

## 二代双源 CT 在冠状动脉旁路移植术后的应用

张义忠<sup>1,2</sup>,王 勇<sup>2\*</sup>,李春和<sup>3</sup>,吴奇勇<sup>2</sup>,张 明<sup>2</sup>,袁俊强<sup>2</sup>,袁 凯<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>绍兴第二医院心胸外科,浙江 绍兴 312000;<sup>2</sup>南京医科大学附属常州第二人民医院胸心外科,<sup>3</sup>放射科,江苏 常州 213000)

**[摘要]** 目的:评价二代双源 CT 在冠状动脉旁路移植(CABG)患者术后随访中的应用价值。方法:回顾性分析 72 例 CABG 术后二代双源 CT 检查的资料,对所有断层扫描血管成像(CTA)结果进行后处理重建,包括容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、多平面重组(MPR)及曲面重建(CPR)等,综合评价桥血管有无狭窄、闭塞及通畅情况,并与 7 例同期行有创冠状动脉造影(ICA)检查患者的资料进行对照分析。2 组医师采用盲法判读结果。结果:72 例共有 145 支桥血管,所有患者桥血管均得到评估,乳内动脉桥、大隐静脉桥、桡动脉桥总的通畅率分别为 86.4%、68.4%、57.1%;145 支桥血管中共有 65 支序贯桥,序贯桥和非序贯桥的通畅率分别为 75.4%、75.0%;对比术后不同时期桥血管的通畅率,发现乳内动脉桥各时间组之间的通畅率无明显差别,大隐静脉桥的通畅率随着术后时间的延长明显下降。7 例患者 CTA 与 ICA 对冠脉狭窄程度的评估无差别。结论:二代双源 CT 能够清晰显示冠状动脉桥血管,且能够对桥血管及近、远端吻合口狭窄情况进行评估,是 CABG 后随访中判断桥血管是否通畅的有效方法。

**[关键词]** 冠状动脉分流术;体层摄影术;螺旋 CT;X 线计算机;有创冠状动脉血管造影

**[中图分类号]** R814.4

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 1007-4368(2015)04-567-05

**doi:**10.7655/NYDXBNS20150425

冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)作为治疗冠心病的主要治疗方法之一,尤其对于左主干病变和三支血管病变的患者具有重建血运完全,疗效确切的优点。一直以来,有创冠状动脉血管造影(invasive coronary angiography, ICA)被认为是评价 CABG 后桥血管通畅情况的金标准,但其作为有创检查,术后患者不容易接受,而螺旋 CT 为临床提供了一种新的无创、便捷的检查方法。近年来,随着螺旋 CT 时间分辨率和空间分辨率的提高,应用螺旋 CT 冠状动脉血管成像评估 CABG 后桥血管通畅情况成为研究热点,本文应用目前新型螺旋 CT(二代双源 CT)探讨其在 CABG 后随访中的临床应用价值。

### 1 资料和方法

#### 1.1 资料

选择 2010 年 8 月~2014 年 5 月在本院行二代双源 CT 检查的 CABG 术后患者,共 72 例 91 例次,其中男 66 例,女 6 例,年龄 47~86 岁,平均(65.83 ± 8.50)岁。本组资料共有桥血管 145 支,2 例(2.8%)

仅搭了 1 支桥,7 例(9.7%)搭了 2 支桥,26 例(36.1%)搭了 3 支桥,29 例(40.3%)搭了 4 支桥,9 例(12.5%)搭了 5 支桥,平均 3.5 支桥。搭桥术后至计算机断层扫描血管成像(computed tomography angiography, CTA)的随访时间最短 3 个月,最长 13 年,平均(3.86 ± 3.29)年,所有患者均在本院胸心外科行非体外循环下冠状动脉旁路移植术(其中 1 位患者因需同期行二尖瓣成形而采用体外循环下冠状动脉旁路移植术),手术除 1 例采用左前胸切口入路外均采用胸骨正中切口,共有 3 处靶血管吻合口处因血管动脉硬化闭塞行“冠状动脉内膜剥脱术”后吻合,有 3 例共 4 处主动脉-大隐静脉近端吻合口予血管吻合器吻合,4 例在冠脉支架植入术后发生支架内再狭窄。所有患者均有完整手术记录。患者大多为窦性心律,心律不齐、早搏、心房颤动者不予排除,所有患者 CT 检查前无需额外服用 β 受体阻滞剂降低心率,检查前予以呼吸训练。剔除标准:严重肾功能障碍、碘过敏史、不能很好屏气者。7 例次在行双源 CT 随后的 1 周内进行了 ICA 检查。

