

从物理到医学应用：

红外热成像早期探测下肢深静脉栓塞

▲广州医科大学附属第一医院 广州呼吸疾病研究所 呼吸疾病国家重点实验室国家临床医学研究中心 邓方阁 钟南山



邓方阁 副教授

2002年SARS暴发，由于红外技术具有非接触、快速、准确的绝对优势，被广泛用于机场、口岸等诸多公共场所，排查与筛查高危患者。事实上，红外技术应用于医学已有一百多年的历史。目前，非接触红外热成像(IRT)技术，通过清晰记录人体瞬间向外辐射的热能信息，已从1871年的体温计接触测温发展到现代的非接触遥感接收、实时动态监测人体局部面积温度。临床将红外热成像检测技术用于肢体深静脉血栓形成(DVT)筛查，就是从物理到医学应用的转化医学的探索。

呼吸专栏编委会

名誉主编：钟南山 王辰

指导专家：

 林江涛 康健 白春学
 沈华浩 陈荣昌 孙铁英
 陈良安 王娟 代华平

主编：曹彬

执行主编：

 白冲 黄克武 李海潮
 王玮 宋元林 应颂敏
 张琅 冯靖 陈亚红

本期轮值主编：黄克武

编委(按姓氏拼音排序)：

 边玛措 蔡志刚 曹孟淑
 陈成 陈虹 陈娟
 陈磊 陈燕 陈湘琦
 范晔 郭强 郭岩斐
 何晓琳 何志义 何志明
 胡毅 季颖群 解立新
 李和权 李敏超 李燕明
 刘晶 刘国梁 刘维佳
 刘先胜 卢文菊 卢献灵
 马德东 孟莹 苗丽君
 庞敏 苏楠 苏欣
 孙加源 唐昊 田庆
 王琪 王凯 王佳烈
 王晓平 王效静 吴司南
 肖丹 邢西迁 徐金富
 许小毛 叶小群 翟振国
 詹庆元 张静 张晓菊
 赵俊 赵丽敏 周为
 周林福 朱玲

实现功能检测 提早10个月发现血管问题

与目前无创检查多普勒血管加压超声检测相比，IRTI检测具有更为突出的特点：检测方便(如同照相)、检查时间短(数分钟)、检查费用低廉、重复性好、患者可直观目测等，被誉为“绿色”检测。

红外热成像检测技术是利用物理技术的一种新型功能成像检测手段，主要通过遥感技术，截取人体表面不同温度场的信息变化，以间接了解血流状态，进而根据人体温度的状态与变化，诊断疾病进展情况和评价人体功能状态(图1)。

尽管目前的结构影像检测(磁共振成像、CT、

X线以及多普勒超声检测)，可透视到机体内部，并以多角度的视角，提供机体结构异常的病变信息，但其并不能完全反映出机体组织的功能变化。

需要明确，疾病发生时，人体的功能变化早于结构改变。功能改变到结构改变即是疾病从量变到质变的发展过程。由于功能变化也是生理动态

变化的过程，无论人体多复杂，机体不同部位、不同组织辐射出的热能是不同的，并通过热传导到机体表面，其热分布是机体许多简单概数分布的叠加，故身体机能的动态观测比静态观察更具先兆性。

前期研究结果提示，与血管造影及超声检查相

比，红外热成像检测甚至可提早10个月发现血管问题。

目前，红外热成像技术已在肿瘤、炎症、疼痛、神经障碍、代谢异常及中医学等方面展开相关研究和应用。

目前，欧美国家主要利用红外热成像技术进行乳腺癌等疾病的诊断和筛

查。除美国食品和药物监督管理局认证和欧盟认证的红外乳腺筛查标准外，国际上对医用红外热像仪的临床应用并未做到标准化、专业化及专科化。迄今为止，该技术的临床诊断或筛评体系也尚无统一标准，极大影响了该技术在医学临床应用方面的推广与普及。

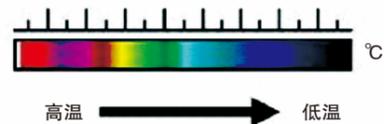


图1 IRTI系统不同的伪码条代表从高温到低温的表达

我国首报告非接触红外热成像筛检效果

国际上多个国家曾利用IRTI对外周血管疾病的临床应用进行研究，但多集中于其对外周动脉血管疾病的筛检；继1972年《柳叶刀》首次报道，相继几篇文章也陆续报道，肯定早期接触式液晶红外扫描成像图(LCT/LCCT)可筛检DVT，但是，关于IRTI和DVT的关系，各方却不曾给出答案。2007年，我国首开两者研究，并发文肯定IRTI对DVT的筛检效果。

