

功能性踝关节不稳的研究进展

李 男, 檀志宗

摘 要: 通过文献资料法, 对功能性踝关节不稳的形成机制分别从力量、本体感觉、姿势控制等方面进行了分析讨论, 并且归纳了目前康复中所采用方法的效果, 为功能性踝关节不稳的预防和治疗提供参考。

关键词: 功能性踝关节不稳; 肌肉力量; 本体感觉; 姿势控制

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2012)04-0080-05

Research Progress of Functional Ankle Instability

LI Nan, TAN Zhi-zong

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

Abstract: By the method of literature study, the mechanism of functional ankle instability is discussed from the aspects of strength, proprioception and postural control, and the effect of methods used in rehabilitation is summarized. This may offer reference for the prevention and treatment of functional ankle instability.

Key words: functional ankle instability; muscle strength; proprioception; posture control

随着竞技体育事业的发展, 比赛竞争越来越激烈。在剧烈运动与比赛过程中, 运动员的关节承受的负荷常常会超出所能承受的极限, 因此出现各种类型的运动性损伤在所难免。通常运动损伤以四肢居多, 而又以下肢最为常见, 其中踝关节的扭伤占全部损伤的 15%, 是最为常见的损伤^[1]。而踝关节扭伤后常常由于没有得到合理的处理和治理, 过早地重返训练和比赛, 从而造成踝关节重复性扭伤, 并且会遗留下一一些症状如疼痛、肿胀、踝关节“打软”, 这种情况被定义为慢性踝关节不稳 (Chronic ankle instability, CAI)^[2], 严重影响了运动员运动能力的发挥和提高。慢性踝关节不稳分为功能性踝关节不稳 (Functional Ankle Instability, FAI) 和结构性踝关节不稳 (Mechanical Ankle Instability, MAI), 而运动员中多数表现为功能性踝关节不稳^[3-5]。本文旨在通过相关文献的查阅, 就踝关节功能性不稳的研究进展做一综述。

1 功能性踝关节不稳的概念

FAI 的概念最早在 20 世纪 60 年代由 Freeman 提出, 定义为踝关节无明显的力学上的不稳, 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。其同 MAI 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^[6]。造成 FAI 的原因较多, 如早期治疗不当, 以及过早大运动强度训练可能会造成的踝关节周围的本体感觉敏感性下降、周围肌群之间的肌力不均衡或肌力较差、腓骨肌反应时间延长、功能性姿势控制能力下降等。

2 功能性踝关节不稳的产生机制

2.1 踝关节周围肌群肌力的研究

2.1.1 踝关节内外翻肌力的研究

肌肉力量是制约运动能力的重要因素。早期的学者和临

床医生认为 FAI 可能与腓骨肌力较弱有关^[7]。腓骨肌包括腓骨长肌和腓骨短肌, 是主要的踝关节外翻肌, 同时具有协同踝关节背屈的作用。早期支持上述观点的研究主要采用腓骨肌徒手肌力检测的方法, 通过患侧与健侧的对比分析, 来主观上判断腓骨肌力的强弱。后来随着等速肌力测试的广泛应用, 研究者开始采用等速设备, 通过不同角速度进行内外翻肌力的测试与分析, 来量化比较 FAI 的肌力情况。Tropp 最早使用等速仪器来测量踝关节内外翻肌力, 测试的结果与健侧相比, 踝关节不稳患者的腓骨肌力较弱, 并认为造成腓骨肌力不足的主要原因是康复不充分, 其次是肌肉萎缩^[8]。而 Willems 的研究进一步显示, FAI 组不仅外翻的向心肌力存在不足, 外翻离心力量同样存在差异, 推断认为外翻肌力的不足可能是踝关节不稳的主要原因之一^[9]。但是也有学者有不同的发现, Lentell 等评价单侧不稳踝关节在 30°/s 以及等长条件下内外翻力量, 结果显示两侧没有显著性差异, 因此认为踝关节肌肉力量的不足不是导致踝关节不稳定主要原因^[10]。随后, Bernier、Mcknight、Kamiski 等也分别采用不同的测试角速度证实不稳踝关节和正常踝关节之间没有明显的差异^[11-13]。鉴于此, Arnold 在 2007 年对先前文献进行了荟萃分析, 从研究的对象、测试评价方法和对比分析的结果等多方面进行了系统的分析, 证实 FAI 踝关节比正常的踝关节外翻肌力要差。由此推断, 踝关节外翻肌力不足是产生 FAI 的重要因素, 应该引起更多的关注^[14]。

