



# 跑步中足底各区域温度状态变化初步研究

阮果清<sup>1</sup>, 郑志艺<sup>1</sup>, 杨礼<sup>1</sup>, 顾耀东<sup>2</sup> (1. 安踏(中国)有限公司运动人体科学实验室; 2. 英国利物浦约翰摩尔大学)

**关键词:** 足底分区; 温度变化; 红外摄像仪

中图分类号: G804.6

文献标识码: A

文章编号: 1006-1207(2010)06-0017-02

## Tentative Researches on the Temperature Variance of the Different Foot Regions in Running

RUAN Guo-qing (ANTA Sports Science Laboratory, ANTA Sports Products Limited)

Key words: different foot regions; temperature variance; infrared video camera

运动时, 人体足部鞋腔内的环境主要包括温度与湿度两个重要方面。然而, 目前对鞋内温湿度的研究相对比较少, 研究方法主要为足部散热模型建立与实验验证相结合, 模型主要考虑不同足部组织的热传导系数、动静脉血液热传递、汗液挥发等因素, 通过与足部接触的温湿度传感器或红外摄像仪进行温度数据采集。

邓富泉等通过对鞋相关材料的热传递进行对比研究, 分析不同材料对人体热舒适不同影响情况。成意伟对糖尿病人足部温度情况进行研究, 通过足部温度研究对服药前后足部血液循环效果进行评价。国内外都有关于足部温度传递模型的建立, 任萍等通过外加可控足底加热源对模型进行验证, 研究表明足部不同部位对温度的响应速度不一样, 脚趾部位的温度响应速度最慢, 足跟部次之, 足弓最快。代家群和杜少勋指出脚体体表温度始终高于鞋腔温度, 鞋腔温度始终高于室外温度, 并且脚体体表温度和鞋腔温度随室外温度升高而升高, 鞋腔温湿度变化状态与运动习惯有关, 左势的受试者左脚温度数据高于右脚, 右势的受试者右脚温度数据高于左脚。Hennig等试图通过实验揭示不同袜子结构对足部汗液传递的影响, 来确认是否不同的袜子结构对足周围的环境是否有影响, 最终发现足部温度不仅随着运动距离的增加而增大, 袜子材料的变化对温度升高幅度也具有一定联系。同时, 该研究表明并非材料传热性好, 对比测试时穿着就比较舒服。

运动过程中足部温度变化规律的相关研究非常匮乏, 研究方法主要集中在材料测试、人体实验以及计算机模拟。而人体足底各区域在运动过程中的变化规律为运动装备设计的重要参考依据, 因此本研究拟对不同性别受试者跑步过程中足底不同区域的温度变化规律进行研究, 为运动装备改进及功能性开发提供生物力学依据。

### 1 研究方法

#### 1.1 实验对象

实验选取了19名网球专项运动员(男9名, 女10名), 在测试前经检查确认均未有任何下肢伤病情况。

#### 1.2 测试仪器

非制冷焦平面热像仪(大立DL700E, 见图1): 测量温度范围-20℃~+180℃; 其他辅助设备如跑台、秒表、环境温湿度计等。

#### 1.3 测试方案

红外摄像仪预热后, 开始测试受试者足底初始温度,

然后穿着普通EVA中底跑鞋开始进行跑台运动, 跑动时间3 min为一间隔进行红外摄像拍摄, 运动时间共计30 min, 前后拍红外片共计12次。男受试者跑速控制为10 km/h, 女受试者跑速控制为8 km/h。



图1 红外温度测试仪  
Figure1 Infrared Temperature Tester

#### 1.4 足底分区

本研究把足底分成8个区域, 分别是1其他趾(OT)、2拇趾(BT)、3前掌外侧(LF)、4前掌内侧(MF)、5足中外区(LM)、6足中内区(MM)、7足跟外侧(LH)、8足跟内区(MH), 具体如图2所示。

