (42/1 168) vs 5.9% (38/640),  $P = 0.37$ ]. 见图 3。

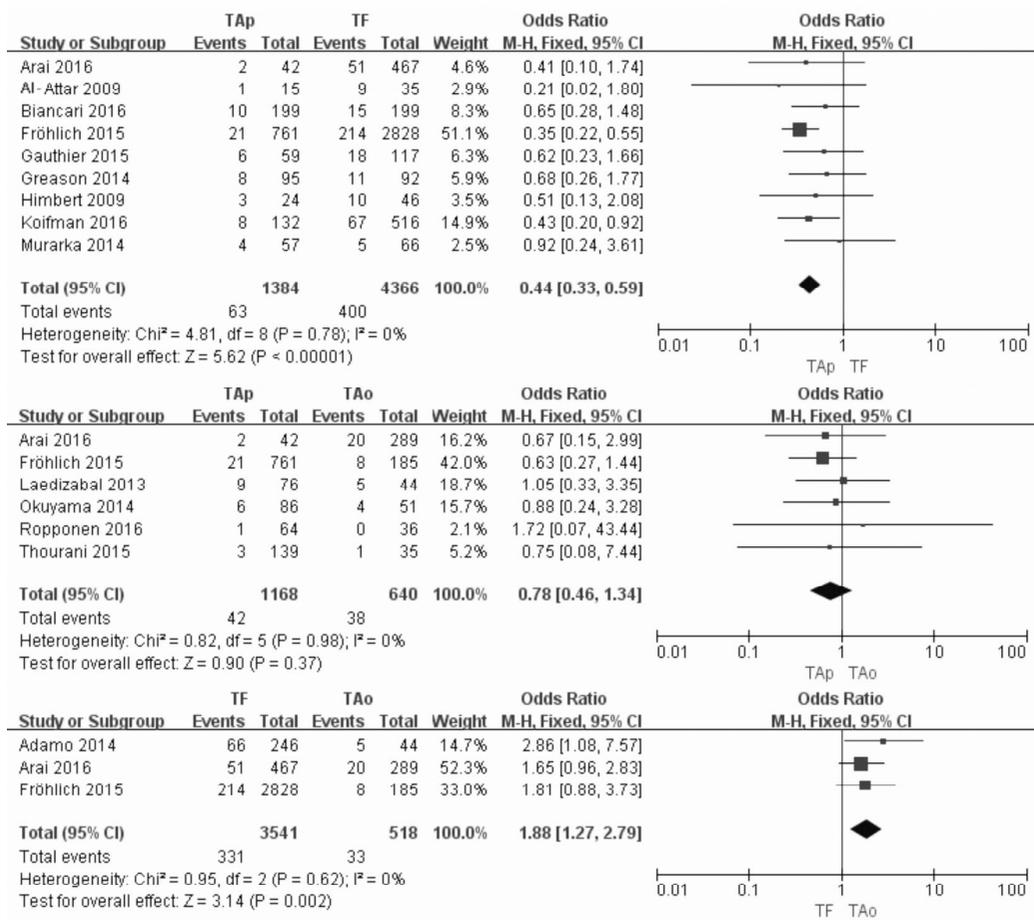


图 3 不同路径 TAVI 患者术后早期人工瓣膜瓣周漏发生情况比较

TAp: 经心尖; TF: 经股动脉; TAo: 经主动脉; TAVI: 经导管主动脉瓣置入术

2.4 术后早期严重出血事件 TAp 组、TAo 组患者的术后早期严重出血发生率均高于 TF 组[8.4% (186/2 204) vs 3.9% (268/6 818),  $P < 0.000 01$ ; 6.5% (35/542) vs 1.4% (50/3 569),  $P = 0.01$ ], 而 TAp 组与 TAo 组患者术后早期严重出血发生率差异无统计学意义[4.1% (44/1 074) vs 7.3% (45/613),  $P = 0.17$ ]. 见图 4。

2.5 术后早期大血管并发症 固定模型分析显示 TAp 组患者的术后早期大血管并发症发生率低于 TF 组[2.3% (58/2 524) vs 6.5% (417/6 367),  $P < 0.000 01$ ], 但存在低度异质性 ( $I^2 = 21\%$ ), 因此采用随机模型进行分析, 结果与上述一致。TAo 组患者术后早期大血管并发症发生率与 TAp 组、TF 组相比差异均无统计学意义[2.2% (7/324) vs 1.3% (12/955),  $P = 0.44$ ; 2.6% (6/229) vs 3.4% (105/3 074),  $P = 0.67$ ].

