

·实验研究 Experimental research·

新型双环状主动脉瓣支架研制及实验研究

陈翔, 阚通, 储国俊, 张本, 王飞宇, 张建, 秦永文, 朱志军, 吴丹宁

【摘要】 **目的** 探讨开胸穿刺心尖经导管植入双环状主动脉瓣支架置换动物主动脉瓣的可行性和有效性。**方法** 自主研制新型双环状主动脉瓣支架。选择健康实验山羊 3 头, 侧开胸小切口显露心尖, 穿刺左心室心尖建立轨道, 透视下沿加硬导丝经 22 F 输送鞘管将双环状支架送至主动脉瓣上方, 利用张开的支架外环准确定位于主动脉瓣窦底, 随后扩张球囊释放支架, 置换动物主动脉瓣。术后即刻观察评估实验效果。**结果** 3 头实验羊经导管主动脉瓣植入(TAVI)术均获得成功, 术后即刻 DSA 及解剖学评价表明人工主动脉瓣膜植入位置理想, 代替原瓣膜工作。**结论** 新型双环状主动脉瓣支架经心尖途径 TAVI 术可行, 效果理想。

【关键词】 经心尖路径; 经导管主动脉瓣植入; 主动脉瓣关闭不全

中图分类号: R542.52 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2017)-04-0344-06

A novel double-ring aortic valve stent: its development and experimental study CHEN Xiang, KAN Tong, CHU Guojun, ZHANG Ben, WANG Feiyu, ZHANG Jian, QIN Yongwen, ZHU Zhijun, WU Danning. Cardiovascular Therapeutic Center, No.117 Hospital of People's Liberation Army, Hangzhou, Zhejiang Province 310013, China

Corresponding author: WU Danning, E-mail: cxflyer@tom.com

【Abstract】 **Objective** To discuss the feasibility and effectiveness of transcatheter implantation of double-ring aortic valve stent through puncturing the tip of the heart under thoracotomy. **Methods** A novel double-ring aortic valve stent was independently designed by the authors. Three healthy goats were selected for this study. A small incision on the left anterolateral thoracic wall was made to expose the cardiac apex, then the puncturing of the left ventricular apex was performed to establish the working pathway. Guided by fluoroscopy, along a hard guide wire a double-ring aortic valve stent was inserted through a 22-French sheath to the site above the aortic valve. By utilizing the opened outer ring of the stent, the double-ring aortic valve stent was accurately placed at the bottom of the aortic valve sinus. Then, the balloon was inflated and the stent was released to substitute the original aortic valve of the experimental goat. The experiment results were evaluated immediately after the procedure. **Results** Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) was successfully accomplished in all the three experimental goats. DSA was performed immediately after the procedure and anatomy evaluation indicated that the position of the implanted artificial aortic valve was satisfactory, which could replace the work of original valve. **Conclusion** It is technically feasible and clinically effective to use this novel double-ring aortic valve stent to perform TAVI through transapical route by puncturing the left ventricular apex. (J Intervent Radiol, 2017, 26; 344-349)

【Key words】 transapical route; transcatheter aortic valve implantation; aortic valve insufficiency

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2017.04.014

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(81500298)

作者单位: 310013 杭州 解放军第 117 医院心血管中心(陈翔、朱志军、吴丹宁);第二军医大学附属长海医院心血管内科(陈翔、阚通、储国俊、王飞宇、张建、秦永文);广州军区总医院心胸外科(张本)

通信作者: 吴丹宁 E-mail: cxflyer@tom.com

严重钙化性主动脉瓣狭窄可通过微创经导管主动脉瓣植入(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)术得到有效治疗,但单纯的严重主动脉瓣关闭不全患者仍列为 TAVI 术禁忌证,主要原因是支架植入时难以准确定位及支架易移位,手术失败率较高^[1]。我们自主研发开发出一种双环状主动脉瓣支架,其创新性设计有望解决目前临床上常用支架失败率高的问题。本研究旨在通过 TAVI 动物实验,证实此新型支架应用可行性和有效性,为未来临床应用提供实验依据。

