

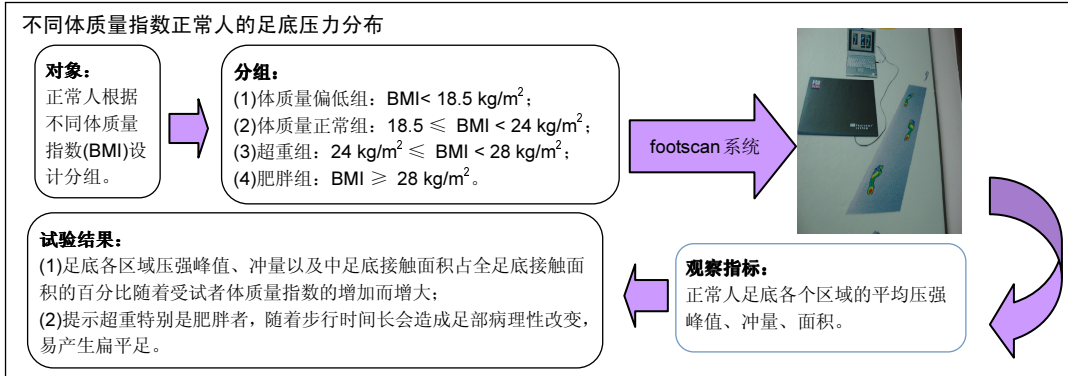
不同体质量指数正常人的足底压力特征

钟慧敏¹, 黄萍²(¹华东师范大学物理与材料科学学院, 上海市 200241; ²上海市伤骨科研究所, 上海交通大学医学院附属瑞金医院, 上海市中西医结合防治骨与关节病损重点实验室, 上海市 200025)

引用本文: 钟慧敏, 黄萍. 不同体质量指数正常人的足底压力特征[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(23):3730-3735.

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.23.021 ORCID: 0000-0001-9701-2734(钟慧敏)

文章快速阅读:



钟慧敏, 女, 1995年生, 上海市人, 汉族, 华东师范大学物理与材料科学学院在读学士, 主要从事运动力学和物理学方面的研究。

通讯作者: 黄萍, 主管技师, 上海市伤骨科研究所, 上海交通大学医学院附属瑞金医院, 上海市中西医结合防治骨与关节病损重点实验室, 上海市 200025

中图分类号:R318

文献标识码:B

文章编号:2095-4344

(2017)23-03730-06

稿件接受: 2017-07-08

文题释义:

体质量指数: 是指体质量与身高平方得出的值, 简称 BMI(英文为 Body Mass Index), 当需要比较及分析一个人的体质量对于不同高度的人所带来的健康影响时, 体质量指数值是一个中立而可靠的指标。体质量指数是世界公认的一种评定肥胖程度的分级方法, 世界卫生组织(WHO)也以体质量指数来对肥胖或超重进行定义。

足底压力: 人体在静止站立或者动态行走时在自身重力的作用下, 足底在垂直方向上受到一个地面的反作用力, 这个力就是足底压力。运用压力测量仪器对人体各体态或不同运动状态下的足底压力的力学、几何学、时间参数值进行测定、分析、研究, 揭示不同的足底压力分布特征。美国足部医学会的研究报告显示, 一个正常人步行时足部所承担的地面反作用力达到 1.5 倍体质量, 跑步时更达到三至四倍体质量。正常人行走时动态足底最大压力主要位于第 2-3 跖骨和足跟。步行时足底与支撑面之间的压力分布反映了下肢乃至全身的生理、结构和功能等方面的信息。

摘要

背景: 体质量是影响足底压力非常重要的一个因素, 多种不同体质量足底压力的系统研究尚未见报道。

目的: 检测不同体质量正常人的足底压力情况, 为足底压力的应用研究提供参考指标。

方法: 采用比利时 RSscan INTERNATIONAL 公司生产的 Footscan 2 m 平板足底压力分布测试系统, 对 80 名不同体质量正常人进行动态足底压力测试。根据《中国成人超重和肥胖症预防控制指南》中的分类标准, 将测试对象分为 4 组, 即体质量偏低组、体质量正常组、超重组、肥胖组, 每组 20 人, 进行比较分析。

结果与结论: ①足底各区域压强峰值和冲量随着受试者体质量指数的增加而增大, 差异均有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 超重者足底部分区域、肥胖者足底各区域压强增高($P < 0.05$); ②中足底接触面积占全足底接触面积的百分比随着受试者体质量指数的增加而增大, 差异有显著性意义($P < 0.01$); 与体质量正常者相比, 肥胖者中足底接触面积占全足底接触面积的百分比增高($P < 0.05$); ③结果显示, 超重特别是肥胖者由于体质量大, 其步行时足底压强和冲量相应增高, 时间长会造成足部病理性改变; 肥胖者体质量大造成足弓下降, 中足与地面接触面积增大, 易产生扁平足。提示超重特别是肥胖者, 要注意控制体质量, 适当运动, 穿合适的鞋, 保护好足, 防止足部损伤和扁平足的发生。

