

步态分析用于足底筋膜炎诊断与功能评定的研究进展

腾 和, 布仁布和, 朱 赫, 景尚斐*

内蒙古医科大学第二附属医院手足显微外科B区, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年12月1日; 录用日期: 2025年12月26日; 发布日期: 2026年1月5日

摘 要

足底筋膜炎作为常见足底疾患, 其准确诊断与功能评定至关重要。本文综合阐述了步态分析在足底筋膜炎诊疗中的研究进展。从发病机制看, 足底筋膜炎涉及足底筋膜微损伤与炎症等复杂过程。步态分析涵盖多种技术手段, 如基于实验室的三维运动捕捉及足底压力测量系统, 以及便捷的可穿戴设备和智能手机应用程序等, 可获取时空、动力学、运动学等参数。在临床应用上, 早期诊断中能捕捉到足底压力分布、关节运动等早期细微变化; 辅助诊断时可结合其他方法提供全面客观信息; 病情评估方面, 通过量化步态参数与疼痛、功能障碍关联来判断严重程度; 治疗监测中可动态跟踪功能恢复情况, 众多研究实例证明了其有效性和重要性, 为足底筋膜炎的精准诊疗提供了有力支持, 有望进一步优化临床实践。

关键词

步态分析, 足底筋膜炎, 诊断, 功能评定

Research Progress on Gait Analysis for the Diagnosis and Functional Assessment of Plantar Fasciitis

He Teng, Burenbuhe, He Zhu, Shangfei Jing*

Department B of Hand and Foot Microsurgery, The Second Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia

Received: December 1, 2025; accepted: December 26, 2025; published: January 5, 2026

*通讯作者。

文章引用: 腾和, 布仁布和, 朱赫, 景尚斐. 步态分析用于足底筋膜炎诊断与功能评定的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 225-230. DOI: 10.12677/acm.2026.161033

Abstract

Plantar fasciitis, as a common foot disorder, requires accurate diagnosis and functional assessment. This article comprehensively reviews the research progress of gait analysis in the diagnosis and treatment of plantar fasciitis. From the perspective of pathogenesis, plantar fasciitis involves complex processes such as micro-injury and inflammation of the plantar fascia. Gait analysis encompasses various technical means, including laboratory-based three-dimensional motion capture and plantar pressure measurement systems, as well as convenient wearable devices and smartphone applications, which can obtain parameters such as spatiotemporal, dynamic, and kinematic data. In clinical application, it can capture early subtle changes in plantar pressure distribution and joint movement in the early diagnosis; in auxiliary diagnosis, it can provide comprehensive and objective information in combination with other methods; in disease assessment, it can determine the severity by quantifying the correlation between gait parameters and pain and functional impairment; in treatment monitoring, it can dynamically track functional recovery. Numerous research examples have demonstrated its effectiveness and importance, providing strong support for the precise diagnosis and treatment of plantar fasciitis and holding the promise of further optimizing clinical practice.

Keywords

Gait Analysis, Plantar Fasciitis, Diagnose, Functional Assessment

Copyright © 2026 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

足底筋膜炎，也叫跟痛症、跖筋膜炎等，是常见的足底问题。其发病率颇高，致使每年众多患者前往医院就医[1]。该病主要症状为足底跟部疼痛，晨起或久站、行走后痛感加剧，极大地干扰了患者的生活与日常活动[2]。以往诊断主要靠临床症状、体格及影像学检查，然而在早期诊断与病情评估上，这些方法的准确性和客观性欠佳。而步态分析作为生物力学评估手段，能量化行走时的运动学与动力学参数，近年来在足底筋膜炎研究中愈发受重视，为疾病诊疗带来了新途径与思路，有助于提升对该疾病的诊断与治疗水平，减少其对患者生活的不良影响，推动相关医学领域的发展与进步，为众多受此困扰的患者带来新的希望与可能，具有重要的临床意义和应用价值。