1 材料与方法

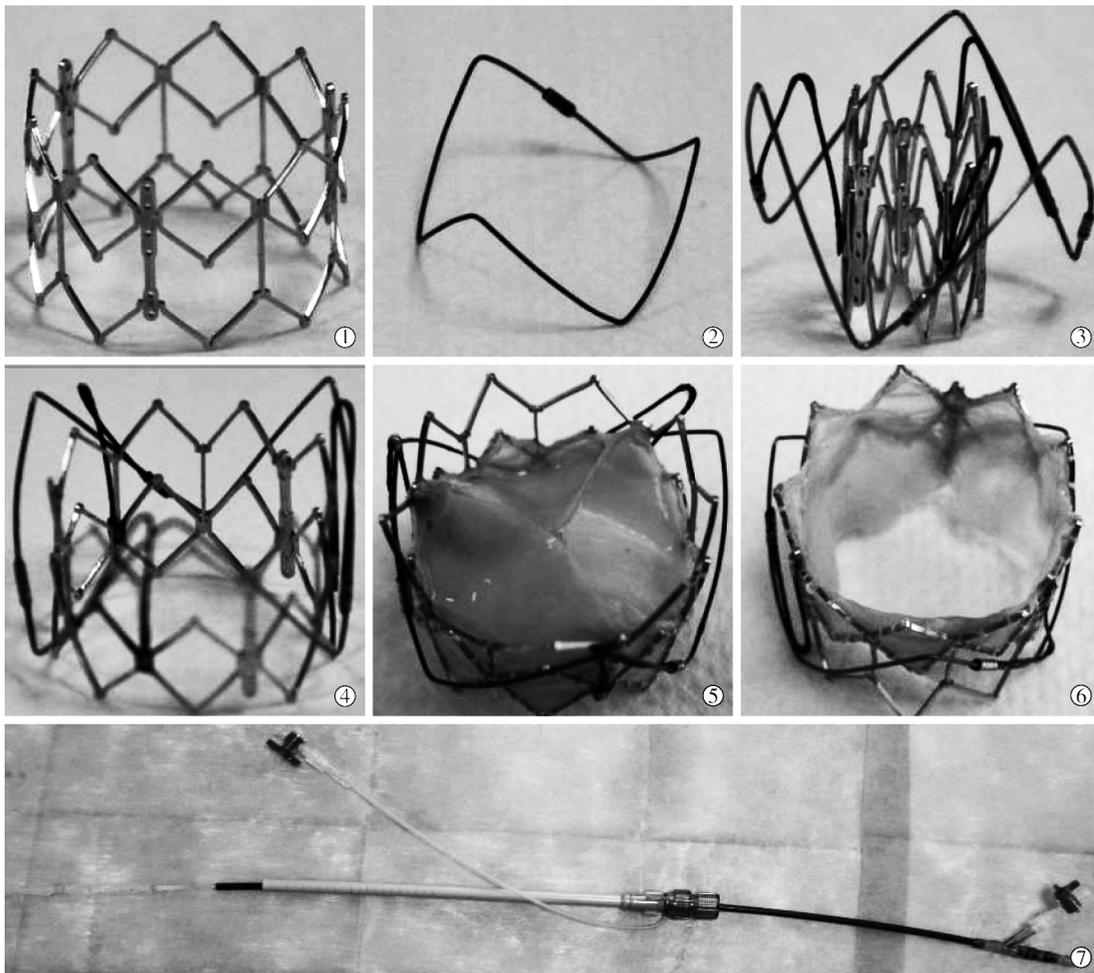
1.1 可定位双环状主动脉瓣支架及其输送装置

双环状主动脉瓣支架为双层结构,内层结构(内环)材料为钴基合金,类似临床上广泛应用的 Edwards 球囊扩张式支架,经激光切割后呈圆柱形网状,可通过支架压缩机压缩,经球囊扩张后可恢复原状;人工主动脉瓣膜材料为猪心包,经灭菌抗

