

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2018.22.017

3 例经股动脉径路行导管主动脉瓣置入术的麻醉管理

王 杨¹, 钟河江^{1△}, 李 洪¹, 蒋学涛¹, 梁梦楠¹, 杜智勇¹, 黄 岚², 晋 军², 蹇 朝³
(陆军军医大学新桥医院:1. 麻醉科;2. 心内科;3. 心外科, 重庆 400037)

〔摘要〕 **目的** 探讨经股动脉径路行导管主动脉瓣置入术的麻醉管理经验。**方法** 回顾性分析该院 2017 年 10 月 3 例经股动脉径路行导管主动脉瓣置入术患者的麻醉管理、术中监测及循环管理等。**结果** 所有患者均进行气管插管全身麻醉,麻醉诱导平稳,术中给予血管活性药物,无严重的血流动力学紊乱。手术均采用股动脉径路,在球囊扩张及瓣膜置入过程中,患者血流动力学平稳,无严重麻醉不良事件。1 例发生冠状动脉阻塞,抢救无效死亡,另外 2 例患者术后心功能明显改善,均正常出院。**结论** 经导管主动脉瓣置入术可在气管插管全身麻醉下进行,充分的术前准备、完善的术中监测、严密的血流动力学管理与密切的多学科协作是手术成功的重要保障。

〔关键词〕 经导管主动脉瓣置入术;麻醉管理;主动脉瓣狭窄
〔中图分类号〕 R614.2 **〔文献标识码〕** A **〔文章编号〕** 1671-8348(2018)22-2943-05

**Anesthetic management of transfemoral approach transcatheter aortic valve
implantation under general anesthesia in 3 cases**

WANG Yang¹, ZHONG Hejiang^{1△}, LI Hong¹, JIANG Xuetao¹, LIANG Mengnan¹,
DU Zhiyong¹, HUANG Lan², JIN Jun², JIAN Zhao³

(1. Department of Anesthesiology; 2. Department of Cardiology; 3. Department of
Cardiac Surgery, Xinqiao Hospital, Army Medical University, Chongqing 400037, China)

〔Abstract〕 **Objective** To explore the experience of anesthetic management for transfemoral approach transcatheter aortic valve implantation (TAVI) under general anesthesia. **Methods** The anesthetic management, intraoperative monitoring, and circulatory management in 3 patients undergone transfemoral approach TAVI in this hospital during October 2017 were analyzed retrospectively. **Results** All patients received general anesthesia with endotracheal intubation. Stable anesthesia induction was reached. Severe hemodynamics disturbance did not occurred with vasopressor support during operation. All the operations were performed through the transfemoral approach, hemodynamic stabilization was maintained during balloon dilation and aortic valve implantation, and there were no adverse events related to anesthesia. One case developed the coronary arterial blocking and died due to invalid rescue. The cardiac function in other 2 cases was significantly improved after operation and were normally discharged from hospital. **Conclusion** TAVI can be conducted under general anesthesia with endotracheal intubation. Sufficient preoperative preparation, perfect intraoperative monitoring, strict hemodynamic management and close multidisciplinary collaboration are the important factors of operation success.

〔Key words〕 transcatheter aortic valve implantation; anesthetic management; aortic stenosis

主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS)是老年患者常见的心脏瓣膜疾病,在 65 岁以上人群中发病率是 2%~4%^[1],随着年龄增长,主动脉瓣钙化加重,发病率逐渐上升^[2]。严重的症状性 AS 预后极差,常需外科主动脉瓣置换术治疗,然而传统的外科主动脉瓣置换术需要在体外循环下进行,创伤大、风险高,大约 30% 的老年患者不适合外科手术治疗^[3]。经导管主动脉瓣置入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)通过股动脉或左心室心尖部等径路置入人工生物瓣膜^[4],避免了开胸、体外循环及相应的手

术应激,适用于不能耐受外科手术的高危老年 AS 患者。重度 AS 患者因高龄、左心室功能差以及合并其他系统疾病,同时 TAVI 术中需快速心室起搏(rapid ventricular pacing, RVP)等操作,其麻醉管理有一定的特殊性。2017 年 10 月本院在气管插管全身麻醉下成功进行了 3 例 TAVI 手术,现对麻醉管理经验总结如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 患者男 2 例,女 1 例,年龄 64~70 岁,平均(66.3±3.2)岁,术前心脏彩色多普勒超声提