#### 1.2 方法

采用西门子 128 层双源 CT (Siemens Somatom Definition Flash)扫描。扫描前对患者进行屏气训练,扫描范围从锁骨下动脉到心脏膈面。造影剂选用欧乃派

**[基金项目]** 常州市卫生局重大科技项目(ZD201210)

\*通信作者 (Corresponding author),E-mail:doctor\_wang1960@163.com

克(350 mgI/ml),剂量为 80~90 ml,流率 4.5~5.5 ml/s,当主动脉根部 CT 值达到 100 Hu 后,再延迟 8 s,自动触发 CTA 扫描,以相同流率后续 50.0 ml 生理盐水。扫描参数:旋转时间 0.28 s,时间分辨率 75 ms,准直宽度 2.0×128.0×0.6 mm。管电压随体质指数(BMI)调整,BMI≥25.0 时,管电压采用 120 kV;BMI<25.0 时,管电压采用 100 kV。采用自动管电流调制技术。患者均采用自适应性心电前门控序列扫描模式扫描,层厚 0.75 mm,以 B26f 重组算法,对自动最佳舒张期和收缩期时相图像进行重组。图像后处理包括容积再现(volume rendering,VR)、最大密度投影(maximum intensity projection,MIP)、多平面重组(multi-planar reformation,MPR)及曲面重建(curved planar reformation,CPR)等,评估桥血管本身、近端吻合口或原位桥血管起始部、远端吻合口情况,闭塞血管以远节段不记入分析,每一个序贯桥被看作是多个远端吻合口的单一桥血管<sup>[1]</sup>。图像质量按照 4 分法进行评估<sup>[2-3]</sup>。4 分:优秀,血管显示清晰、连续、边缘锐利且无伪影;3 分:良好,血管显示连续、边缘少量伪影但不影响管腔评价;2 分:中等,血管显示连续、边缘中度伪影、管腔模糊,难以进行评价;1 分:差,重组图像上血管中断,错位、边缘严重伪影,管腔不能评价。评分≥3 分为图像质量合格的血管节段。桥血管狭窄程度采用目测直径法,评分为:通畅,轻度狭窄(<50%),中度狭窄(50%~75%)、重度狭窄(>75%)和闭塞(100%)。最终结果由 2 名具有诊断经验的影像科医师分别完成,诊断有分歧时 2 人共同回顾讨论得出结论。

使用 GE 数字减影血管造影(digital subtraction angiography,DSA)机进行检查。采用 Seldinger 技术经皮穿刺股动脉或桡动脉,将导管先后选择性插入到左、右冠状动脉及桥血管开口,进行多个体位的造影剂注射观察。每次注入优维显(370 mgI/ml)5~10 ml,左冠采用肝位、蜘蛛位、左肩位、右肩位、足 30°等角度造影;右冠采用 LAO45°及头 30°等角度造影,最后于左内乳动脉开口及升主动脉上桥血管开口造影。检查结果由具有诊断经验的心内科及心外科医生各 1 名共同判定,诊断有分歧时 2 人共同回顾讨论得出结论。

### 1.3 统计学方法

数据统计学处理均采用 SPSS19.0 软件分析。定量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示;定性资料以率表示,显著性检测采用 Pearson 卡方检验、连续校正卡方检验及 Fisher 确切概率检验;等级资料采用 Mann-Whitney

U 检验。 $P \leq 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者手术情况

72 例患者共有 145 支桥血管,所有桥血管本身、近端吻合口或原位桥血管起始部、远端吻合口情况均可评价,包括 79 条大隐静脉桥,59 条乳内动脉桥及 7 条桡动脉桥。共有 65 支序贯桥,14 处“Y”形移植,1 支冠脉起源异常(右冠状动脉起源于左冠状动脉窦),有 17 支桥血管发生闭塞。4 例行冠脉支架植入术后患者支架内发生再狭窄,有 1 例术前行二尖瓣+主动脉瓣机械瓣置换术,无人因金属支架、金属瓣膜、金属钛夹、关胸钢丝造成的线束硬化伪影导致桥血管无法评估;无人因呼吸运动、心律不齐或心动过速造成的运动伪影致桥血管无法评估;1 例患者经左前胸行“左乳内动脉-前降支吻合术”,术后 4 年发生桥血管中下 1/3 闭塞;有 3 处靶血管吻合口处因血管动脉硬化闭塞行“冠状动脉内膜剥脱术”后吻合,术后均未发生明显狭窄;有 3 例患者共 4 处主动脉-大隐静脉近端吻合口予血管吻合器吻合,其中 2 处发生轻度狭窄,2 处发生闭塞。

