

热层析成像技术在乳腺体检中的应用价值

鲍丽, 韩飞, 范强, 梁成文, 李凯扬

【摘要】 目的:探讨热层析成像技术在乳腺体检中的应用价值。方法:应用热层析成像技术对 19798 例体检者进行乳腺红外扫描,对红外热图上存在异常高温区的受检者进行可疑区域的热层析分析,并获得相应部位的层析分析曲线,选取其中 231 例有活检病理结果的受检者为研究对象,将其热层析分析结果与活检病理结果进行 Kappa 一致性检验。结果:231 例受检者的活检病理结果显示乳腺癌 7 例,良性病变 224 例,热层析分析结果显示 15 例恶性可疑,216 例良性可疑,热层析分析法的诊断敏感度为 85.7%,特异度为 96.0%,准确度为 95.7%。经 Kappa 一致性检验,热层析分析法与活检病理结果吻合度较好($k > 0.4, P < 0.01$)。结论:热层析分析法能较准确地判断乳腺病变的良恶性,对于乳腺癌筛查有一定的指导作用,适用于体检科。

【关键词】 热层析成像; 乳腺肿瘤

【中图分类号】 R737.9; R445.7 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)02-0170-03

Study on the application value of thermal tomography technology in physical examination BAO Li, HAN Fei, FAN Qiang, et al. Medical Examination Center, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China

【Abstract】 Objective: To discuss the value of thermal tomography imaging system in diagnosing the breast diseases in physical examination. **Methods:** Using thermal tomography system infrared scanning of breast was performed in 19798 cases of healthy check-up person. Thermal tomography analysis of suspicious areas was performed in cases with presence of abnormal high temperature areas and tomography analysis curve was obtained. Biopsy results from suspected areas were obtained from all 19798 cases. **Results:** From 231 cases with biopsy results, there were 7 cases of breast cancer and 224 cases of benign lesions. Through thermal tomography analysis, 15 cases were suspected malignant and 216 cases were suspected benign. The sensibility, specificity and accuracy of thermal tomography analysis was 85.7%, 96.0% and 95.7% respectively. Using kappa χ^2 test, there was good agreement of thermal tomography analysis with biopsy results ($k > 0.4$). **Conclusion:** The thermal tomography curve was well correlated to the biopsy results. The method proposed in our study is effective in distinguishing cancer from benign tumors. It is suitable for the department of physical examination.

【Key words】 Thermal tomography; Breast neoplasms

早期确诊在乳腺癌的治疗中具有非常重要的意义。当机体发生病变时,首先是局部组织细胞的代谢发生变化,这种变化要早于机体器官功能或形态的变化。热是组织细胞新陈代谢的结果,组织内的热信息与肿瘤的恶性发展息息相关^[1-2]。本研究的目的是通过热层析成像技术探测乳腺体表温度分布与体内逐层热源的相关性,探讨本方法在乳腺体检中的临床应用价值。

材料与方 法

1. 研究对象

回顾性分析 2011 年 12 月—2013 年 11 月在武汉大学中南医院体检中心进行乳腺体检的 19798 例女性受检者,年龄 18~96 岁。受检者均接受触诊、热层析成像检查,并进一步跟踪复查。选取其中 231 例有穿刺活检病理结果的病例为研究对象。231 例患者年龄

37~72 岁,平均 52 岁,既往无其他病史。

2. 实验方法

系统介绍:本研究采用武汉昊博科技有限公司的热层析成像设备(专利号 ZL200720085783.3)进行层析曲线分析。热层析成像系统通过红外探头采集体表温度数据(红外图像),依据体表温度分析体内不同深度的热信息(即层析),研究不同病变(特别是癌变)与人体局部新陈代谢的变化规律。

当人体组织内有病变时,其细胞新陈代谢产热易于正常组织,形成热源,热量传到体表形成的温度分布近似洛仑兹曲线。随着热源深度的增加,曲线越来越平缓,线宽(如半高宽)逐渐增加,热源强度逐渐降低^[3]。

人体局部的新陈代谢状况与热源强度 q 值的变化曲线是密切相关的,人体内部局部组织生理和病理的不同变化都将反映为 q 值曲线的不同。因而不同病变类型(良性和恶性病变)所得的 q 值曲线特征是不同的^[4]。热层析技术基于病人体表的温度值,通过计算处理单元进行计算分析,以体表病变部位的中心为起点,对不同范围的分析可以获得相应体内不同深度的

