

# 步态分析在慢性踝关节不稳诊疗中的应用进展

钱文强<sup>1</sup>, 林武杰<sup>1</sup>, 程爵富<sup>1</sup>, 庄汝杰<sup>2</sup>

(1. 浙江中医药大学第一临床医学院, 浙江 杭州 310053;

2. 浙江省中医院, 浙江 杭州 310006)

**摘要** 踝关节扭伤是最常见的运动损伤, 其中约 40% 会出现反复扭伤, 进而发展为慢性踝关节不稳 (chronic ankle instability, CAI)。步态分析可通过生物力学和运动学手段揭示步态异常的关键环节及影响因素, 从而指导运动系统疾病的临床诊断、治疗、疗效评估及机理研究等。步态分析技术的应用和发展为 CAI 的诊断、治疗及疗效评估提供了新的思路。本文从诊断、康复锻炼及术后疗效评估 3 个方面, 对步态分析在 CAI 诊疗中的应用进展进行了综述。

**关键词** 踝损伤; 踝关节; 关节不稳定性; 步态分析; 综述

踝关节扭伤是最常见的运动损伤, 约 40% 的踝关节扭伤患者后期会出现反复扭伤<sup>[1-2]</sup>, 进而发展为慢性踝关节不稳 (chronic ankle instability, CAI)<sup>[3-5]</sup>, 影响患者的正常生活。目前, 临床上对于 CAI 的诊断和疗效评估主要依据临床表现及影像学检查, 前者具有较强的主观性, 后者只能评估韧带损伤程度, 而且无法定量评估踝关节功能<sup>[6]</sup>。步态分析是研究步行规律的检查方法, 旨在通过生物力学和运动学手段揭示步态异常的关键环节及影响因素, 从而指导运动系统疾病的临床诊断、治疗、疗效评估及机理研究等。目前临床常用的步态分析系统包括二维步态分析系统以及结合运动捕捉的三维步态分析系统, 后者有先进的红外摄像捕捉设备和测力板系统, 以及更加完善的数据分析设备<sup>[7]</sup>, 能够详细分析每个受试者的步态特征<sup>[8]</sup>。步态分析技术的应用和发展为 CAI 的诊断、治疗及疗效评估提供了新的思路。本文就步态分析在 CAI 诊疗中的应用进展进行了综述, 现总结报告如下。

## 1 步态分析在 CAI 诊断中的应用

步态分析可以明确 CAI 的损伤机制, 是诊断该病的一种重要手段。Hopkins 等<sup>[9-10]</sup>通过三维步态分析系统检查发现, CAI 患者步行时的腓骨长肌活动降低, 在步行时患者会更加依赖健侧而导致患侧步幅变短。Morrison 等<sup>[11-12]</sup>使用足底压力系统测量 CAI 患者和健康志愿者慢跑过程中的足底压力和足外侧压力, 发现 CAI 患者在慢跑时往往会对足外侧施加更大的压力, 这可能会增加踝关节外侧扭伤的风险。

Northeast 等<sup>[13]</sup>利用步态分析系统研究发现, CAI 患者胫骨前肌的激活程度较低, 导致踝关节活动度增加, 增大了踝关节再次扭伤的风险。

## 2 步态分析在 CAI 康复锻炼中的应用

步态分析能够指导 CAI 患者进行康复锻炼, 具有重要的临床应用价值。Herb 等<sup>[14]</sup>应用三维步态分析系统评估了 CAI 患者与健康志愿者膝关节和髌关节运动对踝关节运动的关节耦合变异性, 结果与健康志愿者相比, CAI 患者膝关节矢状面 - 踝关节冠状面的耦合变异性发生了改变。Lilley 等<sup>[15]</sup>的研究发现, CAI 组和对照组的膝 - 踝关节和髌 - 踝关节耦合变异性存在明显差异, 而且 CAI 组在肢体平衡和肌肉激活模式方面存在缺陷。因此, CAI 患者康复锻炼时应侧重于包括髌关节、膝关节和踝关节在内的整个下肢的功能锻炼。此外, 陆沈吉等<sup>[16]</sup>的研究发现, 除了患侧肌力下降, CAI 患者健侧的足神经肌肉控制能力也同时下降。因此, 对于 CAI 患者的治疗不仅要加强患侧足部肌肉组织锻炼, 也要加强健侧锻炼, 并针对平衡和本体感觉缺陷进行康复锻炼。

Feger 等<sup>[17]</sup>利用 Pedarx 足底压力系统比较了 CAI 患者在使用新型步态训练器训练前后的足底压力和下肢表面肌电信号, 发现腓骨长肌和臀中肌锻炼能够纠正 CAI 患者髌关节和踝关节在步态周期中的姿势偏差。Nagano 等<sup>[18]</sup>的研究发现, 应用三维运动捕捉系统进行准确步态运动建模开发的鞋垫, 能够刺激皮肤感受器, 从而改善步态。

