

# 足底压力测试装置发展现状和研究进展

王淑婷<sup>1</sup>, 贾文慧<sup>1</sup>, 张凯璐<sup>1</sup>, 张雪玲<sup>1</sup>, 李庆<sup>1</sup>, 胡彬彬<sup>2</sup>, 李佳<sup>1\*</sup>, 任武<sup>1</sup>

<sup>1</sup>新乡医学院, 医学工程学院, 河南省神经传感与控制工程技术研究中心, 新乡市智能康复设备工程技术研究中心, 河南 新乡

<sup>2</sup>上海邑成测试设备有限公司, 上海

收稿日期: 2022年3月21日; 录用日期: 2022年6月30日; 发布日期: 2022年7月7日

## 摘要

足底压力测试装置及测量技术已经应用于很多研究领域, 特别是运动生物力学方面。相较于国外完整的工程体系和成熟的技术, 国内对于足底压力测试的研究相对滞后, 在发展过程中仍存在精确度较低, 创新性不足等问题。本文基于足底压力测试装置的发展现状和研究进展作一综述, 介绍了足底压力测试装置的发展现状, 同时还分析了国内外对足底压力测试装置的发展现状和研究进展。为今后不同类型的足底压力测试装置完善提供帮助, 使其使用者在了解自身足部健康状态、保持良好运动姿态、医学临床诊断等方面发挥最大作用。

## 关键词

生物力学, 足底压力测量仪器, 压力分布, 智能

# Development Status and Research Progress of the Plantar Pressure Test Device

Shuting Wang<sup>1</sup>, Wenhui Jia<sup>1</sup>, Kailu Zhang<sup>1</sup>, Xueling Zhang<sup>1</sup>, Qing Li<sup>1</sup>, Binbin Hu<sup>2</sup>, Jia Li<sup>1\*</sup>, Wu Ren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Xinxiang Engineering Technology Research Center of Intelligent Rehabilitation Equipment, Engineering Technology Research Center of Neurosense and Control of Henan Province, College of Medical Engineering, Xinxiang Medical University, Xinxiang Henan

<sup>2</sup>Shanghai Integrated System Technology Co., Ltd., Shanghai

Received: Mar. 21<sup>st</sup>, 2022; accepted: Jun. 30<sup>th</sup>, 2022; published: Jul. 7<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Plantar pressure testing devices and measurement techniques have been used in many research

\*通讯作者。

文章引用: 王淑婷, 贾文慧, 张凯璐, 张雪玲, 李庆, 胡彬彬, 李佳, 任武. 足底压力测试装置发展现状和研究进展[J]. 传感器技术与应用, 2022, 10(3): 378-383. DOI: 10.12677/jsta.2022.103045

fields, especially in motion biomechanics. Compared with the complete engineering system and mature technology abroad, the domestic research on foot bottom pressure test is relatively lagging behind, and there are still problems such as low accuracy and insufficient innovation in the development process. Based on the development status and research progress of the plantar pressure testing equipment, this paper introduces the plantar pressure testing equipment. At the same time, the development status and research progress of the plantar pressure testing device at home and abroad are analyzed. Different types of feet for the future. The bottom pressure testing device is perfect to provide help, so that users can understand their own foot health status, maintain a good motion posture, medical clinical diagnosis, break and so on to play the biggest role.

## Keywords

Biomechanics, Foot Bottom Pressure Measuring Instrument, Pressure Distribution, Intelligent

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

步行是人体基本运动之一，在步行过程中，任何步行的动作都要通过人体足部与地面的相互作用来完成，通过分析足底压力的变化和足底力学的分布特征，可以揭示人体的步态规律，进而对足部健康做出预测和评价[1]。足底压力分布具有一定规律，可以作为早期慢性疾病和未病等疾病预测的检查指标(如图1)。可以作为医疗保健、康复治疗、鞋类设计和运动训练等方面的重要指标，另外在人体识别和监测姿势分配等领域也有了创新性应用，因此开发研究足底压力测量系统具有重要的意义[2]。在足底压力分布测量技术的研究当中，压力测试板的临床应用较为广泛，此外还有可穿戴式压力鞋、压力鞋垫、足底压力测试装置等。其中足底压力测试装置较为先进，是一种集成了电子技术，传感器技术，电子控制，计算机工程，数据处理和计算的测量仪器，主要用于足部压力检测和足部状态评估。它具有测量速度快，操作简单，功能全面，智能化程度高等优点。国内外研究表明足底压力测试技术是运动生物力学研究领域的一项新技术，为各类运动动作力学研究提供了动力学测试方法和量化标准，为足部功能康复、疗效评定提供客观评价[3]。我们基于足底压力测试装置的发展现状和研究进展作一综述，对足部矫形装置的个性化设计制作提供参考，希望能为我国足底压力测试装置和足部矫形装置的发展提供动力，从而提高人们的生活质量。

