

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.25.025

斑点追踪技术评价冠状动脉搭桥术后心肌功能的临床价值研究*

殷哲煜¹ 董晓秋¹ 刘宏宇² 张国伟² 刘宗鸿² 连杰¹ 徐立伟¹ 刘新颖¹ 王璐璐¹

(1 哈尔滨医科大学附属第四医院超声科 黑龙江 哈尔滨 150001; 2 哈尔滨医科大学附属第一医院心脏外科 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 目的:探讨超声斑点追踪成像技术定量评价冠状动脉搭桥术前、后心肌功能的临床价值。**方法:**选择 2012 年 1 月~2013 年 1 月在我院心脏外科行体外循环下冠状动脉旁路移植术的患者,对冠状动脉搭桥术前 1 周、术后 1 月、3 月、6 月进行常规超声心动图检查,然后应用斑点追踪技术进行分析。**结果:**所有患者的纵向应变值仅在术后 3 个月和 6 个月显著增加,与术前、术后 1 个月比较差别有统计学意义($P<0.01$)。圆周应变值在术后 1 个月、3 个月和 6 个月均显著增高,与术前比较差别有统计学意义($P<0.05$)。老年组术后 6 个月的纵向应变值和圆周应变值与术后 3 个月比较差别有统计学意义($P<0.05$)。手术前、后常规超声心动图检查结果比较差别无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**超声斑点追踪技术用于评估 CABG 术后缺血心肌的功能变化的敏感性高于常规超声心动图检查,为临床评价 CABG 的疗效提供了一种新方法。

关键词:超声心动图检查;斑点追踪技术;冠心病;冠状动脉搭桥术;心肌功能

中图分类号:R445.1;R54 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)25-4903-04

Evaluation of Myocardial Function after Coronary Artery Bypass Graft using Speckle Tracking Imaging*

YIN Zhe-yu¹, DONG Xiao-qiu¹, LIU Hong-yu², ZHANG Guo-wei², LIU Zong-hong², LIAN Jie¹,XU Li-wei¹, LIU Xin-ying¹, WANG Lu-lu¹

(1 Department of Ultrasonography, the 4th Hospital of Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang, 150001, China;

2 Department of Cardiovascular, the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang, 150001, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the clinical significance of speckle tracking imaging in the quantitative evaluation of myocardial function of patients after coronary artery bypass graft surgery (CABG). **Methods:** In this study, patients who underwent CABG in the department of cardiac surgery from January 2012 to January 2013 were selected, all the patients (left ventricular ejection fraction $\geq 50\%$) were classified into two groups based on the age: elderly group (>60 years old) and non-elderly group (≤ 60 years). The conventional echocardiography, longitudinal strain and circumferential strain were measured by STI analysis 1 week before CABG and 1, 3, 6 months after CABG. **Results:** The longitudinal strain increased significantly at 3 and 6 months after CABG compared with that pre-operation ($P<0.05$). The circumferential strain of both groups increased significantly at 1, 3 and 6 months after CABG, compared with that baseline ($P<0.05$). But in the elderly group, the longitudinal strain and circumferential strain increased significantly at postoperative 6 month compared with that postoperative 3 month ($P<0.05$). However, no significant difference was found in the left ventricular end-diastolic dimension (LVEDd), left ventricular ejection fraction (LVEF) and stroke volume (SV) measured by routine echocardiography between pre- and post-CABG ($P>0.05$). **Conclusion:** Speckle tracking technology was more sensitive to evaluate the myocardial function after CABG than conventional echocardiography, and provided a new method for the evaluation of CABG efficacy in clinic.

Key words: Echocardiography; Speckle tracking imaging; Coronary heart disease; Coronary artery bypass graft; Myocardial function

Chinese Library Classification (CLC): R445.1; R54 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)25-4903-04

前言

冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 又称冠状动脉搭桥术 (bypass operation of coronary artery), 是一种有效的治疗冠状动脉硬化性心脏病(冠心病)的方法。冠心病患者 CABG 术后的心肌功能一直是心脏病科医生关注的重点, 缺血心肌是否存活、存活数量及功能恢复情况均影响着治疗效果, 且冠心病患者的预后与心肌收缩功能密切

