

# 几种中医疾病分型的经络红外温度曲线 特性分析

魏 强

**摘要:** 使用现代技术来辅助中医诊断一直是学者努力的目标, 通过测量温度来获得疾病信息则是其中较有希望的方向。本文试验表明, 经络走行路径上皮肤表面温度和测量得到的红外辐射并不一致。两者不仅可以独立变化, 还可以反向变化。为此本文提出经络营气渗出会在产热的同时遮蔽红外线的解释。并设计了可以同时测量体表温度和红外温度的多通道记录仪, 对多位患者进行了测量。测量结果表明, 血瘀、痰饮患者对症服药后红外温度曲线会出现毛刺, 外伤、厥逆等患者的红外温度曲线则会有明显跳变。测量还发现, 红外温度曲线可发现患者毫无感知的往来寒热, 此时可按少阳证治疗获得满意结果。此外, 论文还给出了红外/体表温度差可能反映经络间气血相对强弱的几个案例。

**关键词:** 中医诊断学; 红外温度; 发射率; 血瘀; 痰饮;

## Research on Characteristics of Meridian Infrared Temperature Curve of Several TCM Disease Types

WEI Qiang

**Abstract:** Using modern technology to assist Traditional Chinese Medicine diagnosis has always been the goal of scholars' efforts, and obtaining disease information by measuring temperature is one of the more promising directions. The experiments in this paper show that the skin surface temperature on the meridian path is not consistent with the measured infrared radiation. The two can not only change independently, but also reversely. For this reason, this article puts forward the theory that the exudation of the meridian qi will shield infrared rays while producing heat. And designed a multi-channel recorder that can measure body surface temperature and infrared temperature at the same time, and measured multiple patients. The measurement results show that the infrared temperature curve of patients with blood stasis and retained fluid will have burrs, and there will be obvious jumps in curve of patients with trauma and Jueni. The measurement also found that the infrared temperature curve contain repeatedly cold(down) and heat(up) transition that the patient does not perceive. At this time, satisfactory results can be obtained by using medicine that is suitable for the Shaoyang meridian illness. In addition, the paper also gives several cases where the infrared/body surface temperature difference may reflect the relative strength of Qi between meridians.

**Keywords:** TCM diagnostics; infrared temperature measurement; emissivity; blood stasis; retained fluid

## 0 引言

多年来人们对经络进行了广泛而深入的研究, 这些研究既包括对经络本身的研究, 也包括利用经络信息来帮助诊断的研究。采用的方法则包括电阻/电导法<sup>[1][2]</sup>、高频振动声法<sup>[3][4]</sup>,

光谱法<sup>[5][6]</sup>、激光强度法<sup>[7]</sup>、同位素示踪法等等。不过，这些方法都有对应的缺点，例如电阻/电导法数值不稳定，高频震动声法会损伤经络，光谱法/激光强度法正常人和病人差异很小等等。此外，现有的研究方法多数将经络气血看作一个整体，而不去区分营气和卫气，这就导致测量结果（如电阻/电导法中的测量结果）同时受两者影响，造成混乱。

使用体表温度或者红外热像仪来进行经络研究则是另外一个重要的分支，目前也取得了不少成果。如芹泽胜助、喻凤兰等发现穴位温度比非穴位温度普遍要高<sup>[8]</sup>。胡翔龙、许金森等在穴位加热后利用红外热像法得到了沿经络的高温线，从新的角度证明了经络的存在<sup>[9]</sup>。刘瑞庭、张栋等用红外热像仪测量发现针刺合谷会引起迎香穴温度升高<sup>[10]</sup>，而马惠敏等则发现针刺曲池后，曲池、温溜、手三里的红外温度会下降<sup>[11]</sup>。不过，这些研究距离辅助诊断的目的还有差距。另外后期的研究一般都使用红外热像仪，认为红外温度为温度的准确表征，而忽略发射率的影响。但事实上，按本文研究，人体经络和穴位上的红外辐射强度并不总是和体表温度同步变化（如果机械套用发射率概念的话就是发射率会变化），因此红外热像仪只能获得近似的信息，而不能准确反映人体的状况。此外，红外热像仪难以给出一个部位温度随时间变化的曲线，而这一曲线可以提供非常丰富的信息。

测量穴位温度来衡量经络气血强弱或是否得病（辅助诊断）则是另外一个方向。获原晖章发现左右同一穴位温度差超过 0.5 度就会出现患者的不适感。赵荣荣等发现胃病病人和糖尿病病人左右同一穴位温度差确实高于正常人<sup>[12]</sup>。林蕙兰、李自双等试验则发现肝病患者肝俞、太冲温度较健康人高<sup>[13][14]</sup>。目前辅助诊断的主要思路为，使用热电阻或热电偶测量皮肤表面温度，或者使用红外热像仪测量温度，再比较左右两边同一穴位的温度，如果温度差异过大（如超过 0.5 度）则对应的经络/内脏有问题。不过，这一评价方法和结论过于简单，难以和中医八纲或六经辨证结合，因而难以实用。