关键词:

骨科植入物; 组织工程; 体质量; 足底压力; 压强; 冲量; 面积

主题词:

人体质量指数; 抗压强度; 组织工程

基金资助:

上海市卫生和计划生育委员会面上项目(201640190)

Zhong Hui-min, School of Physics and Materials Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China

Corresponding author: Huang Ping, Technologist-in-charge, Shanghai Institute of Traumatology and Orthopaedics, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai Key Laboratory for Prevention and Treatment of Bone and Joint Diseases with Integrated Chinese-Western Medicine, Shanghai 200025, China

Plantar pressure of normal people with different body mass index

Zhong Hui-min¹, Huang Ping² (¹School of Physics and Materials Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China; ²Shanghai Institute of Traumatology and Orthopaedics, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai Key Laboratory for Prevention and Treatment of Bone and Joint Diseases with Integrated Chinese-Western Medicine, Shanghai 200025, China)

Abstract

BACKGROUND: Body mass is a critical factor affecting plantar pressure, and the systematic study on plantar pressure with different body mass has not been reported.

OBJECTIVE: To measure the plantar pressure of normal people with different body weight, so as to provide reference for the application of plantar pressure.

METHODS: Totally 80 healthy people with different body weight were enrolled, and the dynamic plantar pressure was measured by the Footscan 2 meter flat foot pressure distribution system (RSscan, Belgium). The participants were divided into four groups ($n=20$ per group) according to the classification criteria for prevention and control of overweight and obesity in Chinese adults, such as underweight, normal weight, overweight group, and obesity groups, and a comparative analysis was conducted.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The peak pressure and impulse of each region of the foot were significantly increased with body mass index increasing ($P < 0.05$). Compared with the normal weight people, the pressure of the part foot area of the overweight subjects and each part foot area of the obese subjects were significantly increased ($P < 0.05$). (2) The percentage of the medial plantar contact area accounting the total contact area of the foot was significantly increased with body mass index increasing ($P < 0.01$); the percentage in the obese group was significantly higher than that in the normal group ($P < 0.05$). (3) These results show that the plantar pressure and impulse are increased in overweight and obese subjects due to weight gain, and foot will appear with pathological changes with time going. Obese people suffer from arch drop due to weight gain, and increase in contact area of midfoot, which are easy to cause flatfoot. Overweight especially obese, should pay attention to control weight, do appropriate exercise, wear suitable shoes, protect the foot, further to prevent the occurrence of foot injury and flatfoot.

Subject headings: Body Mass Index; Compressive Strength; Tissue Engineering

Funding: the General Project of Shanghai Health and Family Planning Commission, No. 201640190

Cite this article: Zhong HM, Huang P. Plantar pressure of normal people with different body mass index. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2017;21(23):3730-3735.

0 引言 Introduction

人体足底压力分布能够反映有关足的结构、功能和整个身体姿势控制等情况。步行时足底压力分布特征对足履行各种生理功能、临床诊断、生物力学及康复研究等均有重要意义。足底压力过高或分布异常可导致多种疾患的发生,如足底胼胝体、足底应力性骨折、及神经性溃疡等^[1-12]。正常人的足底压力受自身生理因素(如体质量、性别、年龄)影响,其中体质量是影响足底压力非常重要的一个因素。关于体质量与足底压力之间的研究,已有一些报道^[13-17]。但多种不同体质量足底压力的系统研究未见报道,文章采用Footscan 2 m平板足底压力测试系统,检测4种体质量正常人的动态足底压力分布,探讨不同体质量正常人的足底压力分布特征与规律,掌握足底压力的变化特征,为足底压力的应用研究提供量化的理论依据和参考指标。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 对比观察试验。

1.2 时间及地点 于2011年4月至2016年12月在上海市伤骨科研究所运动功能测试室完成。

1.3 对象 选取正常青年人80名,其中男69名,女11名;年龄19-30岁,身高1.53-1.9 m。严格按照WHO规定的体质量指数计算方法,采用《中国成人超重和肥胖症预防控制指南》中的分类标准,将测试对象分为4组:体质量指数 $< 18.5 \text{ kg/m}^2$ 为体质量偏低组, $18.5 \leq$ 体质量指数 $< 24 \text{ kg/m}^2$ 为体质量正常组, $24 \leq$ 体质量指数 $< 28 \text{ kg/m}^2$ 为超重组,体质量指数 $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ 为肥胖组^[18]。每组各20人。4组受试者在性别、年龄、身高方面差异均无显著性意义,见表1。