相关, 因此正确评价冠状动脉旁路移植术前、后左室心肌收缩功能对于外科治疗冠心病效果的评估和预后判断具有重要意义^[1,2]。斑点追踪显像 (speckle tracking imaging, STI) 是医学超声领域出现的一种新技术, 能够在动态图像上客观地定量分析心肌的形变, 从而量化评估心肌功能^[3]。本研究旨在应用二维超声斑点追踪成像技术的纵向应变和圆周应变参数, 定量评价冠状动脉旁路移植术前、术后左室心肌功能的变化, 据此探讨其用于评价 CABG 效果的临床价值。

* 基金项目: 黑龙江省卫生厅指导项目 (2006-231)

作者简介: 殷哲煜 (1971-), 女, 博士, 副主任医师, 主要研究方向: 心脏血管疾病超声诊断, 电话: 13804562458, E-mail: yzy209@163.com

(收稿日期: 2014-04-14 接受日期: 2014-05-12)

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择 2012 年 1 月~2013 年 1 月在我院心脏外科行体外循环下冠状动脉旁路移植术的患者。入选标准:①术前超声常规检查表明没有明显节段性室壁运动异常;②冠状动脉造影证实冠状动脉左主干狭窄 $\geq 50\%$ 或多支冠状动脉狭窄 $\geq 75\%$;③确定没有急性心肌梗死:心电图呈现 ST 段压低 ≥ 0.5 mm, 血心肌酶学和肌钙蛋白检测正常范围,且需排除陈旧性心肌梗死病史患者;④排除其他器质性心脏疾病和先天性心脏病。

1.2 研究方法

1.2.1 患者分组 按照年龄分为两组:①老年组:年龄 ≥ 60 岁(67.84 ± 4.87 岁),共 30 例;②中年组:年龄 50-59 岁(54.98 ± 2.95 岁),共 27 例。所有患者手术前均进行冠状动脉造影检查,术前 1 周内和术后 1 个月、3 个月、6 个月分别进行超声心动图检查。

1.2.2 仪器 采用 Philips iu22 型超声诊断仪, S5-l 探头, 频率 1.0~5.0 MHz。超声仪配备有 QLab7.0 工作站,可进行斑点追踪显像分析。

1.2.3 超声检查、图像采集 受检者左侧卧位接受超声心动图检查,同步连接心电图。采集图像过程中受检者平静呼吸。首先测得左室射血分数(LVEF)、左室舒张末期腔内径(LVEDd)、每搏输出量(SV)等一般参数,然后采集并存储左心室长轴切面、心尖四腔切面、心尖二腔切面、左心室短轴切面(二尖瓣口水平、乳头肌水平及心尖水平)各三个连续完整的心动周期的动态二

维图像,帧频 55-70 帧/秒。将采集的图像传送至 QLab7.0 工作站。

1.3 图像分析

应用 QLab7.0 工作站的 TMQA 软件进行脱机分析。软件自动勾画心内膜轮廓,手动调整满意后,系统会自动显示追踪结果。将左心室心尖长轴切面分为基底段、中间段、心尖段,左心室短轴观再将左室壁分为前室间隔、前壁、侧壁、后壁、下壁、后室间隔,并进行跟踪分析,系统将自动显示上述各节段心肌的纵向应变(longitudinal strain, LS)和圆周应变(circumferential strain, CS)。记录各曲线的收缩期应变峰值,分别计算平均应变。

1.4 统计学分析

本组资料属于重复测量资料,所有变量均经正态性检验服从正态分布。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。每组病例手术前与手术后参数比较采用单因素方差分析(F 检验),两两比较进行 q 检验,老年组与中年组间比较采用两样本 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差别具有统计学意义。

2 结果

2.1 常规超声检查结果

手术前和手术后 1、3、6 个月,常规超声心动图检查参数 LVEF、LVEDd、SV 结果比较差别无统计学意义($P > 0.05$);老年组与中年组间 LVEF、LVEDd、SV 结果比较差别亦无统计学意义($P > 0.05$),(见表 1)。

表 1 CABG 术前后 LVEDd、LVEF 及 SV 水平的比较($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of the LVEDd, LVEF, and SV levels between pre- and post-CABG