作者单位:430072 武汉,武汉大学中南医院体检中心(鲍丽);430072 武汉,武汉大学物理科学与技术学院生物医学物理实验室(韩飞、范强、梁成文、李凯扬)

作者简介:鲍丽(1973-),女,湖北麻城人,护师,主要从事乳腺瘤早期诊断的研究工作。

基金资助:国家重大科学仪器设备开发专项项目(2012YQ160203);武汉大学博士研究生自主科研项目(2011120202020006)

热源信息,继而统计出热源强度随深度变化的 q 值特征曲线。

在前期工作中,本方法搜集了大量病例并对其病变区域的热信息采用热层析技术分析获得其 q 值特征曲线,总结归纳出不同病变类型对应的曲线分布规律^[5],在后续更多的病例统计和验证后,本方法获得 CFDA 批准(YZB/鄂 0552-2012)及相关专利(ZL200710052685.4)。

热层析分析判定方法如下:正常组织所对应的特征曲线与 X 轴夹角较小($<30^\circ$),表明组织内无异常高温热源;良性病变对应的特征曲线与 X 轴夹角较正常组织略大,但也有特殊情况,如炎症病例的特征曲线夹角就远大于正常组织,表明组织内部有高温热源;恶性病变对应的特征曲线一般处于一个较高的夹角区间(但一般又低于炎症病例),表明组织内部有异常高温热源,且热源强度较高。乳腺恶性肿瘤的热层析曲线一般表现为与 X 轴夹角呈 $30^\circ\sim 45^\circ$ 间的抛物线。上述统计结果与正常组织、良性病变和恶性病变的临床病理学表现一致:炎症的热源强度最高,良性肿瘤的热源强度较低,恶性肿瘤的热源强度较高并处在前二者之间,正常组织的热源强度最低。

操作方法:受检人员首先由体检师采集基本信息,包括年龄、乳腺及妇科相关病史等,之后受检人员进入检查室(室温 25°C),褪下上身衣物,充分暴露受检部位(双乳),静息十分钟左右接受热层析成像检查。设备采用武汉昊博科技有限公司生产的 HB-T-3 型热层析成像系统。

检查过程中,受检者需要双手抱头,充分暴露乳房和腋窝等受检部位,摄取体表红外热图,包括正面图像以及左、右各旋转 15° 、 30° 、 45° 、 75° 、 90° 共 11 张图像。受检者随后接受乳腺专家触诊,问诊。

3. 数据处理

热层析分析:采用热层析成像系统中的分析功能对采集到的乳腺红外热图进行分析,红外热图的伪彩色对应为体表温度值,首先观察图像整体以及某些特殊部位的温度分布是否左右对称,如果温度分布对称,且无异常的高温区,则提示受检者健康状况良好,问诊触诊后再断定是否无需进一步检查。如温度分布显著不对称,即存在异常高温区,例如条索状、斑块状的高温区,或者出现血管增粗、增多、迂曲等情况,分析目标区域及对侧区域的平均温度差值,温差 $>1^\circ\text{C}$ 表示有病变可疑,然后选取可疑目标区域做热层析曲线分析。

在图像上选取目标区域的中心及范围,系统软件对目标区域做逐层数据处理,计算出包含热源深度信息的 q 值特征曲线,可以根据需要选择多个目标区域中心,综合得到一系列 q 值特征曲线,继而根据曲线判

定标准鉴别病变的良恶性。

统计处理:采用 SPSS 20 统计软件包,对所有病例的热层析分析结果与病理结果(穿刺活检获得)进行 Kappa 一致性检验, $k < 0.4$ 表明两种方法一致性较差; $k \geq 0.4$ 表明一致性较好; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

231 例受检者中 15 例热层析分析结果显示受检者左乳(9 例)/右乳(6 例)部分区域存在高温区,血管亮化发现有明显增粗的血管。对高温区域的附近进行层析曲线分析, q 值曲线位于恶性区间,判定结果为恶性可疑(图 1)。216 例热层析分析结果显示受检者左乳(139 例)/右乳(77 例)部分区域存在高温区,血管亮化发现有增粗的血管。对高温区域的进行层析曲线分析, q 值特征曲线显示良性,判定为良性病变(图 2)。

