

◇ 经验与体会 ◇

## 冠脉旁路移植术前后红外成像对比的临床意义

赵曙光<sup>1</sup>, 陈子英<sup>1</sup>, 于 丁<sup>1</sup>, 唐 闽<sup>1</sup>, 孔 祥<sup>2</sup>

**摘要** 对 22 例胸骨正中开胸冠脉旁路移植(CABG)手术的患者行术中缺血心肌部位红外摄像,通过红外热图像判断心肌缺血部位、分析 CABG 手术前后心肌缺血区域温度变化,进一步研究温度变化幅度与术后心肌损伤及左室射血分数(LVEF%)变化的关系。CABG 术中红外摄像能够推演桥血管通畅度及缺血心肌再灌注效果,并预判术后心功能状况,该技术在术中监测及术后评估方面具有独特优势,有临床开发及应用价值。

**关键词** 红外摄像;冠脉旁路移植;心功能

**中图分类号** R 331

**文献标志码** A **文章编号** 1000-1492(2015)03-0386-03

目前在心脏冠脉旁路移植(coronary artery bypass grafting, CABG)手术中,尚无实时直观判断心肌缺血程度和评判冠脉血运重建后心肌血运恢复状况的监测手段,因此一旦出现血运重建不佳等恶性事件,术后监测为时已晚<sup>[1]</sup>。医用红外摄像具有间接反映组织功能的独特优势,目前先进红外探测技术能够分辨出体表 0.1℃ 的轻微变化,而这种反映组织的代谢温度变化的热图像可以间接反映组织的功能学特性<sup>[2]</sup>。据此将这一概念引入术中冠心病缺血部位诊断及 CABG 后心肌恢复血供状况的监测。

### 1 材料与方 法

**1.1 病例资料** 对行正中开胸心脏不停跳下 CABG 22 例患者进行术中实时红外摄像,其中受试者男 14 例,女 8 例;年龄 44~67(51.32±13.26)岁,体重 63~92(71.03±18.34)kg。患者均诊断为多根多处冠状动脉狭窄,心电图均有 ST 段明显抬高的缺血证据,冠脉前降支所选择的桥血管均为左侧乳内动脉。手术室温度控制为(22±2)℃,湿度控

制在(60±5)% ,采用正中开胸及静吸复合麻醉。留取术前冠状动脉造影、围术期化验及术前与术后 1 个月心脏超声各项指标。所有患者对术中红外摄像知情同意。

**1.2 研究设备** Hoptic 红外摄像导航系统由鸿谱光电科技有限公司自主研发,并开发适于心脏手术的监控软件,设备相关参数如下:探测器类型为 In-GaAs 焦平面、有效面积为(20.0±30.6)cm、数字输出格式为 Raw 56bit、像素 512×512、曝光时间 500 ns~500 ms、相应波段 0.9~1.7 μm、操作温度 4~40℃。Hoptic 摄像仪预置于术野正上方。探测数据输出至外接显示屏,图像为由深蓝至深红不同梯度颜色组合形成的彩图,彩图右侧有相应的色彩-温度梯度对照图,可分辨不同色彩所对应的温度,资料可输出保存(图 1A)。

### 1.3 研究方法

**1.3.1 监测指标** ① 心表温度:通过软件判断热图像中心脏表面不同部位的温度;② 心表不同部位温差;③ 不规则热图像识别:根据观测要求牵拉心脏,对测试部位心表行红外摄像,通过热图像可以判断某一温度范围内的图形;④ 所有患者术后 24 h 检测血清肌钙蛋白 I(cardiac troponin I, cTnI)值;⑤ 冠脉搭桥患者术前与术后 1 个月心脏彩超左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)差值。

**1.3.2 监测事件** ① 心肌缺血部位定位;② 在开胸术后心表-环境热交换稳定期心肌缺血区域温度与 CABG 术后关胸前该区域的温度差;③ 桥血管热图像形态。

**1.3.3 实验设计与统计分析** 分别留取开胸术后与 CABG 术后心肌缺血区域热图像,通过热图像计算 CABG 手术后缺血区域的温度上升幅度,根据温度上升幅度的大小分为 4 组:0~0.3℃组、0.4~0.6℃组、0.7~0.9℃组和 1.0~1.2℃组,统计分析不同温度组患者术后 cTnI 值及术后 LVEF% 上升值的差异。