## 3 步态分析在 CAI 术后疗效评估中的应用

CAI 的手术方式可分为非解剖重建和解剖重建

2 类。非解剖重建手术包括 Chrisman - Snook 手术、Watson - Jones 手术和改良的 Evans 手术等, 此类手术会加快踝关节退行性变, 造成继发性踝关节不稳, 不推荐作为首选手术方式<sup>[19]</sup>。解剖重建手术是通过损伤韧带原位重建来恢复踝关节的正常解剖结构, 其中 Brostrom 手术最为经典。

可通过步态分析系统记录患者术后的步态参数, 评估 CAI 的手术疗效。邓勇等<sup>[20]</sup>利用 RSSCAN 公司研发的足底压力测试系统, 分析了行改良 Brostrom 手术的 CAI 患者的踝关节稳定情况, 患者术后 3 个月、6 个月的步长、步频、患侧单腿支撑时间、双腿支撑时间等较术前明显改善。Lee 等<sup>[21]</sup>使用 Biodex Multi - Joint 系统对采用改良 Brostrom 手术和非手术治疗的 CAI 患者进行患侧踝关节肌力和肌肉耐力测量, 发现经改良 Brostrom 手术治疗后, 患者患侧踝关节背伸、跖屈、内翻的肌肉耐力明显提高。Altan 等<sup>[22]</sup>对行关节镜下滑膜切除术治疗的功能性踝关节不稳患者进行步态分析, 结果显示患者患侧与健侧踝关节的步态模式相似, 表明关节镜下滑膜切除术能够改善功能性踝关节不稳患者的本体感觉和神经肌肉控制能力。

#### 4 小 结

近年来的研究表明, 步态分析可协助临床医生准确诊断 CAI, 指导 CAI 患者的康复锻炼, 并用于 CAI 患者的手术疗效评估, 在 CAI 的诊疗方面具有广阔的应用前景。但由于存在设备成本高、操作难度大、数据处理时间长等问题, 步态分析技术目前还无法在临床广泛推广。相信随着科技的进步和经济的发展, 步态分析技术必将更好地服务于 CAI 的诊疗。

#### 参考文献

[1] ARDAKANI M K, WIKSTROM E A, MINOONEJAD H, et al. Hop - Stabilization training and landing biomechanics in athletes with chronic ankle instability: a randomized controlled trial[J]. J Athl Train, 2019, 54(12): 1296 - 1303.

[2] DOHERTY C, DELAHUNT E, CAULFIELD B, et al. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta - analysis of prospective epidemiological studies[J]. Sports Medicine, 2014, 44(1): 123 - 140.

[3] MIKLOVIC T M, DONOVAN L, PROTZUK O A, et al. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction[J]. Phys Sportsmed, 2018, 46(1): 116 - 122.

[4] ALSHALAWI S, GALHOUM A E, ALRASHIDI Y, et al. Medial ankle instability: the deltoid dilemma[J]. Foot Ankle Clin, 2018, 23(4): 639 - 657.

[5] DELAHUNT E, BLEAKLEY C M, BOSSARD D S, et al. Clinical assessment of acute lateral ankle sprain injuries (ROAST): 2019 consensus statement and recommendations of the International Ankle Consortium [J]. Br J Sports Med, 2018, 52(20): 1304 - 1310.

[6] 侯宗辰, 敖英芳, 胡跃林, 等. 慢性踝关节不稳患者足底压力特征及相关因素分析[J]. 北京大学学报(医学版), 2021, 53(2): 279 - 285.

[7] PFISTER A, WEST A M, BRONNER S, et al. Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis [J]. J Med Eng Technol, 2014, 38(5): 274 - 280.

[8] VUURBERG G, HOORNTJE A, WINK L M, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence - based clinical guideline [J]. Br J Sports Med, 2018, 52(15): 956.

[9] HOPKINS J T, COGLIANESE M, GLASGOW P, et al. Alterations in evertor/invertor muscle activation and center of pressure trajectory in participants with functional ankle instability [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2012, 22(2): 280 - 285.

[10] BIGOUILLE J, SIMON J, LIU K, et al. Altered vertical ground reaction forces in participants with chronic ankle instability while running [J]. J Athl Train, 2016, 51(9): 682 - 687.

[11] MORRISON K E, HUDSON D J, DAVIS I S, et al. Plantar pressure during running in subjects with chronic ankle instability [J]. Foot Ankle Int, 2010, 31(11): 994 - 1000.

[12] DE RIDDER R, WILLEMS T, VANRENTERGHEM J, et al. Multi - segment foot landing kinematics in subjects with chronic ankle instability [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2015, 30(6): 585 - 592.

[13] NORTHEAST L, GAUTREY C N, BOTTOMS L, et al. Full gait cycle analysis of lower limb and trunk kinematics and muscle activations during walking in participants with and without ankle instability [J]. Gait Posture, 2018, 64(64): 114 - 118.

[14] HERB C, DONOVAN L, FEGER M, et al. Effects of rehabilitation on joint - coupling in patients with chronic ankle instability [J]. Sports Biomech, 2020(12): 1 - 15.

[15] LILLEY T, HERB C C, HART J, et al. Lower extremity joint coupling variability during gait in young adults with and without chronic ankle instability [J]. Sports Biomech, 2018, 17(2): 261 - 272.