### 2.2 不同类型桥血管通畅情况

59 支乳内动脉桥中,有 3 支血管发生闭塞,5 支血管发生狭窄,其中 4 支轻度狭窄,1 支重度狭窄;79 支大隐静脉桥中有 12 支血管发生闭塞,13 支血管发生狭窄,其中 8 支轻度狭窄,2 支中度狭窄,3 支重度狭窄;7 支桡动脉桥中,有 2 支血管发生闭塞,1 支血管轻度狭窄。乳内动脉桥的通畅率高于大隐静脉桥( $P=0.014$ ),乳内动脉桥的通畅率尚无法证实高于桡动脉桥( $P=0.084$ ),大隐静脉桥通畅率与桡动脉桥无差别( $P=0.853$ )。

### 2.3 序贯桥与非序贯桥的通畅情况

145 支桥血管中,共有 65 支序贯桥,其中 7 支(10.8%)桥血管狭窄,9 支(13.8%)桥血管闭塞;80 支非序贯桥中,12 支(15.0%)桥血管狭窄,8 支(10.0%)桥血管闭塞。序贯桥血管和非序贯桥血管的通畅率无差别( $P=0.957$ )。

### 2.4 术后不同时期桥血管通畅率的比较

72 位患者根据 CABG 术后距 CTA 复查的时间不同分为 3 组,并分别对各组患者的乳内动脉桥、大隐静脉桥的通畅率进行比较(表 1)。得出乳内动脉桥各时间组之间的通畅率无明显差异( $P_{1-2}=0.643$ , $P_{2-3}=0.061$ ),大隐静脉桥的通畅率随着时间的增长明显下降( $P_{1-2}=0.024$ , $P_{2-3}=0.039$ )。

表 1 术后不同时期桥血管通畅率的比较 (%)

术后时间	乳内动脉桥	大隐静脉桥
<5 y(t1)	32/35(91.4)	37/43(86.0)
5~8 y(t2)	14/16(87.5)	13/21(61.9)
8~13 y(t3)	5/8(62.5)	4/15(26.7)

表 2 CTA 和 ICA 判断桥血管狭窄程度的比较 (n)

狭窄程度	CTA	ICA	合计
通畅	7	9	16
轻度狭窄	4	2	6
中度狭窄	1	1	2
重度狭窄	2	2	4
闭塞	4	4	8

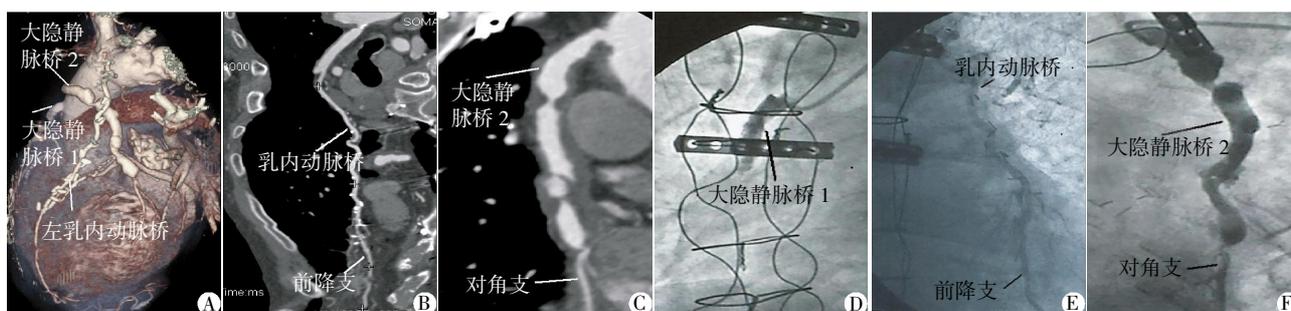
### 2.5 CTA 和 ICA 判断桥血管狭窄程度的比较

有 7 位患者在冠脉 CTA 检查后的 1 周内进行了 ICA 检查(图 1、2),共有 18 支桥血管,其中乳内动脉桥 7 支,大隐静脉桥 10 支,桡动脉桥 1 支;2 支桥血管行序贯吻合,“Y”形移植 1 支。CTA 和 ICA 评估桥血管狭窄情况如表 2 所示,两者差异无统计学意义( $P=0.713$ )。