## 2. 足底压力测试装置发展现状

关于足底压力的研究可以追溯到19世纪末，起初是采用传统足印图来进行分析，主要是根据沙地表面留下的足印深浅度来进行足底压力分析。此种方法加以创新又衍生出了利用石膏、泥浆、硅胶、或泡沫等经过人工处理的柔性材料来检测足底情况。上述方法简便易行，能大致定性的反映足底压力分布情况，但很难进行定量分析。不过由于它的便捷性，又能确实反映足底压力的一些信息如高弓足、扁内外翻足等，故目前传统足印图仍有较用。随着现代科学技术的发展，足底压力检测技术的发展有了很大的突破，目前的检测方法主要包括：足印检测、光学可视化检测、测力平板、足压鞋垫以及足压平板成像检测等[4]。这些检测手段精度高，操作简便，可重复性强，能较真实地反映足底压力的分布与变化，在足底压力测试方面起到了很大的主导作用。

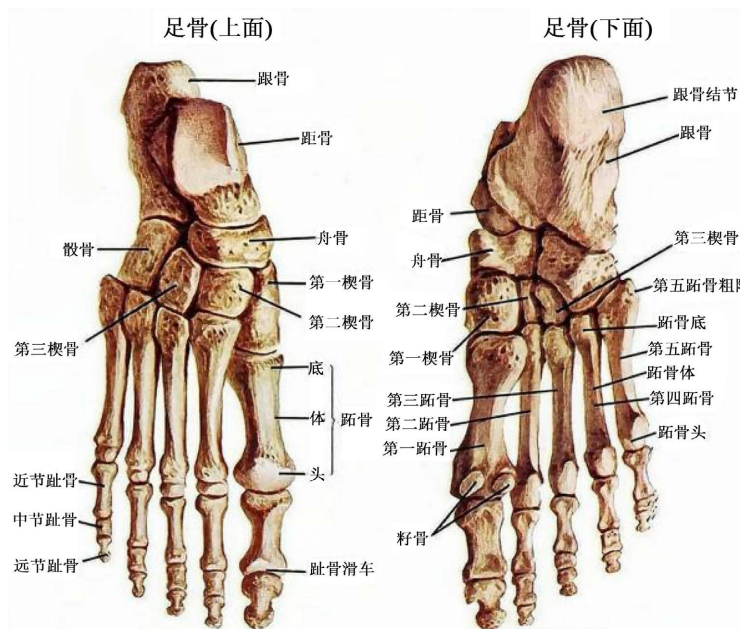


Figure 1. Foot structure diagram  
图 1. 足部结构图

国外对于足底压力分布检测的研究比国内早，技术相对成熟。比较著名的有比利时的 RSscan 公司、美国的 Tekscan 公司、韩国 iCare 公司、德国 Zebris 公司的产品。例如美国 Tekscan 公司研发的一款足部压力感测系统，实时动态记录和显示二维、三维测量数据，绘制压力曲线，完整的记录运动情形，独立分析足底局部区域的压力数据[5]。目前市面上主流产品都是国外相关公司研发设计的。

在我国国内，对于足底压力测试的研究相对滞后，主要是一些小型设备，用于测量坐姿的压力分布、不同年龄段的人的足底压力分布等，对应用于临床的足底压力分布测量的研究较少[6]。经过十多年的发展，国内对于足底压力测试装置的研究大有进展，陆续出现商业化的足底压力测试装置，其中，动态光学式足底测量系统是其新一代精密测量设备。如某光学式足底压力检测系统是根据光学原理设计的，优点是感应度和灵敏度高(如图 2)，国内还有一款 Gaitview 便携式足底压力检测仪[7]操作界面简单易懂，便于携带，能够快速采集和分析(如图 3)。虽然国内已经开始商业化，但足底压力检测水平仍然有待于提高。