**1.4 统计学处理** 采用 SAS 9.2 统计软件进行分析,参数均以  $\bar{x} \pm s$  表示,做组间 *t* 检验。

2014-11-12 接收

基金项目:河北省医学科学研究重点课题(编号:ZD20140094)

作者单位:河北医科大学第二附属医院心脏外科,石家庄 050000

作者简介:赵曙光,男,博士,主治医师;

陈子英,男,主任医师,教授,责任作者, E-mail: shtjdoctor@

aliyun.com

## 2 结果

**2.1 术中红外摄像探测** 开胸术后术野心脏图像不稳定,随着心表与环境热交换的进行,10 min 后心脏表面温度逐步稳定在 28~32 °C,由于冠状动脉血流丰富,大部分心脏红外热图像上可观察到冠脉的走行(图 1B)。除 2 例患者心肌缺血部位未能呈现出较正常心肌部位的低温影像外,其余患者均可呈现清晰的缺血部位心表低温热像(图 1C)。缺血区域较正常心肌区域温度低 0.3~1.5 °C。心脏搭桥术后关胸前再次留取心肌缺血部位热图像,除 1 例患者心肌缺血部位无温度变化外(图 1D),余 19 例患者术后心肌缺血区域温度回升在 0.2~1.2 °C。

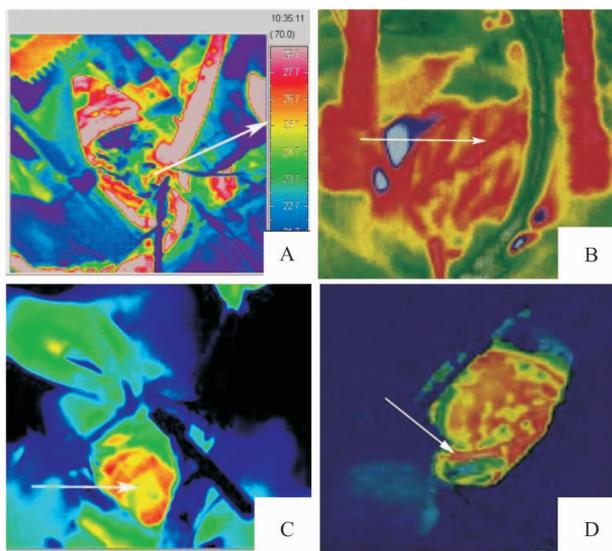


图 1 CABG 术中不同事件下的红外图像

A: 示心脏红外热图像色彩温度对照图; B: 示开胸术后冠脉红外走行热像图; C: 示广泛前壁心肌梗患者红外热像; D: 示桥血管走行及缺血心肌低温像

**2.2 术后心肌损伤与心功能变化** 缺血心肌表面温度上升幅度与术后 24 h 血清 cTnI 值的关系见图 2,如图所示,各组之间术后 24 h 的 cTnI 值差异无统计学意义( $P=1.02$ ),认为 cTnI 值可能更取决于心肌损伤的范围而并非心肌缺血改善的程度。CABG 术后心脏缺血区域温度回升程度与术后 1 个月 LVEF% 提升的关系见图 3,由图可见随着缺血心肌温度上升幅度的增大,术后患者 LVEF% 提升也增大。温度上升在 0.4~1.2 °C 范围的三组患者较温度变化范围在 0~0.3 °C 的患者术后 LVEF% 提升均有明显差异( $P=0.032, 0.027, 0.011$ ),而温度上升在 0.4~0.9 °C 范围内的两组患者 LVEF% 提升值