与此同时, 也有研究证实 FAI 的患者存在内翻肌力的差异。Ryan 在其研究中意外地发现不稳踝关节内翻肌力相对较差, 但作者并不认为内翻肌力的不足是 FAI 的原因^[15]。Wilkerson 等的研究发现不稳踝关节内翻肌力的不足显著高于外翻肌力的不足, 并且推测内翻肌力对于避免在足部固定的

收稿日期: 2012-05-19

第一作者简介: 李 男, 女, 实习研究员。主要研究方向: 体能康复。

作者单位: 上海体育科学研究所, 上海 200030



时候身体失去平衡具有重要的作用^[16]。Sekir的研究也有相同的发现^[17]。Hartell最早研究CAI患者踝关节内外翻向心和离心的力量,发现CAI组内外翻无论是向心力量还是离心力量都低于健康人群,认为当考虑回归正常训练时,力量是非常重要的因素^[18]。Munn测试了单侧踝关节不稳的患者受伤侧和未受伤侧内、外翻向心和离心的力量,结果只发现了内翻离心力量存在显著性差异,并认为可能是导致FAI症状的原因^[19]。同时,也有部分学者的研究结果显示FAI同健康对照组相比无显著性差异^[12、20]。踝关节内翻肌力是否同FAI有关,目前尚无定论。

主动肌与拮抗肌的力矩比值经常用来评价关节的功能。踝关节周围肌肉的同步收缩在踝关节的动态稳定中扮演着重要的作用,部分肌力改变会引起周围肌力的不平衡,从而使肌群之间协同能力下降,并因此可能增加踝关节受伤的机率。外翻峰力矩/内翻峰力矩的比值(E/I)常常被用来评价踝关节肌力平衡状况。Baumhauer在赛季前对145名大学生运动员进行踝关节的等速力量测试,将赛季中出现踝关节损伤的运动员设为实验组,其他队员设为对照组,发现受伤组E/I比值高于非受伤组(受伤组为1.0,而未受伤组为0.8),并认为E/I比值异常提示高踝关节损伤率,高于1.0则发生踝关节损伤的机率比较大^[21]。Mcknight比较了正常组、FAI组和FAI康复组之间力量的参数没有差异,总体E/I的比值为75.42%^[12]。Edouard针对田径运动员的研究中发现,有扭伤史的运动员踝关节内外翻肌力与健康组没有明显差异,但是E/I同对照组存在显著差异($P < 0.05$)^[22]。在健康不爱运动的成年人中,踝关节内翻的力量通常大于外翻的力量,在不同的角速度下,E/I比值也有不同^[23-25]。因此,在分析踝关节内外翻肌力时,也要结合分析E/I比值,来综合考虑内外翻肌群在维持踝关节稳定中的作用。