2. 足底筋膜炎

1. 病因

足底筋膜炎的发病因素具有复杂性，其中关键因素是“退化”这一全身性反应。在人体的骨骼、肌肉、韧带、肌腱等肌肉骨骼系统发生退化过程中，足底筋膜会逐渐丧失弹性与结构强度，其周边的肌肉与肌腱也会随年龄增长而变弱，若缺乏适宜的运动训练，对足底筋膜的保护必然更显薄弱[3]。同时，诸如超重状态、长时间站立、搬运重物以及频繁进行跑跳类冲击性运动，或者长期参与马拉松等高强度运动项目，均可能致使足底筋膜被过度使用，进而引发损伤与炎症情况。另外，像扁平足、高弓足等足部畸形问题，会改变足底的力学分布格局，使得足底筋膜所承受的负荷增大，由此提升了患病几率。

2. 病理

在病理生理层面,足底筋膜炎的根源是足底筋膜于跟骨附着处的微损伤与炎症反应。长时间的过度负荷致使筋膜纤维产生微小撕裂,人体的修复机制随即启动。不过,在反复遭受损伤时,炎症会持续,进而造成纤维组织增生与退变等病理改变,最终引发疼痛以及功能障碍[3]。与此同时,局部血液循环不畅或许也在疾病的发展进程中起到了一定作用,干扰了组织的修复与代谢效能,使得病情进一步发展和复杂化,影响患者的足部正常功能与日常生活,给患者带来诸多不便与痛苦,也为临床治疗和康复带来一定挑战。

3. 临床表现

足底筋膜炎患者典型症状为足跟疼痛,晨起第一步痛感最强,活动一会儿会缓解,不过随着运动量加大又会变严重。疼痛大多集中在足底跟骨内侧结节,按压时疼得更厉害,有些患者还会觉得足底发紧、僵硬[4]。病情严重时,疼痛会蔓延至足弓或足跟外侧,影响足部正常活动,使行走姿势变形,从而形成恶性循环,让病情雪上加霜,极大降低患者的生活质量,影响日常行动,治疗不及时还可能引发其他足部问题。

4. 足底筋膜炎患者的异常步态

(1) 步长缩减:足底疼痛使患者不自觉缩短患侧下肢迈出长度,减轻足底筋膜受力,致使步长低于正常,以此缓解疼痛。

(2) 步频变化:绝大多数患者因疼痛放缓步伐致步频下降;部分患者在检测时因自己的主观意识为减少患足承重而导致加快步频,以尽快结束行走,进而对检测结果产生误差影响,但整体来说,跟痛症患者的步频相较于正常人有所下降。

(3) 支撑相增长:患足在地面支撑时间延长,因患者转移体重时更缓慢、谨慎,均匀分散足部受力,避免足底筋膜局部压力过大,从而缓解疼痛。

(4) 足跟压力失常:足跟压力峰值前移且变大。正常行走足跟压力均匀,而患者足跟触地初期,因疼痛和筋膜异常,压力集中于足跟前部,峰值超出正常,体现足底受力改变。

(5) 关节活动受阻:踝关节背屈角度变小。摆动相时,足底筋膜紧张疼痛限制踝关节背屈,影响下肢摆动前行,患者常增加髋、膝关节活动代偿,改变下肢运动和步态协调性。

3. 步态分析

行走作为日常生活的主要运动形式,是借由双侧下肢周期性交替动作达成机体位移的活动。完整步态起始于神经系统指令,肌肉牵拉骨骼绕关节运动,需人体各系统协同作业,极为复杂,涵盖髋、膝、踝关节屈伸与内外旋展,以及人体重心移位、骨盆倾斜旋转等运动[5]。步态即人类步行的行为特点[6],不同个体因体质和运动习惯差异,行走方式与风格各不相同,人体运动协调系统、行为习惯及心理活动等都会致使步态改变[7]。步态分析是对步态特征的科学阐释,伴随现代测量技术进步,已从定性研究迈向针对人体行走各部位的运动学、动力学定量研究,成为生物力学重要分支,既是探究步态变化内在原因的途径,也是揭示行走稳定机制的方法,对于理解人体运动规律、诊断相关疾病以及康复治疗等领域意义重大,为提升人类生活质量和健康水平提供了有力支持[8]。