231 例受检者的穿刺活检病理结果:乳癌 7 例,乳腺增生、腺病、纤维瘤等良性病变 224 例,乳腺热层析结果分析显示 15 例恶性乳癌可疑,216 例为良性病变可疑。两种方法结果对比见表 1。

表 1 热层析分析结果与病理结果对比 (例)

| 热层析分析结果 | 病理结果 | | |
|---------|------|------|-----|
| | 乳腺癌 | 良性病变 | 合计 |
| 恶性 | 6 | 9 | 15 |
| 良性 | 1 | 215 | 216 |
| 合计 | 7 | 224 | 231 |

注: $k=0.526$,95%置信区间(0.215~0.769), $P < 0.01$ 。

表 1 显示 $k=0.526$,95%置信区间为 0.215~0.769, $P < 0.01$ 。 $k > 0.4$ 表明热层析方法的判定结果与穿刺活检结果基本一致, $P < 0.01$ 表明结果具有显著统计学意义。这里统计分析只基于有穿刺活检(病理结果)的病例,对无病理结果的病例认为不足以确定研究方法的准确性,不做差异性检验。

经统计分析,231 例研究病例中,热层析分析方法诊断敏感度为 85.7%,特异度为 96.0%,准确度为 95.7%。

讨 论

目前传统的乳腺检测手段存在很大的局限性。钼靶被公认为乳腺癌诊断最有效、最可靠的手段,但是由于其辐射性及对致密性乳房的较低敏感性,年轻女性以及哺乳期妇女不宜做此项检查。近年来,彩色多普勒超声成像在乳腺疾病的诊断准确性上得到不断提高,但是良性肿瘤因直径小容易被误诊。