2.1.2 踝关节背屈跖屈肌力的研究

Termansen应用等长肌力测试的方法,发现患侧踝关节跖屈肌力较差,但是并没有发现力量不足与出现的症状相关^[26]。张秋霞也在研究中发现不稳定组向心跖屈肌力存在不足,并认为跖屈肌力不足可能是FAI的原因^[27]。而在Fox等的研究中,同健康人群相比,FAI患者的离心跖屈力量较差,从而认为跖屈肌力不足是产生FAI的一个重要因素^[28]。但也有相反的研究结果,在Baumhauer的研究中,受伤的大学生运动员同未受伤组相比,结果发现其跖屈力量相对较大,向心背屈/跖屈力量的比值(D/P)相对较小,并根据踝关节内翻扭伤通常发生在前足内翻,距下关节跖屈位置上,提出这可能是内翻损伤增加的因素之一^[21]。但Witchalls等认为跖屈力量的增强可能并不与损伤直接相关,而可能与损伤相关的其他变量有关,如运动员的训练水平、训练强度等^[29]。后来Willems等通过回归分析发现,踝关节背屈肌力较差是其损伤的主要原因^[20]。但也有研究指出背屈力量不存在差异^[8]。Mcknight比较了正常组、FAI组和FAI康复组之间力量的参数没有差异,总体D/P的值为31.43%^[12]。跖屈和背屈力量之间可能需要稳定在一个适当的比值上,才能维持其正常功能的稳定。总之,跖屈和背屈的力量在FAI患者中是否存在不足尚未有形成一致的观点,需要进一步的研究。

造成这些研究结果不一致的原因可能与FAI入选的标准以及对照组的选择不同有一定关系。此外,运动员运动过

程中的踝关节活动是复合型多维运动,需要综合分析跖屈/背屈、内/外翻肌力之间的关系。其次,扭伤多发生在闭链的模式下,而等速仪器是采用开链运动的形式。再次,扭伤多发生在较高的速度下,研究中所选用的速度也值得我们进一步探讨。最后,由于受伤后活动减少,以及中枢神经系统的保护性调节,可能导致全方位的肌力下降,甚至可能影响到健侧。因此,从踝关节周围肌群肌力来分析FAI的发生机制时,要因人而异。对于运动员还要考虑专项特征和均衡性等因素。

2.2 踝关节本体感觉的研究

本体感觉是指肌肉、肌腱、关节等运动器官本身在不同运动状态(运动或静止)时产生的感觉。与FAI患者中踝关节周围肌力之间存在争议不同,踝关节本体感觉的缺陷获得了相对一致的认识。早在1965年,Freeman提出由于韧带损伤,导致中枢神经系统的感觉信息输入减少,进一步导致位置觉以及神经反应能力的降低,从而引起踝关节的重复扭伤^[6]。本体感觉包括运动觉和位置觉,运动觉又包括速度觉和力觉,本体感觉具体评估指标有很多,例如,关节位置觉(Joint Position Sense, JPS)、肌肉用力觉(Muscle Force Sense, MFS)和被动活动感觉(Passive Movement Detection, PMD)等。

2.2.1 踝关节的关节位置觉

关节位置觉(Joint Position Sense, JPS)是对肢体位置的感觉,其又分为主动关节位置觉(Active Joint Position Sense, AJPS)和被动关节位置觉(Passive Joint Position Sense, PJPS)。通常采用主动复位能力来评价AJPS,用被动复位能力来评价PJPS。

Willems等测试了踝关节内翻5°位置上AJPS的精确误差,结果不稳定组显著高于对照组,说明其感知位置的能力较差,从而推断本体感觉的受损是慢性踝关节不稳的重要原因^[30]。Liu以500°/s测试了踝关节3个位置上外翻的AJPS,发现受伤侧同健康受试者相比,主动复位能力较差^[31]。而Nakasa等也发现单侧踝关节不稳的受试者患侧与健侧踝关节在20°跖屈位置时内外翻的AJPS存在显著性差异^[32]。Munn通过荟萃分析的方法,对其获得的数据进行了合并处理与分析,发现不稳定组AJPS同健康对照组相比有0.6°的差异,单侧不稳定者患侧与健侧之间的差异与组间比较结果相似^[60]。

与此同时,学者也对被动关节位置觉进行了研究。Boyle发现重复性踝关节扭伤的患者中,PJPS同健康人群存在差异^[18]。而Liu也以2°/s的角速度,在3个位置上进行了测试,通过单侧FAI和健康受试者比较发现,不稳定组被动关节位置觉在组内和组间具有差异性^[31]。Munn通过荟萃分析的方法,对其获得的数据进行合并后,发现不稳定组PJPS比健康对照组差^[60]。