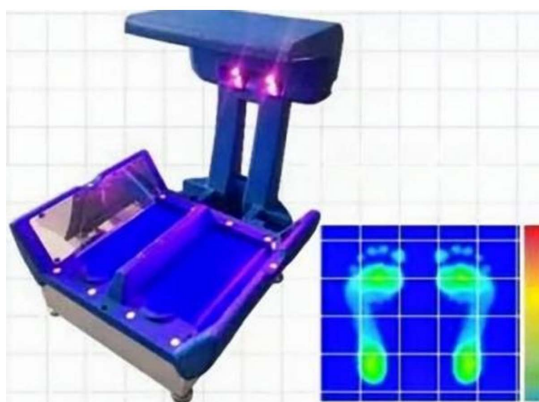


Figure 2. Optical plantar pressure detection system and plantar pressure distribution diagram  
图 2. 某光学式足底压力检测系统及足底压力分布图

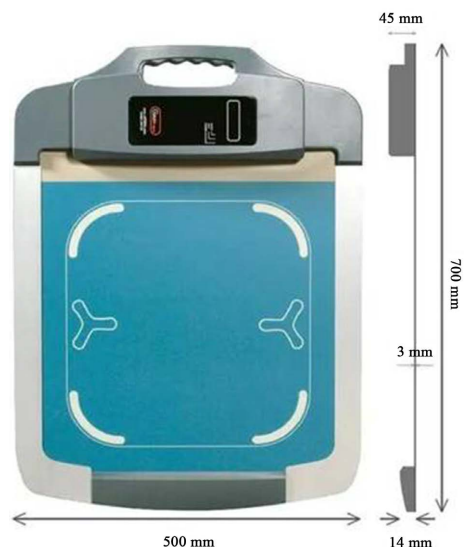


Figure 3. Portable plantar pressure tester

图 3. 某便携式足底压力检测仪

### 3. 足底压力测试装置的研究进展

足底压力数据的采集，最关键的环节是传感器的设计。足底压力数据采集传感器是获取人体足底与其支撑平面之间垂直应力作用下的压强信息，并将这些信息按照一定的比例相关系数转化为电学相关物理量的一种仪器。压力传感器按结构形式可分为：电容式、压阻式、应变式、压电式等等。目前市面上常用的测量和评价足底压力及压力分布的系统主要有鞋内系统和平台系统[8]。平台系统主要是测力台和测力平板，鞋内系统主要包括智能袜品和足底压力测量鞋垫[9] (如图 4)。



Figure 4. Comparison of three plantar pressure measuring devices

图 4. 三种足底压力测试装置对比

测力台是最早用来测量和评估足底压力的仪器之一，它由压电传感器和面板组成。在测量过程中，将足底压力转换成方便测量的电信号，根据定量校准和计算公式，将输出的机械指标量化[10]。例如美国

产某种较先进的三维测力台，能够对关节在设定角度下运动时肌肉功能进行定量测试，具有测试安全和数据稳定准确的优点，在运动员选材、运动能力诊断、合理安排力量训练和伤病康复等方面的研究中广泛应用[11]。总的来说测力台优点是精确度高，采集的数据可靠，缺点是具有一定的电延迟性，不利于进行动态、实时测量和评价，不能精确测量足底压力分布。

测力平板是标准化电容式传感器测量技术。平板由上千个传感器构成，可测量的参数较多[12]。但不足之处在于只能测量一维数据，其测量的精确度和可靠性稍逊于测力台，因此在实际应用中，实验人员通常采用测力平板与其它测试仪结合使用，以获得人体更为准确的数据信息[13]。

足底压力鞋垫测试装置可以对足部与鞋的接触特性作出评价，对设计具有特殊功能的各种类型的鞋有较高的实用价值[14]。更重要的是，鞋内系统可以连续记录运动中的足部压力、时间等参数并可以稳定传输数据，测量结果更加贴近人体真实运动状态[15]。

本实验室有相对集中的实验用房和办公场所，联合某设备公司利用高校和企业的优势，联合建立“智能医学工程现代测试技术实验室”，在足部生物力学信号检测、智能康复鞋垫研发方面拟开展相关研究(如图 5)。