		LVEDd(mm)		LVEF(%)		SV(ml)	
		middle-aged group	Elderly group	middle-aged group	Elderly group	middle-aged group	Elderly group
pre-CABG		49.77 $\pm$ 6.36	50.18 $\pm$ 5.23	59.81 $\pm$ 8.56	59.01 $\pm$ 7.29	70.05 $\pm$ 8.33	72.16 $\pm$ 7.88
post-CABG	1 month	49.27 $\pm$ 5.66	49.05 $\pm$ 5.47	56.45 $\pm$ 7.67	56.46 $\pm$ 6.33	64.12 $\pm$ 5.86	63.87 $\pm$ 7.36
	3 month	48.05 $\pm$ 5.52	48.20 $\pm$ 4.85	61.77 $\pm$ 7.14	59.39 $\pm$ 6.52	67.57 $\pm$ 6.23	66.50 $\pm$ 7.69
	6 month	47.83 $\pm$ 4.38	48.28 $\pm$ 4.52	61.58 $\pm$ 5.66	61.02 $\pm$ 5.59	66.87 $\pm$ 6.47	67.94 $\pm$ 7.54

2.2 纵向应变(LS)

术后 1 个月,所有纵向应变值轻微下降,但与术前相比差别无统计学意义($P > 0.05$)。术后 3 个月和 6 个月,两组的纵向应变值均明显增高,与术前和术后 1 个月相比差别均有统计学意义($p < 0.05$)。术后 6 个月时,老年组 LS 值与术后 3 个月比较差别有统计学意义($P < 0.01$),中年组 LS 值与术后 3 个月比较差别无统计学意义($P > 0.05$),(见图 1)。

2.3 圆周应变(CS)

术后 1 个月时,中年组圆周应变值明显增高,与术前相比差别有统计学意义($P < 0.05$);老年组的圆周应变值增高,与术前比较差别亦有统计学意义($0.01 < P < 0.05$)。在术后 3 个月和 6 个月时,两组的圆周应变值均明显增高,与术前和术后 1 个月相比差别均有统计学意义($P < 0.05$)。术后 6 个月时,老年组的圆周应变值仍呈现升高趋势,与术后 3 个月相比差别有统计

学意义($P < 0.05$),而中年组与术后 3 个月相比差别无统计学意义($P > 0.05$),(见图 2)。

3 讨论

冠心病是一种严重威胁人类健康以及生命的疾病,发生率和死亡率呈持续上升趋势^[4]。冠状动脉旁路移植术(CABG)可以有效地治疗冠状动脉疾病,目前已广泛应用于临床。CABG 手术可以为缺血的心肌重建血运通道,从而改善心肌的供血供氧,在术后早期改善存活心肌的收缩功能,消除或缓解症状,提高运动耐受力 and 生活质量,防止严重并发症并预防心源性猝死^[5,6]。冠状动脉造影和多层螺旋 CT 可以直观显示冠状动脉和桥血管的通畅情况^[7],却不能反映心肌的功能;心脏磁共振检查虽然能够准确判定心肌的功能状态,但由于 MRI、冠状动脉造影和多层螺旋 CT 的成本较高,检查过程和后处理耗时较长,因而

在临床的实际应用受到限制。

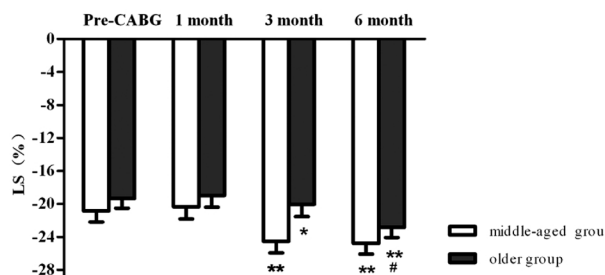


图1 CABG术前和术后LS(%)的比较

Fig. 1 Comparison of the longitudinal strain(LS) between Pre- and Post-CABG

注:与术前比较 $0.01 < *P < 0.05$, $**P < 0.01$;与术后3个月比较 $\#P < 0.05$

Note: compared with Pre-CABG $0.01 < *P < 0.05$, $**P < 0.01$; compared with 3 month Post-CABG $\#P < 0.05$