1. 步态分析的基本原理

步态分析是运用力学原理以及人体解剖学、生理学知识,针对肢体和关节活动展开运动学与动力学分析的方法。借助对步态参数的测量与分析,能够揭示出步态异常情况,进而为临床诊断、治疗方案制定、康复治疗及评估、疾病机制研究等方面提供助力[9]。

2. 应用方法

步态分析主要包括基于实验室的三维运动捕捉系统和足底压力测量系统,以及便携式的可穿戴设备

和智能手机应用程序等。三维运动捕捉系统利用多个摄像头从不同角度记录人体关节上标记点的运动轨迹,精确获取关节角度、位移等运动学参数;足底压力测量系统则通过放置在足底的压力传感器,测量足底各个区域在行走过程中的压力分布、压力峰值、冲量等动力学参数。可穿戴设备和智能手机应用程序具有便捷性和低成本的优势,虽然其精度相对较低,但能够在日常生活场景中对步态进行初步监测,记录步数、步频、步长等基本时空参数,为长期的步态跟踪和评估提供了可能。

3. 参数

(1) 时空参数:包括步长、步宽、步频、步行周期、支撑相时间、摆动相时间等。这些参数反映了人体行走时的整体节奏与空间分布特点。如足底筋膜炎患者,因疼痛往往会有步长变短、步频下降、支撑相时间拉长等情况,以此来降低患侧足底受力时间与程度。

(2) 动力学参数:足底压力相关参数如峰值压力、压力时间积分、压力中心轨迹等,能够直观地反映足底不同区域在行走时所承受的压力大小和分布情况。此外,还有地面反作用力的大小和方向,它与足底压力相互作用,共同影响着下肢的力学传导。在足底筋膜炎患者中,常表现为足跟部压力峰值升高、压力中心偏移以及地面反作用力的异常变化,这些变化与足底筋膜的损伤和疼痛密切相关。

(3) 运动学参数:主要涉及下肢各关节(如髋关节、膝关节、踝关节)的角度变化、角速度、角加速度以及关节活动范围等。例如,踝关节的背屈和跖屈角度在足底筋膜炎患者中可能会出现受限,影响正常的步态推进过程,同时膝关节和髋关节也会相应地调整运动模式,以代偿足底功能的异常,这些运动学参数的改变有助于深入了解疾病对整个下肢生物力学的影响机制。

4. 步态分析在足底筋膜炎中的应用

1. 步态分析在足底筋膜炎诊断中的应用

(1) 早期诊断:在足底筋膜炎的早期阶段,临床症状可能不典型,仅依靠传统的体格检查和影像学检查可能难以准确诊断。而步态分析能够检测到患者在行走过程中的细微生物力学变化,如甘道夫[10]研究所示,和正常人比,足底筋膜炎患者站立静态时,压力中心在 X 方向朝健侧移动,患足最大压力值更大,双足压力不均,前足负荷增加,中足及后足负荷显著减小,足角变小,步伐及步骤长度缩短,步伐平均时间、速率、加速、减速、站位时间下降,载荷变化升高,后足/前足荷载变化降低。Don S Y [11]等人研究表明足底压力分布的早期改变,例如患足最大压力值增加、双足压力不均等临床表现、关节运动的轻微异常等指标,能作为早期诊断的潜在依据,利于疾病初始阶段发现问题并及时干预,提升治疗效果,降低疾病进展风险。

(2) 辅助诊断:结合临床症状和其他检查方法,步态分析可以为足底筋膜炎的诊断提供更全面、客观的信息。徐洪璋[12]等人曾在研究中表明,当患者出现足跟部疼痛,但 X 光片或磁共振成像(MRI)检查结果不明确时,步态分析中发现的特定步态模式和足底压力特征可以辅助医生做出更准确的诊断决策,避免漏诊和误诊情况的发生,提高诊断的准确性和可靠性。