笔者过去进行经络研究，由于试验方法不当（机械振动引起共振等）损伤了多条经络，导致血瘀、痰饮、水饮齐集，出现长期心慌心悸及入睡后血氧降低，伴随寒热往来、定时发热、肢体凉等众多症状。不过这也引起了笔者对通过温度探究气血强弱和变化的兴趣。实践表明，使用红外探头连续测量穴位的温度曲线并进行比较分析，可以获得很多信息，并具有辅助疗效判别/诊断的实用价值。本文给出了相关的试验结果，并对结果做了初步分析。

## 1 装置结构及试验方法

### 1.1 装置结构和红外温度测量

本文记录仪（图 1）使用 Arduino due 作为硬件平台。每个 Arduino due 平台都包括 CPU、内存、若干 SMBUS 通信口（用于和 MLX90615 通信）和蓝牙通信部件（用于和手机通信）。Arduino 内的软件执行时，CPU 会每 6 秒用 SMBUS 协议轮流和下挂的多个红外探头通信（装置最多可以有 12 个探头但一般仅使用 5-6 个），获取红外探头放置位置的红外温度和体表温度。这些数据随后被打包，通过蓝牙上传到手机内的监控软件。监控软件会在显示温度趋势的同时在手机内记录数据以便将来回放分析。

本文试验使用的红外探头则是 melexis 公司的 MLX90615（图 1 中任一电缆末端均为一个焊接于小电路板上的 MLX90615）。MLX90615 是一款用于非接触式测量的微型红外温度测量器件，内有 IR 敏感型热电堆检测器器件和信号调节 ASIC。其中热电堆由很多串联起来的热电偶组成，当红外辐射加热时，热电堆两侧就会产生微弱的电势差。信号调节 ASIC 采集这个电势差，经过放大和 A/D 转换及信号调节后，可以得到被测的红外温度  $T_o$ （object temperature），并以数字量的形式提供给外部的 CPU。由于在信号调节和红外温度计算过程中，必须知道热电偶冷端的温度，所以 90615 还会额外测量环境（实为内部）温度  $T_a$ （ambient temperature）。MLX90615 出厂前已经经过校准，可以在医疗温度范围内达到  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  的精度。



图 1 试验用多通道温度记录仪

Fig. 1 Multi-channel temperature recorder used in experiments

选用这一器件有两种考虑：首先，该器件测量精度高，且测量结果以数字形式提供，不会因为外部电路因素引入额外的测量误差。其次，该红外探头可同时给出探头内的温度（环境温度），如果在测量时将探头紧贴皮肤（将常规非接触使用的红外探头转为接触式使用），则该器件同时提供的环境温度正好可以作为本文研究需要的体表温度。

当然，将探头紧贴人体，会导致 MLX90615 内部各部分温度不同，在 MLX90615 内部引起温度梯度，这会引起红外测量的误差。不过根据后文分析可知，本文研究主要使用红外温度的波形波动和显著反转，即其波形异常，而对其绝对数值关注不多，所以这种误差并不影响后文应用和分析。事实上，红外热像仪也有类似的绝对数值不准的特性（尽管其像素间的相对差值可以精确到  $0.1$  度甚至更小），但也同样不影响热像仪的使用。

## 1.2 试验方法

本文研究的具体试验方法为：将记录仪的多个红外温度探头用胶布贴在人体经络走行路径上（后文如无特殊说明，一般在手指中节侧面的手六经走行路线上，在粘贴时还在 MLX90615 之外用厚度为  $2.4\text{mm}$  的硅胶圈辅助固定），然后用手机上的软件连续记录探头

测量得到的红外温度和体表温度。因为前者由红外热辐射引起，后者则使用热电偶/热电阻测得，所以两者不同步变化。试验一般持续 30 分钟到一个小时，试验后分析记录曲线，再寻找曲线与症状间的关联，总结规律。

试验时探头置于手指中节侧面有几个考虑：首先，手指中节经络较浅。因为人体躯干或四肢肘膝以上的经络走行深度较深，经络上覆盖的组织较多，红外线可能衰减的更多。气血变化引起的测量变化可能就小。其次，尽管井荣输经合穴都满足经络较浅的要求，但是井穴难以固定探头（不一定能确保探头垂直皮肤），其他诸穴则存在认穴的问题。最后，多个手指的解剖学结构相似，所以体表温度、红外温度及两者间的温度差可比性更好。后文有根据温度差来判断经络气血相对强弱的猜想，为此目的，显然在手指上测量最好。

在试验时，一般情况下会按照红外医学分析（测量）的惯例，选择温度恒定、基本没有空气流通的房间。不过由于这一条件并不总能满足，所以有时也加以变通，在手外覆盖额外的隔热层（单层衣物或薄手套），这样也可以有效防止周围环境温度对测量结果的影响。

## 2 人体温度特性的特异之处

### 2.1 体表温度和红外温度反向变化

图 2 是笔者在左足少阳进行连续监测时得到的波形（探头位于足背脚趾附近，实线对应红外温度而虚线对应体表温度）。出现这种波形的原因（病因、病机）并不重要，重要的是，图中红外温度和体表温度反向变化，过了一段时间之后又反转恢复原来位置。常规思路认为红外辐射和被测物体绝对温度的四次方成比例，如果认为体表温度就是被测物体温度，则体表温度和红外温度两者应同步变化（红外测温一般会使用发射率的概念，首先同时测量红外温度和表面温度并进行计算发射率，随后的测量就以非接触的形式进行，利用发射率和红外辐射强度换算表面温度），而图 2 完全不遵循此规律。这一波形表明，人体的红外辐射和体表温度不是简单的相关关系，背后的机理复杂的多。