表1 研究对象一般资料

($n=20$)

Table 1 General information of the participants

组别	男/女(n)	年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	身高($\bar{x} \pm s$, m)
体质量偏低	16/4	23.95 \pm 1.91	1.69 \pm 0.09
体质量正常	18/2	24.30 \pm 2.11	1.73 \pm 0.07
超重	16/4	25.00 \pm 2.96	1.73 \pm 0.08
肥胖	19/1	25.80 \pm 3.00	1.76 \pm 0.06
F	0.934	2.074	2.635
P	0.428	0.111	0.056

纳入标准: ①能自然行走的健康人,心肺功能良好;②无下肢肌肉、骨骼、足部疾患,无骨折史,无运动障碍;③足弓正常,足部各关节活动正常;④受试者对试验均知情同意。

排除标准: ①有其他足部疾病,如足神经瘤、扁平足、高弓足等;②下肢外伤或手术史;③有类风湿、系统性红斑狼疮、帕金森病、糖尿病史等;④心理和精神异常。

测量仪器: 身高和体质量的测量:使用上海东方衡器有限公司的TCS-150-RT电子秤,测量受试者的身高和体质量。足底压力参数的测量:应用比利时RSscan INTERNATIONAL公司生产的2 m平板足底压力分布测试系统Gait scientific 7.97版本进行测试。平板尺寸2 m \times 0.4 m,传感器总数16 384个,传感器密度4个/cm²,测量最高频率达500 Hz,测试范围0-200 N/cm²。将Footscan测力平板嵌入地表,测力平板上及四边均铺上薄垫,将测试距离的长、宽分别延长500 cm和40 cm。

1.4 试验方法 测试前,所有受试者测量身高、体质量等相关信息,并告知受试者测试程序,行走几次,适应测试环境,保证符合测试的要求。测试时,受试者均脱鞋袜,

以个人平常步态, 在铺有薄垫的Footscan测力平板上自然直走, 测量3次以上。分析时取3次较好的双足图像, 计算3次的平均值。

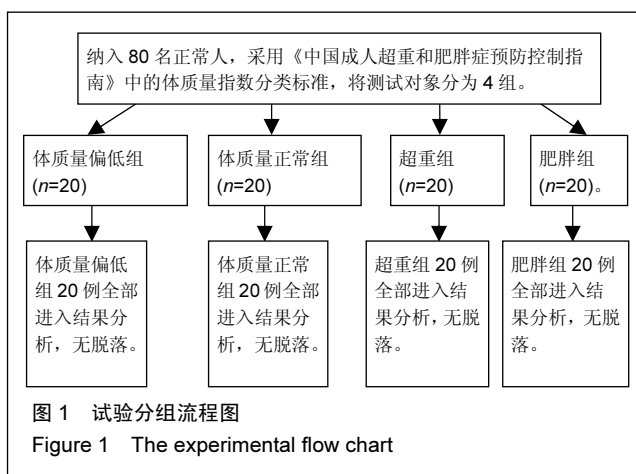
采集的数据首先用测试仪器配套软件进行处理, 得到相应的图形和原始数据。分析过程将足底基于解剖学的分区分为10个区域: 第1趾骨(Toe1, T1)、第2-5趾骨(Toe2-5, T2-5)、第1跖骨(Meta1, M1)、第2跖骨(Meta2, M2)、第3跖骨(Meta3, M3)、第4跖骨(Meta4, M4)、第5跖骨(Meta5, M5)、中足(Midfoot, MF)、足跟内侧(Heel Medial, HM)和足跟外侧(Heel Lateral, HL), 或简单将足底分为3个区域: 后足(Rearfoot)、中足(Midfoot)、前足(Forefoot)。得出每个区域的压强峰值、冲量、面积等。

1.5 主要观察指标 足底各个区域的平均压强峰值、冲量、面积。

1.6 统计学分析 所有数据统计均用SPSS 13.0软件处理。采用方差分析进行多重比较检验, 统计结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 纳入80名正常人, 根据体质量指数分成4组, 每组20名, 测试过程中无脱落, 最终全部受试者测试结果均进入数据分析。分组流程图见图1。



2.2 各组不同体质量受试者足底各区域平均压强峰值的比较 见表2, 3。

从表2看出, 4种不同体质量指数受试者总的比较, 左足底各区域平均压强峰值随着受试者体质量指数的增加而增大, 差异均有显著性意义($P < 0.01$)。与体质量正常者相比, 超重者左足第1跖骨、第2跖骨、第5跖骨、中足、足跟外侧压强增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 肥胖者左足底各区域平均压强峰值均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 在平常步行时, 所有受试者左足第3跖骨压强峰值均为最高, 左足第2-5趾骨压强峰值均为最低。