钙化等处理后裁剪、缝合至支架内环中形成带瓣膜支架;支架外圈设有一“预锚定”外环,材料为镍钛记忆合金,其底角比内环底边高 5 mm,与内环之间通过 V 形镍钛记忆合金丝相连接(图 1①~⑥)。支架通过鞘管送入升主动脉时,镍钛合金外环会自动恢复张开状态,内环仍为压缩状态。外环的作用是准确定位主动脉窦底,以辅助支架整体精准植入。双环状支架高 15 mm,直径分为 20、23、26 mm 等 3 种型号。

双环状主动脉瓣膜支架输送装置由外鞘和支架输送鞘管两部分组成,支架输送鞘管头端为可扩张球囊。外鞘与支架输送鞘一体相连,支架压缩至输送鞘管的球囊后,后撤输送鞘可将球囊回收至外鞘中(图 1⑦)。对应头端预载球囊的不同直径,支架输送装置也分为 20、23、26 mm 等 3 种型号。

双环状主动脉瓣膜支架及其输送装置由第二军医大学附属长海医院心脏中心与乐普(北京)医疗器械股份有限公司合作研制,已通过中国食品药



①支架内环;②支架外环;③压缩后内环与外环通过 V 形镍钛丝连接;④支架扩张后形态;⑤支架带主动脉瓣膜外观;⑥支架流出道面观;⑦支架输送装置外观

图 1 双环状主动脉瓣支架结构及经心尖支架输送装置图

品检定研究院(国家食品药品监督管理局医疗器械标准管理中心)性能检测。

1.2 实验动物及术前准备

取健康清洁级实验山羊 3 头, 体质量(21.3 ± 3.6) kg, 雌雄不限, 由上海海军医学研究所提供。术前心电图、X 线胸片、超声心动图检查均无异常。禁食、水 8 h 后, 氯胺酮(10 mg/kg) 肌内注射作诱导, 术中静脉注射丙泊酚($0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) 维持麻醉。行气管插管和呼吸机辅助呼吸, 心电监护和氧饱和度监测。所有实验动物处置均符合国家科学技术委员会 1988 年颁布的《实验动物管理条例》。

1.3 手术过程

常规方法穿刺左右两侧股动脉和右侧股静脉, 分别置入 6 F 鞘管; 经右侧股静脉鞘管送入临时起搏导线至右室心尖部, 连接临时起搏器, 测试证实起搏功能正常; 经左侧股动脉鞘管送入 6 F 猪尾导管作主动脉瓣上造影, 确定最佳造影体位; 根据所测量主动脉瓣环直径选择带主动脉瓣膜支架型号(支架直径比瓣环直径大 $2 \sim 4 \text{ mm}$), 通过支架压缩机将其压缩至相应大小的预载鞘球囊上。

实验羊取右侧卧位, 左胸骨旁第 4 肋间 4 cm 小切口, 逐层切开皮肤及皮下组织; 撑开器撑开肋骨, 显露心脏; 切开心包, 心包吊篮悬吊心脏, 用 5-0 Prolene 线在左心室靠近心尖位置处缝合荷包备用。

