

本体感觉训练方式在慢性踝关节不稳的治疗进展

纵华琛¹,姜财^{1,2,3},郭进华^{2,3},章晨¹,刘小玲¹,林忠华^{1,2,3}

【关键词】 踝关节不稳;本体感觉;平衡训练;本体感觉训练;效果评估

【中图分类号】 R49;R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2023.11.012

慢性踝关节不稳(chronic ankle instability, CAI)是指因踝关节结构或功能障碍导致的反复发生的单侧或双侧踝关节扭伤,疼痛、肿胀、及打软腿等症状是其主要表现,一般是由于首次踝扭伤后未能及时正确的治疗或者过早参与运动等造成的踝关节反复扭伤,严重者可引起其他关节损伤,出现连锁的不良反应和恶性循环^[1]。据报道,32%~74%的踝关节扭伤病史的人有不同程度的残留和慢性症状,如反复发作的踝关节扭伤或感觉到踝关节的不稳定^[2]。而CAI根据有无实质的结构损伤分为:机械性踝关节不稳(mechanical ankle instability, MAI)和功能性踝关节不稳(functional ankle instability, FAI)。MAI是指存在踝关节周围稳定结构的实质性损坏,一般是指韧带松弛^[3],导致超出正常范围的关节活动,从而反复出现踝关节不稳现象。FAI患者常常出现“打软腿”现象,无明显结构性的改变,而表现为一种感觉上的失稳,继而出现踝关节习惯性重复扭伤。其与结构不稳最大的差异在于关节活动范围没有超过生理极限,但是超过了自己控制的范围。CAI患者平衡能力、姿势控制障碍与本体感觉的损伤息息相关,本体感觉受累常直接影响到躯体神经肌肉控制。而本体感觉训练也不是单纯的恢复本体感觉,同时也表现在肌肉力量的恢复、平衡能力的改善以及姿势控制能力的联合提升。近年来多种本体感觉训练方式在预防及治疗CAI均取得了较好的临床疗效,但目前国内外对于本体感觉训练的方式的选择尚未形成统一标准,且缺乏系统性的论述总结。本篇就慢性踝关节不稳的本体感觉训练方法及相关临床应用方面展开综述,为CAI患者康复计划的制定提供一定的参考。

1 CAI与本体感觉的关系

经典理论认为,脚踝部分的损伤可伴随着本体感觉的缺陷,且损伤越严重本体感觉的缺陷就会愈发明显^[4]。本体感觉是指肌、腱、关节等运动器官本身在不同状态(运动或静止)时产生的感觉,在运动中主要体现在肌肉、肌腱、韧带及关节的位置感觉、运动感觉、负重感觉方面。本体感觉的产生主要依赖于关节周围韧带、肌腱、皮肤等组织的高尔基腱器、鲁菲尼小体等本体感觉感受器^[5]。正常步态过程中,本体感觉表现在静态与动态两方面,前者表现在传入方面包括感知关节的位置和运动状态的能力,后者出现在传出方面表现为肌张力调节与反射回应^[44]。本体感受器广泛分布在踝关节周围的肌肉及韧带中,向中枢传递关节角度、机械张力、加减速度等信息。这些本体感觉信息和视觉、前庭觉一起经中枢,通过反馈作用调节肌肉的兴奋,进而参与到关节动态稳定性控制当中^[6]。当踝扭伤造成肌肉或韧带损伤发生后,韧带丧失原有的张力,位于韧带或关节囊中的本体感受器也会受到伤害进而影响到肌肉的协调性控制,使患者的运动能力下降,以至于影响到正常的站立、下蹲、行走、跑跳等基本动作。

2 本体感觉训练方式

本体感觉训练常常借助训练中肌肉、肌腱、关节和韧带缩短、放松和拉紧的不同状态,来刺激本体感受器,为大脑皮质对运动行为进行复杂的分析综合创造条件。通过训练,其本体感觉功能增强,主要表现在动作的控制与准确性的提高^[6]。本体感觉训练可以有效避免踝关节的进一步损伤,保护踝周的肌肉和韧带,减少踝关节的反复损伤,促进关节功能恢复和提高关节的稳定性^[7]。同时本体感觉训练也能降低CAI患者踝关节损伤后的疼痛感^[8]。现将踝关节常用的本体感觉训练方式分为以下几类。

2.1 动静态平衡训练 平衡功能减退是CAI患者最常见的症状表现^[9]。国内外大部分研究用于提高踝关节的本体感觉能力的方法皆是采用不稳定平面上的简单任务训练。此类平衡功能训练能在增强训练者的整