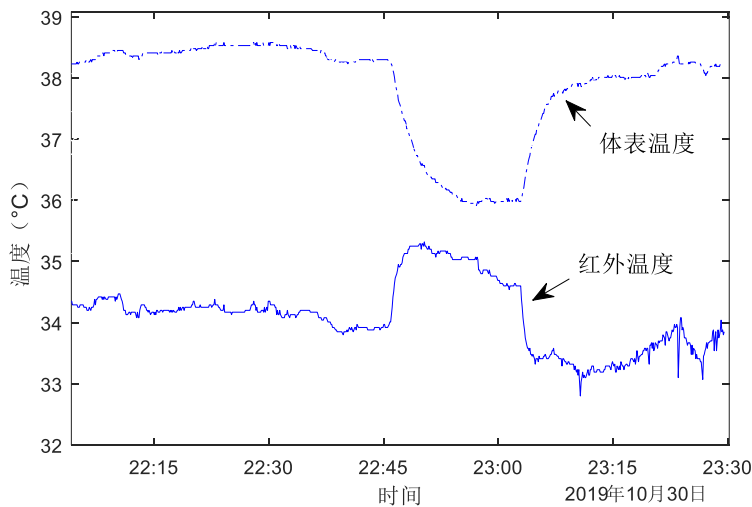


图 2 左足少阳监测出现体表温度和红外温度反向变化

Fig. 2 The reverse change of surface temperature and infrared temperature on the left foot Shaoyang meridian



如果没有同时测量体表温度的话，图 2 对应的现象不会引人注目（仅红外温度变化可以被归因为血液流速变化或体内温度变化引起的血液温度变化）。但是同时测量两种温度，则很难为这些现象作出解释。后文图 7 中，还出现左手小指外侧太阳经红外/体表温度反转而内侧少阴经温度无反转的情况，进一步排除了血液流速或者体内温度变化的因素。由于在试验过程中还可以排除肌肉动作产热或者出汗影响散热等其他因素影响，综合分析这些现象，合理的结论是：红外/体表温度的变化和反转均由经络气血变化引起，而且体表温度变化和红外温度变化由不同的机制引起。

## 2.2 营气渗出会发热并遮蔽红外线

在本文工作之前，已有研究表明经络线上的温度较经络周围高<sup>[8]</sup>。可见经络内的气血可以产热。此外，临床常可见到血瘀导致病人定时发热。两相结合可知，经络内的气血在运行受阻而渗出时发热会更明显。下文将这种运行于经络中且渗出时会发热的气血称为营气（因为营行脉中）。由于红外温度测量受很多因素影响，在红外温度和接触式测量温度结果背离时，应优先采用接触式测量结果。所以图 2 体表温度上升应对应营气渗出导致的发热增多。

另一方面，现有的研究均认为，长波红外线会被皮肤表皮遮挡，大于 1.5  $\mu\text{m}$  的红外线穿透厚度仅为 1-2mm。如果认为这种遮挡作用不是恒定不变，而是随着经络营气变化而变化，就可以很好的解释图 2 红外温度在体表温度上升时下降的现象。也就是说，随着经络营气外渗，从体内深层辐射出体外的红外辐射受到了更多遮挡，最后体表的红外探头感受到的红外辐射更少，看起来就是红外温度下降了。

这一解释也和文献<sup>[10]</sup>描述的现象一致。按照经络营气渗出发热的解释，在针刺时，逆经络营气运行方向的上游（如在曲池针刺时合谷为上游）体内温度应该上升（因为营气前行道路被堵塞营气会渗出）。但按照该文献，在针刺时，逆经络营气运行方向的上游红外辐射（红外温度）会下降。所以合理的解释仍是：经络营气渗出发热的产物会遮蔽红外辐射，针刺后营气渗出更多所以测量到的红外辐射更少。

这些解释有助于理解后续给出的测量结果。

## 3 和疾病相关的测量结果

本节叙述笔者在本人和亲朋中进行试验得到的红外/体表温度曲线及其特征，这些结果曲线或者病因病机明确，或者能够指导治疗并得到正面反馈，因而有望在治疗中广泛观察到，并有可能指导医疗实践。

### 3.1 存在血瘀时的测量结果

图 3 为 2020 年 5 月 15 日笔者服用桂枝茯苓丸后于 16 日早晨测量得到的波形（右手）。笔者由于心脏问题，每晚都会多次血氧降低，严重时还需要使用制氧机。西医诊断为二尖瓣轻度返流，但中医诊断为血瘀导致。这个诊断可以说非常合理，因为在 2019 年一年中，每次症状加重都可使用血府逐瘀和/或给足阳明经刮痧来减轻，2020 年 3 月则因血府逐瘀逐渐

无效开始使用桂枝茯苓丸（但因为尚有足少阳等其他经络不通且存在肝脾不合，所以换药后仍不能根治）。这个事实和波形也能够吻合，因为紫色对应手少阴心经，毛刺则是血瘀导致经络气血流通不能顺畅的直接表征。