从心尖荷包中心穿刺送 J 型导丝经左心室、升主动脉至降主动脉, 沿 J 型导丝送入 7 F 防漏鞘管; 退出 J 型钢丝, 沿鞘管送入加硬导丝至降主动脉建立轨道; 退出 7 F 防漏鞘管, 沿加硬钢丝插入 22 F 预装有双环状主动脉瓣膜支架的输送鞘管; 透视下将输送鞘管带支架部分送至主动脉瓣上方, 缓慢后撤外鞘管, 可见支架自膨胀镍钛合金外环自动弹开, 然后缓慢回拉输送球囊将支架整体后撤, 使外环 3 个“触角”分别置于主动脉 3 个窦底; 猪尾导管末端连接高压注射器作主动脉瓣上造影, 确定支架外环位于主动脉瓣窦底, 此时表明支架整体已准确定位; 打开临时起搏器, 以 $270 \sim 330 \text{ 次/min}$ 起搏心室, 通过有创动脉压力监测仪测得动脉血压下降至 50 mmHg 以下为起搏有效; 透视下向球囊内快速注射稀释对比剂(与 0.9% 氯化钠溶液 $1:10$ 配比), 撑开球囊释放支架; 透视下确定球囊扩张充分, 支架完全打开后回抽对比剂抽空球囊, 停临时起搏, 退出球囊导管, 退出鞘管、加硬钢丝; 收缩并结扎好荷包。术毕即刻复查主动脉瓣上造影, 观察主动脉瓣

支架情况, 评估支架植入后即刻效果。

1.4 术后处理

手术结束前 10 min 停用丙泊酚, 术毕以青霉素 160 万 U 抗感染。待实验羊自主呼吸和角膜放射恢复, 血压和心律稳定后, 拔除气管插管, 自然体位下观察 30 min 。经胸超声心动图观察支架主动脉瓣位置及功能。术后处死 1 头实验羊, 观察解剖学效果。术后青霉素预防感染 5 d , 皮下注射低分子肝素(2 500 U/d) 3 d , 长期口服阿司匹林($3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)。伤口每日以碘酊消毒至 2 周后拆线。

2 结果

2.1 手术情况

术中均植入直径 23 mm 支架。术后 3 头实验羊均存活。手术时间为平均(108.3 ± 20.5) min , X 线透视时间为平均(12.3 ± 3.2) min 。

2.2 术后即刻 DSA 评价

术后即刻复查主动脉瓣上造影显示, 3 头实验羊支架植入位置准确, 支架远端位于冠状动脉开口下方 $1 \sim 2 \text{ mm}$, 冠状动脉开口未受影响, 无明显反流及瓣周漏, 二尖瓣未受影响(图 2)。

2.3 术后即刻解剖学评价

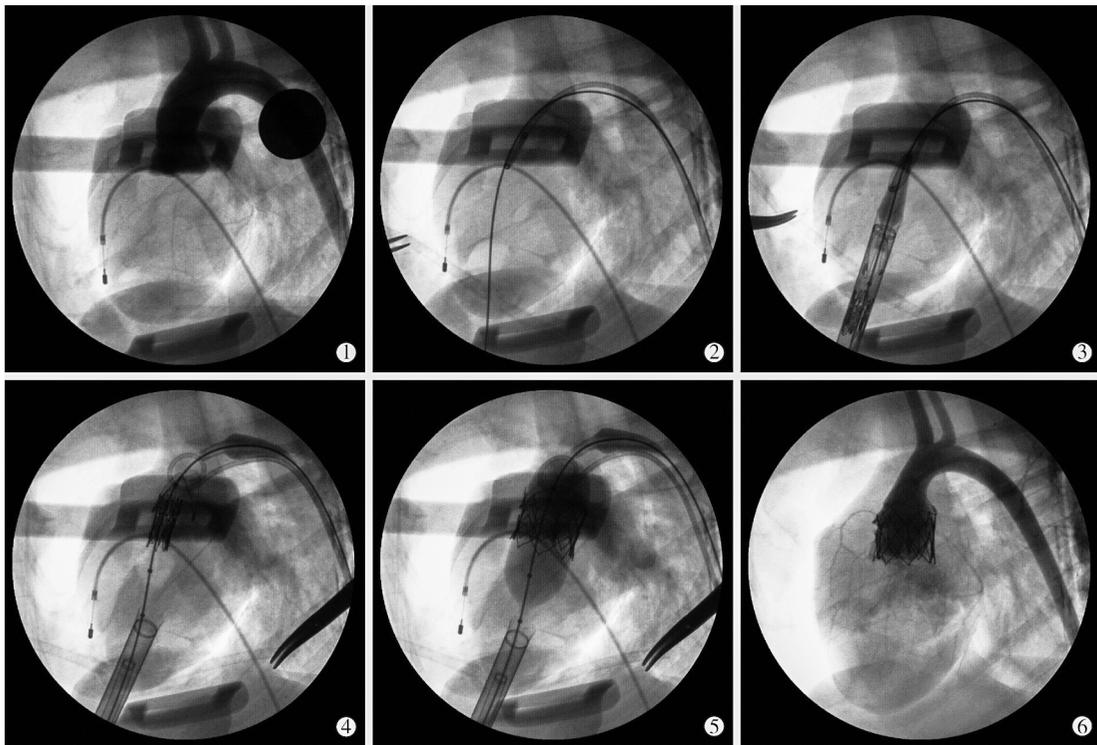
术后 1 h 深度麻醉处死 1 头羊, 解剖心脏后, 可见双环状主动脉瓣膜支架植入位置准确, 自身瓣膜被压至血管壁, 支架未影响冠状动脉和二尖瓣; 支架扩张充分, 人工瓣膜形态正常。