2.6 术后早期卒中 TAp 组、TF 组与 TAo 组 3 组患者的术后早期卒中发生率差异均无统计学意义 [TAp vs TF: 3.6% (101/2 811) vs 2.9% (216/7 446),  $P = 0.12$ ; TAp vs TAo: 2.9% (36/1 235) vs 2.0% (14/707),  $P = 0.19$ ; TF vs TAo: 2.1% (75/3 569) vs 1.5% (8/542),  $P = 0.23$ ].

2.7 术后早期急性肾损伤 固定模型分析显示, TF 组患者的术后早期急性肾损伤发生率低于 TAp 组[8.3% (610/7 334) vs 22.8% (615/2 699),  $P < 0.000 01$ ], 但存在低度异质性 ( $I^2 = 24\%$ ), 故采用随机模型分析, 结果与上述一致。TAp 组与 TAo 组患者术后早期急性肾损伤发生率差异无统计学意义[9.8% (107/1 097) vs 11.7% (79/673),  $P = 0.44$ ]. TF 组患者术后早期急性肾损伤发生率低于 TAo 组[3.1% (110/3 569) vs 12.5% (68/542),  $P < 0.000 01$ ]. 见图 5。

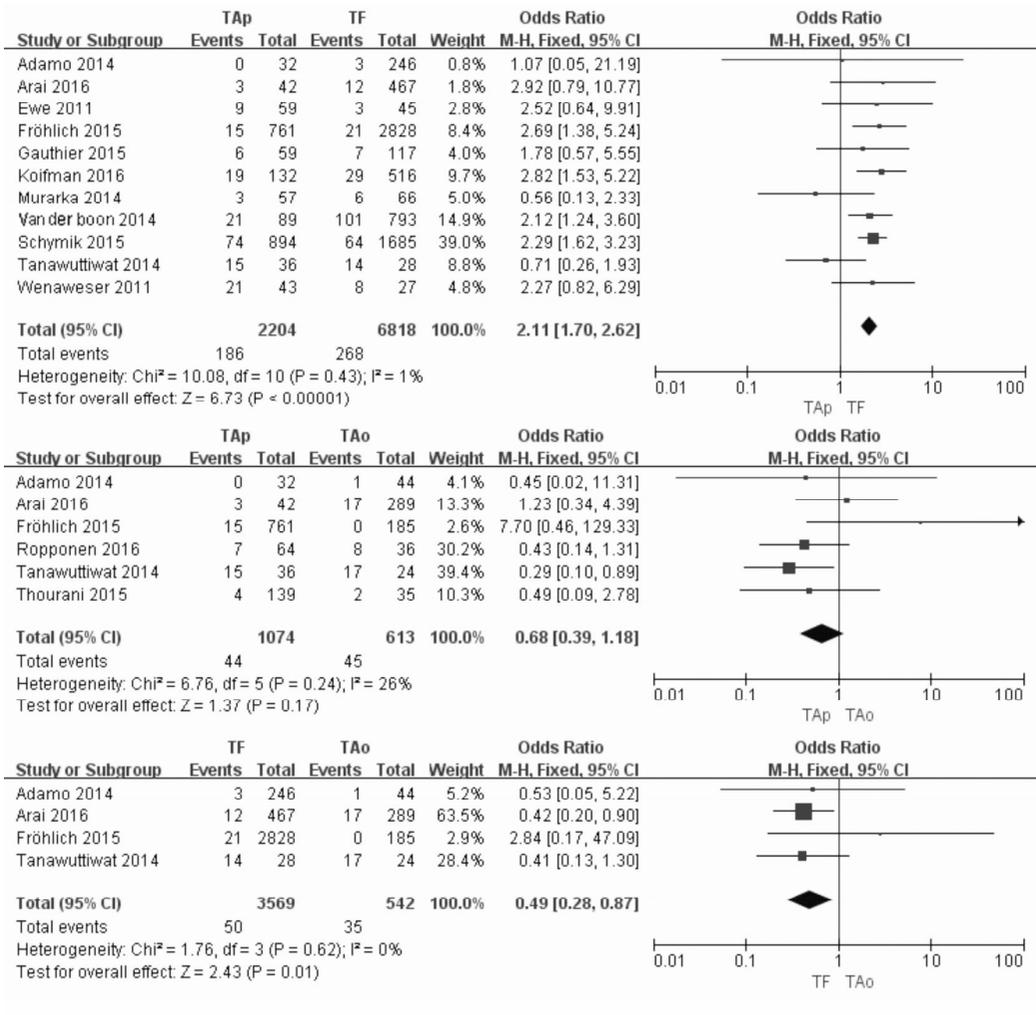


图 4 不同路径 TAVI 患者术后早期严重出血事件发生情况比较  
TAp: 经心尖; TF: 经股动脉; TAo: 经主动脉; TAVI: 经导管主动脉瓣置入术

