

# 等速技术在功能性踝关节不稳患者肌力评估和肌力训练中的应用进展

王斌, 张明, 朱飞龙, 陈伟

(徐州医科大学附属徐州康复医院, 江苏 徐州 221004)

**摘要** 急性踝关节扭伤患者若未经过专业的康复治疗, 20% ~ 40% 的患者会进展为功能性踝关节不稳。研究显示, 功能性踝关节不稳患者的踝关节周围肌力较正常人存在不足。等速技术是等速肌力测试和等速肌力训练技术的简称, 是一项可用来评估和训练肌肉力量的实用技术。本文概述了功能性踝关节不稳, 介绍了等速技术在功能性踝关节不稳患者肌力评估和肌力训练中的应用进展, 以期对功能性踝关节不稳的预防及康复治疗提供参考。

**关键词** 踝关节; 关节不稳定性; 等速技术; 等速肌力测试; 等速肌力训练; 综述

急性踝关节扭伤是临床上最常见的关节损伤之一<sup>[1]</sup>。流行病学调查结果显示, 每 1000 人中约有 7 人发生急性踝关节扭伤, 但其中仅有 50% 的人在受伤后选择就医<sup>[2-4]</sup>。急性踝关节扭伤患者如未经过专业的康复治疗, 则有 20% ~ 40% 的患者会逐渐进展为功能性踝关节不稳(functional ankle instability, FAI)<sup>[5-6]</sup>。

等速技术是等速肌力测试和等速肌力训练技术的简称, 在评估肌肉功能和肌肉力量训练过程中具有客观性、安全性和重复性好等优势<sup>[7]</sup>。根据等速肌力评估结果, FAI 患者踝关节周围肌力较健康人下降<sup>[8-9]</sup>, 同时等速肌力训练也被证实在改善 FAI 患者踝关节周围肌力和残留症状方面具有较好的效果<sup>[10-11]</sup>。本文就等速技术在 FAI 患者肌力评估和肌力训练中的应用进展综述如下。

## 1 FAI 概述

**1.1 FAI 的定义** FAI 是指在日常生活和体育活动中由神经肌肉控制功能下降引起的踝关节不稳感觉以及踝关节不稳症状重复发生的临床现象<sup>[12]</sup>。该病也可解释为踝关节在动态功能活动中, 由于其神经肌肉控制功能减弱而出现向一侧非控制下的翻转, 但又能迅速恢复至正常状态的一种类似崴脚现象<sup>[13]</sup>。Freeman 等<sup>[14]</sup>首次提出 FAI 的概念, 并认为其发生机制为扭伤造成关节周围机械性感受器损伤, 导致感受器接收关节运动的刺激信号到输出信号募集肌群参加收缩的过程发生延迟, 从而造成踝关节周围肌力不平衡而引起踝关节多次重复性扭伤。

**1.2 FAI 的临床表现及康复方法** FAI 患者常常表现为踝关节周围肌力异常、关节随意运动控制失常、平衡功能异常、本体感觉障碍和神经肌肉反应时间延长等<sup>[15-18]</sup>。目前临床上 FAI 的康复治疗手段主要以肌力训练<sup>[19-20]</sup>、姿势控制训练<sup>[21]</sup>、本体感觉训练<sup>[22]</sup>以及神经肌肉控制训练<sup>[23-25]</sup>为主。有学者采用单一训练方案治疗 FAI, 也有学者采取联合方案以及综合康复功能训练治疗 FAI<sup>[26-27]</sup>, 但目前尚未有明确统一的治疗方案。

## 2 等速技术在 FAI 患者肌力评估中的应用

相比于徒手肌力评估, 等速肌力测试技术可以更加精确客观地量化肌力大小。FAI 的发病机制与踝关节内翻、外翻、跖屈、背伸肌力的缺失有密切关系<sup>[28-31]</sup>。也有学者<sup>[32-36]</sup>发现, FAI 患者的膝关节和髋关节周围肌力也存在不足。