余 2 只实验羊术后 1 个月正常存活, 进食、活动自如, 无明显气喘, 无行为异常。

3 讨论

主动脉瓣关闭不全(又称主动脉瓣返流)为最常见的心血管疾病之一。西方社会主动脉瓣关闭不全发生率为 1.7% ^[2], 我国主动脉瓣关闭不全人群可能远大于该比例^[3]。严重主动脉瓣关闭不全预后极差, 内科治疗效果不佳, 一直以来唯一有效的治疗方法是外科主动脉瓣置换术, 但许多高危患者无法耐受传统外科手术, 治疗无望^[4]。

近年 TAVI 术因安全、创伤小、恢复快等优点, 已作为外科手术替代方法应用于严重主动脉瓣狭窄治疗^[5-6]。然而主动脉瓣关闭不全仍列为 TAVI 术禁忌证^[7-8]。TAVI 术尚不适用于主动脉瓣关闭不全的原因主要有两点, 一是支架在无钙化狭窄主动脉瓣的原位准确定位很困难, 二是在光滑无狭窄主动脉瓣关闭不全情况下植入支架易发生支架移位^[9]。



①术前造影;②建立轨道;③鞘管进入左心室;④支架外环三角底部定位主动脉窦(箭头所示);⑤球囊扩张释放支架;
⑥术后造影支架位置良好,无返流,冠状动脉清晰显影

图 2 小切口开胸经心尖经导管双环状主动脉瓣支架植入术 DSA 影像

TAVI 术在主动脉瓣狭窄和主动脉瓣关闭不全中应用的主要区别,在于 TAVI 治疗钙化性主动脉瓣狭窄时,患者钙化的主动脉瓣叶在术中透视下清晰可见,利于支架植入准确定位,而单纯主动脉瓣关闭不全患者因主动脉瓣无钙化,透视下主动脉瓣不显影,支架准确定位很困难。此外,支架在无钙化主动脉瓣区域植入易产生滑支而导致移位,客观上增加了 TAVI 术失败风险。因此,如何有效地解决支架在无钙化主动脉瓣区准确定位、稳定植入,成为目前 TAVI 术能否成功用于主动脉瓣关闭不全患者的技术关键。