基金项目:福建省科技创新联合资金项目(2019Y9026);国家自然科学基金项目(81904271);福建省卫生健康科技计划项目(2019-ZQNB-2)

收稿日期:2022-12-14

作者单位:1.福建医科大学,福州350001;2.福建医科大学省立临床医学院,福州350001;3.福建省立医院康复二科,福州350001

作者简介:纵华琛(1999-),男,住院医师,主要从事骨关节疾病的临床康复与机制研究。

通讯作者:林忠华,doctor_lzh71@163.com

体平衡能力的同时促进患者本体感觉和肌力恢复^[10]。借由平衡训练中产生的肌肉牵拉,有效刺激踝关节鲁菲尼小体、环层小体、高尔基腱器官等本体感受器^[45],来达到改善本体感觉的作用。经典的动静平衡训练方法常要求患者在静止和运动两个不同状态下,通过保持身体稳定下完成一系列指令动作。

动静平衡仪作为目前主流的训练及评估工具,被越来越多地运用于临床平衡仪的优势是可利用视觉反馈来提高机体对踝关节的控制能力^[11],利用肌肉的被动牵拉和主动收缩、松弛而使软组织形变和负荷发生变化以激活本体感受器能力。通过感受器的激发、传递可以更有效地促使对踝周活本体感觉的恢复,从而降低失稳的风险。平衡仪的特点是可通过视觉反馈来强化踝关节控制能力,通过肌肉的被动牵拉及主动收缩、放松来产生软组织形变和负荷改变从而激发本体感受器功能。借由感受器的激发、传导从而有效地促进踝周本体感觉的恢复,减少不稳的发生。大量研究表明,基于动态平衡装置制定的合理康复计划在促进踝关节损伤患者的本体感觉恢复的同时也可以减少患侧踝关节-再扭伤的风险,提高患者的生活质量^[2]。

国内学者梁英等^[12]使用动静平衡仪(Tecno-body PK 252,意大利)对患者进行本体感觉功能训练,利用平衡仪为CAI患者设计不同负重程度的静态及动态的平衡训练。评定指标选用踝关节不稳定评价问卷(cumberland ankle instability tool,CAIT)、平均轨迹误差(average trace error,ATE)、平均负重力量差。4周后训练组的CAIT评分显著上升,平衡仪相关两项指标明显降低,平衡训练后的患者对运动轨迹的描述误差减少同时负重的力量差降低,运动控制能力较治疗前增强,本体感觉功能得到明显改善。CAI患者常出现反复踝扭伤,可能与腓骨长肌选择性激活减少等因素有关^[13]。Eils等^[14]对31只CAI患者的患侧脚踝进行6周的平衡仪运动训练,结果显示运动组的姿势摇摆明显改善。同时研究者也发现训练后患者的腓骨肌反应时间得到显著缩短。高娜等^[15]在运动医学大会中指出踝关节平衡仪器训练使腓骨长肌的力量增加,短时的训练即可减少踝关节的复发率。

此外,许多国内外研究者也常利用平衡板或不稳定平衡面对患者进行单纯的动态或者静态练习,且在CAI患者踝关节功能恢复情况或者姿势控制方面表现出了肯定的疗效。Wright等^[16]对踝关节不稳的患者进行了为期4周的平衡板训练,结果显示实验组在训练前后进行的星型动态平衡测试(star excursion balance test,SEBT)结果上均得到了显著的改善。国外有研究指出在实验组进行平衡训练前后使用足踝能力

评估量表(foot and ankle ability measure,FAAM)来评价CAI患者踝关节功能的改善情况^[17-20],其中无论是使用平衡板类型的静态平衡训练或是跳跃类型的动态平衡训练,训练后的CAI患者在FAAM评分上皆有明显的进步。在踝关节训练中,Ha等^[21]将功能性踝关节不稳定的成年人设计在不稳定关节面上进行踝关节强化运动,干预时间为40min。干预前后对动静平衡能力及本体感觉进行测量,结果显示无论是本体感觉还是平衡能力皆得到了显著改善。Lazarou等^[22]也在踝关节扭伤患者的平衡训练中添加了不稳定支撑面的训练,最终在平衡及疼痛方面都取得了较好的效果。在国内研究中,孙孟凡、于梅君、郭雨涵等^[23-25]皆在踝关节康复训练中,利用不稳定平面来进行睁眼与闭眼的单脚站立训练来同时锻炼机体的平衡与本体感觉能力。同时杨晓龙等^[26]在列举踝关节本体感觉的训练方法时,提及了平衡板或平衡垫等不稳定支撑面的本体感觉训练方式,并认为这些训练从神经肌肉控制、本体感觉以及平衡能力的改善上来进一步提升对于稳定性和姿势控制的能力。