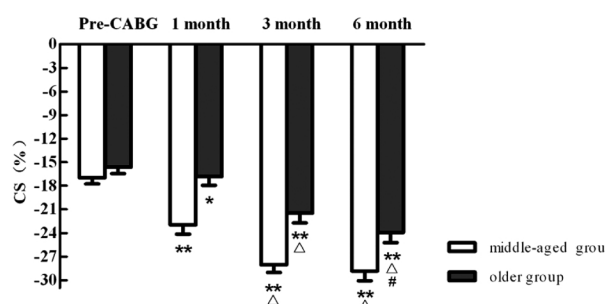


图2 CABG术前和术后CS(%)的比较

Fig. 2 Comparison of the circumferential strain(CS) between Pre- and Post-CABG

注:与术前比较 $0.01 < *P < 0.05$, $**P < 0.01$;与术后1个月比较 $\Delta P < 0.05$;与术后3个月比较 $\#P < 0.05$

Note: compared with Pre-CABG $0.01 < *P < 0.05$, $**P < 0.01$; compared with 1 month Post-CABG $\Delta P < 0.05$; compared with 3 month Post-CABG $\#P < 0.05$

在各种评估心脏功能的影像学检查方法中,超声心动图以实时成像为特点,具有良好的时间和空间分辨率,能够反复多次进行检查,既可以反映心脏的解剖特点,又能评估心脏功能。左心室射血分数(LVEF)是评估左室收缩功能障碍的重要指标,通常采用常规二维超声心动图进行检测。但是,由于传统的超声心动图主观性强,在检查过程中容易受各种因素的影响,尤其对于图像显示不清晰的患者常常难以准确描记心内膜边界,并且传统的超声心动图缺乏准确的量化分析手段,因此临床价值有限。STI技术是近几年医学超声领域出现的一类新技术,能够在动态的灰阶图像上对心肌的功能、运动位移和运动速度进行定量分析。STI技术所测得的左室射血分数与心脏磁共振成像测量得到的结果相似,用于评估左心室整体和局部心肌收缩力具有良好的准确性和重复性^[9]。STI显像技术不受心室壁运动方向的影响,没有角度依赖性,能够客观地量化分析心肌形变,更完整、全面地反映左心室长轴和短轴方向的心肌功能^[9,10]。目前,STI技术以其独特的成像特点而被用于评估心肌局部和整体的收缩功能^[11-13]。

本研究结果显示超声心动图测得的左室舒张末期内径、左心室射血分数、每搏输出量等常规参数,在手术前后有微小变化,但是差别没有统计学意义($P > 0.05$)。考虑其主要原因是因为当冠心病患者发生长期慢性心肌缺血时,机体通过神经-内分泌系统进行调节,增强了正常心肌的收缩力,使缺血心肌运动减弱所造成的局部功能障碍得以代偿。由此可见,常规超声心动图检查并不能准确反映左室整体收缩功能的变化。

斑点追踪技术之所以能够用来评估整体和局部心肌功能,是由左室壁心肌特殊的螺旋形结构所决定。左心室的心肌纤维由走行方向不同的三层肌纤维层次构成:心内膜下层、中层和心外膜下层心肌纤维,心内膜下心肌纤维完成心脏在长轴方向的伸缩运动,中层心肌的圆周运动则是心脏短轴方向短缩运动反映^[14-16]。STI技术的纵向应变和圆周应变参数分别是反映心肌在长轴方向的伸长能力和圆周方向的缩短能力。Winter R等^[17]制造冠脉急性狭窄时发现,局部心肌的急性缺血可以导致此处心肌圆周应变和径向应变减低,缺血心肌的达峰时间明显延长,因此认为圆周应变减少可以作为心肌受损的早期特征,用于检测急性暂时性局部心肌缺血更敏感。目前研究认为心肌缺血缺氧尚未完全累及中层心肌纤维时,圆周应变不会明显降低;当中层心肌完全受累时,圆周应变明显降低^[18,19]。随着冠状动脉狭窄的加重,心内膜下层和心外膜下层心肌应变进一步变小,且心内膜下心肌的应变减低早于心外膜下心肌。我们应用斑点追踪观察搭桥术后心肌应变发现,圆周应变的改善早于纵向应变,表明中层心肌纤维的功能恢复早于心内膜下心肌纤维。其原因考虑主要是由于本组病例均为心肌长期慢性缺血患者,心肌处于冬眠状态,CABG后冠状动脉血流灌注得到恢复,冬眠心肌的代谢增强,心肌逐渐恢复到正常的功能状态,收缩力逐渐增强。然而,心脏停跳、体外循环等手术因素可以引起室壁严重水肿、心肌硬度增加,心内膜下心肌纤维的缺血再灌注损伤可导致心肌顿抑,经再灌注后需要较长时间(甚至数周的时间)才能恢复。因此,虽然血管重建成功,但心肌的功能恢复延迟,且以心内膜下心肌纤维功能恢复更晚。