本研究采用的热层析成像是一种功能学成像,它反映的是人体代谢水平的变化,热是组织细胞新陈代

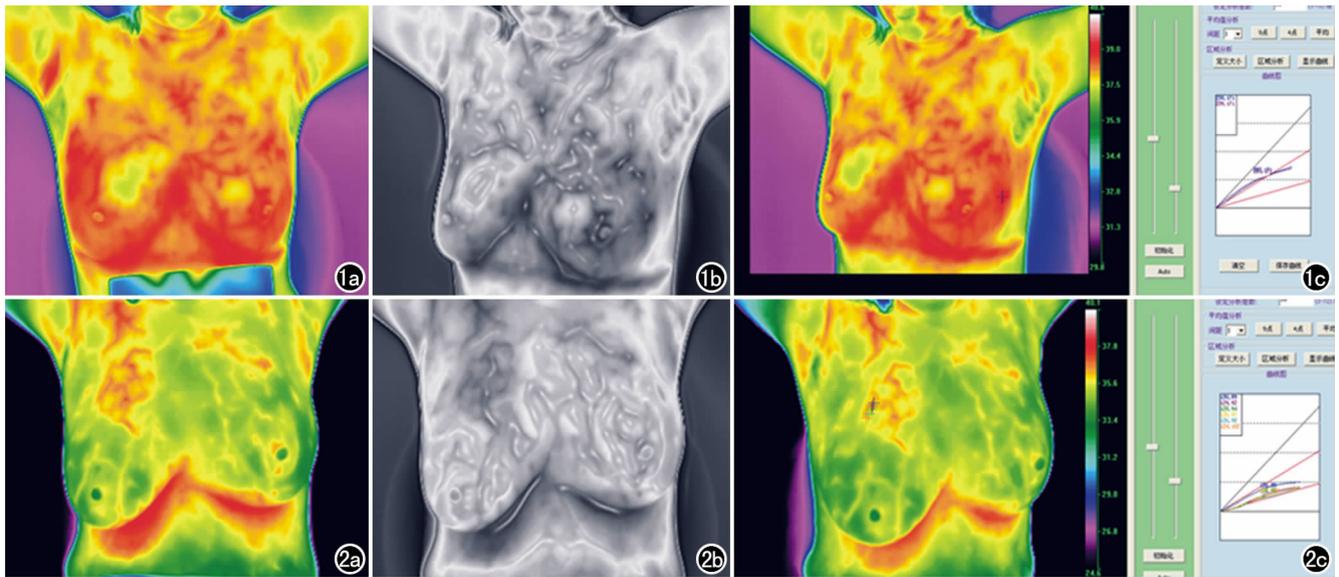


图1 女,42岁,活检病理为乳腺浸润性导管癌2级。a)热层析成像定标图显示左乳外上有高温区域;b)热层析血管图显示血管亮化,发现明显增粗的血管;c)热层析分析曲线图。对高温区域的附近取点分析,获得恶性可疑曲线。图2 女,50岁,活检病理为乳腺腺病。a)热层析成像定标图显示右乳内上有高温区域;b)热层析血管图显示血管亮化,发现增粗的血管;c)热层析分析曲线图。对高温区域的附近取点分析,获得良性曲线。

谢的结果,恶性肿瘤和良性肿瘤的发热强度不同,随源深度变化也有不同,热层析系统依据热源强度随深度变化的特征曲线来判断乳腺疾病的良恶性^[6]。与形态学成像相比,功能学成像并不直观,但是它能更早的发现疾病,当病变发生初期,局部组织细胞的代谢情况首先发生变化,这种变化要早于人体器官功能或形态的变化。功能成像可以在病变初期3年左右发现病变,钼靶要在十年左右发现病变,而触诊可能要在12年左右发现病变。另外,作为一门影像学筛查技术,热层析技术的优势体现在以下几个方面:无疼痛,无创伤,无辐射,无对比剂注射,可重复多次使用。

本研究对象为19798例体检者中有活检病理结果的231例,经热层析分析判别,其中15例恶性可疑,216例良性。病理结果显示7例恶性确诊,224例良性确诊。经Kappa一致性检验,热层析方法与穿刺活检的结果基本一致($k=0.526, 95\% \text{ CI } 0.215\sim 0.769$), $k>0.4$ 表明热层析方法对病变良恶性的鉴别效果与穿刺活检结果基本吻合, $P<0.01$ 表明结果具有统计学意义,说明此方法对于区分乳腺疾病的良恶性较准确可靠。

综合统计,231例有效病例中,热层析分析方法真阳性6例,真阴性215例,假阳性9例,假阴性1例。其诊断敏感度85.7%,特异度96.0%,准确度95.7%,均大于85%,符合率较高。表明热层析方法在乳腺癌筛查应用中有较高的准确性和可靠性,有较大的潜在应用价值。

综上所述,热层析成像方法的层析曲线对乳腺病变的良恶性判定结果与穿刺活检结果有较好的一致

性,可作为区分乳腺病变良恶性的方法,对于乳腺癌的早期诊断有指导作用。热层析作为一项新的技术,具有良好的敏感性和非侵入性,简单方便快捷,适用于常规的医疗机构中乳腺及妇科疾病筛查,与钼靶和超声方法比较,更适用于体检科。当然,该方法中q值区间鉴别指标还需要在更大样本的人群中进行研究和验证,获得更高的判定准确性,以进一步探索热层析成像在乳腺及妇科疾病诊断以及癌症预测、全身检查的应用价值,以便更有效的开展健康管理工作。

参考文献:

- [1] Jones BF, Plassmann P. Digital infrared thermal imaging of human skin[J]. IEEE Eng Med Biol Mag, 2002, 21(6): 41-48.
- [2] 乔雨婷, 韩飞, 李文科, 等. 曲面拟合技术在医学热层析方法中的应用[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(2): 231-234, 258.
- [3] Yong L, Kaiyang L, Xianlin Z, et al. Analyzing method of the inner heat source in breast based on infrared imaging and clinical application[G]. iCBBE, 2007: 853-856.
- [4] Chunfang G, Kaiyang L, Shaoping Z. A novel approach of analyzing the relation between the inner heat source and the surface temperature distribution in thermal texture maps[J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2005, 1: 623-626.
- [5] Jie Y, Kaiyang L, Shaoping Z. The non-invasive 3D temperature image reconstruction of organism by ANSYS[G]. Proceedings of the 5th International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2006: 4268-4272.
- [6] Kaiyang L, Yonggang D, Cheng C, et al. The non-invasive reconstruction of 3D temperature field in biological body with monte carlo method[J]. Neurocomputing, 2008, 72(1-3): 128-133.

(收稿日期:2013-11-10 修回日期:2014-01-08)