

红外热成像用于慢性足底筋膜炎诊断的临床研究

徐萌萌¹ 王琳² 万慧伟¹ 李铁山^{2△}

[摘要] **目的:**观察慢性足底筋膜炎患者的足跟皮肤温度变化特点并探讨红外热成像检查是否可作为评估患者疼痛与功能状态的客观指标。**方法:**选取 32 例临床最终诊断为单侧慢性足底筋膜炎患者,依据患者有无症状分为有症状侧和无症状侧,将足跟部皮肤依据象限划分为 5 个感兴趣区(ROI),使用红外热像仪系统对患者双侧足底及手指进行红外热图像观察,并记录每个患者的足跟部 ROI 平均温度、视觉模拟评分(VAS)和足踝残疾指数(FADI)。分别比较有症状侧和无症状侧的足跟部 5 个 ROI 温度的差异,分析有症状侧 5 个 ROI 温度与 VAS,FADI 之间的关系,评估有症状侧 5 个 ROI 温度与疼痛、功能评分的相关性。**结果:**有症状侧和无症状侧的 5 个 ROI 的温度差异均有统计学意义($P < 0.05$),有症状侧足底各 ROI 的平均温度与 VAS 之间无相关性($P > 0.05$),有症状侧足跟部 5 个 ROI 的平均温度均与 FADI 之间有相关性($r = -0.55$)。**结论:**慢性足底筋膜炎患者足跟部皮肤温度升高,且有症状侧足跟温度与临床评分之间具有相关性,红外热成像检查可以作为评价慢性足底筋膜炎患者与疼痛相关的功能指标。

[关键词] 慢性足底筋膜炎;红外热成像;温度

[中图分类号] R686.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2020)04-0029-04

Clinical Evaluation of Infrared Thermal Imaging for Chronic Plantar Fasciitis

XU Mengmeng¹ WANG Lin² WAN Huiwei¹ LI Tieshan^{2△}

¹Qingdao University, Qingdao 266071, Shandong China;

²Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, Shandong China.

Abstract Objective: To observe the changes of heel skin temperature in patients with chronic plantar fasciitis and explore whether infrared thermal imaging could be used as an objective index to evaluate the pain and function of patients. **Methods:** 32 participants with unilateral chronic plantar fasciitis were divided into symptomatic and asymptomatic sides according to the presence or absence of symptoms. The skin of heel was divided into 5 region of interest(ROI) according to quadrants. The mean temperature of the heel from infrared camera system, the visual analog scale (VAS), foot and disability index (FADI) were recorded. The temperature differences of the five ROI of symptomatic and asymptomatic sides were compared. The correlation between the temperature of 5 ROI on the symptomatic side and pain, functional score were analyzed. **Results:** Statistically significant differences of temperature was found in the five ROI on the symptomatic side as compared with asymptomatic side($P < 0.05$). The mean temperature of each ROI in the symptomatic lateral heel showed no positive correlation with the VAS ($P > 0.05$). The mean temperature of the five ROI in the symptomatic side was negatively moderate correlated with the FADI($r = -0.55$). **Conclusion:** The heel skin temperature increases in patients with chronic plantar fasciitis, and there is a positive correlation between the temperature of symptomatic and clinical score. Infrared thermal imaging can be used to evaluate the pain related to function of patients with chronic plantar fasciitis.

Keywords: chronic plantar fasciitis; infrared thermal imaging; temperature

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2018MH031)

¹ 青岛大学(山东 青岛, 266071)

² 青岛大学附属医院

△通信作者 E-mail: tieshanl@126.com

足底筋膜炎是导致足跟痛最常见的原因之一^[1], Chen 等发现慢性足底筋膜炎患者的足底筋膜存在血管化表现^[2],可能引起足底筋膜血流变化,进而影响足

部温度。红外线热成像被广泛应用于炎症、疼痛的评估^[3-4],红外热成像下肱骨外上髁炎患者肱骨局部温度升高^[5],推测红外热成像可以反映足底筋膜血管化所导致的足跟部温度变化。所以,本文对慢性足底筋膜炎患者的足底红外热像图及临床资料进行回顾性分析,探讨足跟部温度变化的机制,现报告如下。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