综上所述,JPS的测试可以反映出FAI患者存在一定的本体感觉不足,这些不足可是产生FAI的原因之一。

2.2.2 踝关节的肌肉用力觉

肌肉用力觉是指肌肉在自主收缩时能体会特定力量的能力,是用来描述骨骼肌自主收缩过程中对输出力的一种有意识的感觉^[33]。Docherty在用力觉的测试中,将10%和20%

的最大自主收缩 (Maximal voluntary isometric contraction, MVIC) 设为力量目标进行踝关节内、外翻的用力觉测试, 发现用力觉与踝关节不稳相关, 并认为用力觉的不足反映了感觉运动系统的损伤^[34]。随后 Docherty 又分别采用 10%、20% 和 30% 的 MVIC 作为力量目标, 对踝关节进行外翻的用力觉测试, 结果发现 FAI 组力量觉较差, 由此认为用力觉同 FAI 存在关联^[35]。张秋霞以 25% 的 MVIC 对受试者踝关节进行测试, 发现不稳定组用力觉较差^[27]。由此可见, 从目前有限的文献研究来分析, 踝关节周围肌群用力觉在一定程度上与 FAI 有关, 肌肉用力觉的下降可能是 FAI 发生的原因之一。

2.2.3 被动运动感知觉阈值

被动运动的感知觉阈值 (Threshold to Detection of Passive Motion, TTDPM) 也是经常用来评价运动觉的一种测试方式, 通常以较慢的速度旋转肢体, 同时使受伤者排除外界的感官刺激, 记录其感觉到运动的时间, 分别从矢状面和额状面上进行了研究。Lentell 以 $0.5^\circ/\text{s}$ 的速度内翻活动, 发现了 FAI 患者存在被动活动感觉的差异, 反映了急性踝关节扭伤导致的机械感受器受损^[36]。Refshauge 等的研究中, 对受伤者的伤侧和健侧以 $0.1^\circ/\text{s}$ 、 $0.5^\circ/\text{s}$ 、 $2.5^\circ/\text{s}$ 对进行内、外翻感觉的研究, 发现所有测试中受伤侧的被动感觉都显著低于健侧, 但作者并不确定该不足是否同踝关节的反复损伤及下肢末端的功能相关^[37]。而在 Hubbard 的研究中发现 FAI 侧和健侧的 TDDPM 值没有显著性差异^[38]。从方法学上分析, 本测试方法也存在一定的不足, 主要体现在属于单平面的运动且测试的速度较慢, 此外在被动的活动时, 主动收缩的肌肉提供的运动感觉信息并没有表现出来。因此, FAI 患者被动感知觉阈值只能作为踝关节本体感觉的部分功能进行评价, 可能不适合应用于全面反映 FAI 患者的本体感觉现状。

2.3 踝关节的腓骨肌反应时

腓骨肌作为足部主要的外翻肌, 在运动中和功能性活动中发挥着重要的作用, 因此有学者认为腓骨肌激活不充分可能是导致 FAI 患者踝关节“打软”的原因之一。许多学者研究中分析了 FAI 患者在内翻干扰时的腓骨肌反应时。Konradsen 进行了在突然的关节活动时, 测试 FAI 组和对照组腓骨肌反应时, 发现不稳定组腓骨肌反应时明显较长, 由此认为腓骨肌反应时的增加表明踝关节外周稳定较差^[39]。其他作者也得出相似的结论, 腓骨肌反应时的差异在 16%~33% 之间^[40-42]。但是也有报道发现稳定和不安稳定踝关节站立位时, 应对突发的内翻活动, 腓骨肌反应时不存在差异^[43, 44]。Munn 对 2006 年 11 月前前的静止状态下应对突发内翻活动时腓骨肌反应时的相关文献进行了荟萃分析, 发现 FAI 组和对照组间反应时没有差异, 同时在单侧不稳踝关节患者肢体间的比较中, 也没有发现差异性^[60]。因此, Kordersen 指出, 踝关节不能在突发的、没有准备的内翻压力下, 做出快速的反应来避免损伤, 并且指出腓骨肌反应时的延长, 可能不是踝关节反应控制失调单一原因造成的^[39]。似乎证明腓骨肌反应时与 FAI 关系不大, 但最近 Hopkins 对步行过程中腓骨肌应对突发的内翻的反力时的反应时间进行了比较, 发现了反应时间明显延长^[45]。