示重度主动脉瓣狭窄。所有患者术前均行冠状动脉及胸腹主动脉 CT 血管造影 (computed tomography angiography,CTA)检查,其中 1 例提示右冠状动脉开口起源于左冠状动脉窦。1 例合并冠心病于 3 年前行冠状动脉支架置入(percutaneous coronary intervention,PCI)术,合并高血压 1 例,2 例患者入院后曾发生急性左心衰竭,频发室性早搏 1 例,低钾血症 2 例,肺部感染 1 例,其余检查无特殊。纽约心脏病学会(NYHA)心功能分级Ⅲ级 1 例,Ⅳ级 2 例。

1.2 麻醉方法 术前常规禁饮、禁食,备红细胞悬液及血浆。手术均在杂交手术室进行,患者入手术室后面罩吸氧,监测心电图(ECG)、血氧饱和度(SpO₂),放置体外除颤电极,开启变温毯进行保温。麻醉诱导前 15 min 经外周静脉给予右美托咪定(负荷剂量 1 μg/kg,15 min 泵注完毕,维持剂量 0.5 μg·kg⁻¹·h⁻¹),在 1%利多卡因局部麻醉下行右侧桡动脉穿刺监测有创动脉血压,并连接 FloTrac/Vigileo 系统监测心排量(cardiac index,CI)、每搏量及每搏量变异(stroke volume variation,SVV)。缓慢静脉注射咪达唑仑 0.05 mg/kg、依托咪酯 0.3 mg/kg 及舒芬太尼 0.4 μg/kg 进行麻醉诱导,静脉给予罗库溴铵 0.9 mg/kg 后进行气管插管。气管插管成功后以潮气量 10 mL/kg、呼吸频率 13 次/min,I:E=1:2 及 PEEP=4 cm H₂O 进行控制呼吸。持续泵注丙泊酚 2~4 mg·kg⁻¹·h⁻¹、瑞芬太尼 0.05~0.1 μg·kg⁻¹·min⁻¹及吸入七氟醚 1%~2%维持麻醉,保持 Narcotrend 值于 40~60。经右颈内静脉穿刺,置入 5F 血管鞘用于放置临时起搏器于右心室心尖部,置入 7F 三腔中心静脉导管用于中心静脉压(central venous pressure,CVP)监测及泵注血管活性药物。经食道放入超声探头用于术中经食道超声心动图(transesophageal echocardiography,TEE)监测,并于鼻咽部放置测温探头用于体温监测。

1.3 术中管理 放置临时起搏器之前,静脉注射肝素 1.2 mg/kg,维持 ACT 250~300 s。穿刺左侧股动脉置入动脉鞘,放置猪尾导管至主动脉根部,用于造影和监测主动脉根部与左心室的压力。穿刺右侧股动脉用于球囊扩张和置入自膨胀瓣膜。主动脉造影确定解剖结构与冠状动脉位置,行 TEE 检查评估心

脏功能及瓣膜参数,如主动脉瓣面积、压力阶差、主动脉根部直径与瓦氏窦部内径等。球囊扩张与释放瓣膜在 RVP 下进行,在 RVP 前以起搏心率为 70~80 次/min 检测起搏器工作是否正常,球囊扩张时设定起搏心率为 180 次/min,持续时间为 10 s。释放瓣膜时起搏心率为 140 次/min,持续时间 18~20 s。当瓣膜完全释放后,监测左心室和主动脉根部压力,主动脉根部造影及 TEE 检查确认瓣膜位置是否满意、开启状态是否良好及有无瓣周漏,记录主动脉瓣跨瓣压差、主动脉瓣口流速及左心室射血分数(left ventricular ejection fractions,LVEF)等。术中根据 SVV 及 CVP 变化适量输注晶体液与胶体液,泵注或间断静脉注射去甲肾上腺素、去氧肾上腺素或肾上腺素以维持患者血流动力学稳定。术毕采用 0.5%罗哌卡因于腹股沟穿刺部位局部浸润。待患者清醒,自主呼吸恢复,在手术室拔除气管导管后送入心内科监护病房(CCU)。