**2.1 踝关节内、外翻肌力测试** FAI 患者存在踝关节内翻肌力不足。张阳等<sup>[31]</sup>研究发现, FAI 患者患侧的内翻肌力不仅低于其健侧, 而且相较于健康人的踝关节内翻肌力也显著下降。朱燕等<sup>[37]</sup>对运动员和非运动员的踝关节内、外翻等速肌力研究后发现, 运动员的肌力不足只在角速度较高的等速离心肌力测试中能被发现, 而非运动员的内、外翻肌力不足在角速度较高及较低的等速离心肌力测试中都能被发现, 其原因可能与运动员在平时踝关节扭伤之后制动时间短且会进行相应的康复治疗有关。Tropp<sup>[38]</sup>首先通过等速肌力测试技术发现, FAI 患者的踝关节外翻肌力可能会存在不足, 同时其研究结果还证实了腓骨肌无力是导致 FAI 的一个原因。Santos 等<sup>[39]</sup>的研究结果显示, FAI 患者的踝关节外翻峰力矩明显小于健康

人。Cho 等<sup>[40]</sup>的研究结果也表明,踝关节不稳患者的腓骨肌肌力会下降。这可能与踝关节扭伤多由踝关节内翻引起,而内翻应力易造成踝关节外侧韧带及肌肉损伤有关<sup>[41]</sup>。但是,也有学者研究发现 FAI 与踝关节外翻力量不足无关<sup>[42]</sup>。踝关节在冠状面上内翻/外翻峰值力矩比值的异常可能是踝关节发生扭伤的重要因素之一<sup>[30]</sup>。但是关于踝关节内翻和(或)外翻肌力在 FAI 患者中是否存在不足,目前尚无统一定论。

**2.2 踝关节跖屈、背伸肌力测试** 目前临床关于 FAI 患者踝关节跖屈、背伸等速肌力的研究较少且尚存争议。Fox 等<sup>[42]</sup>对 FAI 患者踝关节跖屈、背伸进行等速肌力测试时,将测试结果根据每个人的体重进行标准化之后,使用相对峰力矩表示,结果发现 FAI 患者的踝关节存在跖屈肌力不足,但是并没有发现踝关节周围其他肌力不足;并认为跖屈肌力不足是导致 FAI 的一个重要因素,这与国内学者张秋霞的研究结果一致。张秋霞<sup>[43]</sup>研究认为,FAI 患者在同一测试速度和收缩模式下,两侧下肢踝关节周围的跖屈峰力矩以及相对峰力矩没有差异,但是其峰力矩以及相对峰值力矩小于健康人。因此,FAI 患者踝关节跖屈、背伸肌力是否存在不足,目前学界尚未形成统一定论。我们认为,踝关节跖屈和背伸肌群肌力应该保持在一个合适的比值内,才能使踝关节在一个稳定的状态。

**2.3 膝关节、髌关节周围肌力测试** FAI 患者的肌力不足不仅存在踝关节周围,而且膝关节和髌关节的肌肉力量也有所下降<sup>[44-45]</sup>。踝关节、膝关节及髌关节作为一个完整的运动链,在人体日常行走、保持身体平衡及体育活动中有着重要的作用。McCann 等<sup>[46]</sup>研究发现,FAI 患者髌关节周围肌力相比正常人较弱。Dejong 等<sup>[47]</sup>的研究结果显示,FAI 患者的髌关节周围肌肉力量存在不足,膝关节周围的关节运动角度会改变,但膝关节周围肌力无不足的现象。从运动链的概念来看,当远端踝关节扭伤后会导致近端膝关节及髌关节的肌力下降,但是目前关于 FAI 患者膝关节和髌关节周围等速肌力测试的研究较少,尚不能对其给出明确的结论。

综上,FAI 患者踝关节内翻、外翻、跖屈、背伸及膝关节、髌关节肌力是否存在不足,目前研究结论不统一。其原因主要有以下几个方面:①进行研究时,FAI 的人组标准不一致;②测试时动作体位不同;③进行肌力测试之前是否进行统一重力校正。