从理论上讲, 腓骨肌在应对突发的踝关节内翻时发挥

着重要的作用, 其反应时能够客观地反应出腓骨肌的神经肌肉控制功能, 但多数文献均在基本静态的情况下来进行腓骨肌反应时的测试与评价, 不能客观地体现腓骨肌在 FAI 形成过程中的作用。随着今后测试方法的不断改进, 这方面的研究还要进一步深入。

2.4 踝关节的姿势控制方面的测量

Freeman 最早根据对受试者的观察和受试者的自我感觉, 来观察健康侧和不安稳定侧之间的平衡差异, 认为不稳组存在平衡方面的不足^[6]。随着技术的发展, 平衡和姿势控制的不足可以通过重心平衡测试完成。在测试中, 受试者要求以改良的 Robert 姿势单脚站立, 双手交叉, 同时测力台可以测试重心在前后向 (A-P)、内外侧向的活动 (M-L) 和单腿跳稳定的时间。此外, 星转移测试 (SEBT)、平衡错误分析系统 (BESS) 和在稳定或者挑战的状况下姿势摆动速率和位移也可以反映动态姿势控制方面的问题^[60, 46]。

2.4.1 单脚站立的测量

单脚站立位下姿势的摆动速率和位移经常用来评价 FAI 患者姿势控制的能力。Tropp 最早使用平衡仪来对 FAI 的足球运动员进行平衡能力的比较, 结果显示具有 FAI 的运动员平衡协调能力较差, 作者提出协调和姿势控制对于踝关节功能性不稳具有重要作用^[47]。但其在随后的研究中, 却未发现单侧不稳踝关节的受试者患侧和健康侧之间存在显著性差异^[8]。Bernier 也得到类似的结果^[11]。Isakov 对 8 名女运动员的前后向 (A-P) 和内侧外侧向的活动 (M-L) 比较, 同样没有发现患侧和健侧肢体对地面作用力的差异^[48]。Ross 等也得出了类似的结论^[49]。Munn 对 2006 年 11 月前前的相关文献进行了荟萃分析, 显示出在双侧下肢对地面的作用力之间没有差异^[60]。这些研究结果不一致可能与单脚平衡站立是相对的静态的而非踝关节受伤时的动态站位有关。

2.4.2 跳跃后稳定时间方面的测量

跳跃后的单脚落地, 需要神经肌肉的共同作用, 这使得稳定时间 (Time To Stabilization, TTS) 的测量对于运动员踝关节的稳定性具有重要的功能意义。Ross 等的研究中, FAI 组明显需要更长的时间获得稳定, 认为 TTS 可以作为区分 FAI 侧和健侧控制能力的方法^[49, 50]。在 Brown 等的研究中发现, 则发现不稳定组在 A-P 方向上需要更长的时间, 而 M-L 方向上没有明显差异^[51]。Munn 对 2006 年 11 月前前的相关文献进行荟萃分析后得出结论, 同 FAI 受试者相比, 健康对照组稳定的时间明显更快^[60]。TTS 可以作为反映 FAI 平衡能力不足的测试手段。