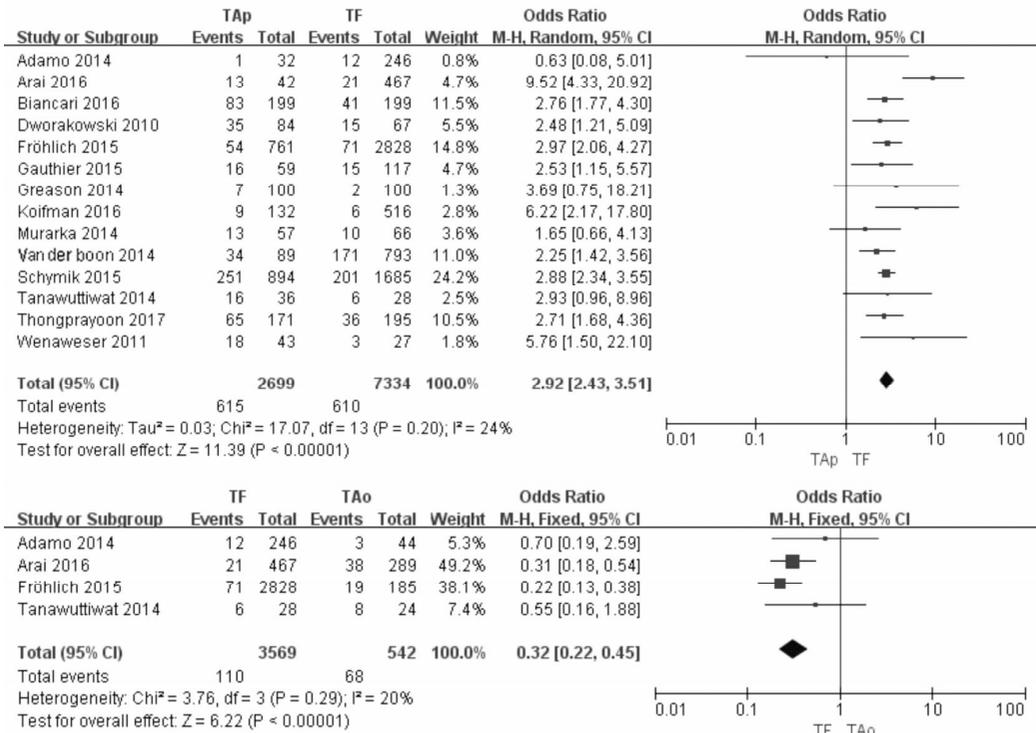


图 5 不同路径 TAVI 患者术后早期急性肾损伤发生情况比较  
TAp: 经心尖; TF: 经股动脉; TAo: 经主动脉; TAVI: 经导管主动脉瓣置入术

2.8 术后早期起搏器依赖型传导阻滞 固定模型分析显示, TAp 组患者术后早期起搏器依赖型传导阻滞发生率低于 TF 组 [6.8% (182/2 671) vs 10.7% (758/7 090),  $P < 0.000 1$ ], 但存在高度异质性 ( $I^2 = 66\%$ ), 故采用随机模型分析, 结果显示两组患者的术后早期起搏器依赖性传导阻滞发生率差异

无统计学意义。TAp 组与 TAO 组患者术后早期起搏器依赖型传导阻滞发生率差异无统计学意义 [5.1% (50/979) vs 8.8% (51/578),  $P = 0.11$ ]; TF 组患者术后早期起搏器依赖型传导阻滞发生率高于 TAO 组 [13.2% (472/3 569) vs 9.2% (50/542),  $P = 0.003$ ]。见图 6。