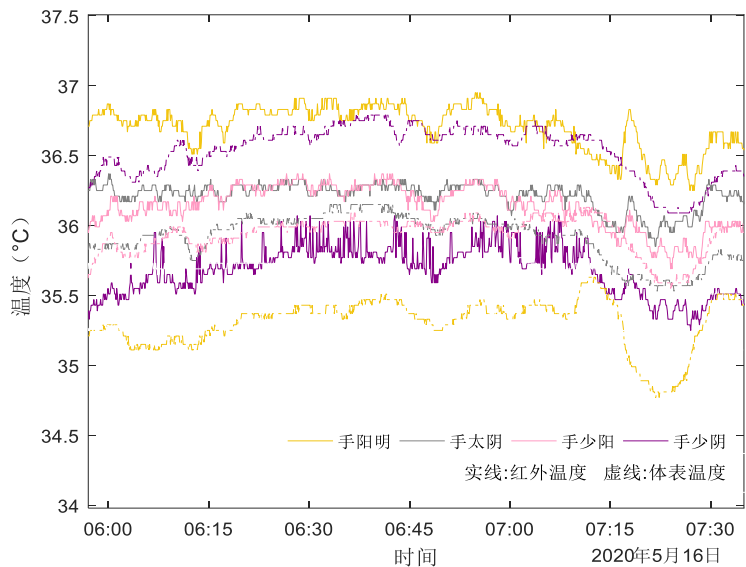


图 3 血瘀引起单个经络红外温度曲线出现毛刺

Fig. 3 Blood stasis causes burrs on the curve of a single meridian infrared temperature

对图 3，还有两点值得注意：一、尽管试验时同时测量了手太阳、手阳明和手少阳经，但仅有手少阴的探头出现毛刺。这一现象不仅排除了测量结果由血液温度变化引起的可能，同时还说明，即使血瘀确实存在，也仅能在瘀滞点附近的经络观察到毛刺。二、7 点之后毛刺随即消失。也就是说，子午流注对测量结果有重要的影响。按照子午流注，十二时辰中不同的经络交替气血衰旺。可以想见，需要堵塞的地方在气血正旺经络的下游，并在堵塞点附近的经络观察，才能看到明晰的结果。

不过，图 3 波形是在使用祛除血瘀的药物之后观察到的。如果患者没有用药，则波形不会如此明显。笔者曾给另一心悸患者在未开始服药治疗时进行测量，结果虽然存在毛刺，但是出现频率很低（半个小时内仅出现数次）。这种现象也符合常理，就像黄河虽然淤积严重，但也只有在小浪底调水调沙时下游才会观察到明显的冲刷作用。

### 3.2 存在痰饮时的测量结果

图 4 为患者魏 XX（男，69 岁）服用温胆汤之后进行测量得到的波形（左手）。服药之前，患者连续出现亥/子时身上发热，难以入睡。因为该患者为半夏体质，此前服用苓桂术甘汤合半夏治疗头晕有效，所以判断此次为痰饮阻滞气血运行导致，据此给以温胆汤。服药后测量发现，对应手太阴的探头也出现了毛刺。按中医理论，痰饮和血瘀有相似之处，都是会阻滞气血运行，所以都会出现毛刺。但是毛刺到底是痰饮还是血瘀引起，还需要根据其他症状来判断。前节例子因为此前服用桂枝茯苓丸才判断为血瘀。在这个例子中，由于没用药之前测量不到毛刺，所以应该是温胆汤引起的变化。也就是说，胆经痰饮先引起身热难以入睡，用药后则表现为曲线上的毛刺。

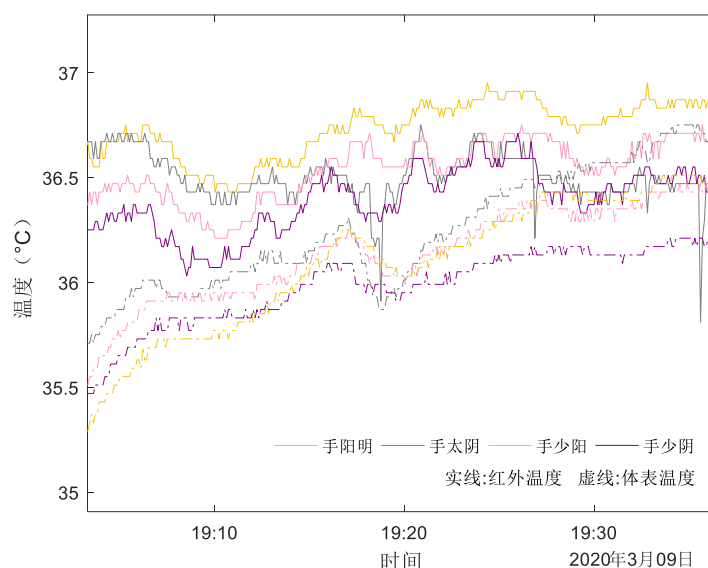


图4 服用温胆汤后手太阴红外温度曲线出现毛刺

Fig. 4 Burrs on the curve of hand Taiyin meridian infrared temperature after taking Wendan Decoction

这个患者的痰饮不重，所以服用温胆汤几天后症状就已消失，所以图4对应波形毛刺也较少。不过可以想见，对痰饮严重的患者，服药后波形毛刺会明显的多。中医治疗痰饮往往需要长期服药（有时可能长达数月），在此期间症状可能没有显著改善，因此说服患者坚持服药有一定难度。如果进行测量出现毛刺作为旁证，对增强患者信心会有很大的帮助。