此外,本研究结果还显示老年组无论是LS还是CS的恢复时间均迟于中年组,表明老年患者心肌功能的恢复较缓慢。老年人的心肌细胞体积增大、数量减少,心肌和心内膜弥漫性纤维化,心肌弹性减退,心肌变形能力减弱;同时,手术的创伤可以引起心室壁的水肿和挛缩,细胞出血性浸润也能导致心肌的硬度增加^[20]。因此,虽然血管重建成功,心肌形变能力相应减弱,活性心肌复苏所需要时间更长,术后心肌功能的恢复时间随年龄增长而延迟^[21]。

总之,本研究结果表明对于冠状动脉搭桥术心肌功能的评估,纵向应变和圆周应变的敏感性高于左室舒张末期内径、左心室射血分数、每搏输出量等传统的测量参数;与纵向应变相比,圆周应变更适用于术后早期心肌功能的检测。超声斑点追踪显像技术可以定量评估冠状动脉搭桥术后的心肌功能和进行疗效判定,是一种更为直观、准确简便的无创定量分析心肌功能的新方法。

参考文献(References)

- [1] Bair TL, Muhlestein JB, May HT, et al. Surgical revascularization is associated with improved long-term outcomes compared with percutaneous stenting in most subgroups of patients with multivessel coro-