2.4.3 功能性不稳踝关节的星偏移平衡方面的测量

星偏移平衡测试 (The Star Excursion Balance Test, SEBT) 是一种动态平衡能力的测试。受试者首先站在星形图形的中心, 每条腿分别向 8 个方向尽量伸出, 并且能够平稳的回到中心, 记录受试者非支撑足偏离中心的最远距离。在 Olmsted 的研究中发现单侧不稳的患者不稳定一侧支撑时伸的距离明显小于稳定组和自身稳定侧, 并且认为静态的单脚站立平衡试验可能对运动感觉不足的测试并不敏感, 而如 SEBT 这样的动态测试可以更加准确的反映功能性踝关节不稳患者的平衡表现能力^[52]。Gribble 进一步测量了 SEBT 测试过程中的踝关节背屈、膝关节屈曲、髋关节屈曲的角度, 结果不稳



定侧不仅伸的距离小于健康对照侧,同样髋关节和膝关节屈曲的度数也较小,从而认为踝关节不稳破坏了姿势的动态控制能力^[53]。Munn对2006年11月前的文献进行荟萃分析得出结论,对照组同FAI组相比伸的距离更大,但是在单侧的不稳受试者中,不稳的肢体同健康对照侧相比,在够远的距离上没有明显差异^[60]。因此,SEBT测试能够反映出FAI患者姿势控制能力的不足。

3 功能性不稳踝关节的康复

为了预防踝关节损伤,以及针对损伤的踝关节进行康复,不少学者通过运动训练来改善FAI的功能。

3.1 功能性不稳踝关节力量训练的研究

训练可改善踝关节的力量。Edouard等通过将25名田径运动员分为FAI组、有受伤史但是没有FAI组和健康对照组,测试其 $30^{\circ}/s$ 和 $120^{\circ}/s$ 的向心力量,以及 $30^{\circ}/s$ 离心力量。经过针对性的训练,结果发现3组之间内翻和外翻的力量没有显著性的差异,从而提示针对性的训练能够增加肌肉的力量,在一定程度上会改善踝关节的功能^[22]。Sekir等通过研究24名有单侧功能性踝关节不稳的业余运动员,以 $120^{\circ}/s$ 的速度进行踝关节内外翻等速肌力训练,每周3次,持续训练6周后,结果发现内翻肌力的差异已经消失。另外,力量训练不仅可以增强踝关节的力量,同时也被证明可以增强FAI患者的位置觉^[17]。尽管有关FAI的功能性训练的研究较少,从有限的文献中,我们可以看出针对性的力量训练,可以明显提高踝关节周围肌肉的力量,而肌肉力量是关节稳定的主要动力结构。

3.2 功能性不稳踝关节本体感觉训练的研究

为了促进FAI患者最大程度的恢复功能,针对性的训练必不可少,特别是利用平衡板、平衡垫、BOSU球等形式的本体感觉的训练对于改善FAI功能的作用得到比较一致的认识,同时也被证明可以减少踝关节损伤的发生机率^[54-56]。Elis等的研究结果表明,6周多组合的本体感觉训练提高了关节位置觉,同时也改善了在应对内翻干扰时姿势摆动幅度和反应时间,并且最终减少了踝关节内翻扭伤的复发率,建议这种训练方式可以用于反复损伤的运动中^[57]。Clark通过4周的平衡板实验,发现FAI不稳患者踝关节功能评价问卷得分得到改善,而在内翻干扰下腓骨肌的反应时出现下降,指出短期平衡板训练可以降低FAI患者扭伤的复发率^[58]。Ross等进行了6周伴有或者不伴有随机共振刺激的协调性训练,发现在A-P和M-L方向上都有提高,并且认为随机共振刺激可以更快、更大程度的改善踝关节功能^[59]。

由此可见,针对性的本体感觉训练和控制性训练,能够改善神经肌肉的功能,恢复踝关节周围的本体感觉,从而有效改善FAI患者的症状和功能。

4 结论

FAI通常是急性踝关节扭伤产生的一系列踝关节神经-肌肉系统的失调。FAI患者存在外翻肌力不足已被普遍证实,而内翻、跖屈、背屈力量以及拮抗肌力之间比值还没有形成统一的观点。FAI患者存在本体感觉的不足已经得到了较为一致的认可,但各个指标由于方法学和反映的不同,表