从表3看出, 4种不同体质量指数受试者总的比较, 右足底各区域平均压强峰值随着受试者体质量指数的增加而

增大, 差异均有显著性意义($P < 0.01$)。与体质量正常者相比, 超重者右足第1跖骨、第3跖骨、足跟内侧、足跟外侧压强增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 肥胖者右足底各区域平均压强峰值均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 在平常步行时, 所有受试者右足第3跖骨压强峰值均为最高, 右足第2-5趾骨压强峰值均为最低。**2.3 各组不同体质量受试者足底各区域平均冲量比较** 见表4, 5。

从表4看出, 总体来看, 左足底各区域平均冲量值基本上随着受试者体质量指数增加而增大, 差异均有显著性意义($P < 0.05$)。与体质量正常者相比, 超重者左足第1跖骨、第2跖骨、第5跖骨冲量增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 肥胖者左足底各区域冲量值均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 在平常步行时, 所有受试者左足第3跖骨冲量均为最高, 左足第2-5趾骨冲量最低。

从表5看出, 4种不同体质量指数受试者总的比较, 右足底各区域平均冲量值随着受试者体质量指数的增加而增大, 差异均有显著性意义($P < 0.01$)。与体质量正常者相比, 超重者右足第1跖骨、第2跖骨、第3跖骨冲量增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 肥胖者右足底各区域冲量值均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 在平常步行时, 所有受试者右足第3跖骨冲量均为最高, 右足第2-5趾骨冲量均为最低。

2.4 各组不同体质量受试者足底各区域面积占全足面积百分比 见表6, 7。

从表6看出, 4种不同体质量指数受试者总的比较, 左中足底接触面积占左全足底接触面积的百分比随着受试者体质量指数的增加而增大, 差异有显著性意义($P < 0.01$); 左前足底接触面积占左全足底接触面积的百分比从大到小的排列顺序是: 体质量偏低者→超重者→体质量正常者→肥胖者, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。与体质量正常者相比, 肥胖者左中足底接触面积占左全足底接触面积的百分比增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。

从表7看出, 4种不同体质量指数受试者总的比较, 右中足底接触面积占右全足底接触面积的百分比随着受试者体质量指数的增加而增大, 差异有显著性意义($P < 0.01$); 右前足底接触面积占右全足底接触面积的百分比从大到小的排列顺序是: 体质量偏低者→超重者→体质量正常者→肥胖者, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。与体质量正常者相比, 肥胖者右中足底接触面积占右全足底接触面积的百分比增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。

3 讨论 Discussion

足底压强是足底垂直压力除以接触面积的商, 因此, 足底压强和体质量明显相关。然而, 国外有报道体质量与足底压力不相关, 并认为有高度体质量指数的个体皮下组织可更厚, 结果导致足底压力更低^[19]。

表2 各组受试者左足底各区域平均压强峰值的比较

 $(\bar{x} \pm s, n=20, \text{N/cm}^2)$

Table 2 Comparison of the mean pressure in the left foot of among groups

足底区域	体质量偏低组	体质量正常组	超重组	肥胖组	F	P
第1趾骨	3.72±2.28	4.95±2.89	5.93±2.47	7.38±3.29 ^a	6.32	0.001
第2-5趾骨	0.89±0.58	1.25±0.95	1.26±0.84	2.03±1.27 ^a	5.23	0.002
第1跖骨	4.28±1.95	4.37±2.10	7.45±2.94 ^a	10.26±4.12 ^a	19.31	0.000
第2跖骨	9.36±4.01	11.89±3.65	16.14±5.76 ^a	20.75±8.18 ^a	15.44	0.000
第3跖骨	12.11±4.44	16.44±4.72	18.80±7.30	29.01±11.44 ^a	18.19	0.000
第4跖骨	8.07±3.27	10.51±4.16	13.67±6.80	22.12±9.44 ^a	18.41	0.000
第5跖骨	3.09±1.91	4.09±2.01	6.68±4.72 ^a	10.55±5.77 ^a	12.17	0.000
中足	1.94±0.78	2.68±1.07	3.88±1.37 ^a	5.57±2.51 ^a	20.17	0.000
足跟内侧	7.85±3.31	9.75±3.18	11.74±4.58	17.35±7.50 ^a	13.72	0.000
足跟外侧	7.85±3.13	8.78±2.90	11.88±4.40 ^a	15.73±6.94 ^a	11.82	0.000