- nary artery disease: results from the intermountain Heart Registry[J]. Circulation, 2007, 116(11): I-226-I-231
- [2] Miyoshi T, Doi M, Hirohata S, et al. Cardio-ankle vascular index is independently associated with the severity of coronary atherosclerosis and left ventricular function in patients with ischemic heart disease[J]. J Atheroscler Thromb, 2010, 17(3): 249-258
- [3] Leiman M, Lysyansky P, Sidenko S, et al. Two-dimensional strain-a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2004, 17(10): 1021-1029
- [4] Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis [J]. J Am Coll Cardiol, 2010, 55(13): 1318-1327
- [5] Holmes DR Jr., Kim LJ, Brooks MM, et al. The effect of coronary artery bypass grafting on specific causes of long-term mortality in the Bypass Angioplasty Revascularization Investigation [J]. The Journal of thoracic and cardiovascular surgery, 2007, 134(1): 38-46
- [6] 陈培锦, 朱平, 郑少忆, 等. 164 例急诊冠状动脉搭桥术近期疗效分析[J]. 南方医科大学学报, 2010, 30(1): 177-179
Chen Pei-jin, Zhu Ping, Zheng Shao-yi, et al. Analysis the short-term curative effect of 164 patients with emergency coronary artery bypass surgery [J]. Journal of Southern Medical University, 2010, 30(1): 177-179
- [7] 丁凯, 沈桂权. 320 排动态容积 CT 冠状动脉成像与冠状动脉造影诊断冠状动脉病变的初步对照研究[J]. 实用放射学杂志, 2011, 27(2): 191-194
Ding Kai, Shen Gui-quan. Comparative Study between 320-slice Dynamic Volume CT Coronary Angiography and Conventional Coronary Angiography in Diagnosing Coronary Artery Disease: Initial Experience[J]. Department of Radiology, 2011, 27(2): 191-194
- [8] Laurent M, Olivier L, Julien N, et al. Impact of acoustic window on accuracy of longitudinal global strain: a comparison study to cardiac magnetic resonance[J]. European Journal of Echocardiography, 2011, 12(5): 394-399
- [9] Tsai WC, Liu YW, Huang YY, et al. Diagnostic value of segmental longitudinal strain by automated function imaging in coronary artery disease without left ventricular dysfunction [J]. Journal of the American Society of Echocardiography, 2010, 23(11): 1183-1189
- [10] 陈刘平, 邓又斌, 刘红云, 等. 斑点追踪超声心动图技术评价肺切除患者早期左心室局部及整体心肌收缩功能[J]. 中国介入影像与治疗学, 2010, 7(3): 292-295
Chen Liu-ping, Deng You-bin, Liu Hong-yun, et al. Speckle tracking echocardiography in evaluation of regional and global left ventricular systolic function early after lung resections [J]. Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapy, 2010, 7(3): 292-295
- [11] 陈明, 谢明星, 王新房. 实时三维超声心动图测量左心功能评价冠状动脉搭桥术的效果 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2010, 7(3): 281-284
Chen Ming, Xie Ming-xing, Wang Xin-fang. Real-time three-dimensional echocardiographic analysis of left ventricular function in evaluating effect of coronary artery bypass grafting [J]. Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapy, 2010, 7(3): 281-284
- [12] 范洁, 田家玮, 杜国庆, 等. 超声二维应变技术对不同术式二尖瓣置换前后左心室收缩功能的研究. 中华超声影像学杂志, 2012, 21(1): 1-5
Fan Jie, Tian Jia-wei, Du Guo-qing, et al. Evaluation of left ventricular systolic function after mitral valve replacement of different methods using ultrasound 2-dimensional strain [J]. Chinese Journal of Ultrasonography, 2012, 21(1): 1-5
- [13] 葛丽, 李玉宏. 斑点追踪技术对心肌梗死患者室壁运动的二维应变研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2012, 20(6): 455-458
Ge Li, Li Yu-hong. Study of Speckle Tracking Imaging on the Left Ventricular Wall Movement in Patients with Myocardial Infarction[J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2012, 20(6): 455-458
- [14] Torrent-Guasp F, Buckberg GD, Clemente C, et al. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 13(4): 301-319
- [15] Zhang Q, Fang F, Liang YJ, et al. A novel multi-layer approach of measuring myocardial strain and torsion by 2D speckle tracking imaging in normal subjects and patients with heart diseases[J]. International Journal of Cardiology, 2011, 147(1): 32-37
- [16] 武彤, 尹立雪, 刘望彭. 心室构造与力学机制的研究进展 [J]. 中国医学影像技术, 2008, 24(3): 453-456
Wu Tong, Yin Li-xue, Liu Wang-peng. The research progress of ventricular myocardial architecture and mechanics [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2008, 24(3): 453-456
- [17] Winter R, Jussila R, Nowak J, et al. Speckle tracking echocardiography is a sensitive tool for the detection of myocardial ischemia: a pilot study from the catheterization laboratory during percutaneous coronary intervention[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2007, 20(8): 974-981
- [18] 王其海, 汪太平, 徐岩, 等. 斑点追踪成像技术评价缺血心肌短轴方向径向及圆周应变[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(8): 1411-1414
Wang Qi-hai, Wang Tai-ping, Xu Yan, et al. Speckle Tracking Imaging evaluation of radial strain and circumferential strain from the left ventricular short-axis views in myocardial ischemia [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2009, 25(8): 1411-1414
- [19] 王建华, 巩晓红, 张春东, 等. 超声斑点追踪成像技术评价正常人左心室心肌周向收缩功能 [J]. 中国医学影像技术, 2008, 4(10): 1597-1599
Wang Jian-hua, Gong Xiao-hong, Zhang Chun-dong, et al. Evaluation of circumferential systolic function of left ventricle using speckle tracking imaging in healthy subjects[J]. Chin J Med Imaging Technol, 2008, 4(10): 1597-1599
- [20] Shah PJ, Seevanayagam S, Rosalion A, et al. Patency of the radial artery graft: angiographic study in 209 symptomatic patients operated between 1995 and 2002 and review of the current literature[J]. Heart, lung & circulation, 2004, 13(4): 379-383
- [21] 王丽萍, 夏红梅, 蒋演, 等. 斑点追踪成像评价冠心病患者 CABG 或 PCI 术治疗前后左室收缩功能[J]. 第三军医大学学报, 2012, 34(8): 776-780
Wang Li-ping, Xia Hong-mei, Jiang Yan, et al. Assessment of left ventricular systolic function in patients with coronary heart disease before and after PCI or CABG with speckle tracking imaging [J]. Journal of Third Military Medical University, 2012, 34(8): 776-780