## 3 讨论

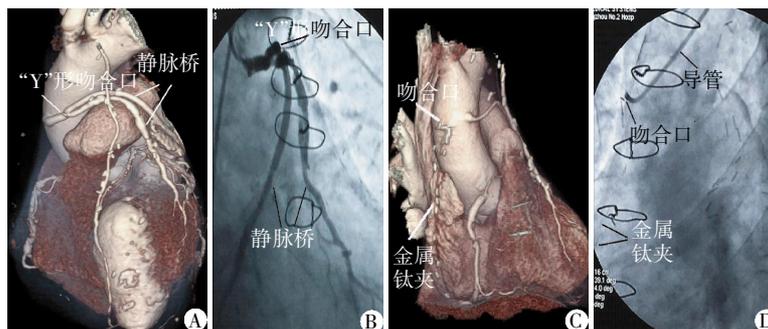
桥血管远端吻合口与近端吻合口、桥血管体部

相比,评估难度更大,可能与以下方面有关:①靶血管直径小;②因心脏跳动使得重建图像可能出现运动伪影;③伴行冠状静脉的干扰,特别是延迟时间过长造成冠状静脉内对比剂浓度过高时;④行序贯吻合时,由于靶血管直径较小,在不清楚手术记录的情况下,常会遗漏对直径较小靶血管(如对角支、钝缘支、左室后支)吻合口的判断;⑤由于左、右冠状动脉系统最适重建时相的不同,桥血管内血流在



患者有 3 支血管桥,即内乳动脉桥-前降支、主动脉-大隐静脉桥 2-对角支、主动脉-大隐静脉桥 1-右冠状动脉。A、D:大隐静脉桥 1 近段显影呈残根状,中远段桥血管未见显影;B、E:乳内动脉桥管腔未见明显狭窄;C、F:大隐静脉桥 2 弥漫病变,可见瘤样扩张,最狭窄处 $>75\%$ 。CTA (A、B、C)和 DSA(D、E、F)结果一致。

图 1 患者搭桥术后 13 年行 CTA 及 ICA 检查的图像



A:VR 清晰显示“Y”形静脉桥,与 DSA 结果(B)一致;C:经手术记录证实患者行“主动脉-桡动脉桥-右冠状动脉”搭桥,VR 未见桡动脉桥血管显影,仅显示沿着血管走行的金属钛夹影,结果与 DSA 结果(D)一致。

图 2 CTA 扫描后 VR 结果与 DSA 结果的比较

特定时相内可能出现减少或中断。可通过以下方面提高可评价率:①二代双源 CT 的空间和时间分辨率较前明显提高,分别达到 0.33 mm 和 75 ms<sup>[4]</sup>;②用薄层横断面图像进行追踪分析(对后降支的评价尤其适合),可排除伴行静脉的干扰,同时根据手术记录有针对性地寻找远端吻合口的位置进行评估以避免遗漏;③选择最佳的重建时相对桥血管远端

吻合口进行评估<sup>[5]</sup>。对于桥血管起始部即发生闭塞,冠脉 CTA 有其独特的优势,当 VR 图像上近端吻合口处显影呈残根状(图 1A、1D)或乳头状,远段桥血管不显影或仅显示沿着血管走行的金属钛夹影(图 2C、2D),即可认为桥血管阻塞,图像评估简单直观。结合手术记录,桥血管闭塞患者在本研究中均得到评估,敏感性达 100%。另外,冠脉 CTA 可及时发现

冠状动脉变异,避免因行冠脉导管检查或治疗时出现误伤。

在本次研究中,所有桥血管远端吻合口情况均得到评价,无人因金属支架、金属瓣膜、金属钛夹、关胸钢丝(在横断面可准确评估)造成的线束硬化伪影导致桥血管无法评估。有3处靶血管行“冠状动脉内膜剥脱术”后吻合,均未发生明显狭窄(术后9个月~7年),与 Schmitto 等<sup>[6]</sup>的研究结果一致。有3例患者共4处主动脉-大隐静脉近端吻合口予血管吻合器吻合,2处轻度狭窄,2处发生闭塞,吻合口狭窄或闭塞发生率较高,考虑可能与吻合器工艺缺陷,金属异物易附着血栓,内膜对位不良及线束硬化伪影高估吻合口的狭窄程度有关。