2.2 神经肌肉促进训练 本体感受神经肌肉促进法(proprioceptive neuromuscular facilitation,PNF)是基于功能活动中常见的运动模式。它涉及多个关节和肌肉群的整体运动,而不是单个肌肉的活动。它利用运动感觉、姿势感觉等刺激来增强相关的神经肌肉反应并促进相应的肌肉收缩;它以四肢和躯干的对角线和螺旋形的主动、被动和抵抗运动为特征,主张运动模式可以受到手接触、言语命令和视觉引导的影响。PNF目前已广泛应用于运动损伤的本体感觉恢复。不同的运动方式会带来不同的肌肉效果,因此针对不同的功能障碍应选择不同的技术^[27]。PNF的运动方式主要取决于运动方向和终止位置的不同,主要的运动模式有:D1模式(屈曲-内收-外旋和伸展-外展-内旋)和D2模式(屈曲-外展-内旋和伸展-内收-外旋)^[28]。除了对角线运动,PNF中还有一些促进方法有助于增加肌肉力量和关节活动范围,如重复收缩,收缩-放松,节奏稳定等^[29]。钱菁华等^[30]的研究表明,PNF的D2模式通过着陆前后肌肉的激活与反应性活动的调节,从机制上改变近端关节神经肌肉控制,在恢复本体感觉的同时改善踝关节稳定性。

2.3 体感刺激训练 体感刺激训练是指刺激躯体感觉的各种训练,目前应用最多的训练方式是基于肌肉的振动相关训练,既包括整体的全身振动也包括了单一韧带的局部振动。振动作为外源性刺激能有效刺激存在于踝周软组织中的本体感受器,提高中枢系统对本体感觉的反应,改善神经肌肉控制能力及协调性,降

低踝关节在矢状面上的跖屈背曲角度,提高相关姿势的稳定性^[31]。其中更有效的本体感觉反馈可通过在全身振动训练(whole body vibration training, WBVT)中调控运动单位的同步性来获得^[20, 32]。根据实施方法不同,振动训练可以分为直接刺激法和间接刺激法。

国外有研究将CAI患者分为振动训练组与常规组^[20],其中振动组在Biodex平衡系统评估上有改进,并且在SEBT上表现得更好。同时国内存在相关研究证明全身振动训练可以改善踝关节跖屈和背屈肌群的力量^[33],以此来增加踝关节的稳定性,在FAI患者的功能恢复上起着积极的作用。研究者利用Biodex系统测试了振动训练组的整体稳定指数、前后稳定指数、左右稳定指数3项数值。结果显示振动训练组的3项数值均得到了很大改善,说明振动训练显著增加了FAI患者的平衡能力及通过踝关节对躯体姿势的掌控能力。刘俏等^[34]通过META分析发现,相比于对照组,WBVT训练在CAI患者Y平衡测试及单足稳定指数评分表现更好。体感刺激除了振动刺激外,其他形式还包括热、磁、针刺等^[35],可以借由训练方法的多元化来更好地促进关节功能的提高^[36]。

2.4 其他训练方式 通过对11篇相关文献进行系统分析,Song等^[37]认为在平衡训练中加入视觉感觉反馈训练能有效提高CAI患者单腿平衡能力,可以利用视觉及平衡中心的改变去创建正常感觉及提高平衡能力。Donovan等^[38]研究者开发了一种听觉生物反馈装置,可穿戴在鞋子上,当对传感器施加过大的压力时,它会引发听觉提示。结果显示,使用这种听觉生物反馈装置导致CAI患者在跑步机行走期间足底外侧的足底压力降低,其可能是由腓骨长肌sEMG激活的增加引起的。Donovan等^[38]认为听觉生物反馈疗法对慢性踝关节不稳患者也具有一定的疗效。

同时近年来不断有研究者采用中国传统方法来提高关节的本体感觉能力^[39-41],像传统的太极拳、易筋经等功法训练,且取得了一定的正向进展。这无疑为CAI的康复训练提供了新的思路与方向,但其对于踝关节不稳者的疗效尚待进一步观察与评估。

3 小结与展望

踝关节损伤后存在显著的功能受损,与CAI甚至骨关节炎关系甚密,甚至可能是驱动相关疾病进程的关键^[42]。而踝关节首次损伤后,由于功能受损,未进行及时有效的康复训练,可能随着病程的延长发展成为CAI。目前国内外对于CAI的发病机制仍在探究中,踝周韧带的完整性、本体感觉的缺陷、神经肌肉的