无明显差异( $P=0.242$ ),但温度在 1.0~1.2 °C 组较前三组均有明显差异( $P=0.011, 0.021, 0.026$ )。

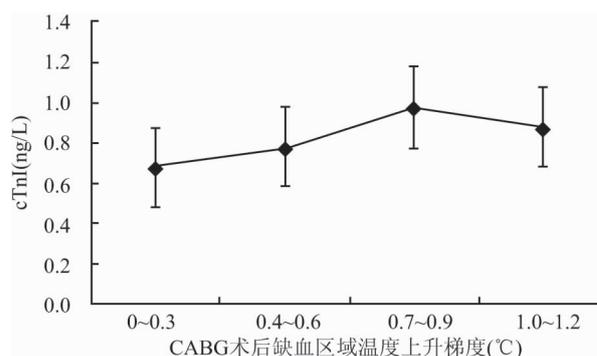


图 2 CABG 术后缺血部位温度变化与术后 24 h cTnI 的关系

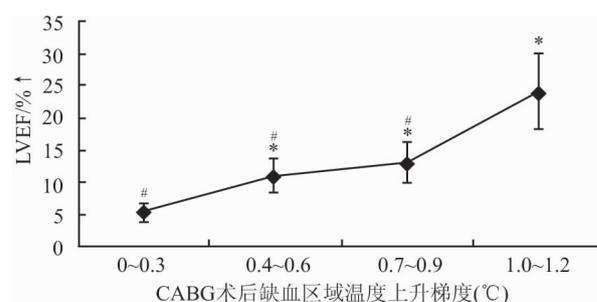


图 3 CABG 术后心肌缺血区域温度变化与术后 1 个月 LVEF% 上升的关系

与 0~0.3 °C 比较: \*  $P < 0.05$ ; 与 1.0~1.2 °C 比较: #  $P < 0.05$

## 3 讨论

医用红外热图像技术不同于 MRI、CT 等影像设备,其采集接收人体辐射的红外能量,以不同的色彩定量地表达温度变化,为探索人体机能信息和结构信息的内在联系开辟了新的途径。该技术曾广泛应用于肿瘤、炎症等领域的临床诊断<sup>[3]</sup>,由于人体肌肉、骨骼、毛发、神经等组织对内脏器官热源具有屏蔽作用,在开胸手术直接将心脏暴露于外界时,红外探测对心肌温度变化的高度敏感才体现出来<sup>[4]</sup>。

目前临床主要应用冠脉造影检查来辨别冠脉狭窄程度,进一步判断血管支配的心肌区域的缺血程度,然而该检查并不能定量显示某一心脏区域的血运情况,而在 CABG 术中,通过肉眼所能辨别出的心肌缺血部位,通常存在严重心肌缺血或心肌梗死,因此临床亟待一项能够敏感地察觉心肌缺血变化的检测手段。红外探测技术在外周血管病变引起的缺血温度变化诊断方面具有明显优势,利用红外探测这一特性,在 CABG 术中探测心脏冠脉及冠脉狭窄引起的心肌缺血温度变化<sup>[5]</sup>。本研究证实,由于心肌血运丰富,红外摄像探测可以敏感地察觉心肌的温度变化,通过心肌不同区域的温度变化,进一步推演

心肌缺血的区域和范围,本研究结果与术前冠脉造影相符。同时红外探测也可以敏锐察觉由于桥血管的供血而造成的原缺血心肌部位的血运改变。

实验缺血心肌因重获血供而出现的心表温度回升与心肌损伤并无相关性。红外探测到的 CABG 手术前后心表温度变化更直接地反映了桥血管对缺血心肌的再灌注程度,并不能直观反映心肌自身的损伤程度,cTnI 值与心肌损伤范围与程度相关。心肌酶学变化可能与两方面因素相关,即 CABG 术前探测到的缺血心肌部位与正常心肌温度差以及低温心肌范围,但由红外心脏热图推演心肌损伤程度的研究尚待进一步证实。