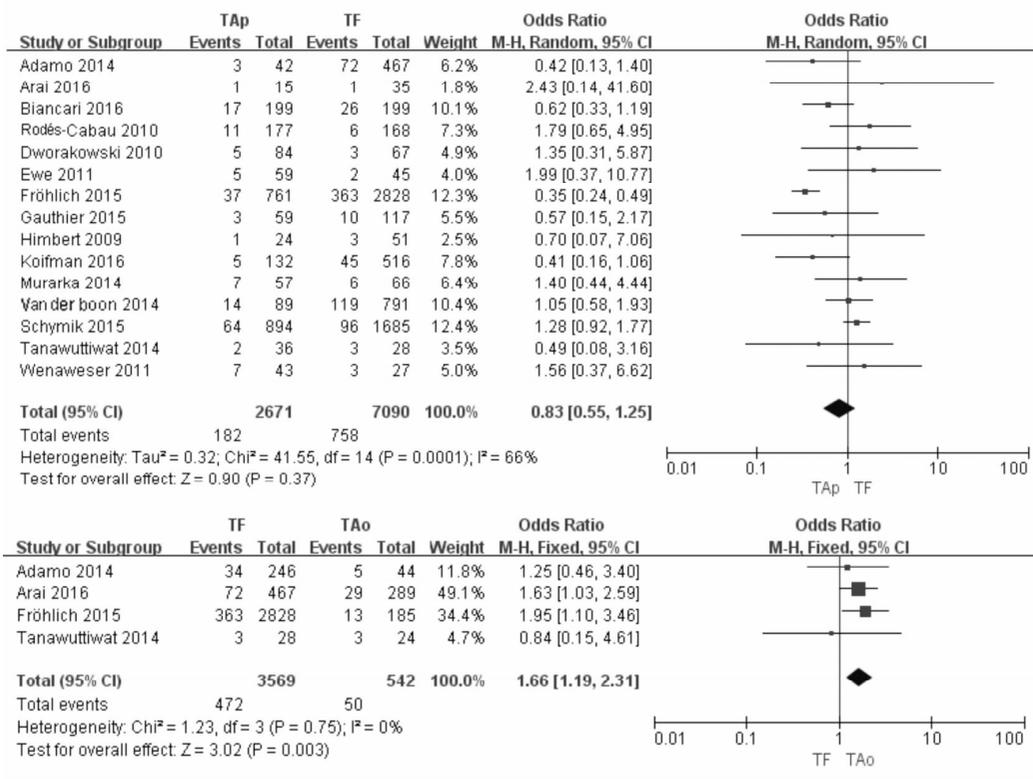


图 6 不同路径 TAVI 患者术后早期起搏器依赖型传导阻滞发生情况

TAp: 经心尖; TF: 经股动脉; TAO: 经主动脉; TAVI: 经导管主动脉瓣置入术

2.9 文献评估与发表偏倚检验 纳入的 22 篇文献均为前瞻性观察研究, 其中 3 篇<sup>[5,16,18]</sup> 为多中心前瞻性研究, 其余均为单中心前瞻性研究。以术后 30 d 病死为结局, 采用倒漏斗图分析比较 TAp、TF 和 TAO 的围术期安全性, 结果显示 TAp 和 TF 进行比较时(图 7A)及 TF 和 TAO 进行比较时的图形对称性均较好, 无明显发表偏倚, 而 TAp 和 TAO 进行比较时的图形不对称(图 7B)。

研究存在一定的异质性, 分析其原因可能是与各研究所纳入的患者基础病情程度不同及治疗措施对不同患者的治疗效果差异有关。

### 3 讨论

本研究纳入文献均为观察性研究, 无实验性研究, 考虑与主动脉瓣病变临床治疗安全性有关。施行 TAVI 的患者多为再次手术、高龄或一般情况较差者, 所有操作特别是外科操作(包括手术路径选择)均优先考虑安全性, 施加干预措施在临床实际中较为困难, 可能涉及伦理学冲突。此外, 纳入的部分