2. 步态分析在足底筋膜炎功能评定中的应用

(1) 病情严重程度评估:病情严重程度评估:对步态参数进行量化分析,能够用于评估足底筋膜炎患者病情的严重程度。徐洪璋[12]等人曾在研究中指出,足跟部压力峰值的高低、足底压力分布的不均衡状况,还有关节运动受限范围等参数和患者的疼痛程度以及功能障碍息息相关。临床医生可以试着通过检测患者的足底压力,来初步判断患者是不是存在跟痛症,或判定跟痛症的严重程度。

(2) 治疗效果监测:在治疗期间,定期开展步态分析能够动态观察患者功能的恢复状况。雷程翔[13]等人利用三维步态分析技术,对关中李氏骨伤流派关节理筋手法治疗足底筋膜炎的临床疗效进行了研究;江海[9]等人通过步态分析,评估了体外冲击波与注射皮质激素治疗足底筋膜炎的疗效;王娟[14]等人则

研究了不同频率体外冲击波治疗足底筋膜炎时的步态变化；汪多纳[15]还探究了步态分析在肌内效贴治疗足底筋膜炎疗效评估中的作用。Agouris I [16]等人利用步态分析评估张力夜间夹板和拉伸对足底筋膜炎的影响。

5. 局限性

1. 设备与技术限制

目前，高精度的步态分析设备如三维运动捕捉系统和专业的足底压力测量平台价格昂贵，操作复杂，需要专业的技术人员进行维护和操作，这限制了其在基层医疗机构和普通患者中的广泛应用。此外，不同厂家生产的设备在测量原理、参数校准和数据处理方法上存在差异，导致数据的可比性和通用性较差，难以形成统一的标准和规范，给临床研究和实践带来了一定的困扰。

2. 个体差异与环境因素影响

步态受到多种因素的影响，包括个体的年龄、性别、体重、身体状况、心理状态以及测试环境等。例如，患者在测试时的紧张情绪可能会导致步态不自然，影响数据的准确性；不同的行走速度、地面条件和鞋子类型也会对步态参数产生显著影响。此外，个体之间的解剖结构和生理功能差异较大，使得建立统一的基于步态分析的诊断和评估标准变得困难，需要考虑更多的个性化因素，增加了研究和应用的复杂性。

3. 研究方法的不一致性

在现有的关于步态分析在足底筋膜炎应用的研究中，研究方法和实验设计存在较大的差异。不同的研究在样本选择、测试方案、步态参数的选取和分析方法等方面各不相同，导致研究结果之间的可比性较差，难以得出具有普遍性和权威性的结论。这种研究方法的不一致性也阻碍了步态分析技术在临床实践中的规范化应用和推广，需要进一步加强研究的标准化和规范化建设。

6. 展望未来

1. 技术创新与设备发展

随着传感器技术、人工智能和大数据分析的不断进步，未来有望开发出更加小型化、便携化、智能化且成本低廉的步态分析设备。例如，基于微型惯性传感器和压力传感器的可穿戴式步态监测设备，能够实时、准确地采集步态数据，并通过内置的智能算法进行初步的数据处理和分析，将复杂的生物力学信息转化为直观易懂的健康指标反馈给用户和医生。同时，利用云计算和无线通信技术，实现数据的远程传输和共享，方便医生进行远程诊断和康复指导，为足底筋膜炎的诊断和治疗提供更加便捷、高效的工具。

2. 大数据与人工智能的应用

通过收集和整合大量的足底筋膜炎患者的步态数据以及临床信息，利用人工智能算法进行深度挖掘和分析，可以建立更加精准、个性化的诊断和治疗模型。人工智能模型能够自动识别和分析步态中的异常模式，快速准确地诊断疾病，并根据患者的个体特征和病情严重程度制定最佳的治疗方案和康复计划。此外，基于大数据的长期随访和监测，还可以进一步揭示足底筋膜炎的疾病发展规律和预后因素，为预防疾病复发和优化治疗策略提供有力的支持。

3. 多学科融合与临床应用推广

未来，步态分析在足底筋膜炎中的应用将更加注重与其他学科的交叉融合，如康复医学、生物力学、运动医学、足踝外科等。通过多学科团队的协作，综合运用各种治疗手段和技术，将步态分析结果更好地应用于临床实践，提高诊断和治疗的整体水平。同时，加强对基层医疗机构医务人员的培训和教育，