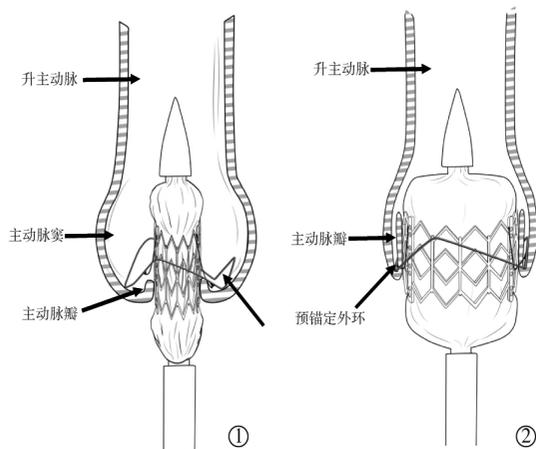
目前 TAVI 手术广泛应用的支架主要有 Edwards-Sapien 球囊扩张式瓣膜支架系统(美国 Edwards 生命科学公司)和 CoreValve 自膨式瓣膜支架系统(美国 Medtronic 公司)。这两种支架主要设计用于治疗严重主动脉狭窄。有研究者尝试将 CoreValve 自膨式瓣膜支架用于单纯主动脉瓣关闭不全患者,结果发现支架植入不到位比例高达 20%^[10]。Edwards-Sapien 支架在单纯主动脉瓣关闭不全患者应用中同样难以准确植入。为提高 Edwards-Sapien 支架植入主动脉瓣关闭不全患者的成功率,有研究者采取一些支架辅助定位和锚定措施,即通过外周血管预先在主动脉窦底置入一 Helio 自膨胀镍钛合金环,其作用

一是为了 DSA 透视下有一个准确定位标记,明确主动脉瓣位置,二是为了支架植入时有一“锚定点”,减少支架移位发生^[11]。这样,支架在主动脉瓣返流中植入成功率大为提高。然而该方法缺点在于手术过程太复杂,不利于推广。

近期国外新开发出专用于 TAVI 术治疗单纯主动脉瓣反流的双层自膨胀支架系统——JenaValve 支架系统和 ACURATE TA 支架系统^[12-13],共同特点是在支架底部外层均设计有 3 个张开的“触角”结构,用于定位主动脉的 3 个窦,有利于支架准确定位植入,早期研究结果表明可提高 TAVI 术在单纯主动脉瓣返流中应用的成功率。这两种新型支架内外环均为自膨胀材料,只能通过开胸经心尖途径植入,不能通过外周血管途径植入,未能做到真正微创,应用受到限制。国内苏州杰成医疗科技公司近期推出专用于主动脉瓣关闭不全的 J-Valve 支架系统,早期临床结果显示用于主动脉关闭不全的成功率很高^[14]。该支架同样是双层自膨胀结构,仅适用于经心尖途径植入,无法经外周血管途径植入。

本研究团队在前期相关研究^[15-16]基础上,自主设计专用于治疗主动脉瓣关闭不全的新型支架——可定位双环状主动脉瓣支架。支架为双层结构,内环呈球囊扩张式,材料为钴基合金;外环材料

为镍钛记忆合金,其底角比内环底边高 5 mm,外环与内环之间通过 V 形镍钛记忆合金丝相连接。支架植入时支架通过鞘管送入升主动脉后,镍钛合金外环会自动恢复张开状态,而内环仍为压缩状态。根据人体主动脉瓣区解剖特点,主动脉窦底内径要略大于左心室流出道内径,因此在升主动脉打开支架外环后整体回拉支架时,外环的 3 个底角将会“卡”主动脉窦底而无法进入左心室流出道,此时适当调整方向,可使外环 3 个角准确定位在主动脉 3 个窦底位置(图 3①),标志着主动脉瓣支架内环底端位于主动脉窦下 5 mm。这正是支架植入最理想位置,此时扩张内环释放支架,可保证支架植入位置精准(图 3②),有效解决了支架难以准确定位的困难。另外,支架扩张释放后内环与镍钛合金外环可像“三明治”一样夹住 3 个主动脉瓣叶,外加扩张后支架整体紧贴主动脉瓣侧壁,使支架牢固固定在主动脉瓣区,术中术后均不易出现支架移动,有效解决了支架易移位问题。