2017年10月至2018年12月在青岛大学附属医院康复医学科收集诊断为单侧慢性足底筋膜炎的患者,根据足底是否被累及而分为有症状侧和无症状侧。

1.2 诊断标准

足底筋膜炎患者依据临床诊断,通常表现为足底内侧负重时疼痛,这通常在早晨的前几步最为剧烈,但随着休息时间的延长往往会有所改善^[6];影像学表现为足底筋膜炎厚度 >4 mm;病程 >6 个月。

1.3 纳入标准

1)符合上述足底筋膜炎诊断标准,同意接受红外热成像检查并签署知情同意书;2)18周岁以上;3)无认知功能障碍。

1.4 排除标准

1)由于其他原因造成足跟疼痛(跟骨骨折、肿瘤或感染、跟腱炎、跟骨后滑囊炎、神经卡压)或可与足底筋膜炎(莫顿神经瘤、跖骨痛等)共存的疾病。2)可能影响足底温度的疾病:6个月内行足底筋膜局部注射治疗,足部皮肤破溃、皮肤感染、腰椎病变、周围神经或血管疾病(雷诺氏病、糖尿病性神经病变)、服用调节中枢神经系统(苯二氮卓类药物)或外周神经系统药物。3)可能影响功能量表评定的因素:影响膝盖或踝关节功能障碍的疾病(踝关节炎、十字韧带损伤、膝骨关节炎、风湿性关节炎、神经异常、强直性脊柱炎、Reiter综合征),精神发育迟缓或精神异常,怀孕或哺乳期。患者只要满足排除标准中的任意一条,就必须被排除在研究范围之外。

1.5 方法

1.5.1 超声检查 使用GE LOGIQ BOOK 超级便携式彩色超声诊断仪,线阵探头频率7~12 MHz。患者俯卧于检查台上,双膝伸直,双足自然下垂于检查台边缘,于足底筋膜跟骨止点处进行测量。由一位超过五年肌骨超声经验的医生测量受试者的跟骨插入处近端双侧足底筋膜厚度。

1.5.2 红外热成像检查 在感觉到从测量目标辐射的红外线后转换为电信号传送到连接的计算机,每一像素表示温度,然后计算机将这些像素点组成的表面温度分布图像自动绘制为热密度图像,黑色、紫色、蓝色、绿色、黄色、棕色、红色、灰白色,颜色依次代

表温度从低到高。热图像可以反映局部病变导致的皮肤温度变化,进而对受试者皮肤表面温度的观测达到可视化 and 量化^[7]。本研究采用 SP-9000 医用红外热像仪(台湾汉唐公司生产)测量足底温度,温度分辨率为0.05 K。在温度为24℃的黑暗房间中,脱掉鞋子、袜子后,受试者长腿位坐在软椅上至少15 min(踝关节保持中立位),在此期间患者足部与双手不能与任何物体接近或接触。测量前向受试者提出以下几点要求:1)在检查之前1周的时间内不要进行超出平时的运动量(如行走或奔跑);2)检查前3 d不要在足部及双手皮肤使用外用药物;3)检查前3 d内不要接受物理治疗(电疗、超声波、热疗、冷冻治疗、按摩和水疗);4)检查时不要穿紧身的衣服。这些要求是为了尽量减小除疾病本身因素之外对温度测量的影响。

红外热成像仪根据足底筋膜解剖位置,双侧足跟区域被分成5个部位(图1),在计算机屏幕上选择5个感兴趣区(ROI),分别为外/上,位置1;外/下,位置2;内/上,位置3;内/下,位置4;中央,位置5。



图1 足跟部5个感兴趣区的位置选择

1.5.3 临床评估 临床评估使用疼痛评分和功能评分,疼痛评分选择视觉模拟评分(VAS),使用一条长约10 cm的标尺,一面标有10个刻度,两端分别为“0”分端和“10”分端,0分表示无痛,10分代表难以忍受的最剧烈的疼痛。临床测试时患者面对无刻度的一面,让病人标记出最能代表疼痛程度的部位,医师根据病人标出的位置进行评分。功能评分使用足部残疾指数(FADI)评估量表的临床属性^[8]。