2 结 果

手术时间 90~170 min,拔管时间 30~47 min。所有患者术中血流动力学均未出现剧烈波动,置入人工主动脉瓣膜后心脏功能均有明显改善(表 1)。病例 1 在麻醉诱导后采用静脉泵注去氧肾上腺素维持血压,球囊扩张及瓣膜释放后均未使用血管活性药物。病例 2 与 3 因左心室功能差,术前、术中及术后均需应用去氧肾上腺素、去甲肾上腺素及肾上腺素维持血流动力学稳定。所有患者在停止 RVP 后心率很快回到基础值,未行电击除颤。术中置入瓣膜顺利,其中病例 2 在人工主动脉瓣置入后行 TEE 检查提示严重瓣周漏,随即再次置入另一人工瓣膜后明显改善。病例 1 术后 3 d 发生冠状动脉阻塞,引发急性心肌梗死,急诊行冠状动脉造影术提示左冠状动脉主干重度狭窄,经抢救无效死亡。病例 2 术后 2 d 出现完全性左束支传导阻滞,I 度房室传导阻滞。病例 3 术后 2 d 出现Ⅲ度房室传导阻滞,在术后第 4 天安置永久性人工心脏起搏器。所有患者 CCU 留滞时间 2~5 d,住院时间 8~14 d。2 例患者术后复查冠状动脉 CTA 无明显异常,B 型利钠肽(BNP)明显下降,心脏彩色多普勒超声提示心功能明显改善,无严重并发症(表 2)。

表 1 患者术中情况

项目	病例 1	病例 2	病例 3
麻醉诱导期桡动脉血压(mm Hg)			
诱导前	110/60	78/43	80/50
气管插管后	100/55	82/50	82/51
麻醉诱导期心率(次/min)			
诱导前	70	63	82
气管插管后	62	63	83
主动脉根部压力(mm Hg)			
置入前	125/61	137/76	95/53

续表 1 患者术中情况			
项目	病例 1	病例 2	病例 3
置入后	147/58	129/76	112/76
左心室压力(mm Hg)			
置入前	234/22	172/50	112/64
置入后	147/22	130/33	114/22
主动脉瓣跨瓣压差(mm Hg)			
置入前	139	53	83
置入后	13	29	12
主动脉瓣口流速(cm/s)			
置入前	589	364	456
置入后	180	271	174
LVEF(%)			
置入前	43	31	41.2
置入后	51	42	45
球囊扩张次数(次)	3	8	2
释放瓣膜时桡动脉平均动脉压(mm Hg)	68	54	64
释放瓣膜时间(s)	18	20(2 次)	20
心血管活性药物	去氧肾上腺素	去氧肾上腺素、肾上腺素、去甲肾上腺素	去氧肾上腺素、肾上腺素、去甲肾上腺素
桡血压、主动脉根部及左心室压力以收缩压(SBP)/舒张压(DBP)表示			

表 2 患者术后情况			
项目	病例 1	病例 2	病例 3
手术时间(min)	160	170	90
拔管时间(min)	30	47	45
BNP(pg/mL)			
术前	1 200	3 480	1 900
术后第 1 天	809	2 770	1 340
CCU 留滞时间(d)	2	2	5
住院时间(d)	8	13	14
术后事件	冠状动脉口阻塞,死亡	完全性左束支传导阻滞,Ⅰ度房室传导阻滞	Ⅲ度房室传导阻滞,完全性左束支传导阻滞
永久性人工心脏起搏器	否	否	是

3 讨 论

TAVI 由于创伤小及不需要在体外循环下进行,是高危老年 AS 患者的替代治疗方法。由于此类患者心功能差、高龄及并存疾病等,TAVI 的麻醉风险高。完善的术前评估与计划是围术期管理的基础,应特别注意如左室功能、肺动脉高压、二尖瓣返流、再血管化不全、间接依赖冠脉循环、心力衰竭以及并发慢性阻塞性肺疾病(COPD)、急/慢性肾功能不全等^[5]。本组患者均为高龄,入院时心功能极差,无法耐受体外循环下行外科主动脉瓣置换术,经内科积极进行强心、利尿等治疗,心功能有所改善,但术前仍有 2 例患者不能平卧,需持续吸氧及半卧位进入手术室。另外,TAVI 术前预防性使用抗生素有助于降低术后伤口感染与心内膜炎的风险^[5]。

自 2002 年开展第 1 例经股动脉 TAVI 以来^[6],目前已经发展了多种径路与方法^[7]。经股动脉 TAVI 可在全身麻醉或局部麻醉复合镇静下进行^[8]。局部