另外，从图4可以看出，尽管红外曲线出现了毛刺，但是体表温度曲线仍然是相对平滑的。也就是说，两种温度除了会反向变化，还可以独立变化（文献[15]中还有红外温度不变而体表温度单独变化的结果曲线），这进一步说明人体温度的红外特性是非常复杂的。

### 3.3 患者完全无感的往来寒热

图5为患者魏XX（女，15岁）出现腹疼几天后的测量结果（右手）。该患者长期便秘，大便间隔3-5天，但是一直没有治疗。测量时患者无腹疼呕吐，也没有觉得身上冷或者热。但从图中可以看出，红外温度出现反复的周期性变化。这种周期性变化不像图3图4那么异常，但是也非正常波形。事实上，笔者给其他健康人进行试验时，如果保持环境温度不变，则红外温度基本平稳，不会有大的波动（这也是内经“阴平阳密”中阴平的体现）。和正常波形相比，图5的温度波动就极为引人注目。由于伤寒论指出往来寒热为少阳经证，所以据此让患者服用小柴胡颗粒，服用一周后，大便间隔就已经缩短为1-2天，同时长期困扰她的严重晕车也一起消失。

由该病例可以看出，某些患者的寒热变化可能幅度小而迅速，以至于患者本人根本没有察觉。如果患者像本病例一样既感觉不到往来寒热，也没有口苦咽干肋疼喜呕之类症状，就不可能开出小柴胡汤。此时使用红外温度记录仪来判断往来寒热会更敏感。此外，由于临床可见到太阳少阳或者少阳阳明合病。如果能够分辨出不明显的少阳证，对这些患者也有重要的意义。

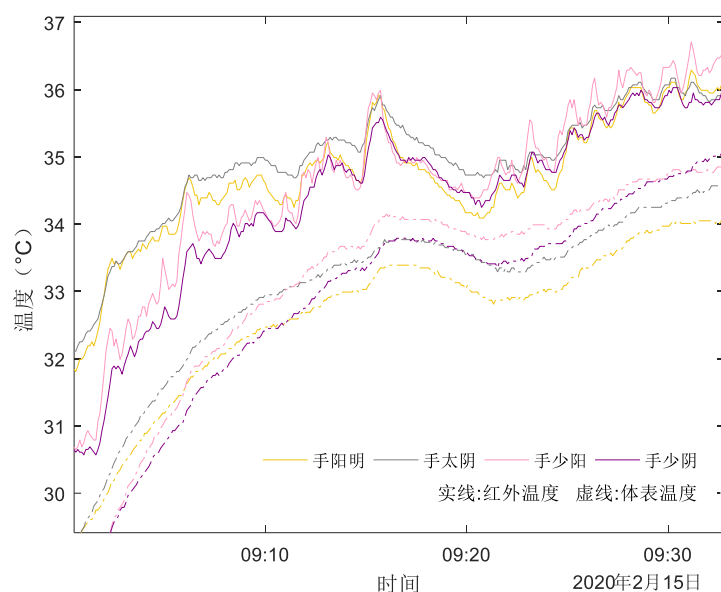


图5 本人毫无感知的往来寒热

Fig. 5 Hot-cold transition that is imperceptible

### 3.4 外伤后的测量结果

图6为患者郭XX（女，69岁）外伤后测量得到的波形（右手）。患者于2020年5月骑电动车时不慎摔倒，电动车碰到了颧骨附近（病人自述）。患者随后胳膊出现炎症和肿痛等症状，肿痛消退后长期手疼、无力。西医拍片后诊断为颈椎错位压迫神经，但治疗无效。随后进行测量。从波形可以看出，对应少阳经的波形出现了明显的异常（相对平滑本底上的四次突变，其中一次伴随体表温度转折）。据此可以判断手疼实为经络气血不能流通导致，而非颈椎压迫神经。随后对症治疗（针灸等），目前已经显著好转。