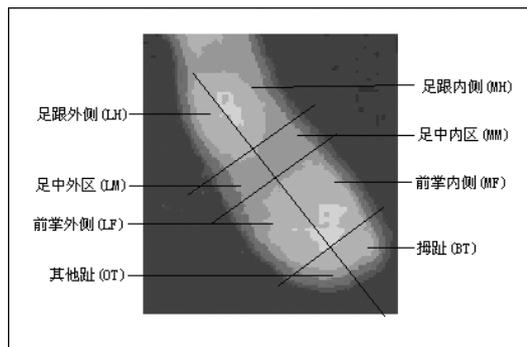


图2 足底分区  
Figure2 Foot Regions

#### 1.5 数据处理

所拍摄红外图片用测试仪器自动分析软件—大立红外报表分析系统进行分区统计各区域的最高温度, 分析所得数据导入Excel进行统计分析。

### 2 结果与分析

该实验采集了男女共计19名受试者足底温度情况, 经



表1 各时刻足底各分区温度统计表

Table I Temperature of the Different Foot Regions in Different Time

区域	OT	BT	LF	MF	LM	MM	LH	MH
1	34.61 ± 2.76	34.34 ± 2.59	34.06 ± 2.31	33.99 ± 2.14	33.73 ± 2.10	33.93 ± 2.05	32.96 ± 2.65	33.11 ± 2.51
2	33.64 ± 2.00	34.15 ± 1.97	34.01 ± 1.68	34.15 ± 1.72	33.74 ± 1.72	33.85 ± 1.66	33.44 ± 2.03	33.44 ± 1.91
3	33.53 ± 1.61	33.82 ± 1.68	34.41 ± 1.39	34.46 ± 1.30	33.86 ± 1.22	34.14 ± 1.14	33.26 ± 1.66	33.51 ± 1.52
4	34.75 ± 2.24	35.17 ± 2.07	35.72 ± 1.85	35.81 ± 1.73	35.12 ± 1.62	35.23 ± 1.39	34.42 ± 1.86	34.67 ± 1.69
5	35.91 ± 1.84	36.33 ± 1.66	36.66 ± 1.65	36.84 ± 1.59	36.10 ± 1.59	36.17 ± 1.50	35.56 ± 1.91	35.74 ± 1.79
6	36.37 ± 1.69	36.75 ± 1.63	37.23 ± 1.56	37.26 ± 1.51	36.50 ± 1.47	36.49 ± 1.46	36.23 ± 1.61	36.31 ± 1.55
7	36.42 ± 1.38	36.86 ± 1.23	37.27 ± 1.01	37.46 ± 1.07	36.62 ± 1.14	36.63 ± 1.07	36.33 ± 1.19	36.47 ± 1.14
8	37.11 ± 1.36	37.37 ± 1.28	37.84 ± 1.21	37.98 ± 1.19	37.11 ± 1.20	37.13 ± 1.21	36.92 ± 1.31	37.03 ± 1.24
9	37.13 ± 1.41	37.44 ± 1.36	37.98 ± 1.31	38.14 ± 1.20	37.24 ± 1.34	37.39 ± 1.21	37.17 ± 1.18	37.30 ± 1.20
10	37.31 ± 1.17	37.61 ± 1.08	38.03 ± 0.98	38.21 ± 0.95	37.46 ± 1.09	37.42 ± 1.02	37.30 ± 0.97	37.37 ± 0.95
11	37.08 ± 0.87	37.37 ± 0.96	37.82 ± 0.86	38.00 ± 0.87	37.09 ± 1.07	37.26 ± 1.03	37.10 ± 1.13	37.21 ± 1.20
12	37.23 ± 0.70	37.49 ± 0.80	38.00 ± 0.61	38.23 ± 0.75	37.31 ± 0.72	37.32 ± 0.81	37.29 ± 0.89	37.42 ± 0.89

过大力红外报表分析系统分析后统计，受试者在整个实验中，足底温度变化范围在27℃~40℃（表1）。

图3为每次测试足底平均温度的纵向比较图，从图中可以看出，初始温度与第一次运动3 min后足底温度变化非常小，从运动3 min后开始，足底温度迅速上升，直到第九次拍片，即开始运动后21 min后出现平台，但到第11次拍片（27 min左右）时出现略微下降。从整体上看在21 min后达到一个比较稳定的平台期，平均温度接近36°。

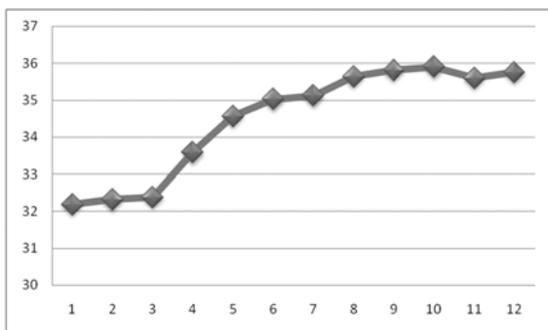


图3 不同时间段足底平均温度情况  
Figure3 Average Foot Temperature in Different Time

图4为所有受试者整个运动过程，不同区域温度平均值的横向比较图，从图中我们可以看出，LF、MF，即前掌外侧、前掌内侧两个区域的温度最高，LH、MH即足跟外侧、内侧的温度最低。而足中部分区LM、MM的温度相对不是很高。

通过对男女整体运动过程足底平均温度配对T检验，结果表明男女温度差异具有非常显著意义（P < 0.01），女性的足底温度比男性高，达到36.38℃，而男性平均为35.84℃。男性内外侧足底温度T检验表明差异具有显著意义（P < 0.05），女性内外侧足底温度T检验表明差异具有非常显著意义（P < 0.01）。男女统计都一致表明外侧足底温度小于内侧足底温度，如表2所示。

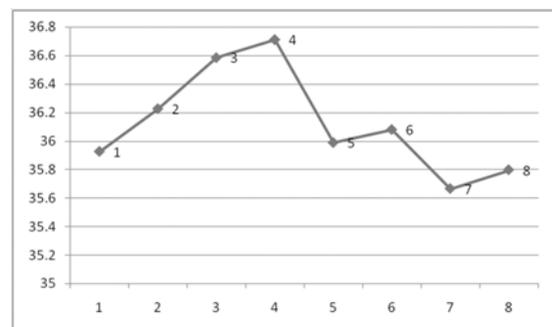


图4 不同区域足底温度

Figure4 Temperature of the Different Foot Regions

表2 足底温度内外侧分析表

Table II Comparison between the Inside and Outside Foot Temperatures

		平均值	标准差	P值
男	外侧	35.68	2.27	0.027*
	内侧	36.00	1.98	
女	外侧	36.14	2.08	0.000**
	内侧	36.61	2.03	

注：\*为P < 0.05；\*\*为P < 0.01

### 3 结论与建议

通过对受试者足底不同分区和不同运动时间段的足底温度分析，发现足底各区域温度随人体运动时间增加而增大。从足底各分区整个运动过程温度平均值来看，受试者足前掌跖骨部位温度最高，且内侧高于外侧。同时，女性被试者在运动中的足底温度上升趋势高于男性。

该实验初步研究了运动中足底温度分布状态，为运动鞋温度控制设计提供了一定的参考价值。但由于研究设备限制及跑台本身的温度升高，数据精度还有待进一步提高。今后研究可以对受试者不同区域温度感受进行量表测试，对鞋的透气口位置等方面设计提出建议。