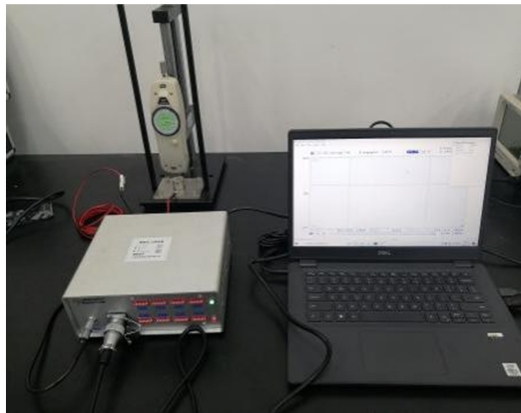


Figure 5. Shanghai Yicheng intelligent thin film pressure test device

图 5. 上海邑成智能薄膜压力测试装置

#### 4. 展望与讨论

本文介绍了足底压力测试装置的发展现状，也介绍了几种常见的足底压力测试装置，同时还分析了国内外对足底压力测试装置的发展现状和研究进展。足底压力测试装置及测量技术已经应用于很多研究领域，特别是运动生物力学方面。目前国内足底压力测试装置的发展还有不少可以提升的空间，比如增加检测装置的受力采集点密度以提升采集质量，选用性能更好的芯片从而获得更高的精度以及更快的速度，另外，对于足底压力测试装置甚至其他用于医学测量的装置，可以增加设计用户手机端 APP，以增加使用的便捷性和广度。足底压力测试装置的研究是一项有价值的技术，相信随着科学技术的发展，各种类型的足底压力测试装置会不断完善，最终能够发挥在使用者了解自身足部健康状态、保持良好运动姿态、医学临床诊断等方面的作用。

#### 基金项目

- 1) 河南省科技攻关项目：基于多柔体动力学特性的智能化移位机研究和样机研制(222102310063)；
- 2) 河南省高等学校青年骨干教师培养计划(2021GGJS102)；
- 3) 河南省教育科学规划课题“新医科”+“新

工科”视域下医学工程类专业虚拟仿真实验教学平台构建研究(2021YB0164); 4) 河南省高校国家级和省  
级大学生创新创业训练计划项目(202110472016X; S202110472034X); 5) 新乡医学教育教学改革研究项目  
(2021-XYJG-45); 6) 新乡医学院大学生科研创新课题(xyxskeyz202149; xyxskeyz202150)。

## 参考文献

- [1] 陈足娇, 张睿, 卓雯雯, 张龙琳, 周莉. 可穿戴足底压力监测系统研究进展[J]. 纺织学报, 2021, 42(9): 31-38.  
<https://doi.org/10.13475/j.fzxb.20200806008>
- [2] 吴佳浩, 边升太. 足底压力分析的研究进展[J]. 医用生物力学, 2021, 36(S1): 349.
- [3] 彭飘林, 刘昭霞, 侯霞, 陈敏, 康盾. 基于足底压力与热湿舒适性测试技术的多功能运动鞋垫的研发[J]. 西部皮革, 2020, 42(9): 22-23+28.
- [4] 彭开怀. 基于嵌入式系统的足底压力分布检测仪[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2015.
- [5] 闻刚. 穿戴式足底压力动态测量系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 洛阳: 河南科技大学, 2019.
- [6] 吴亮亮, 刘鑫, 唐志伟. 足底压力阵列分析系统的研究与开发[J]. 安徽电子信息职业技术学院学报, 2021, 20(5): 15-22.
- [7] 刘珺, 郭军涛, 李毅, 吴铨, 陶天柱, 张晓丽, 张莉莉, 刘俊朋, 甘璐, 周玉彬, 郭青, 郑超, 伍骥. 足底压力分布测量装置在军事训练中的应用探讨[J]. 医疗卫生装备, 2021, 42(10): 73-78.
- [8] 于宁, 毛德伟, 洪友廉. 足底压力测量仪器的性能及在运动生物力学研究领域的应用[J]. 沈阳体育学院学报, 2007(6): 60-62.
- [9] 邓喜乐, Kamen Ivanov, 梅占勇, 邓咏梅. 足底压力测量鞋垫系统设计及发展趋势[J]. 纺织科技进展, 2019(11): 5-9.
- [10] 王明鑫. 正常中国成年人足底压力分析[D]: [硕士学位论文]. 上海: 同济大学, 2007.
- [11] 李吉如, 邓京捷, 廖红娟. 测力台上下肢肌力测试与膝关节等速肌力测试的相关性研究[J]. 体育科技, 2018, 39(2): 35-36+38. <https://doi.org/10.14038/j.cnki.tykj.2018.02.028>
- [12] 潘永雄, 陈锦, 王大伟, 刘海全, 陈超. 足底压力测试系统的常用步态分析指标[J]. 临床医学工程, 2018, 25(9): 1267-1269.
- [13] 王晓丽, 高唯. 基于多模态的人体静态平衡能力定量评估方法[J]. 长春大学学报, 2019, 29(10): 1-5.
- [14] 冯通, 王向东, 金哲, 秦壮利. 慢跑鞋鞋垫足底压力分析研究[C]//中国体育科学学会运动生物力学分会. 第二十一届全国运动生物力学学术交流大会论文摘要汇编. 2021: 459-460.
- [15] 冀锐. 穿戴式足底压力分布测量系统及其应用研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2018.