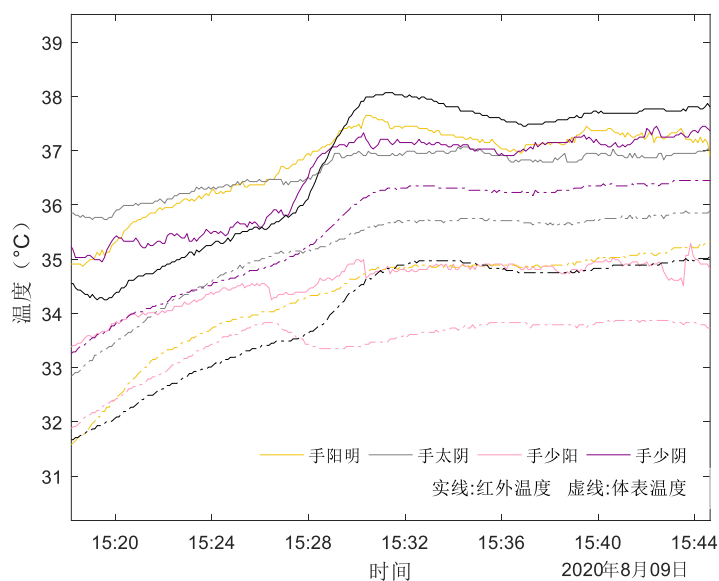


图6 外伤后引起的手少阳红外温度跳变

Fig. 6 Sudden change on curve of hand Shaoyang meridian infrared temperature



这一病例虽然简单，但很有代表性。事实上，门诊疼痛科会遇到很多西医诊断为颈椎腰椎压迫神经的疼痛病例。其中有不少比例实为经络气血被阻滞导致的。中医有时会根据肢体是否凉来判断到底是不是经络不通，但多数病例经络处于似通非通的状态，因此肢体不会发凉（红外热像仪也就发现不了）。但是这些病例如果进行连续测量和监测，会发现图 6 式的异常，就可以辅助诊断。

### 3.5 对应厥逆的测量结果

按中医理论，会有患者出现阴阳不能顺接的现象，名为厥逆。图 7 为笔者为治疗血氧降低服用苓桂术甘汤、生脉饮、半夏厚朴汤、酸枣仁、远志、丹参、乌梅等合方两天后测量得到的波形（左手）。当时左小臂少阴经和后溪穴都会疼，为分析原因（血瘀？）进行测量。测量结果表明，虽然没有毛刺，但太阳经气血出现了明显的断续（类似图 6）而少阴经无异常，不仅如此，在红外温度下降（上升）时（图中 00:54 和 01:06），体表温度会反向上升（下降），进一步排除了血液流速/温度等因素的影响。据此可知，从少阴到太阳的气血流通不够顺畅（堵塞或厥逆）。为此服用四逆散三天。在服用四逆散之前，笔者明显怕风，每次开空调都会颈项强痛，不得不洗澡发汗预防感冒。服用后这种现象随之消失，而且不再怕风，可以出去公园散步。再进行测量也不再有红外温度的断续。

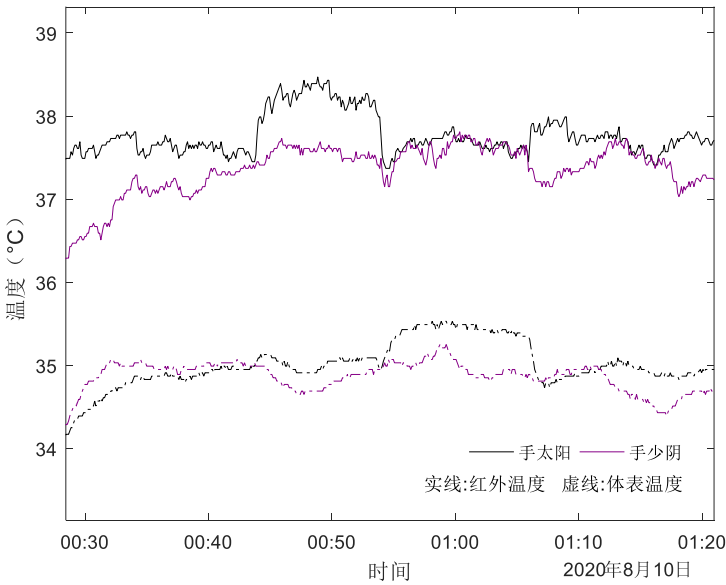


图 7 发生厥逆时红外温度和体表温度反向变化

Fig. 7 The reversely change of infrared temperature and body surface temperature when jueni happens

这个案例由于不是明显的四逆散证，如果没有测量结果，是很难使用四逆散的。但是红外温度测量提供了辅助诊断的丰富信息。

此外，比较图 7 和图 2，会发现两者有相似之处。笔者认为两者都是经络短暂堵塞的表现（但测点分别位于堵塞点下/上游），而且堵塞时，因为上游红外温度  $T_o$  会下降，而体表温度  $T_a$  会上升，所以两者间的差值  $\Delta T = T_o - T_a$  会减小。事实上，在图 7 测量之前数周，出现

过手少阴心经  $\Delta T$  明显比其他经络偏小的现象(没有红外/体表温度反转或跳变但  $\Delta T$  一直持续偏小)。这应该是当时气血郁在了少阴经的表现。如果对这一特性外推, 还有理由认为, 即使没有堵塞, 也存在经络营气越强则  $\Delta T$  越小的关系(营气强则即使没有堵塞渗出也会更多)。

除本人外, 笔者还发现另外三个病例红外温度和体表温度间的差值  $\Delta T$  和经络气血强弱之间存在关联, 具体情况为:

病例 A, 肾病综合症, 发现肾病之前已经出现晚上睡觉不能平躺, 换肾术后仍无改善, 测量表明手少阳经  $\Delta T$  明显超过其他经络, 三焦经气血弱, 水气自然容易聚集。据此判断不能平躺应为水气凌心导致的心脏问题。但该病例换肾术后一直服用免疫抑制剂, 不能服用中药治疗。所以不能确认病因病机。

病例 B, 因乏力服用麻黄附子细辛汤合苓桂术甘汤, 服用两付后出现晨起小便不利。测量发现手太阳经  $\Delta T$  明显超过其他经络(按中医理论, 足太阳膀胱经气血不足和小便不利直接相关)。减少麻黄用量后小便不利消失, 太阳经  $\Delta T$  异常也同时消失。