### 3 等速技术在 FAI 患者肌力训练中的应用

尽管 FAI 的发病机制尚未完全明确,但是研究<sup>[8-9,16]</sup>已发现,FAI 患者踝关节周围肌力存在不足。保持踝关节周围正常的肌力是维持踝关节稳定的重要条件之一,因此针对踝关节周围肌力的训练一直是 FAI 患者康复手段的重点,无论是抗阻训练还是等速肌力训练在改善 FAI 患者踝关节周围肌力方面都有显著的效果<sup>[19-20]</sup>。等速肌力训练技术相比以往传统的肌力训练方式更具有针对性和高效性。Wilk 等<sup>[48]</sup>将等速肌力训练角速度以  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$  为中线划分快速和慢速,在角速度较快的情况下,主要用于提高肌肉耐力和肌肉的快速力量,而在低于  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$  的慢速情况下,快慢肌肉纤维都可以被神经肌肉所募集参与收缩,从而提高肌力。等速肌力训练技术不仅可以在 FAI 患者踝关节运动的每个角度都给予最大负荷,提高肌力训练的效率,而且也不会产生爆发性运动而对肌肉产生新的损伤。Sekir 等<sup>[49]</sup>在研究等速肌力训练对 FAI 运动员踝关节周围力量、关节位置感和踝关节功能的影响时发现,采用角速度  $120^{\circ} \cdot s^{-1}$ 、等速向心运动训练方案(每周锻炼 3 次,共 6 周)对 FAI 运动员进行训练后,上述所有测试指标相比基线水平均显著改善。Hanci 等<sup>[11]</sup>选择离心-向心联合训练模式,受试者在内翻/外翻运动模式下进行等速运动来锻炼踝关节外翻肌群,待休息 5 min 后,进行跖屈/背伸运动模式锻炼踝背伸肌群,结果显示只进行踝关节周围等速肌力训练也可以改善 FAI 患者的本体感觉能力。无论是进行单纯的等速向心运动还是进行离心-向心联合训练模式,都可以有效地改善 FAI 患者的踝关节功能。骆丽等<sup>[50]</sup>在踝关节常规训练的基础上,采用髌关节内收/外展、伸展/屈曲肌群等速肌力训练,选择向心-离心联合训练模式对 FAI 患者进行训练,结果显示 FAI 患者的踝关节功能以及姿势控制能力均有所改善。因此,在常规踝关节肌力训练的基础上增加近端关节周围肌肉群的康复训练,可改善踝关节功能、减少踝关节扭伤的发生,更好地保持踝关节的稳定性以及促进 FAI 患者的康复进程。

### 4 小 结

研究已证实,FAI 患者踝关节周围肌力存在不足,而踝关节周围肌力对维持人体平衡、步态及日常运动具有重要的意义,因此提高或恢复 FAI 患者的踝关节周围肌力尤为重要。等速肌力训练技术相比以往传统的肌力训练方式具有针对性和高效性,在改善

FAI 患者踝关节周围肌力方面有显著的效果。今后对 FAI 患者进行等速肌力训练,不仅要关注于局部踝关节周围肌群,更要重视膝关节及髌关节周围肌群的肌力训练,这样更有助于 FAI 患者的康复。