桥血管和自体冠状动脉相比,具有随心脏运动幅度较小<sup>[7]</sup>,管径相对较粗(特别是静脉桥),钙化斑块较少的优点<sup>[8]</sup>,可获得较好的图像质量用于桥血管狭窄程度的评估。本组72例患者中,乳内动脉桥血管通畅率高于大隐静脉桥,其结果与 Bassri 等<sup>[9]</sup>报道的结果一致。乳内动脉桥的通畅率尚无法证实高于桡动脉桥,考虑可能与桡动脉桥数量较少,抽样误差较大有关。本组资料桡动脉桥血管通畅率较低,甚至低于大隐静脉桥,虽然 Hata 等<sup>[10]</sup>(术后8年)亦报道二者无明显差别,但一项时间跨度长达40年的系统回顾和 Meta 分析指出,早期( $\leq 1$ 年)桡动脉桥血管通畅率与大隐静脉桥类似,中晚期桡动脉桥血管通畅率优于大隐静脉桥<sup>[11]</sup>。本组资料桡动脉桥血管通畅率较低考虑以下原因:①桡动脉桥血管较大隐静脉桥血管易发生痉挛;②例数少,仅有7支桡动脉桥;③桡动脉提取、吻合难度相对大。因血管较短,桡动脉常以“Y”形吻合于其他桥血管上,本组实验有4支(共7支)行“Y”形吻合,但均未发生血管狭窄或闭塞;余3支直接吻合于主动脉(血管厚度相差较大)上,有2支发生闭塞,1支轻度狭窄。本组资料主动脉吻合口病变发生率远高于“Y”形吻合口,具体原因尚待进一步研究。

在本研究中,序贯桥和非序贯桥血管的通畅率无明显差别( $P=0.957$ )。据 Kim 等<sup>[12]</sup>描述,在熟练掌握手术技巧的情况下,序贯桥血管的通畅率 $>$ 非序贯桥,因为序贯桥血管有多个远端吻合口,血液的分流致桥血管近端血流速度较非序贯桥血管快;同时序贯桥血管需吻合的近端吻合口少,手术时间短,心肌再灌注损伤相对小。

本研究中,乳内动脉桥各时间组之间的通畅率无明显差别( $P_{1+2}=0.643, P_{1+3}=0.061$ ),大隐静脉桥的

通畅率随着术后时间的延长明显下降( $P_{1+2}=0.024, P_{1+3}=0.039$ )。表明乳内动脉桥能保持良好的远期通畅率,既往研究已证实乳内动脉内皮细胞因可分泌血管扩张物质而较少发生动脉硬化;大隐静脉桥的通畅率远低于乳内动脉桥,随着术后时间的延长,大多患者的桥血管发生不同程度的管腔狭窄,术后8年以上闭塞率为26.7%(4/15)。本组患者的桥血管通畅率较既往报道<sup>[13]</sup>低,考虑与以下因素有关:①本研究受访患者中有临床症状的比例较高,因而发生桥血管狭窄的比例较高;②冠脉CT由于伪影及部分容积效应的干扰,可能高估了患者的狭窄发生率,从而导致桥血管通畅率较低;③样本含量较少。本组患者共有7例在冠脉CTA检查后的1周内进行了ICA检查,将CTA和ICA结果进行比较,发现二者在冠脉狭窄程度的评估上无明显差别( $P=0.713$ ),说明二代双源CT能够对冠脉的狭窄程度进行有效的评估。本研究的不足之处在于同期行CTA和ICA检查的患者偏少,无法充分验证二代双源CT对桥血管成像的敏感性和特异性。