1.6 统计学方法

应用 SPSS17.0 统计分析软件来对数据进行处理。计算各检测指标的均数及标准差,符合正态分布和方差齐性时两组计量资料比较采用配对 t 检验,等级资料采用 Spearman 等级资料秩和分析处理, $P<0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

共有32名单侧慢性足底筋膜炎患者纳入本实验,男15例,女17例,年龄35~72岁,平均(48.90±12.01)岁,病程6个月~4年,平均10个月。

在参与者中,红外热成像中特定的色温显示有症

状侧的感兴趣区热图像比无症状侧的感兴趣区更强(图 2-3),有症状侧足跟部的 5 个感兴趣区平均温度分别与无症状侧的足跟部的 5 个感兴趣区的平均温度进行比较,有症状侧的平均温度均高于无症状侧,有症状侧 5 个感兴趣区温度与无症状侧 5 个感兴趣区温度的差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 1。

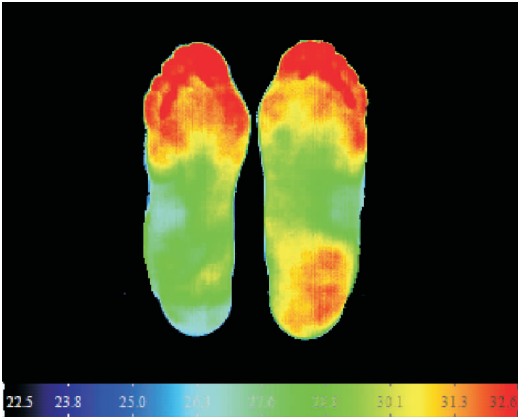


图 2 左足慢性足底筋膜炎症患者-1(男,42 岁,左侧足跟疼痛 2 年余)

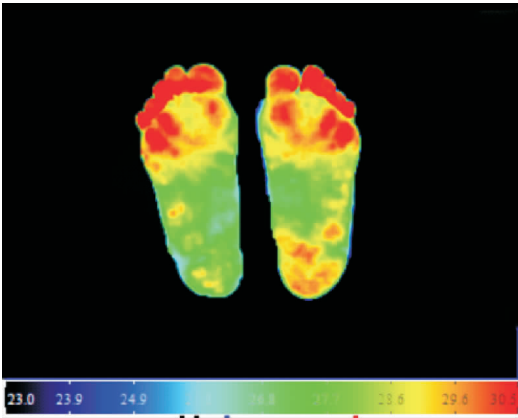


图 3 左足慢性足底筋膜炎症患者-2(女,36 岁,左侧足跟疼痛 1 年余)

表 1 有症状侧与无症状侧的足底感兴趣区温度($\bar{x}\pm s$, $^{\circ}\text{C}$)

位置编号	有症状侧	无症状侧	P
1	28.37±3.53	27.46±3.34	0.001
2	28.02±3.50	26.65±3.59	0.001
3	27.94±3.62	26.68±3.44	0.001
4	28.07±3.12	27.42±3.11	<0.001
5	28.58±3.57	27.40±3.42	<0.001

患侧足跟部各感兴趣区的平均温度的差值与 VAS 无相关性,足底各感兴趣区的平均温度均与 FADI 之间存在负相关性($r=-0.55$),见表 2。

表 2 足底感兴趣区的温度与 VAS 和 FADI 的相关性

位置编号	VAS		FADI	
	r	P	r	P
1	-0.096	0.310	-0.387	0.018
2	-0.030	0.434	-0.405	0.015
3	-0.067	0.365	-0.392	0.018
4	-0.022	0.456	-0.553	0.001
5	-0.062	0.374	-0.354	0.030