①支架预锚定外环定位在主动脉窦;②定位准确后扩张球囊释放支架
图 3 可定位双环状主动脉瓣支架经心尖途径植入示意图

大量研究表明,球囊扩张式支架术后传导阻滞并发症发生率显著低于自膨式支架^[17]。新型双环状主动脉瓣支架的主体是球囊扩张式支架,目前国外正在研制和应用的主动脉瓣返流支架均为自膨式支架,相比较而言,前者相关传导阻滞并发症发生率可能更低。另外,目前国外正在研制和应用的主动脉瓣关闭不全支架大多只能通过经心尖途径植入,而新型双环状主动脉瓣支架可通过外周血管和穿刺心尖两种途径植入,有效拓展了应用范围。

总之,本研究采用自行研制的双环状主动脉瓣支架成功完成了经心尖 TAVI 术动物实验,术后即刻和近期观察显示该套装置在非钙化主动脉瓣中

应用的可行性和安全性。本研究手术病例还较少,中远期效果有待进一步观察。

[参考文献]

[1] 陈翔,葛均波. 经导管主动脉瓣置入术治疗严重主动脉瓣返流的研究进展[J]. 中华心血管病杂志, 2015, 43: 639-641

[2] Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, et al. Burden of valvular heart diseases: a population-based study[J]. Lancet, 2006, 368: 1005-1011.

[3] Pan W, Zhou D, Cheng L, et al. Candidates for transcatheter aortic valve implantation may be fewer in China[J]. Int J Cardiol, 2013, 168: e133-e134.

[4] Bach DS, Siao D, Girard SE, et al. Evaluation of patients with severe symptomatic aortic stenosis who do not undergo aortic valve replacement: the potential role of subjectively overestimated operative risk[J]. Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2009, 2: 533-539.

[5] Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter aortic valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery[J]. N Engl J Med, 2010, 363: 1597-1607.

[6] Holmes DR Jr, Mack MJ, Kaul S, et al. 2012 ACCF/AATS/SCAI/STS expert consensus document on transcatheter aortic valve replacement: developed in collaboration with the American Heart Association, American Society of Echocardiography, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Heart Failure Society of America, Mended Hearts, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2012, 144: e29-e84.

[7] Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology(ESC), European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), Vahanian A, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012)[J]. Eur Heart J, 2012, 33: 2451-2496.

[8] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 63: e57-e185.

[9] Roy D, Sharma R, Brecker S. Native aortic valve regurgitation: transcatheter therapeutic options[J]. EuroIntervention, 2013, 9 (Suppl): S55-S62.

[10] Roy DA, Schaefer U, Guetta V, et al. Transcatheter aortic valve implantation for pure severe native aortic valve regurgitation[J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 61: 1577-1584.

[11] Barbanti M, Ye J, Pasupati S, et al. The Helio transcatheter aortic dock for patients with aortic regurgitation[J]. EuroIntervention, 2013, 9(Suppl): S91-S94.

[12] Schlingloff F, Schafer U, Frerker C, et al. Transcatheter aortic valve implantation of a second-generation valve for pure aortic regurgitation: procedural outcome, haemodynamic data and follow-up[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2014, 19: 388-393.

[13] Wendt D, Kahlert P, Pasa S, et al. Transapical transcatheter

- aortic valve for severe aortic regurgitation: expanding the limits [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2014, 7: 1159-1167.
- [14] Wei L, Liu H, Zhu L, et al. A new transcatheter aortic valve replacement system for predominant aortic regurgitation implantation of the J-Valve and early outcome[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8: 1831-1841.
- [15] 陈翔, 张志钢, 朱玉峰, 等. 小切口开胸经导管肺动脉瓣置换术实验研究[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 978-982.
- [16] 姜海滨, 黄新苗, 白元, 等. 经导管镍钛合金自膨式主动脉人工瓣膜支架植入的实验研究[J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 631-636.
- [17] Sinhal A, Altwegg L, Pasupati S, et al. Atrioventricular block after transcatheter balloon expandable aortic valve implantation [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2008, 1: 305-309.
- (收稿日期: 2016-10-10)
(本文编辑: 边 信)