麻醉复合镇静与全身麻醉相比,可避免麻醉诱导引起的血流动力学紊乱,及时发现神经系统并发症,术中儿茶酚胺用量较少且术后 ICU 留滞时间短,研究还发现局部麻醉复合镇静的患者术中脑氧及术后认知功能与全身麻醉的患者无明显差异^[9],然而,仍有 17% 的局部麻醉患者术中需转为全身麻醉^[10]。气管插管全身麻醉可保证气道安全,便于术中进行 TEE 监测,以及维持无体动确保手术操作顺利等优点,并且,在紧急情况下可保证体外循环迅速建立。本研究 3 例患者均采用气管插管全身麻醉,其中 2 例患者术前心功能差,不能平卧,不能耐受局部麻醉。麻醉诱导前静脉给予右美托咪定,具有镇静、镇痛作用,可解除患者焦虑,缓解患者紧张,同时有利于右侧桡动脉穿刺进行有创动脉血压监测。此外,应选择对心肌抑制较小的麻醉药物,避免加重患者心功能抑制。本组患者在麻醉诱导过程中血流动力学均较平稳,术中无麻醉相关不良事件。

TAVI 术中进行球囊扩张与瓣膜释放操作时,需在 RVP 下进行,血流动力学管理是手术成功的关键。在 RVP 前,应根据患者 CVP、TEE 及 FloTrac/Vigileo 监测情况,适当调整全身血容量水平,维持血流动力学平稳,纠正酸碱平衡与电解质紊乱,并备好除颤设备。RVP 诱发室性心动过速,起搏心率为 180 次/min,当血压达到目标值时,扩张与抽瘪球囊应迅速,随后停止起搏。在 RVP 前可通过泵注或静脉推注去氧肾上腺素或去甲肾上腺素以增加平均动脉压。在瓣膜释放过程中应用 RVP 及暂停呼吸有助于限制心脏摆动^[11]。然而,RVP 可降低心输出量,并可严重影响 AS 患者的血流动力学状态。因此,应限定 RVP 持续时间及次数,并且在 RVP 前使平均动脉压大于或等于 75 mm Hg 或收缩压至少维持在 120 mm Hg,以增加血流动力学储备,避免长时间血流动力学不稳,保证患者循环功能迅速恢复^[5]。对于 RVP 后循环功能恢复缓慢的患者,可给予心血管活性药物如去甲肾上腺素、去氧肾上腺素或肾上腺素,避免长时间低血压。另外,应避免高血压,其有引起出血增加及心室破裂的风险,尤其是经左心室心尖径路的 TAVI 患者。本组患者中,在球囊扩张及瓣膜释放后,通过应用去氧肾上腺素、去甲肾上腺素及肾上腺素等,均将患者血压维持在较满意的水平,患者循环恢复较快,没有增加血管活性药物的用量。

TAVI 手术围术期并发症十分常见^[5],可引起严重的血流动力学紊乱并可能发生猝死。常见并发症包括:栓塞、主动脉环部和/或根部破裂、心包填塞、心律失常(包括传导阻滞)、冠状动脉阻塞、支架瓣膜脱落、瓣周漏及急性肾功能不全等^[11-12]。麻醉医师需了解并及时、准确处理术中可能发生的各种并发症。瓣周漏几乎见于所有 TAVI 手术患者,多数为轻度。术中 TEE 监测有助于发现主动脉瓣返流,并评估患者的心功能。本组患者中,1 例在放置人工瓣膜后瓣周漏明显,再次放置另一人工瓣膜后有明显改善。此外,主动脉瓣返流的患者可应用小剂量肾上腺素,有助于预防心力衰竭。本组病例中,有 1 例于术后 3 d 发生冠状动脉阻塞,引发急性心肌梗死,急诊行冠状动脉造影发现左主干重度狭窄,经抢救无效死亡。据文献报道,TAVI 术后冠状动脉阻塞发生率相对较低(0.8%)^[13],但预后极差,常导致患者死亡,其常见原因可能是由于瓣膜支架置入过高,挡住了冠状动脉开口。术前应仔细评估冠状动脉开口高度、瓦氏窦宽度与高度,术中行主动脉根部造影,避免冠状动脉开口受阻^[14]。TAVI 术后另一常见并发症是损伤传导系统^[15]。文献报道,置入 CoreValve 人工瓣膜系统的患者约 19.7%需安置心脏起搏器^[16]。传导阻滞常发生于术后 1~3 d,多数患者在 48 h 内可恢复,其发生机制尚不明确,推测可能与自膨胀支架持续压迫左室流出道及室间隔心内膜下的传导组织有关^[17]。本组中