3 讨论

足底筋膜炎最初被定义为足底筋膜和周围筋膜的炎症,有研究认为是由于过度的压力负荷和过度牵伸导致足底筋膜形成微撕裂,在修复的过程中受到抑制,在反复的足跟撞击后再次引起足底筋膜的多重微损伤,进而发展为慢性足底筋膜炎^[9]。而近年来,多数研究将足底筋膜炎称为足底筋膜病^[10],与跟腱炎、肱骨外上髁炎等肌腱病的病理表现相同,均为退行性改变,并非炎性反应^[9]。足底筋膜炎发病的危险因素包括先天性足弓异常、肥胖、足部过度运动和下肢长度不等^[11]。当患者出现先天性足弓异常和下肢长度不等时,足部的生物力学特性出现异常模式,使得足跟部的局部压力发生变化。足跟部的摩擦力等于局部压力乘以摩擦系数,当足跟局部压力增加时,行走时局部摩擦力会增加,导致足温度升高,其中足跟和大脚趾上升最明显^[12]。局部高温被认为加剧了退行性改变^[13],即具有危险因素的人群足跟部温度可能升高,进而加剧足底筋膜的退行性改变。

本研究表明红外热成像显示的足跟部健侧与患侧的温度差异有统计学意义,患侧温度高于健侧。有研究报道由于慢性期病灶纤维粘连,组织纤维变性、增生,病灶区由充血变为缺血,红外热像图则表现为低温^[14],但本实验与该研究结论存在明显差异,表现为温度升高。慢性足底筋膜炎患者足底筋膜呈退行性改变^[9],组织学检查可见胶原变性、黏液样改变,血管成纤维细胞增生及钙化等病理变化^[15],其中血管成纤维细胞为光镜下可见的纤维及血管肉芽组织。肌腱为低血管结构,而慢性足底筋膜炎患者足底筋膜及周围组织被新生血管及增生的组织所取代^[15],新生血管增加,足跟部血流发生变化。在人体肌肉骨骼组织中,神经常伴随血管生长,有研究显示在跟腱炎、肱骨外上髁炎等肌腱病中,在肌腱的浅表组织和脂肪组织中均存在与新生血管密切相关的丰富的神经^[16-17]。其中最常见的神经结构类型是交感神经纤维和感觉神经纤维,交感神经的主要功能为收缩血管,而降钙素基因相关肽(CGRP)阳性的感觉神经纤维参与血管扩张^[18],影响足部血流变化。因此,足底筋膜的微血管增生及神经纤维对血管的调节均可以改变足跟部血流变化,在慢性足底筋膜炎患者中表现为足跟部温度升高。

在本研究中,红外热成像显示的足底温度与 VAS 无相关性。VAS 是对患者疼痛的总体水平的评分,尽管有研究证实 VAS 可以对慢性肌骨疼痛进行评价^[19],但足底筋膜炎患者表现的疼痛性质较为特殊,与其他慢性肌骨疼痛的性质不同的是:足底筋膜炎表现为晨起或经过较长时间休息后落地第一步时疼痛最为显著,在走几步之后疼痛减轻,但经过长时间行走后

疼痛会再次加重。在进行实验的过程中,大部分患者自身无法利用 VAS 评分对足底筋膜炎造成的疼痛进行评价(已排除由于文化水平不同带来的影响),VAS 可能不适用于对足底筋膜炎患者严重程度进行评价,当然还需要更多研究对使用 VAS 评估患者足底筋膜炎患者疼痛程度的信度和效度进行相应分析。

红外热成像显示的足底温度与功能评分之间有相关性,有研究认为新生血管和伴行的神经可能是肌腱病疼痛的来源^[20]。在肌腱的浅表组织中存在交感神经和感觉神经,其中交感神经系统传统上认为其主要功能为收缩血管,然而近年来研究发现它也可能与疼痛有关^[21],CGRP 阳性的感觉神经纤维也参与传递疼痛^[18]。因此,很可能交感神经和感觉神经纤维都与足底筋膜炎患者足跟部的疼痛有关。本研究认为足跟部温度可以用来反映足底筋膜微血管增生及血流状态的改变,并可以用来评价与疼痛相关的功能,为研究足底筋膜炎的发病机制及治疗提供更多参考。