提高他们对步态分析技术的认识和应用能力,促进该技术在各级医疗机构的普及和推广,使更多的患者能够受益于步态分析技术带来的精准医疗服务,改善足底筋膜炎的整体诊疗现状和患者的预后。

7. 结论

综上所述,步态分析在足底筋膜炎的诊断与功能评定领域展现出巨大潜力和价值。随着技术不断进步与研究深入,其应用将更加广泛和精准,有望为患者提供更个性化、高效的诊疗方案,进一步提升康复效果和生活质量。然而,目前仍存在一些问题,如部分便携式设备精度有待提高,不同研究间参数标准尚未统一等。未来需进一步加强多中心、大样本的研究,完善技术体系,规范参数标准,加强与其他学科融合,充分挖掘步态分析的深层信息,从而推动足底筋膜炎临床诊疗水平迈向新台阶,为更多患者带来福祉,助力康复医学发展。

参考文献

- [1] 张洙,罗庆金,欧阳建彬. 浅谈跖筋膜炎[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2017, 5(29): 25.
- [2] 李志云,倪喆,邵增务. 足底筋膜炎治疗的进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34(9): 702-704.
- [3] Owens, J.M. (2017) Diagnosis and Management of Plantar Fasciitis in Primary Care. *The Journal for Nurse Practitioners*, **13**, 354-359. <https://doi.org/10.1016/j.nurpra.2016.12.016>
- [4] 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.
- [5] 杨静波. 步态分析在临床骨科与康复中的应用[C]//中国中药杂志 2015 专集: 基层医疗机构从业人员科技论文写作培训会议论文集. 榆林: 陕西省榆林市榆阳区人民医院骨科, 2016: 559-560.
- [6] 励建安,孟殿怀. 步态分析的临床应用[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(7): 500-503.
- [7] 赵凌燕. 人体步态模型实验研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2008.
- [8] 张峻霞,高昆,谢兵. 步态分析研究综述[J]. 包装工程, 2022, 43(10): 41-53, 14.
- [9] 江海,于瑜,刘志成,等. 体外冲击波与注射皮质类固醇治疗足底筋膜炎: 足底压力及步态分析比较[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(21): 3286-3291.
- [10] 甘道夫. 跖筋膜炎患者步态变化分析及定制矫形鞋垫对其临床疗效的观察[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京中医药大学, 2020.
- [11] Yoo, S.D., Kim, H.S., Lee, J.H., Yun, D.H., Kim, D.H., Chon, J., *et al.* (2017) Biomechanical Parameters in Plantar Fasciitis Measured by Gait Analysis System with Pressure Sensor. *Annals of Rehabilitation Medicine*, **41**, 979-989. <https://doi.org/10.5535/arm.2017.41.6.979>
- [12] 徐洪璋,陈超,黄波,等. 跟痛症动态足底压力分布特征[J]. 中国医药导报, 2017, 14(13): 54-57, 182.
- [13] 雷程翔,殷继超,胡兴律,等. 基于三维步态分析技术评价关中李氏骨伤流派关节理筋手法对足底筋膜炎的临床疗效[J]. 中国中医急症, 2020, 29(7): 1161-1164.
- [14] 王娟,张沛,王颖颖,等. 体外冲击波使用不同频率冲击治疗足底筋膜炎的步态分析[J]. 中国医学创新, 2021, 18(1): 14-18.
- [15] 汪多纳. 步态分析对肌内效贴治疗足底筋膜炎疗效评估[C]//中国体育科学学会. 第十一届全国体育科学大会论文摘要汇编. 上海: 上海体育学院, 2019: 4911-4912.
- [16] Agouris, I., Robertson, D. and Hancock, E. (2009) Assessment of the Effects of a Tension-Night Splint and Stretching on Plantar Fasciitis Using Gait Analysis. *Gait & Posture*, **30**, S127-S128. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.08.191>