• 病例报告 Case report •

肾动脉球囊临时置入腹腔镜下肾部分切除 1 例

鲁仁财, 姜永能, 赵卫

【关键词】 球囊; 肾肿瘤; 腹腔镜; 肾切除术; 低温

中图分类号: R544.1 文献标志码: D 文章编号: 1008-794X(2017)-04-0349-02

Preoperative temporary placement of balloon in renal artery for successful performance of laparoscopic partial nephrectomy: report of one case LU Rencai, JIANG Yongneng, ZHAO Wei. Department of Medical Imaging, First Affiliated Hospital, Kunming Medical University, Kunming, Yunnan Province 650032, China

Corresponding author: ZHAO Wei, E-mail: kyyzhaowei@vip.km169.net (J Intervent Radiol, 2017, 26: 349-350)

【Key words】 balloon; renal tumor; laparoscope; nephrectomy; hypothermia

临床资料

患者女, 29 岁。因“检查发现左肾占位 4 d 余”入院。患者 4 d 前无明显诱因出现头痛头晕伴恶心呕吐, 至我院急诊科行颅脑 CT 未见异常, 腹部超声提示左肾实质占位。为求进一步诊治, 遂入我院泌尿外科。患者发病以来无尿急、尿痛及肉眼血尿。入院后行腹部 CT 示左肾中部肿瘤性病变, 良性(血管平滑肌脂肪瘤与黄色肉芽肿性炎)与肾癌待鉴别。MRI 示左肾中部囊实性占位, 考虑肾球旁细胞瘤。GFR: 左肾 40.4 ml/min, 右肾 42.5 ml/min, 左肾中段外侧占位征象, 血流灌注、肾小球滤过功能轻-中度受损, 上尿路引流通畅。肾功能检查: BUN 4.79 mmol/L, Cr 62.0 μmol/L。完善相关检查, 排外手术禁忌, 拟行后腹腔镜下左肾肿瘤切除术, 术前行左肾动脉球囊置入, 并于术中经球囊导管低温灌注。

患者行外科手术当日晨至介入室行左肾动脉临时性球囊置入。采用 Seldinger 穿刺技术经左股动脉置入 5 F 动脉鞘,

经猪尾导管造影明确左肾动脉开口后, 在 5 F Cobra 导管引导下将 0.025 英寸导丝插入肾动脉分支, 退出 Cobra 导管, 沿导丝置入 Fogarty 双腔取血栓导管(12TLW804F)至左肾动脉主干, 充盈球囊试验性阻断血流后, 卸掉球囊, 撤出导丝, 肝素盐水封管后, 外固定导管及动脉鞘, 担架送至外科手术室。

全麻下, 取右侧斜卧位, 腹腔镜下经后腹膜间隙游离左肾及外周脂肪, 见左肾中上部约 4 cm×4 cm×4 cm 肿瘤, 界限清。通过球囊导管用 4℃ 乳酸钠林格液灌注, 并充盈球囊, 肾脏迅速呈苍白色。沿肿瘤包膜完整剔除肿瘤, 缝合肾实质及包膜, 卸掉球囊, 停止灌注, 恢复肾血流, 肾脏颜色转红润, 取出肿瘤送病检, 缝合切口, 术毕。手术时间约 4.5 h, 肾动脉球囊阻断并低温灌注时间约 65 min, 共灌注 4℃ 乳酸钠林格液约 2 000 ml, 术中失血量约 50 ml。患者回病房后拔出球囊导管, 压迫穿刺点。术后病理证实为肾球旁细胞瘤。术后 7 d 血生化: BUN 4.99 mmol/L, Cr 96.0 μmol/L, 术后 8 d 出院。

讨论

腹腔镜下肾部分切除术(laparoscopic partial nephrectomy, LPN)的难点在于如何在切除病灶的同时保留有功能的肾单