病例 C, 因不慎挤压肋部导致肋部疼痛难忍, 无法翻身, 彻夜难以入睡。测量发现手少阳经  $\Delta T$  明显小于其他经络, 应为足少阳经堵塞后进一步导致手少阳经气血积聚导致。肋部贴膏药数天后疼痛减轻, 手少阳经  $\Delta T$  偏小也随之减轻。

可以想见, 如果  $\Delta T$  和经络营气强弱确实相关, 则测量信息就可为六经辨证提供依据, 这将为经方医生诊断提供丰富的辅助信息。

需要注意的是, 目前仅给出三个病例的原因不是因为其他病例测量结果与  $\Delta T$  假设相悖, 而是因为笔者亲友群人数有限, 难以找到更多病人。

不过, 如文献[15]所述, 体表温度不仅受血液温度、流速影响, 受卫气的影响也很大, 而卫气不仅上下往来不以时, 还往往不循其道, 所以体表温度测量的相关因素尚不能精确界定和控制,  $\Delta T$  也只是一个非常粗略的指标, 建立  $\Delta T$  和营气强弱间的联系证据仍嫌不足。所以这三个病例仅作为可能的相关病例给出, 后续统计分析时也不加以使用。

### 3.6 健康人的测量结果

健康人进行测量时, 如果准确控制室温, 同时被测者尽量保持不动, 则结果曲线会相对平稳的多。但是人是有机体, 不可能像没有生命的物体一样保持不变, 所以缓慢的爬升/下降或者小幅的随机波动还是可能出现的。不过, 这些现象和前述异常差别较大, 不难区分。

笔者对另外 4 名确定不存在血瘀、痰饮、外伤、厥逆的健康人进行测量, 结果表明各经络均无毛刺、断续、频繁波动等现象。图 8 为其中一个波形(男, 42 岁, 左手测量)。图中开始的虚线爬升是因为 MLX90615 探头内部有隔热层, 放置到手指后探头内部温度不会立刻变为稳定(显然, 爬升期间的  $T_a$  也不能用来计算红外温度和体表温度间的温度差  $\Delta T$ )。此外, 由于测试环境较差(无法做到室温恒定), 所以红外温度也有波动, 但其波动幅度相对较小。

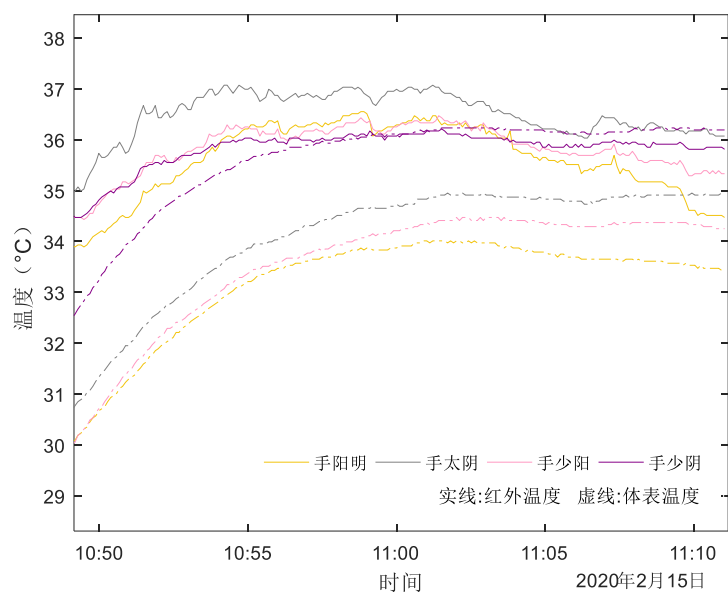


图 8 健康人的红外和体表温度曲线示例

Fig. 8 Example of infrared and body surface temperature curves of healthy people

## 4 统计学分析

按照常规思路，笔者应设法立项，再为本文所述的每一种现象（血瘀、痰饮、外伤、厥逆等）设计试验进行验证。对每个试验均选择足够病例（至少 20 例甚至 50 例），再选择对照组，然后进行统计分析，才能认为该现象和测量结果相关。

但这一做法不仅费时费力、障碍众多、困难重重（如何选择试验组本身就是问题，例如，心衰病人常见的血瘀患者，但心衰不一定由血瘀引起，该诊断为血瘀、痰饮还是水饮需要丰富的经验，有时甚至靠用药试探。其中水饮等其他原因则不应有毛刺），而且并不适用于本文试验装置和方法。因为本文给出的并非某一病症的治疗方法，而是一种类似 CT 或者 B 超的仪器。只要确认经络气血变化会引起可测量的红外温度波动，即可从机理上证明本文装置和方法的合理性，因此不需要按照病种去分别验证。

为此笔者改用 Fisher 精确检验，来评估测试仪结果曲线的波动和根据中医病因病机判断的气血波动是否有关联，假设为：

H0：测试仪监测结果和中医诊断推断的气血波动无关

根据前节内容，可以做出表 1。其中左上角 5 个样本为 3.1-3.5 节的 5 个病例（其中 2 个病例为笔者本人）。另外 4 个样本为健康人。

表 1 中医推断与实测结果的关联表

Tab. 1 Association table between TCM expectation and measurement

	实测有波动	实测无波动
根据中医病因病机应有气血波动的患者	5	0
健康人	0	4

对此表进行计算，可以得到概率为：

$$p = \frac{\binom{5}{5} \binom{4}{0}}{\binom{9}{5}} = \frac{5!4!5!4!}{5!0!4!0!9!} \approx 0.0079$$