现结果有所不同:关节位置觉、肌肉用力觉的测试显示出FAI患者存在一定的不足,被动运动感知觉阈值却未能反应出FAI患者存在的本体感觉不足。研究总结出FAI患者腓骨肌的反应时并未延长。而在平衡能力方面的测试,特别是动态的测试,如TTS和SEBT则反映出FAI患者在姿势控制上的不足。在FAI患者的康复性训练方面,平衡板、平衡垫和BOSU球的训练是改善FAI的常见的训练手段,相关的训练效果得到了较为一致的认可。

参考文献:

- [1] Hootman JM, Dick R. (2007). Epidemiology of collegiate injuries of 15 sports: summary and recommendations for injury preventive initiatives[J]. *J Athl Train*. 42(2):311-319.
- [2] Delahunt E. (2007). Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint[J]. *J Bodyw Mov Ther*. 11(3):203-213.
- [3] Braun BL. (1999). Effects of ankle sprain in a general clinic population 6 to 18 months after medial evaluation[J]. *Arch Fam Med*. 8(2):143-148.
- [4] Yeung MS, Chan KM, So CH. (1994). An epidemiological survey on ankle sprain[J]. *Br J Sports Med*. 28(2):112-116.
- [5] Anandacoomarasamy A, Barnsley L. (2005). Long term outcomes of inversion ankle injuries [J]. *Br J Sports Med*. 39(3):14.
- [6] Freeman MA, Dean Mr, Hanham IW. (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot[J]. *J Bone Joint Surg Br*. 47(4):678-685.
- [7] Bosien WR, Staples OS, Russell SW. (1955). Residual disability following acute ankle sprains[J]. *J Bone Joint Surg Am*. 37(6):1237-1243.
- [8] Tropp H. (1986). Pronator muscle weakness in functional instability of ankle joint [J]. *Int J Sports Med*. 7(5):605-611.
- [9] Willems T, Witvrouw E, Vertuyft J et al. (2002). Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability[J]. *J Athl train*. 37 (4):487-493.
- [10] Lentell G, Katzman L, Walter M. (1990). The relationship between muscle function and ankle stability[J]. *J Orthot Sports Phys Ther*. 11(12):605-611.
- [11] Bernier JN, Perrin DH, Rijke A. (1997). Effect of unilateral functional instability of the ankle on postural sway and inversion and eversion strength[J]. *J Athl Train*. 33(3):226-232.
- [12] Mcknigt CM, Armstrong CW. (1997). The role of ankle strength in functional ankle instability[J]. *J Sports Rehabil*. 6(1):21-29.
- [13] Kaminski TW, Perrin DH, Gansneder BM. (1999). Eversion strength analysis of uninjured and functionally unstable ankle[J]. *J Athl Train*. 34(3):239-245.
- [14] Arnold BL, Linens SW, Sarah J et al. (2009). Concentric eversion strength differences and functional ankle instability: a meta-analysis[J]. *J Athl Train*. 44(6):653-662.
- [15] Ryan L. (1994). Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functionally unstable ankle[J]. *Aus J*



*Physiother.*16(1):323- 328.