表注: 与正常体质质量组比较, ^a $P < 0.05$ 。

表3 各组受试者右足底各区域平均压强峰值的比较

 $(\bar{x} \pm s, n=20, \text{N/cm}^2)$

Table 3 Comparison of the mean pressure in the right foot among groups

足底区域	体质量偏低	体质量正常	超重	肥胖	F	P
第1趾骨	4.03±2.39	4.73±3.29	5.60±2.73	7.33±3.75 ^a	4.25	0.008
第2-5趾骨	0.82±0.38	1.41±1.02	1.57±0.95	2.19±1.72 ^a	5.06	0.003
第1跖骨	4.31±2.04	4.81±2.61	7.03±3.21 ^a	9.18±3.13 _a	12.90	0.000
第2跖骨	10.68±4.15	12.38±3.83	15.57±5.73	22.66±8.14 ^a	17.15	0.000
第3跖骨	11.27±5.65	12.85±4.35	17.73±7.32 ^a	23.79±8.59 ^a	14.25	0.000
第4跖骨	7.73±4.50	7.94±4.18	11.93±6.01	18.91±9.63 ^a	13.12	0.000
第5跖骨	3.14±1.60	3.54±3.20	5.32±3.07	9.20±6.09 ^a	10.31	0.000
中足	1.86±0.82	2.23±0.86	3.15±1.52	5.49±2.51 ^a	21.29	0.000
足跟内侧	8.10±2.79	9.48±3.28	13.18±4.67 ^a	16.92±7.16 ^a	13.74	0.000
足跟外侧	8.00±2.69	8.67±2.57	11.88±5.25 ^a	15.72±6.67 ^a	11.63	0.000

表注: 与正常体质质量组比较, ^a $P < 0.05$ 。

表4 各组受试者左足底各区域平均冲量的比较

 $(\bar{x} \pm s, n=20, \text{N} \cdot \text{s})$

Table 4 Comparison of the mean impulse in the left foot among groups

足底区域	体质量偏低	体质量正常	超重	肥胖	F	P
第1趾骨	0.79±0.63	0.90±0.59	1.27±0.62	1.49±0.73 ^a	5.06	0.003
第2-5趾骨	0.14±0.18	0.20±0.17	0.19±0.12	0.33±0.21 ^a	3.97	0.011
第1跖骨	1.06±0.58	1.00±0.48	1.98±1.01 ^a	2.65±1.19 ^a	16.58	0.000
第2跖骨	2.55±1.44	3.13±0.97	4.62±1.71 ^a	5.82±2.40 ^a	14.95	0.000
第3跖骨	3.50±1.60	4.57±1.38	5.47±2.01	8.31±3.28 ^a	17.70	0.000
第4跖骨	2.49±0.94	3.06±1.17	4.17±1.87	6.83±3.02 ^a	19.96	0.000
第5跖骨	1.16±0.57	1.18±0.58	1.96±1.23 ^a	3.35±1.94 ^a	14.27	0.000
中足	0.54±0.25	0.73±0.32	1.07±0.58	1.82±1.04 ^a	16.11	0.000
足跟内侧	2.00±0.91	2.42±0.90	2.86±1.31	4.77±2.67 ^a	11.47	0.000
足跟外侧	1.96±0.91	2.15±0.86	2.80±1.32	4.33±2.45 ^a	9.34	0.000

表注: 与正常体质质量组比较, ^a $P < 0.05$ 。

表5 各组受试者右足底各区域平均冲量的比较

 $(\bar{x} \pm s, n=20, \text{N} \cdot \text{s})$

Table 5 Comparison of the mean impulse in the right foot among groups

足底区域	体质量偏低	体质量正常	超重	肥胖	F	P
第1趾骨	0.80±0.64	0.85±0.66	1.17±0.61	1.56±0.90 ^a	4.87	0.004
第2-5趾骨	0.11±0.07	0.23±0.19	0.24±0.16	0.48±0.59 ^a	4.53	0.006
第1跖骨	1.02±0.56	1.16±0.66	1.88±0.89 ^a	2.39±0.81 ^a	15.07	0.000
第2跖骨	2.80±1.11	3.20±0.98	4.38±1.67 ^a	6.31±2.54 _a	17.33	0.000
第3跖骨	3.26±1.59	3.59±1.34	5.11±2.11 ^a	7.13±3.02 _a	13.93	0.000
第4跖骨	2.39±1.29	2.43±1.43	3.71±1.94	6.22±3.21 ^a	14.53	0.000
第5跖骨	0.91±0.54	0.99±1.02	1.50±0.86	2.97±1.88 ^a	12.94	0.000
中足	0.50±0.26	0.57±0.21	0.92±0.60	1.81±1.13 ^a	16.74	0.000
足跟内侧	2.01±0.72	2.38±1.11	3.26±1.58	4.44±2.26 ^a	10.07	0.000
足跟外侧	1.98±0.79	2.12±0.84	2.92±1.65	4.18±2.06 ^a	9.85	0.000