本研究的局限性包括样本量相对较少,今后需要更大样本量的进一步研究。

参考文献

- [1] MOHSENI-BANDPEI M A, NAKHAE M, MOUSAVI M E, et al. Application of ultrasound in the assessment of plantar fascia in patients with plantar fasciitis: a systematic review[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(8): 1737-1754.
- [2] CHEN H Y, HOK M, YING M, et al. Association between plantar fascia vascularity and morphology and foot dysfunction in individuals with chronic plantar fasciitis[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2013, 43(10): 727-734.
- [3] 王飞, 张军, 卫杰, 等. 模拟腰椎关节松动手法及冲击手法下椎间盘应变的比较[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(10): 1-4.
- [4] 马碧涛, 金立伦, 滕蔚然, 等. 急慢性膝骨关节炎的红外热像图特征及与 VAS 评分的相关性研究[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2017, 25(2): 28-31.
- [5] MEKNAS K, ODDEN-MILAND A, MERCER J B, et al. Radiofrequency microtenotomy: a promising method for treatment of recalcitrant lateral epicondylitis[J]. *Am J Sports Med*, 2008, 36(10): 1960-1965.
- [6] 张立宁, 丁珮, 唐佩福. 足底筋膜炎的基础及临床研究进展[J]. *海南医学院学报*, 2013, 19(3): 429-432.
- [7] ADAM M, NG E Y K, TAN J H, et al. Computer aided diagnosis of diabetic foot using infrared thermography: a review[J]. *Comput Biol Med*, 2017, 91: 326-336.
- [8] HALE S A, HERTEL J. Reliability and sensitivity of the foot and ankle disability index in subjects with chronic an-

- kle instability[J]. *J Athl Train*, 2005, 40(1): 35-40.
- [9] LEMONT H, AMMIRATI K M, USEN N. Plantar fasciitis: a degenerative process (fasciosis) without inflammation[J]. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2003, 93(3): 234-237.
- [10] MONTEAGUDO M. Plantar fasciopathy: a current concepts review[J]. *EFORT Open Rev*, 2018, 3(8): 485-493.
- [11] BEESON P. Plantar fasciopathy: revisiting the risk factors[J]. *Foot and Ankle Surgery*, 2014, 20(3): 160-165.
- [12] SHIMAZAKI Y, MURATA M. Effect of gait on formation of thermal environment inside footwear[J]. *Appl Ergon*, 2015, 49: 55-62.
- [13] FARRIS D J, TREWARTHA G, MCGUIGAN M P. Could intra-tendinous hyperthermia during running explain chronic injury of the human[J]. *Journal of Biomechanics*, 2011, 44(5): 822-826.
- [14] 宋青凤, 张斌青, 张敏, 等. 红外热成像诊断足底筋膜炎[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2018, 26(4): 33-35.
- [15] JARDE O, DIEBOLD P, HAVET E, et al. Degenerative lesions of the plantar fascia: surgical treatment by fasciectomy and excision of the heel spur: a report on 38 cases[J]. *Acta Orthop Belg*, 2003, 69(3): 267-274.
- [16] SPANG C, ALFREDSON H. Richly innervated soft tissues covering the superficial aspect of the extensor origin in patients with chronic painful tennis elbow-implication for treatment[J]. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 2017, 17(2): 97-103.
- [17] ALFREDSON H, OHBERG L, FORSGREN S. Is vascular-neural ingrowth the cause of pain in chronic Achilles tendinosis: an investigation using ultrasonography and colour Doppler, immunohistochemistry, and diagnostic injections[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 2003, 11(5): 334.
- [18] BENARROCH E E. CGRP: sensory neuropeptide with multiple neurologic implications[J]. *Neurology*, 2011, 77(3): 281-287.
- [19] BOONSTRA A M, SCHIPHOS RST PREUPER H R, RENEMAN M F, et al. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain[J]. *Int J Rehabil Res*, 2008, 31(2): 165-169.
- [20] ABATE M, SILBERNAGEL KG, SILJEHOLM C, et al. Pathogenesis of tendinopathies: inflammation or degeneration[J]? *Arthritis Res Ther*, 2009, 11(3): 235.
- [21] SCHLERETH T, BIRKLEIN F. The sympathetic nervous system and pain[J]. *Neuromolecular Med*, 2008, 10(3): 141-147.

(收稿日期: 2019-10-07)