### 参考文献

- [1] INCHAI C, VASEENON T, MAHAKKANUKRAUH P. The comprehensive review of the neurovascular supply of the ankle joint; clinical implications[J]. *Anat Cell Biol*, 2020, 53(2): 126 – 131.
- [2] PRAKASH A A. Epidemiology of high ankle sprains: a systematic review[J]. *Foot Ankle Spec*, 2020, 13(5): 420 – 430.
- [3] SHAH S, THOMAS A C, NOONE J M, et al. Incidence and cost of ankle sprains in united states emergency departments[J]. *Sports Health*, 2016, 8(6): 547 – 552.
- [4] HERZOG M M, KERR Z Y, MARSHALL S W, et al. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability[J]. *J Athl Train*, 2019, 54(6): 603 – 610.
- [5] VAN RIJN R M, VAN OS A G, BERNSEN R M, et al. What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review[J]. *Am J Med*, 2008, 121(4): 324 – 331.
- [6] DOHERTY C, BLEAKLEY C, HERTEL J, et al. Recovery from a first – time lateral ankle sprain and the predictors of chronic ankle instability: a prospective cohort analysis[J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(4): 995 – 1003.
- [7] 黄婷婷, 范利华, 高东, 等. 等速肌力测试与训练技术在肌肉功能评定中的研究进展[J]. *法医学杂志*, 2013, 29(1): 49 – 52.
- [8] PARK Y H, PARK S H, KIM S H, et al. Relationship between isokinetic muscle strength and functional tests in chronic ankle instability [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2019, 58(6): 1187 – 1191.
- [9] 曹家兴. 单侧功能性踝关节不稳者内外翻表面肌电与等速肌力特征研究[D]. 天津: 天津体育学院, 2020.
- [10] HALL E A, CHOMISTEK A K, KINGMA J J, et al. Balance- and strength-training protocols to improve chronic ankle instability deficits, part I: assessing clinical outcome measures[J]. *J Athl Training*, 2018, 53(6): 568 – 577.
- [11] HANCI E, SEKIR U, GUR H, et al. Eccentric training improves ankle evor and dorsiflexor strength and proprioception in functionally unstable ankles[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2016, 95(6): 448 – 458.
- [12] CRUZ A L, OLIVEIRA R, SILVA A G. Exercise – based interventions for physically active individuals with functional ankle instability: a systematic review of the literature[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2019, 59(4): 666 – 675.
- [13] 尹彦. 功能性踝关节不稳者动态姿势稳定性评价方法及其影响因素的研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2016.
- [14] FREEMAN M A, DEAN M R, HANHAM I W. The etiology and prevention of functional instability of the foot [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1965, 47(4): 678 – 685.
- [15] MUÑOZ – BARRENECHEA I A, GARRIDO – BEROÍZA M A, ACHIARDI O, et al. A systematic review of the functional effectiveness of kinesiotaping in individuals with ankle instability[J]. *Medwave*, 2019, 19(4): e7635.
- [16] YEN S C, CHUI K K, WANG Y C, et al. An examination of muscle force control in individuals with a functionally unstable ankle[J]. *Hum Mov Sci*, 2019, 64: 221 – 229.
- [17] LAESOE U, SVENDSEN A W, CHRISTENSEN M N, et al. Evaluation of functional ankle instability assessed by an instrumented wobble board[J]. *Phys Ther Sport*, 2019, 35: 133 – 138.
- [18] KIM K, HYUN S, JEON K. Dynamic postural stability characteristic in functional ankle instability [J]. *Iran J Public Health*, 2021, 50(1): 205 – 206.
- [19] CRUZ A L, OLIVEIRA R, SILVA A G. Exercise – based interventions for physically active individuals with functional ankle instability: a systematic review of the literature[J]. *J sport med phys fit*, 2019, 59(4): 666 – 675.
- [20] HALL E A, DOCHERTY C L, SIMON J, et al. Strength – training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: a randomized controlled trial[J]. *J Athl Train*, 2015, 50(1): 36 – 44.
- [21] HUANG P Y, JANKAEW A, LIN C F. Effects of plyometric and balance training on neuromuscular control of recreational athletes with functional ankle instability: a randomized controlled laboratory study [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(10): 5269.
- [22] HA S Y, HAN J H, SUNG Y H. Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability[J]. *J Exerc Rehabil*, 2018, 14(2): 301 – 305.
- [23] GOTTLIEB U, HOFFMAN J R, SPRINGER S. The immediate carryover effects of peroneal functional electrical stimulation differ between people with and without chronic ankle instability[J]. *Sensors (Basel)*, 2022, 22(4): 1622.
- [24] 裴子文, 耿治中, 言功立, 等. 神经肌肉电刺激同步功能训练治疗功能性踝关节不稳疗效观察[J]. *康复学报*, 2019, 29(6): 49 – 54.
- [25] 王强, 李洋. 神经肌肉控制训练对功能性踝关节不稳的本体感觉疗效 [J]. *四川医学*, 2019, 40(12): 1250 – 1253.