表注: 与正常体质质量组比较, ^a $P < 0.05$ 。

表6 各组受试者左足底各区域面积占全足面积的比较

($\bar{x} \pm s$, $n=20$, %)

Table 6 Comparison of the area of each partition in left foot plantation accounting the total area among groups

足底区域	体质量偏低	体质量正常	超重	肥胖	F	P
后足面积	21.92±1.51	21.97±1.62	20.97±1.40	20.99±2.18	2.13	0.103
中足面积	23.87±2.27	25.16±2.52	25.60±1.71	26.78±3.33 ^a	4.54	0.006
前足面积	54.22±1.60	52.88±2.27	53.42±1.95	52.25±2.52	3.11	0.031

表注: 与正常体质量组比较, ^a $P < 0.05$ 。

表7 各组受试者右足底各区域面积占全足面积的比较

($\bar{x} \pm s$, $n=20$, %)

Table 7 Comparison of the area of each partition in right foot plantation accounting the total area among groups

足底区域	体质量偏低	体质量正常	超重	肥胖	F	P
后足面积	23.16±0.93	23.54±1.08	22.83±1.23	22.90±1.76	1.23	0.304
中足面积	22.38±2.12	23.61±2.18	23.74±1.84	25.39±3.76 ^a	4.58	0.005
前足面积	54.46±2.38	52.86±2.35	53.43±2.05	51.71±3.42	3.91	0.012

表注: 与正常体质量组比较, ^a $P < 0.05$ 。

也有文献报道并非高体质量者足底压力一定高^[20]。另有文献显示足底压强和体质量呈弱相关^[21]。本次试验结果得出, 左右足底各区域平均压强峰值随着受试者体质量指数的增加而增大, 差异均有显著性意义($P < 0.01$); 与体质量正常者相比, 超重者左足第1跖骨、第2跖骨、第5跖骨、中足、足跟外侧和右足第1跖骨、第3跖骨、足跟内侧、足跟外侧压强增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 肥胖者左右足底各区域平均压强峰值均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。原因是受试者体质量逐渐增大, 足底负重相应增加, 足底区域压强也随之增高。这与一些文献的研究结果基本吻合^[22-23]。足底压强是研究足底局部承受过高地面反作用力而导致损伤的有效指标之一。足部某一部位如长期承受过大的地面反作用力, 既承受压强较大时, 很容易造成身体一些部位的损伤^[24-27]。随着受试者体质量指数的增加, 超重者足底一些部位和肥胖者足底各部位承受的压强相应增高。正常人步行时足部所承受的地面反作用力可以达到人类体质量的1.5倍, 在体质量较大的情况下, 这种压力会变得更大^[28]。因此, 行走时, 超重(特别是肥胖)者在力的传递过程中人体将更会受其影响, 造成足底压力的分布变化和足底压力的增高, 这表明超重者(特别是肥胖者)长时间负重行走, 他们的足部易出现疲劳和损伤, 时间长久后会引发下肢骨、软骨及周边韧带甚至腰背部等一系列不良反应与损伤。

冲量是力在一定时间内对足底各区域连续作用所产生的累积效应的表示, 冲量大小取决于足底压力、足部和地面的接触时间。冲量也是评价足底压力和足部损伤的重要指标^[29-32]。本次试验结果显示, 随着受试者体质量指数的增加, 左右足底各区域平均冲量逐渐增大, 差异均有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 超重者左足第1跖骨、第2跖骨、第5跖骨和右足第1跖骨、第2跖骨、第3跖骨冲量均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 与体质量正常者相比, 肥胖者左右足底各区域冲量值均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。随着个体体质量的增加, 超重者足底一些部