有 1 例患者术后 2 d 发生Ⅲ度房室传导阻滞,置入永久性人工心脏起搏器后 6 d 出院,另 1 例患者术后出现完全性左束支传导阻滞,Ⅰ度房室传导阻滞,未经特殊处理后顺利出院。

TAVI 术中置入鞘管之前应进行肝素抗凝,并维持激活凝血时间(activated clotting time,ACT)>300 s。有学者提出应用鱼精蛋白:肝素 1:1 进行肝素拮抗,但也有学者认为若外科出血风险不高,经股动脉径路 TAVI 术后不需要拮抗肝素^[5]。本组患者由于创伤小,术后均未使用鱼精蛋白拮抗肝素。此外,应固定好经静脉路径的心室起搏导线,并放置于原位,特别是心脏传导阻滞风险较高的患者,直到术后决定是否需安置心脏起搏器才能拔除。有文献报道,47%的 TAVI 患者术后需安置心脏起搏器,并与女性及低射血分数(EF)显著相关^[18]。

手术结束后,如果患者恢复好,一般可在手术室内拔除气管导管,也可将患者送入 ICU。不同径路的 TAVI 患者,由于组织损伤程度不同,术后疼痛管理也略有差异。经股动脉径路 TAVI 患者可术毕于腹股沟部注射长效局部麻醉药物或静脉给予镇痛药物,全身麻醉恢复后可耐受口服用药,术后可口服镇痛药物^[12]。对于经左心室心尖部径路 TAVI 患者,应常规进行术后镇痛,如给予静脉镇痛药物、切口部位注射局部麻醉药物或肋间神经阻滞等。因 TAVI 术中肝素化及术后需双重抗血小板治疗,一般不推荐采用硬膜外镇痛^[8,12]。

总之,TAVI 作为重度 AS 患者的一种新型治疗手段,具有创伤小,操作时间短等优点,但仍可能发生多种危及生命的严重并发症。充分的术前准备、完善的术中监测、严密的血流动力学管理及密切的多学科协作是 TAVI 成功的关键。

参考文献

- [1] FREEMAN R V,OTTO C M. Spectrum of calcific aortic valve disease:pathogenesis,disease progression,and treatment strategies[J]. Circulation, 2005, 111(24): 3316-3326.
- [2] PASSIK C S,ACKERMANN D M,PLUTH J R,et al. Temporal changes in the causes of aortic stenosis;a surgical pathologic study of 646 cases[J]. Mayo Clin Proc, 1987,62(2):119-123.
- [3] IUNG B,BARON G,BUTCHART E G,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(13):1231-1243.
- [4] SMITH C R,LEON M B,MACK M J,et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients[J]. N Engl J Med, 2011,364(23):2187-2198.
- [5] HOLMES D R,MACK M J,KAUL S,et al. 2012 ACCF/AATS/SCAI/STS expert consensus document on transcatheter aortic valve replacement[J]. J Am Coll Cardiol, 2012,59(13):1200-1254.