CTA与ICA相比的局限性:①时间分辨率较ICA低,部分可能因为呼吸运动、心率过快、心率失常等形成运动伪影,造成狭窄的假象,但二代双源CT时间分辨率达到了75ms<sup>[4]</sup>,本组未因此造成桥血管不能评估;②桥血管重度钙化时,由于线束硬化伪影干扰过大而无法对其进行狭窄程度评估,但桥血管一般钙化少且轻<sup>[8]</sup>,本组未因此造成桥血管不能评估;③对细小的靶血管显示不佳:在手术过程中,对直径 $\geq 1$ mm的近端狭窄 $\geq 50\%$ 的靶血管,原则上均予以再血管化,但VR及CPR图像上仅显示直径 $\geq 1$ mm的靶血管,不能显示冠脉细小末梢,因而难以对靶血管末梢血管进行评估,但可通过追踪薄层横断面进行评估;④因冠脉CT为非选择性给予造影剂,造影剂用量较ICA大,肾功能不全患者检查后应及时予以水化治疗;⑤因冠脉CTA经外周静脉注入造影剂,当闭塞血管远端建立丰富的侧支循环时,容易出现假阴性<sup>[7]</sup>。

综上所述,二代双源CT可很好地显示桥血管通畅情况,特别是能对近端和远端吻合口的狭窄程度作出判断,无人因金属支架、金属瓣膜,金属钛夹、关胸钢丝、呼吸运动、心律不齐或心动过速导致桥血管无法评估;同时检测过程安全,高效,费用较低,因而是评估冠状动脉旁路移植术后桥血管通畅情况的良好检查方法。

[参考文献]

- [1] Gorantla R, Murthy JS, Muralidharan TR, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice multidetector computed tomography in evaluation of post-coronary artery bypass grafts in correlation with invasive coronary angiography [J]. Indian Heart J, 2012, 64(3): 254-260
- [2] 薛跃君, 钱农, 邵燕惠, 等. 自然心率下 128 层双源 Flash Spiral CT 冠状动脉成像质量及辐射剂量的研究 [J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(5): 481-485
- [3] Hong YJ, Kim SJ, Lee SM, et al. Low-dose coronary computed tomography angiography using prospective ECG-triggering compared to invasive coronary angiography [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2011, 27(3): 425-431
- [4] Achenbach S, Goroll T, Seltmann M, et al. Detection of coronary artery stenoses by low-dose, prospectively ECG-triggered, high-pitch spiral coronary CT angiography [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2011, 4(4): 328-337
- [5] Willmann JK, Weishaupt D, Kobza R, et al. Coronary artery bypass grafts: ECG-gated multi-detector row CT angiography--influence of image reconstruction interval on graft visibility [J]. Radiology, 2004, 232(2): 568-577
- [6] Schmitto JD, Kolat P, Ortmann P, et al. Early results of coronary artery bypass grafting with coronary endarterectomy for severe coronary artery disease [J]. J Cardiothorac Surg, 2009, 4: 52
- [7] Laynez-Carnicero A, Estornell-Erill J, Trigo-Bautista A, et al. Non-invasive assessment of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice computed tomography: comparison with invasive coronary angiography [J]. Rev Esp Cardiol, 2010, 63(2): 161-169
- [8] Gomathi SB, Nandhini P, Ravikumar R, et al. 64 slice computed tomography-a novel diagnostic method for evaluation of patients after coronary artery bypass grafts [J]. Indian Heart J, 2012, 64(1): 23-27
- [9] Bassri H, Salari F, Noohi F, et al. Evaluation of early coronary graft patency after coronary artery bypass graft surgery using multislice computed tomography angiography [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2009, 9: 53
- [10] Hata M, Yoshitake I, Wakui S, et al. Long-term patency rate for radial artery vs. saphenous vein grafts using same-patient materials [J]. Circ J, 2011, 75 (6): 1373-1377
- [11] Athanasiou T, Saso S, Rao C, et al. Radial artery versus saphenous vein conduits for coronary artery bypass surgery: forty years of competition--which conduit offers better patency? A systematic review and meta-analysis [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2011, 40(1): 208-220
- [12] Kim HJ, Lee TY, Kim JB, et al. The impact of sequential versus single anastomoses on flow characteristics and mid-term patency of saphenous vein grafts in coronary bypass grafting [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2011, 141(3): 750-754
- [13] Goldman S, Zadina K, Moritz T, et al. Long-term patency of saphenous vein and left internal mammary artery grafts after coronary artery bypass surgery: results from a Department of Veterans Affairs Cooperative Study [J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 44(11): 2149-2156

[收稿日期] 2014-06-17

本刊邮发代号 28-61

网址: <http://jnmn.njmu.edu.cn>