- [26] 孙孟凡,扈盛. 本体感觉神经促进技术联合核心稳定性训练对功能性踝关节不稳患者下肢功能康复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2017, 39(11): 834-838.
- [27] ALAHMARI K A, KAKARAPARTHI V N, REDDY R S, et al. Combined effects of strengthening and proprioceptive training on stability, balance, and proprioception among subjects with chronic ankle instability in different age groups: evaluation of clinical outcome measures[J]. Indian J Orthop, 2021, 55(Suppl 1): 199-208.
- [28] CHO B K, PARK J K, CHOI S M, et al. The peroneal strength deficits in patients with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers and normal individuals[J]. Foot Ankle Surg, 2019, 25(2): 231-236.
- [29] YEN S C, CHUI K K, WANG Y C, et al. An examination of muscle force control in individuals with a functionally unstable ankle[J]. Hum Mov Sci, 2019, 64: 221-229.
- [30] 郑绍敏, 黄墩兵, 姜财, 等. 功能性踝关节不稳患者踝关节背伸/跖屈和外翻/内翻峰值力矩比值与姿势控制能力的相关性研究[J]. 中国康复, 2021, 36(7): 392-395.
- [31] 张阳, 张秋霞. 单侧功能性踝关节不稳者两侧踝内外翻等速肌力差异性的研究[J]. 北京体育大学学报, 2013, 36(12): 88-92.
- [32] GAUTREY C N, WATSON T, MITCHELL A. The effect of isokinetic testing speed on the reliability of muscle fatigue indicators during a hip abductor-adductor fatigue protocol[J]. Int J Sports Med, 2013, 34(7): 646-653.
- [33] NEGAHBAN H, MORADI-BOUSARI A, NAGHIBI S, et al. The eccentric torque production capacity of the ankle, knee, and hip muscle groups in patients with unilateral chronic ankle instability[J]. Asian J Sports Med, 2013, 4(2): 144-152.
- [34] NAM S M, KIM W B, YUN C K. Effects of balance training by knee joint motions on muscle activity in adult men with functional ankle instability[J]. J Phys Ther Sci, 2016, 28(5): 1629-1632.
- [35] KAZEMI K, ARAB A M, ABDOLLAHI I, et al. Electromyography comparison of distal and proximal lower limb muscle activity patterns during external perturbation in subjects with and without functional ankle instability[J]. Hum Mov Sci, 2017, 55: 211-220.
- [36] DEJONG A F, MANGUM L C, HERTEL J. Gluteus medius activity during gait is altered in individuals with chronic ankle instability: an ultrasound imaging study[J]. Gait Posture, 2019, 71: 7-13.
- [37] 朱燕, 陈永强, 丁莹, 等. 功能性踝关节不稳的运动员与非运动员踝内外翻肌等速向心及等速离心测试的比较分析[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(5): 437-441.
- [38] TROPP H. Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint[J]. Int J Sports Med, 1986, 7(5): 291-294.
- [39] SANTOS M J, LIU W. Possible factors related to functional ankle instability[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2008, 38(3): 150-157.
- [40] CHO B K, PARK J K, CHOI S M, et al. The peroneal strength deficits in patients with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers and normal individuals[J]. Foot Ankle Surg, 2019, 25(2): 231-236.
- [41] 杜明泽, 焦晨, 郭秦炜, 等. 急性踝关节外侧副韧带撕裂后锚钉固定与单纯缝合的中长期疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2022, 24(4): 305-309.
- [42] FOX J, DOCHERTY C L, SCHRADER J, et al. Eccentric plantar-flexor torque deficits in participants with functional ankle instability[J]. J Athl Train, 2008, 43(1): 51-54.
- [43] 张秋霞. 功能性不稳踝关节神经肌肉控制研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2010.
- [44] TERADA M, PIETROSIMONE B G, GRIBBLE P A. Alterations in neuromuscular control at the knee in individuals with chronic ankle instability[J]. J Athl Train, 2014, 49(5): 599-607.
- [45] SMITH B I, CURTIS D, DOCHERTY C L. Effects of hip strengthening on neuromuscular control, hip strength, and self-reported functional deficits in individuals with chronic ankle instability[J]. J Sport Rehabil, 2018, 27(4): 364-370.
- [46] MCCANN R S, CROSSETT I D, TERADA M, et al. Hip strength and star excursion balance test deficits of patients with chronic ankle instability[J]. J Sci Med Sport, 2017, 20(11): 992-996.
- [47] DEJONG A F, KOLDENHOVEN R M, HERTEL J. Proximal adaptations in chronic ankle instability: systematic review and meta-analysis[J]. Med Sci Sports Exerc, 2020, 52(7): 1563-1575.
- [48] WILK K E, MEISTER K, ANDREWS J R. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete[J]. Am J Sports Med, 2002, 30(1): 136-151.
- [49] SEKIR U, YILDIZ Y, HAZNECI B, et al. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2007, 15(5): 654-664.
- [50] 骆丽, 孙武东, 赵祥虎, 等. 强化髋周肌群力量训练对功能性踝关节不稳的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2017, 23(10): 1195-1199.

(收稿日期: 2022-08-09 本文编辑: 时红磊)