- [6] 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.
- [7] RODES J. Transcatheter aortic valve implantation: current and future approaches[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2011, 9(1): 15-29.
- [8] REX S. Anesthesia for transcatheter aortic valve implantation; an update[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2013, 26(4): 456-466.
- [9] MAYR N P, HAPFELMEIER A, MARTIN K, et al. Comparison of sedation and general anaesthesia for transcatheter aortic valve implantation on cerebral oxygen saturation and neurocognitive outcome[J]. *Br J Anaesth*, 2016, 116(1): 90-99.
- [10] BERGMANN L, KAHLERT P, EGGBRECHT H, et al. Transfemoral aortic valve implantation under sedation and monitored anaesthetic care—a feasibility study[J]. *Anaesthesia*, 2011, 66(11): 977-982.
- [11] CHOU W H, WANG Y C, HUANG H H, et al. Transcatheter aortic valve implantation: Anesthetic experience of retrograde transfemoral approach with CoreValve ReValving System[J]. *Acta Anaesthesiol Taiwan*, 2014, 52(1): 2-5.
- [12] HUFFMYER J, TASHJIAN J, RAPHAEL J, et al. Management of the patient for transcatheter aortic valve implantation in the perioperative period[J]. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2012, 16(1): 25-40.
- [13] KHATRI P J, WEBB J G, RODES J, et al. Adverse effects associated with transcatheter aortic valve implantation: a meta-analysis of contemporary studies[J]. *Ann Intern Med*, 2013, 158(1): 35-46.
- [14] RIBEIRO H B, WEBB J G, MAKAR R R, et al. Predictive factors, management, and clinical outcomes of coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation: insights from a large multicenter registry[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(17): 1552-1562.
- [15] VAN DER BOON R M, NUIS R J, VAN MIEGHEM N M, et al. New conduction abnormalities after TAVI-frequency and causes[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2012, 9(8): 454-463.
- [16] BLEIHZIFFER 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(4): 615-620.
- [17] SELLEVOLD O F, GUARRACINO F. Transcatheter aortic valve implantation: recent advances and future[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2010, 23(1): 67-73.
- [18] LATSIOS G, GERCKENS U, BUELLESFELD L, et al. "Device landing zone" calcification, assessed by MSCT, as a predictive factor for pacemaker implantation after TAVI[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2010, 76(3): 431-439.

(收稿日期: 2018-01-22 修回日期: 2018-04-19)

(上接第 2942 页)

- [3] MANNO C, STRIPPOLI G F, ARNESANO L, et al. Predictors of bleeding complications in percutaneous ultrasound-guided renal biopsy[J]. *Kidney Int*, 2004, 66(4): 1570-1577.
- [4] FURNESS P N, PHILPOTT C M, CHORBADJIAN M T, et al. Protocol biopsy of the stable renal transplant: A multicenter study of methods and complication rates[J]. *Transplantation*, 2003, 76: 969.
- [5] LAHME S, BICHLER K H, STROHMAIER W L, et al. Minimally invasive PCNL in patients with renal pelvic and calyceal stones[J]. *Eur Urol*, 2001, 40(6): 619-624.
- [6] TURNA B, NAZLI O, DEMIRYOGURAN S, et al. Percutaneous nephrolithotomy: variables that influence hemorrhage[J]. *Urology*, 2007, 69(4): 603-607.
- [7] 彭裕文. 局部解剖学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001.
- [8] 王杭, 王国民, 罗宝国, 等. 国人肾血管应用解剖学研究及其临床意义[J]. *复旦学报(医学版)*, 2007, 34(2): 119-121.
- [9] 冯钢, 苏泽轩, 李逊, 等. 微创经皮肾镜取石术的应用解剖及其临床应用[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2004, 22(4): 432-434.
- [10] URBAN B A, RATNER L E, FISHMAN E K. Three-dimensional volume-rendered ct angiography of the renal arteries and veins: normal anatomy, variants, and clinical applications[J]. *Radiographics*, 2001(21): 373-386.
- [11] FISHER R G, BEN-MENACHEM Y, WHIGHAM C. Stab wounds of the renal artery branches: angiographic diagnosis and treatment by embolization[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1989, 152(6): 1231-1235.
- [12] SCHWARTZ M J, SMITH E B, TROST D W, et al. Renal artery embolization: clinical indications and experience from over 100 cases[J]. *BJU Int*, 2007, 99(4): 881-886.
- [13] PAPPAS P, LEONARDOU P, PAPADOUKAKIS S, et al. Urgent superselective segmental renal artery embolization in the treatment of life-threatening renal hemorrhage[J]. *Urol Int*, 2006, 77(1): 34-41.
- [14] CHATZIOANNOU A, BROUNTZOS E, PRIMETIS E, et al. Effects of superselective embolization for renal vascular injuries on renal parenchyma and function[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2004, 28(2): 201-206.
- [15] 伍筱梅, 赖清. 微创经皮肾镜取石术后严重出血的 DSA 诊断和介入治疗[J]. *中华放射学杂志*, 2008, 42(8): 812-816.
- [16] TAN W A, CHOUGH S, SAITO J, et al. Covered stent for renal artery aneurysm[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2001, 52(1): 106-109.
- [17] HORWITZ M D, HANBURY D C, KING C M. Renal artery pseudoaneurysm following partial nephrectomy treated with stent-graft[J]. *Br J Radiol*, 2005, 78(926): 161-163.

(收稿日期: 2018-01-22 修回日期: 2018-05-24)