调节以及姿势控制的损害是大多数机制类的研究重点^[43]。因此对CAI的康复方法也主要围绕着解决现有的功能障碍和防止再损伤两方面开展,相关方法在CAI中的疗效观察也成为了国内外的研究热点。

近年来国内外本体感觉训练疗法在预防及治疗慢性踝关节不稳取得了较好的临床疗效,许多研究都证实了多种训练方式都可以通过恢复本体感觉来治疗CAI。根据人群的实际需求不同,对于本体感觉的训练及评估方法都可以作进一步的设计。如简单的传统功法训练可能适用于普通的CAI患者,但对于CAI运动员来说,进一步的平衡运动方案设计显然更被需要。同时单一的某种功能训练,如肌力训练、肌肉的控制训练或姿势平衡训练,这些对CAI患者的恢复均具有较好的疗效,但是对于肌力、本体感觉、神经肌肉控制方面该如何配比训练才能发挥最大的康复效果仍需要我们去进一步探究。

【参考文献】

- [1] 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]. The American journal of sports medicine, 2016, 44(4): 995-1003.
- [2] Gribble P A, Delahunt E, Bleakley C, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium [J]. British journal of sports medicine, 2014, 48(13): 1014-1018.
- [3] Hertel J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability [J]. Journal of athletic training, 2002, 37(4): 364-375.
- [4] Freeman M A, Dean M R, Hanham I W. The etiology and prevention of functional instability of the foot [J]. The Journal of bone and joint surgery British volume, 1965, 47(4): 678-685.
- [5] Karakaya M G, Rutbil H, Akpinar E, et al. Effect of ankle proprioceptive training on static body balance [J]. Journal of physical therapy science, 2015, 27(10): 3299-3302.
- [6] 焦爽,闫汝蕴. 本体感觉训练预防踝关节运动损伤研究进展[J]. 中国运动医学杂志,2009,28(6):713-716.
- [7] 邱卓钢. 本体感觉与软组织损伤的康复 [J]. 中国康复理论与实践,2004, 10(5): 295-296.
- [8] Salom Moreno J, Ayuso Casado B, Tamaral Costa B, et al. Trigger Point Dry Needling and Proprioceptive Exercises for the Management of Chronic Ankle Instability: A Randomized Clinical Trial [J]. Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM, 2015, 2015: 790209.
- [9] Gribble P A, Delahunt E, Bleakley C M, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium [J]. Journal of athletic training, 2014, 49(1): 121-127.
- [10] Schaefer J L, Sandrey M A. Effects of a 4-week dynamic-balance-training program supplemented with Graston instrument-assisted