位和肥胖者足底各部位承受的冲量也随之增高。这表明超重者、特别是肥胖者长时间负重行走, 足部受到较高冲量, 会使他们足部疲劳并有可能导致他们足部组织的损伤。

扁平足是一种常见的足部疾病, 主要特征是足弓塌陷或消失, 部分扁平足患者长久站立或行走后可以出现足部疼痛症状^[33-38]。行走时, 中足底与地面的接触面积占全足底接触面积的百分比可用于扁平足的检测与分级。以Cavanagh和Rodger(1987)所制订的中足底与地面的接触面积占全足底接触面积的百分比大于26%作为确定扁平足依据^[39]。本次测试结果显示, 随着受试者体质量指数的增加, 左右中足底接触面积占全足底接触面积的百分比逐渐增大, 差异有显著性意义($P < 0.01$)。与体质量正常者相比, 肥胖者左右中足底接触面积占全足底接触面积的百分比均增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。从本研究结果还可以看出, 肥胖者已经达到或接近扁平足的诊断标准[肥胖者左右中足底接触面积占全足底接触面积的百分比分别为(26.78±3.33)%, (25.39±3.76)%]。原因是超重或肥胖受试者体质量的增大, 降低了足弓的高度, 足内侧纵弓塌陷或消失, 使之中足区域面积增大。同时随着他们体质量的增加, 为了维持行走的正常进行和更好控制行走时的稳定性, 通过增大足与地面的支撑面积来完成此目的。但如果长时间负重, 就像长时间拉伸一个弹簧一样, 使之弹性降低, 同样足弓的弹性会下降, 最终造成扁平足。扁平足者行走时由于足弓的塌陷, 缓冲能力降低, 行走时间较长会易出现足部不适及疲劳, 是运动损伤的潜在因素, 应引起临床重视。另外扁平足患者行走时接近足内侧部位的接触面积以及压力增加, 导致邻近韧带和肌腱异常受力和正常关节力学改变, 如果足部长期异常受力, 使骨关节结构发生代偿性改变, 导致拇外翻、后足外翻、关节松弛甚至踝关节退行性变等^[40-41]。

总之, 超重特别是肥胖者步行时由于体质量大, 其足底压强和冲量相应增高, 时间长会造成足部病理性改变; 随着体质量的增加, 肥胖者足弓下降, 中足与地面接触面积增大, 容易产生扁平足。提示超重特别是肥胖者, 要注