由于 CABG 术开通了心肌缺血区域的血供,该区域的心肌收缩功能得到提升,本实验通过术后 1 个月的心脏彩超监测表明 20 例患者的 LVEF% 均有不同程度的提高,然而不同患者的心功能改善程度存在差异。本实验显示 1 例术中冠脉弥漫狭窄、远端血管细小的患者术后心功能改善不佳,提示虽然桥血管对该患者心肌的供血效果不佳,在术中表现为 CABG 术后缺血区域温度上升不明显。因此本实验将红外探测到的术中心肌缺血区域温度变化作为评判心脏手术获益的重要参考指标。通过分析发现,CABG 术后心脏缺血部位温度上升幅度与术后 1 个月患者的 LVEF% 改善程度呈正相关。因此认为红外术中探测对判断心脏术后功能恢复具有一定参考意义。

然而,本实验显示红外探测技术存在局限性,个别术前明确诊断冠心病的患者,而在术中并未察觉明显的心表低温缺血区域,通过分析表明这些患者心表脂肪组织较厚,同时心肌缺血呈现心内膜下缺血表现,这一缺血变化对心表的温度变化影响甚微。

由于红外长波对组织的穿透力较差,较厚的心表脂肪和心肌屏蔽了这一缺血改变<sup>[6]</sup>。如果能够将红外长波段热辐射效应与短波段的穿透效应相结合,研发多波段联合探测技术来进一步判断冠心病心肌缺血部位及程度,将具有更高的诊断价值<sup>[7]</sup>。

综上所述,红外摄像技术对判断心肌的缺血部位和缺血程度具有独特优势,同时通过缺血心肌的温度变化能够预测术后心功能变化,虽然该项技术尚有不足之处,相信通过不断的技术改进可以为心脏外科医师提供一种简单可靠直观的监测手段。

### 参考文献

- [1] 龚书榕,张颖蕊,于荣国. 冠脉旁路移植术后患者延迟撤机的危险因素分析[J]. 中国现代医学杂志, 2012, 18(9): 68-71.
- [2] Madder R D, Smith J L, Dixon S R, et al. Composition of target lesions by Near-Infrared spectroscopy in patients with acute coronary syndrome versus stable angina[J]. *Circ Cardiovasc Interv* 2012, 5(1): 55-61.
- [3] 陈丽华,林峰. 近红外线在临床医学应用中的研究进展[J]. 现代临床医学杂志, 2010, 36(1): 11-2.
- [4] Amigoni A, Mozzo E, Brugnaro L, et al. Four-side near-infrared spectroscopy measured in a pediatric population during surgery for congenital heart disease[J]. *Interact Cardio Vasc Thorac Surg*, 2011, 12(5): 707-12.
- [5] Truijen J, Kim Y S, Krediet C T, et al. Orthostatic leg blood volume changes assessed by near-infrared spectroscopy[J]. *Exp Physiol* 2012, 97(3): 353-61.
- [6] Abozguia K, Phan T T, Shivu G N, et al. Reduced *in vivo* skeletal muscle oxygen consumption in patients with chronic heart failure-A study using Near Infrared Spectrophotometry (NIRS) [J]. *Eur J Heart Fail*, 2008, 10(7): 652-7.
- [7] 袁圣付,罗威,钟炜,等. 远红外双波段激光器的性能优化[J]. 红外与毫米波学报, 2013, 32(5): 404-7.

## The clinic significance of frared image comparison in CABG operation

Zhao Shuguang, Chen Ziyang, Yu Ding et al

(Dept of Cardiac Surgery, The Second Affiliated Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050000)

**Abstract** 22 patients with coronary artery bypass grafting(CABG) operation under sternal thoracotomy were randomly selected to intraoperative real-time monitoring. The myocardial ischemic area was judged by infrared thermography, the relationship between the temperature change with the postoperative myocardial damage and left ventricular ejection fraction (LVEF%) were studied. Myocardial ischemia and intraoperative temperature changes could be detected by Infrared cameras in CABG surgery. The blood supply of bridge vessel and postoperative cardiac function could be predicted. Infrared camera technology has a clinical application value in monitoring CABG operation effect and the postoperative heart function.

**Key words** infrared ray; coronary artery bypass grafting; heart function