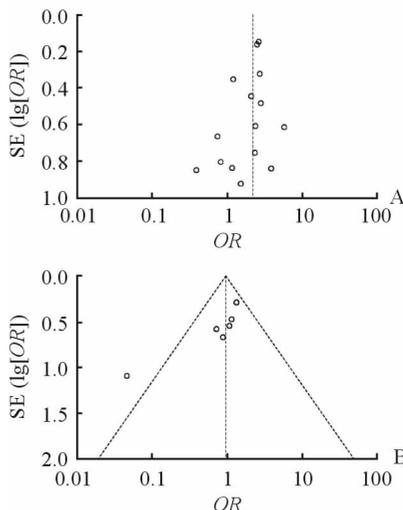


图 7 TAp 和 TF(A)、TAp 和 TAO(B) 情况比较倒漏斗图

TAp: 经心尖; TF: 经股动脉; TAO: 经主动脉; SE: 标准误; OR: 比值比

结合临床实际情况,本研究纳入的文献均存在一定程度的选择性偏倚。实施 TAVI 的科室除心血管外科外,还包括不具备开胸操作等技术基础的心血管内科和血管外科。此外,TF 路径在直观上最为“微创”。因此多项研究显示患者无论是从主观或是客观上,均会优先选择经 TF 路径行 TAVI 手术;当患者因各种原因(如外周血管严重狭窄、动脉粥样硬化等)无法经 TF 路径时,才会选择 TAp、TAo 等其他手术入路<sup>[2,4,16]</sup>。即使各机构在研究时进行患者基线水平校准,仍难以从根本上保证 3 种路径患者的一般状况完全一致,这也是本研究中 TAp 与 TAo 组患者术后早期病死率及急性肾损伤发生率偏高的重要原因之一。

TF 路径因具备冠状动脉介入治疗及外周体外循环建立等前期技术基础,是最早应用于临床的 TAVI 路径。其具有的穿刺定位简便、穿刺点创伤小等显著优势也最为患者所接受。但 TF 路径最长,相比其他路径其周围血管并发症的发生率也较高<sup>[4]</sup>。因此,外周血管病变是 TF 路径的相对禁忌证,在术前需行多排螺旋 CT 充分评估患者周围血管特别是路径血管的发育、硬化及分支等特殊情况<sup>[23]</sup>。

TAp 路径长度最短,但术前需先行小切口开胸及心包悬吊,是心血管外科医师最常应用的手术入路,也是严重外周血管病变患者行 TAVI 的常用备选路径<sup>[24]</sup>。TAp 路径在人工瓣膜瓣周漏及围术期外周血管并发症方面具有显著优势,但其术前对患者各心腔大小及心尖的解剖定位要求高,需要影像诊断、超声诊断等多学科共同支持。此外,TAp 路径入路涉及左心室及冠状动脉等多处重要结构,需严格避免损伤;手术完毕后需对心尖切口充分缝合,避免围术期出血、心包填塞等严重并发症<sup>[23]</sup>。

TAo 路径长度较短,但其解剖定位难度较高,同时存在较高的出血风险及主动脉夹层可能。由于其路径特点,TAo 路径在房室传导阻滞发生率方面有明显优势,其余围术期常见并发症情况与 TF、TAp 路径基本相当。

尽管本研究中 TAp 与 TAo 路径存在较高的术后早期病死率及急性肾损伤等不良事件发生率,考虑到存在选择性偏倚,TAp 与 TAo 路径仍然拥有

其独特的优势;研究中较低的人工瓣膜瓣周漏发生率很可能与该路径能置入更大直径的人工瓣有关,若是经 TF 路径置入则比较困难<sup>[25]</sup>。TAp 路径所具有的路程短、与生理血流顺行的双重优势在一定程度上保证了人工瓣的完整性,及其不经过外周血管的特点,可以降低因斑块破裂或脱落而导致的卒中的发生率<sup>[25]</sup>。针对 TAp 路径的不足,目前主要发展方向是逐渐实现切开-穿刺的入路操作,相关设备与材料也在研发中。

对于熟练掌握开胸体外循环下心血管手术的胸心外科医师,小切口的主动脉瓣与左房室瓣手术为经 TAp 与 TAo 路径 TAVI 的实施提供了技术基础。无论是面对定位、局部切开及心包悬吊等 TAVI 基本技术,还是如心肌、大血管荷包缝合等核心操作,甚至是术中出现大出血或急性心包填塞等突发紧急情况,都能够迅速妥当地处理,并能根据需要临时中转为开胸手术。第二军医大学长征医院胸心外科曾施行多例小切口免缝合主动脉瓣置入术(TAVI 的前期阶段),均获得满意的手术效果(结果未发表)。因此在实施 TAVI 时,经验丰富的胸心外科医师是整个手术团队的安全保障,并且一定程度上保证了 TAp 与 TAo 等“非传统”TAVI 手术入路的可行性。