意控制体质量, 适当运动, 穿合适的鞋, 保护好足, 防止足部损伤和扁平足的发生。

致谢: 感谢上海市伤骨科研究所运动功能测试室的工作人员提供工作方便、技术性指导和帮助。

作者贡献: 钟慧敏负责试验设计, 黄萍和钟慧敏负责试验实施, 黄萍和钟慧敏负责评估, 钟慧敏负责随访。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 临床试验研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和医院对人体研究的相关伦理要求。文章的撰写与编辑修改后文章遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。参与实验的个体及其家属为自愿参加, 在充分了解本测试方案的前提下签署“知情同意书”。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审, 符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 通讯作者对于研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁, 可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享3.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] 岳童, 倪朝民, 刘孟, 等. 脑卒中患者足底压力与步行能力的相关性分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2015, 37(5): 353-356.
- [2] 元香南, 李晓婷, 李茵婷, 等. 步行模式下肌电生物反馈性功能电刺激对脑卒中患者即刻足底压力的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2015, 21(10): 1191-1196.
- [3] 李文霞, 罗祥蓉, 曹瑛, 等. 糖尿病周围神经病变患者足底压力与步态的变化[J]. 广东医学, 2017, 38(6): 859-863.
- [4] 尹海滨, 郭见平, 牛英群. 男大学生左足正常右足外八字步态足底压力特征分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(6): 452-455.
- [5] 谢翠华, 张倩, 符霞军, 等. 糖尿病病人足底压力峰值与糖尿病足底压力性溃疡发生的相关性研究[J]. 护理研究, 2016, 30(3): 918-921.
- [6] 孔德刚, 高虹, 王璐. 太极拳运动对老年人足底压力的影响[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(5): 2029-2031.
- [7] 徐珊珊. 临床护士长期行走站立足底压力与肌肉骨骼损伤的调查分析[J]. 护理实践与研究, 2016, 13(9): 90-92.
- [8] 黄萍, 钱念东, 齐进, 等. 拇外翻发病危险因素与足底压力特征[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(42): 6351-6356.
- [9] 孙育欣, 潘晓华. 高跟鞋与足弓的关系[J]. 海南医学, 2013, 24(5): 48-751.
- [10] Bennetts CJ, Owings TM, Erdemir A, et al. Clustering and Classification of Regional Peak Plantar Pressures of Diabetic Feet. J Biomech. 2013;46(1):19-25.
- [11] 何红, 徐国丽, 陈会平. 糖尿病足周围神经病变病人降低足底压力护理干预措施的研究进展[J]. 护理研究, 2015, 29(9C): 3338-3340.
- [12] 孔德刚, 高虹, 王璐. 扁平足与正常足男大学生足底压力及步态特征比较[J]. 中国学校卫生, 2013, 34(6): 680-682, 685.
- [13] 周利明, 姜伟星, 刘清涛. 背负不同负荷对儿童行走时足底压力的影响[J]. 河北医学, 2014, 20(7): 1173-1176.
- [14] 刘程程, 元香南, 张立新, 等. 老年人与健康大学生平地行走时足底压力特征比较[J]. 中国康复理论与实践, 2015, 21(5): 544-548.
- [15] 殷青霞. 青年人自然行走状态下足底压力分类特征数据探究[J]. 电脑知识与技术, 2016, 12(7): 192-194.
- [16] 杨洁, 倪朝民. 足底压力及其临床康复应用研究进展[J]. 中国临床保健杂志, 2014, 17(3): 329-331.
- [17] 王彦斐, 程如意. 不同年资临床护士的足底压力步态分析[J]. 西部中医药, 2014, 27(10): 162-163.
- [18] 李慧, 任旭, 常慧, 等. 沈阳市城市职业人群体重自评调查结果分析[J]. 中国健康教育, 2015, 31(7): 664-667.
- [19] Gravante G, Russo G, Pomara F, et al. Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. Cilia Biomech. 2003;18(8):780-782.
- [20] 严励, 王永慧, 杨川, 等. 非糖尿病人群足底压力的研究[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2006, 27(2): 197-202.
- [21] 张少伟, 邹晓峰, 陈民盛. 肥胖男性少年足底动态压力变化参数[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(33): 6262-6266.
- [22] 高艳玲, 张志广, 付磊磊. 某县960例小学生扁平足患病情况及发生影响因素分析[J]. 实用预防医学, 2014, 21(10): 1210-1212.
- [23] 蒋娅, 李亚洁, 谢翠华, 等. 2型糖尿病病人足底压力影响因素研究[J]. 护理研究, 2013, 27(12): 4004-4006.
- [24] 魏秀丽, 肖波涛, 杨秀丽. 手术室护士长时间站立时足底压力和肌肉骨骼受损情况的调查[J]. 解放军护理杂志, 2016, 33(10): 34-36.
- [25] 孟敏, 蒋娅, 谢翠华. 糖尿病患者周围神经病变与足底压强的关系[J]. 护理学杂志, 2014, 29(11): 30-31.
- [26] 贾秀眉, 王秋惠, 徐芳. 手术护士长时间站立足底压力和肌肉骨骼受损情况调查[J]. 医院管理论坛, 2016, 33(11): 61-63.
- [27] 闫红光. 不同体质质量指数成年女性穿高跟鞋行走步态特征分析[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(49): 7349-7355.
- [28] 宋丽华, 陈民盛. 人体负重行走的生物力学研究及前景[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(41): 7771-7774.
- [29] 李立, 陈玉娟, 翟凤鸣, 等. 长期从事太极拳运动老年人足底压力分布特征及平衡能力研究[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(9): 984-988.
- [30] 李冬玲, 李远, 李姗姗. 平衡足底压力及稳定步态在早期糖尿病足防治[J]. 临床医学工程, 2016, 23(2): 173-174.
- [31] 吴宝平, 闰松华, 张宽, 等. 大学生不同运动方式下的足底压力分布研究[J]. 北京生物医学工程, 2016, 35(2): 161-179.
- [32] 杜天舒, 成西侠, 张春礼, 等. 前交叉韧带损伤患者动态足底压力变化[J]. 中国运动医学杂志, 2016, 35(6): 520-526.
- [33] 蒋建新, 蒋涵芝. 女生扁平足现状调查与及时干预矫正研究[J]. 继续医学教育, 2016, 30(2): 99-100.
- [34] 张悠然. 足部矫正器对扁平足患者步态的影响[J]. 西部皮革, 2014, 36(19): 39-46.
- [35] 边曙光, 李俊, 陈莹, 等. 扁平足矫正效果追踪评估系统设计[J]. 医疗卫生装备, 2016, 37(8): 24-28.
- [36] 陈瑞巧. 临床手法结合功能锻炼矫治生长发育儿童扁平足的探讨[J]. 数理医药学杂志, 2016, 29(11): 1593-1595.
- [37] 陈善本, 鲍琨, 陈博昌. 儿童足弓发育与扁平足的研究进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2016, 15(6): 610-613.
- [38] 苏宏伦, 郭俊超, 莫中军, 等. 个性化扁平足矫形鞋垫的生物力学研究[J]. 医用生物力学, 2016, 31(6): 490-494.
- [39] 闫松华, 谭国庆, 刘志成. 7-11岁肥胖儿童动态足底压力分布[J]. 医用生物力学, 2010, 25(2): 118-123.
- [40] 魏东凌, 张文, 周琳. 扁平足与正常足举重运动员足底压力分布对照研究[J]. 中国运动医学杂志, 2013, 32(2): 112-116.
- [41] 左建刚, 胡海威, 桑志成, 等. 拇外翻足并发第2跖骨头下疼痛的相关因素研究[J]. 中国骨伤, 2017, 30(1): 51-56.