国外研究指出，肢体血流量与表面温度密切相关。下肢温度主要取决于外周血流量，肢体皮温异常则提示该区域血流异常。

IRTI可作为一种非侵袭技术，检测皮肤表面温度，直观、动态地间接观测血流状态，进而研究机体的血流变化规律。但是，相关研究主要集中于IRTI对外周动脉血管疾

病的检测。

根据红外热成像的发展，其可分为两类：早期的LCT/LCCT和近期的IRTI。

1972年，《柳叶刀》首次报道LCT/LCCT检测DVT的临床应用，相继几篇文章也陆续报道，确定其敏感度为55%~97%，特异度为62%~85%，阴性预检率为

94%~96.5%，阳性预检率为67.7%，与超声检测的吻合度达90%。

这些文章一致认为，热成像图是一种适宜、价廉、简单、非侵袭的筛检DVT的有效方法，可以用于临床不明栓塞和可疑DVT患者的早期筛检，但这些报道都是关于接触式LCT/LCCT，对非接触式IRTI应用于DVT的报道

几乎没有。

2006年，我国禽流感突发，由此，广州呼吸疾病研究所钟南山院士和北京航空医学研究所俞梦孙院士牵头，共同开发了“人体上呼吸道热态快速自动测评系统”。在该系统中，IRTI对血管及其相关疾病高度敏感，基于该结果，2007年，我国开始对IRTI筛检DVT的临床应用进行研究，开发了

“DVT-IRTI检测系统”。

现已初步完成基础和临床应用研究，并在国际上首次报道非接触IRTI对DVT的筛检，确认其对DVT定位相对准确、高度敏感和相对特异，可用于DVT的早期诊断(2012年)；对确诊DVT患者，检测栓塞部位与血管加压超声或血管造影的吻合率高达96.87%(2015年)。

提早揪出“藏起来”的栓子

DVT临床经过隐匿，缺乏特异性，临床诊断较难，IRTI可实现DVT的早期筛检，简单有效，如若实现在基层单位的大范围普查，DVT的早期发现、预警、监测及治疗皆可获益。

IRTI作为一种生理学功能检测手段，反映的正是机体组织的功能状态。因此，IRTI在疾病早期，就能探知机体内部的微细变化，可用于DVT的早期发现(图2)。

临床上90%的肺栓

塞栓子来源于DVT。由于DVT的临床经过往往较隐匿，缺乏特异性，约80%的DVT患者，尤其是发病于远端者，常无临床症状，所以其临床诊断往往较难。

如果IRTI这种早期

功能性检测技术，可用于基层单位，对DVT实施大范围健康普查，则有助于重点患者的筛检，大幅缩小复查范围。如此一来，不仅可节约检测成本，也更便于DVT的早期发现、预警、监测、管理及治疗。

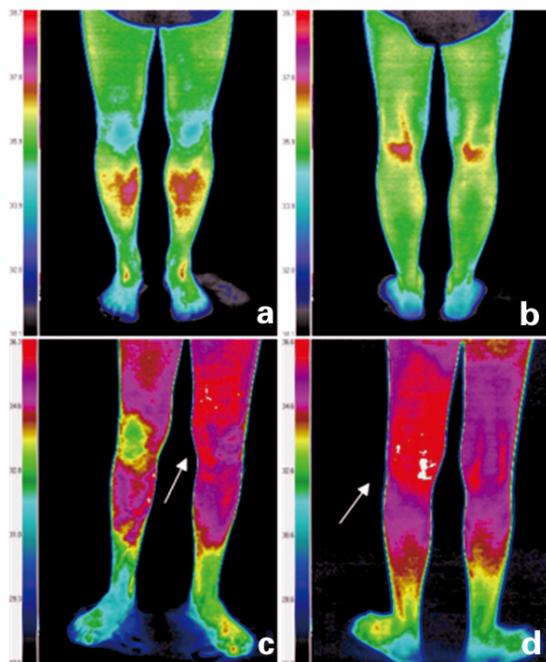


图2 正常成人(a, b)与DVT患者(c, d)的红外热成像表达