本研究不足之处在于仅对行 TAVI 患者的术后早期并发症进行了分析,而未分析中长期患者生存质量及人工瓣工作情况等重要信息。此外,因收集研究所限,针对 TAo 路径的研究也相对较少。目前针对 TAVI 路径的研究还有经锁骨下动脉、经颈总动脉等<sup>[21]</sup>,本研究未能全部列举与对比。导管技术、人工瓣膜材料技术及介入治疗技术,患者血管硬化程度、解剖定位难度以及外科医师、心血管病专家及影像、超声诊断医师/技师间组成的 TAVI 团队的熟练配合都是影响某特定路径 TAVI 能否成功实施的重要因素<sup>[26]</sup>。

综上所述,经 TAp 及经 TAo 路径 TAVI 安全、可靠,且因路径较短,可有效减少人工瓣膜瓣周漏及大血管损伤等 TAVI 常见并发症的发生,具备独特的优势与潜在应用价值,是继经 TF 路径之后 TAVI 的重要发展方向。

## [参考文献]

- [1] ADAMO M, FIORINA C, CURELLO S, MAFFEO D, CHIZZOLA G, DI MATTEO G, et al. Role of different vascular approaches on transcatheter aortic valve implantation outcome; a single-center study[J]. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*, 2015, 16: 279-285.
- [2] ARAI T, ROMANO M, LEFÈVRE T, HOVASSE T, FARGE A, LE HOUEROU D, et al. Direct comparison of feasibility and safety of transfemoral versus transaortic versus transapical transcatheter aortic valve replacement [J]. *JACC*, 2016, 22: 2320-2325.
- [3] AL-ATTAR N, HIMBERT D, DESCOUTURES F, LUNG B, RAFFOUL R, MESSIKA-ZEITOUN D, et al. Transcatheter aortic valve implantation; selection strategy is crucial for outcome[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87: 1757-1762.
- [4] BIANCARI F, ROSATO S, D'ERRIGO P, RANUCCI M, ONORATI F, BARBANTI M, et al. Immediate and intermediate outcome after transapical versus transfemoral transcatheter aortic valve replacement[J]. *Am J Cardiol*, 2016, 117: 245-251.
- [5] RODÉS-CABAU J, WEBB J G, CHEUNG A, YE J, DUMONT E, FEINDEL C M, et al. Transcatheter aortic valve implantation for the treatment of severe symptomatic aortic stenosis in patients at very high or prohibitive surgical risk; acute and late outcomes of the multicenter Canadian experience [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55: 1080-1090.
- [6] DWORAKOWSKI R, MACCARTHY P A, MONAGHAN M, REDWOOD S, EL-GAMEL A, YOUNG C, et al. Transcatheter aortic valve implantation for severe aortic stenosis—a new paradigm for multidisciplinary intervention; a prospective cohort study[J]. *Am Heart J*, 2010, 160: 237-243.
- [7] EWE S H, DELGADO V, NG A C, ANTONI M L, VAN DER KLEY F, MARSAN N A, et al. Outcomes after transcatheter aortic valve implantation; transfemoral versus transapical approach [J]. *Ann Thorac Surg*, 2011, 92: 1244-1251.
- [8] FRÖHLICH G M, BAXTER P D, MALKIN C J, SCOTT D J, MOAT N E, HILDICK-SMITH D, et al. Comparative survival after transapical, direct aortic, and subclavian transcatheter aortic valve implantation (data from the UK TAVI Registry) [J]. *Am J Cardiol*, 2015, 116: 1555-1559.
- [9] GAUTHIER C, ASTARCI P, BAELE P, MATTA A, KAHN D, KEFER J, et al. Mid-term survival after transcatheter aortic valve implantation; results with respect to the anesthetic management and to the access route (transfemoral versus transapical) [J]. *Ann Card Anaesth*, 2015, 18: 343-351.
- [10] GREASON K L, SURI R M, NKOMO V T, RIHAL C S, HOLMES D R, MATHEW V. Beyond the Learning Curve: transapical versus transfemoral transcatheter aortic valve replacement in the treatment of severe aortic valve stenosis[J]. *J Card Surg*, 2014, 29: 303-307.
- [11] HIMBERT D, DESCOUTURES F, AL-ATTAR N, LUNG B, DUCROCQ G, DÉTAINT D, et al. Results of transfemoral or transapical aortic valve implantation following a uniform assessment in high-risk patients with aortic stenosis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 54: 303-311.
- [12] KOIFMAN E, MAGALHAES M, KIRAMIJYAN S, ESCARCEGA R O, DIDIER R, TORGUSON R, et al. Impact of transfemoral versus transapical access on mortality among patients with severe aortic stenosis undergoing transcatheter aortic valve replacement [J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2016, 17: 318-321.
- [13] LARDIZABAL J A, O'NEILL B P, DESAI H V, MACON C J, RODRIGUEZ A P, MARTINEZ C A, et al. The transaortic approach for transcatheter aortic valve replacement; initial clinical experience in the United States[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61: 2341-2345.
- [14] MURARKA S, LAZKANI M, NEIHAUS M, BOGGESS M, MORRIS M, GELLERT G, et al. Comparison of 30-day outcomes of transfemoral versus transapical approach for transcatheter aortic valve replacement; a single-center US experience[J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99: 1539-1544.
- [15] OKUYAMA K, JILAIHAWI H, MIROCHA J, NAKAMURA M, RAMZY D, MAKKAR R, et al. Alternative access for balloon-expandable transcatheter aortic valve replacement; comparison of the transaortic