此概率远小于 0.05，所以拒绝  $H_0$ ，认为测试仪测试得到的红外温度波动和经络气血波动相关。注意尽管样本数很少，但是计算得到的概率仍足够显著，这应该归结于期望看到波动的试验样本无一例外均能得到预期结果，而健康人均得到相对平稳的波形。

根据这一结果，既然有理由认为红外温度波动和气血波动相关，就有理由将这一方法应用到本文没有列举的其他（需要考察气血波动的）病症上去。

## 5 结论

试验表明，经络走行路线上的体表温度和红外温度并不是简单的正相关关系。两者不仅可以独立变化，还可以反向变化。这些变化无法用血液温度或流速变化来解释，而需要引入经络营气渗出会发热，并且在发热的时候遮蔽红外线的解释。按此解释，影响人体体表温度的热量有相当部分由经络营气渗出发热产生，所以监测温度变化就可分析经络气血的变化。按此原理设计了多通道温度记录仪。记录仪使用多个 MLX90615 探头，可以同时测量并记录多个测点的红外温度和体表温度，并将结果上传智能手机方便显示和分析。

使用记录仪进行试验的结果表明，存在血瘀或痰饮的病人在对症服药后红外温度曲线会存在毛刺。但测量时须确保血瘀/痰饮位置在子午流注正旺经络的下游，且在血瘀/痰饮位置附近测量，否则可能测量不到。存在外伤或者厥逆的病人红外温度曲线则会出现明显的断续、跳变，且跳变时候红外/体表温度可能反向变化。此外，使用红外温度曲线还可发现患者毫无感知的往来寒热。根据这些温度异常可以判断疾病的性质或治疗方法是否有效，方便治疗。

本文还给出了使用红外/体表温度差判断不同经络间营气相对强弱的猜想和几个相关病例，尽管影响体表温度的因素尚不能准确界定和控制，但这一思路为方便六经辨证提供了新的可能，值得进一步深入研究。

## [参考文献]

- [1] 中谷义雄. 良导络研究の全貌[J]. 汉方の临床 1956,3 (7) : 54
- [2] Niboyet JEH. Essai sur l'acupuncture Chinoise[M]. Paris: Dominique Wapler, 1951.
- [3] 王品山, 万耀光, 张鸿天, 马艳荣, 赵阳. 经络感传的声发射-用声发射技术发现了经络感传信息[J]. 辽宁中医杂志, 1980, 9: 1-6.
- [4] 孙平生, 赵玉卓, 李玉兰, 阎清莲, 刘宏. 循经传导声信息的研究[J]. 针刺研究, 1988, 2: 139-142.
- [5] 丁光宏, 姚伟, 褚君浩, 沈雪勇, 黄志明. 人体手臂部几个穴位与非穴位区红外辐射光谱特征[J]. 科学通报, 2000, 23: 2530-2535.
- [6] 刘汉平, 沈雪勇, 邓海平, 魏建子, 周钰. 冠心病患者劳宫穴红外辐射光谱研究[J]. 上海中医药杂志, 2004, 4: 52-53.

- [7] 张祖德, 郭周义, 魏华江, 等.近红外激光照射人体劳宫穴和非穴位区的反射光谱特性的比较研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2009,11: 2930-2933
- [8] 喻凤兰, 赵荣征, 孙学东, 等.应用精密测温仪测定穴位与非穴位温度的探讨[J]. 同济医科大学学报, 1990, 19(3):180-183.
- [9] 胡翔龙, 汪培清, 许金森, 等.人体体表循经红外辐射轨迹的主要特征和显现规律研究[J]. 红外与毫米波学报,2001, 20(5):325-328.
- [10] 刘瑞庭, 庄鼎, 柏秀珍, 等. 循经感传"气至病所"的客观显示-针刺穴位对面部红外热像图的影响[J]. 针刺研究, 1990(3): 245—247.
- [11] 马惠敏, 张栋, 宋晓晶, 等. 针刺、电热针和激光照射方法对穴区温度的影响 [J]. 陕西中医, 2010, 31(10): 1426—1428.
- [12] 赵荣莱, 舒琪, 曹秀云.慢性胃炎、溃疡病病人经络失衡状态的观察[A].见:针灸论文摘要选编-献给世界针灸学会联合会成立暨第一届世界针灸学术大会.北京:中国针灸学会,1987,220.
- [13] 林蕙兰,马杜古,吴秀锦.从穴温探索内脏与体表的联系---对 60 例肝病患者太冲、肝俞穴温的观察[A]. 第二届全国针灸针麻学术讨论会论文摘要.北京:中国针灸学会,1984, 221 - 222.
- [14] 李自双,黄兰,王毅刚,等.智能化穴位温度检测仪的研制及实验研究[J]. 北京生物医学工程,1996,15(2):83-87.
- [15] 魏强.一种测量营气卫气强弱及变化的方法和系统[P].中国专利申请号 2020106722755