- soft-tissue mobilization for chronic ankle instability [J]. *Journal of sport rehabilitation*, 2012, 21(4): 313-326.
- [11] 徐华平, 全莉娟, 邱智. PRO-KIN 平衡仪训练对踝关节损伤的疗效 [J]. *实用临床医学*, 2012, 13(6): 63-64.
- [12] 梁英, 高敏, 王萍芝, 等. 动静平衡训练治疗慢性踝关节不稳的疗效研究 [J]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2015, 1(2): 23-28.
- [13] Ahn SH, Hwang UJ, Gwak GT, et al. Comparison of the Strength and Electromyography of the Evertor Muscles With and Without Toe Flexion in Patients With Chronic Ankle Instability [J]. *Foot & ankle international*, 2020, 41(4): 479-485.
- [14] Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability [J]. *Medicine and science in sports and exercise*, 2001, 33(12): 1991-1998.
- [15] 高娜, 亓建洪. 功能性踝关节不稳的发生机制及其康复治疗的研究进展[C]. 第十三届亚洲运动医学大会, 北京, 2014.
- [16] Wright C J, Linens S W, Cain M S. A Randomized Controlled Trial Comparing Rehabilitation Efficacy in Chronic Ankle Instability [J]. *Journal of sport rehabilitation*, 2017, 26(4): 238-249.
- [17] Linens S W, Ross S E, Arnold B L. Wobble Board Rehabilitation for Improving Balance in Ankles With Chronic Instability [J]. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 2016, 26(1): 76-82.
- [18] Cruz-Diaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez MC, et al. Effects of 6 Weeks of Balance Training on Chronic Ankle Instability in Athletes: A Randomized Controlled Trial [J]. *International journal of sports medicine*, 2015, 36(9): 754-760.
- [19] Cloak R, Nevill A, Day S, et al. Six-week combined vibration and wobble board training on balance and stability in footballers with functional ankle instability [J]. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 2013, 23(5): 384-391.
- [20] Sierra-Guzmán R, Jiménez-Díaz F, Ramírez C, et al. Whole-Body-Vibration Training and Balance in Recreational Athletes With Chronic Ankle Instability [J]. *Journal of athletic training*, 2018, 53(4): 355-363.
- [21] 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]. *Journal of exercise rehabilitation*, 2018, 14(2): 301-305.
- [22] Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, et al. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain [J]. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 2018, 31(3): 437-446.
- [23] 于梅君. 踝关节本体感觉训练对预防北京体育大学足球队踝关节损伤的影响[D]. 北京:北京体育大学, 2016.
- [24] 郭雨涵. 核心训练对普通人群功能性踝关节不稳的影响[D]. 北京:北京体育大学, 2019.
- [25] 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.
- [26] 杨晓龙, 白雪, 王家仲, 等. 踝关节本体感觉康复评定及训练的研究现状分析 [J]. *实用骨科杂志*, 2014, 20(10): 922-924.
- [27] Minshull C, Eston R, Bailey A, et al. The differential effects of PNF versus passive stretch conditioning on neuromuscular performance [J]. *European journal of sport science*, 2014, 14(3): 233-241.
- [28] 窦祖林. 本体感觉神经肌肉促进技术及其应用[J]. *中国康复医学杂志*, 1994, (4): 184-186, 191.
- [29] 魏国荣. 本体感觉神经肌肉促进技术原理和应用 [J]. *中国康复医学杂志*, 1994, (4): 192-193.
- [30] 钱菁华. 功能性踝关节不稳的神经肌肉控制机制及PNF干预效果研究 [D]. 北京体育大学, 2011.
- [31] Alam M M, Khan A A, Farooq M. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: A literature review [J]. *Work (Reading, Mass)*, 2018, 59(4): 571-583.
- [32] Chang W D, Chen S, Tsou Y A. Effects of Whole-Body Vibration and Balance Training on Female Athletes with Chronic Ankle Instability [J]. *Journal of clinical medicine*, 2021, 10(11): 2380.
- [33] 黄鹏, 吕倩楠, 陈子嫣, 等. 下肢振动训练对功能性踝关节不稳的影响研究 [J]. *当代体育科技*, 2016, 6(1): 10-14.
- [34] 刘俏, 扈盛, 李永杰, 等. 全身振动训练对慢性踝关节不稳影响的 Meta 分析[J]. *中国康复*, 2020, 35(10): 535-540.
- [35] 柳方方, 周敬杰, 张明, 等. 本体感觉训练对肩袖损伤术后关节功能恢复的疗效观察[J]. *中国康复*, 2019, 34(3): 146-149.
- [36] 纪任欣, 陈文华, 祁奇. 本体感觉训练在运动功能康复中的研究 [J]. *康复学报*, 2017, 27(2): 53-58.
- [37] Song K, Burcal C J, Hertel J, et al. Increased Visual Use in Chronic Ankle Instability: A Meta-analysis [J]. *Medicine and science in sports and exercise*, 2016, 48(10): 2046-2056.
- [38] Donovan L, Feger M A, Hart J M, et al. Effects of an auditory biofeedback device on plantar pressure in patients with chronic ankle instability [J]. *Gait & posture*, 2016, 44: 29-36.
- [39] 华冰. 扰动性太极拳对老年女性下肢肌力、本体感觉及抗跌倒风险的干预效果 [J]. *天津体育学院学报*, 2018, 33(3): 272-276.
- [40] 李宇涛, 叶银燕, 牛晓敏, 等. 易筋经功法对膝关节炎患者下肢肌群协调激活能力的影响 [J]. *中华中医药杂志*, 2022, 37(4): 2380-2385.
- [41] 王哲培, 张凯, 保罗, 等. 太极拳对老年女性下肢静态平衡、本体感觉与功能活动的影响 [J]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2018, 4(5): 296-301.
- [42] Gribble P A, Bleakley C M, Caulfield B M, et al. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains [J]. *British journal of sports medicine*, 2016, 50(24): 1496-1505.
- [43] Calatayud J, Borreani S, Colado J C, et al. Exercise and ankle sprain injuries: a comprehensive review [J]. *The Physician and sportsmedicine*, 2014, 42(1): 88-93.
- [44] 孟凡阳, 张元勋, 牟谷萼, 等. 视觉反馈下的踝关节本体感觉训练矫治脑卒中足内翻的疗效分析[J]. *中国康复*, 2019, 34(7): 343-346.
- [45] Riemann BL, Myers JB, Stone DA, et al. Effect of lateral ankle ligament anesthesia on single-leg stance stability [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36(3): 388-396.