- approach using right anterior thoracotomy to partial J-sternotomy[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149: 789-797.
- [16] VAN DER BOON R M, MARCHEIX B, TCHETCHE D, CHIEFFO A, VAN MIEGHEM N M, DUMONTEIL N, et al. Transapical versus transfemoral aortic valve implantation: a multicenter collaborative study[J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97: 22-28.
- [17] ROPPONEN J, VAINIKKA T, SINISALO J, RAPOLA J, LAINE M, IHLBERG L. Transaortic transcatheter aortic valve implantation as a second choice over the transapical access[J]. *Scand J Surg*, 2016, 105: 35-41.
- [18] SCHYMIK G, LEFÈVRE T, BARTORELLI A L, RUBINO P, TREEDE H, WALTHER T, et al. European experience with the second-generation Edwards SAPIEN XT transcatheter heart valve in patients with severe aortic stenosis [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2015, 8: 657-669.
- [19] TANAWUTTIWAT T, O'NEILL B P, COHEN M G, CHINTHAKANAN O, HELDMAN A W, MARTINEZ C A, et al. New-onset atrial fibrillation after aortic valve replacement: comparison of transfemoral, transapical, transaortic, and surgical approaches[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63: 1510-1519.
- [20] THONGPRAYOON C, CHEUNGPAKITPORN W, SRIVALI N, HARRISON A M, KITTANAMONGKOLCHAI W, GREASON K L, et al. Transapical versus transfemoral approach and risk of acute kidney injury following transcatheter aortic valve replacement: a propensity-adjusted analysis[J]. *Ren Fail*, 2017, 39: 13-18.
- [21] THOURANI V H, LI C, DEVIREDDY C, JENSEN H A, KILGO P, LESHNOWER B G, et al. High-risk patients with inoperative aortic stenosis: use of transapical, transaortic, and transcarotid techniques [J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99: 817-823.
- [22] WENAWESER P, PILGRIM T, ROTH N, KADNER A, STORTECKY S, KALESAN B, et al. Clinical outcome and predictors for adverse events after transcatheter aortic valve implantation with the use of different devices and access routes[J]. *Am Heart J*, 2011, 161: 1114-1124.
- [23] BABALIAROS V, DEVIREDDY C, LERAKIS S, LEONARDI R, ITURRA S A, MAVROMATIS K, et al. Comparison of transfemoral transcatheter aortic valve replacement performed in the catheterization laboratory (minimalist approach) versus hybrid operating room (standard approach) outcomes and cost analysis[J]. *JACC Cardiol Interv*, 2014, 7: 898-904.
- [24] CZERWINSKA-JELONKIEWICZ K, MICHALOWSKA I, WITKOWSKI A, DABROWSKI M, KSIEZYCKA-MAJCZYNSKA E, CHMIELAK Z, et al. Vascular complications after transcatheter aortic valve implantation (TAVI): risk and long-term results [J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2014, 37: 490-498.
- [25] WALTHER T, KEMPFERT J. Transapical vs. transfemoral aortic valve implantation; which approach for which patient, from a surgeon's standpoint[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2012, 1: 216-219.
- [26] LICHTENSTEIN K M, KIM J M, GAO M, SOON J L, CHEUNG A, WOOD D, et al. Surgical risk algorithm as a measure of successful adoption of transapical transcatheter aortic valve implantation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147: 1524-1528.

[本文编辑] 曾奇峰