- [16] Wilkerson GB, Pinerola JJ ,Caturano RW. (1997). Invertor vesus evertor torque and power deficiencies associated with lateral ankle ligament injury[J].*J Orthop Sports Phys Ther.*26 (2):78-86.
- [17] Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B et al. (2007). Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability[J].*Knee, Srug ,Sports Tra.*15(5):654-664.
- [18] Boyle J,Negus V. (1998). Joint position sense in the recurrently sprained ankle.*Austr J Physiother.*44:159-163.
- [19] Munn J,Beard DJ, Refshauga KM et al. (2003). Eccentric muscle strength in functional ankle instability[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 35(2):245-250.
- [20] Willems T,Witvrouw E, Delbaere K et al. (2005). Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in males subjects: a prospective study[J].*Am J Sports Med* .33(3): 415-423.
- [21] Baumhauer JF,Alosa DM,Renstron AF.(1995). A Prospective study of ankle injury risk factors [J]. *Am J Sports Med.*23(5): 564-570.
- [22] Edourad P, Chatard JC, Fourchet F . (2011). Invertor and evertor strength in track and field athletes with functional ankle instability[J].*IOS Press.*19 (2): 91-96.
- [23] Noronha DNM and Borges NG Jr. (2004). Lateral ankle sprain: isokinetic test reliability and comparison between invertors and evertors[J].*Clin Biomech.*19(8): 868-871.
- [24] Lin WH, Liu YF, Hsieh CCC et al. (2009). Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant limbs of young adults[J].*J Sci Med Sport.*12(1): 42-49.
- [25] GB Wilkson, JJ Pinerola and PW Caturano. Invertor vs. (1997). Evertor peak torque and power deficiencies associated with lateral ankle ligament injury[J]. *J Orthop Sports Phys Ther.*26 (12):78-86.
- [26] Termansen NB, Hansen H ,Damholt V. (1979).Radiological and muscular status following injury to the lateral ligaments of the ankle:follow-up of 144 patients treated conservatively[J]. *Acta orthop Scand.*50(6):705-708.
- [27] 张秋霞. 功能性不稳踝关节神经肌肉控制研究[D]. 苏州大学, 2010, 3.
- [28] Fox J, Docherty CL, Sharader J.(2008). Eccentric plantar-flexor torque deficits in participants with functional ankle instability [J].*J Athl Train*,43(1):51-54.
- [29] Witchalls J,Blanch P, Waddington G et al. Intrinsic Functional deficits associated with increased risk of ankle injuries: a systematic review with meta-analysis [J].*Br J Sports Med.*12.14
- [30] Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J et al. (2002). Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability[J]. *J Athl Train.* 12.14.
- [31] Liu Y,Jeng S, Lee AJY. (2005). The influence of ankle sprains on proprioception[J]. *J Ecerc Sci Fitness.*3(1):33-38.
- [32] Nakasa T, Fukuhara K,Adachi N et al. (2008). The deficit of joint position sense in the chronic unstable ankle as measured by inversion angle replication error[J].*Arch Orthop Trauma Surg*, 128(5):445-449.
- [33] 张秋霞, 张林. 踝关节位置感觉重测信度 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(35) :6520-6524.
- [34] Docherty CL, Arnold BL, Hurwitz S. (2006). Contralateral Force sense Deficits Are Related to Present of Funcional Ankle Instability [J].*J Orthop Res.*24(7):1412- 1419.
- [35] Docherty CL, Arnold BL. (2008). Force sense deficitis in functionally unstable ankle[J].*J Orthop Res.*26(11):1489-1493.
- [36] Lentell G, Baas B, Lopez D et al. (1995). The contributions of proprioceptive dificits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle[J].*J Orthop Sports Phys Ther*, 21(4):206-215.
- [37] Refshaug KM, Kilbreath SL,Raymond J. (2003). Deficits in detection of inversion and eversion movements among subjects with recurrent ankle sprains[J].*J Orthop Sports Phys Ther.*33 (4):166-173.
- [38] Hubbard TJ, Kamiski TW. (2002). Kinesthesia is not affected by functional ankle instability status[J].*J Athl Train.*37(4):481-486.
- [39] Konradsen L,Ravn JB. (1991). Prolonged peroneal reaction time in ankle instability[J].*Int J Sports Med.*12(3):290-292.
- [40] Johnson MB,Johnson CL. (1993). Electromyograhic response of peroneal muscles in surgical and nonsurgical injured ankle during sudden inversion[J].*J Orthop Sports Phys Ther.*1993,18 (3):497-501.
- [41] Karlsson J, Andreasson GO. (1992). The effect of external ankle support in chronic lateral ankle joint instability:an electromyographic study[J].*Am J Sports Med*,20(3): 257-261.
- [42] Lofvenberg R, Karrholm J, Sundelin G et al. (1995). Prolonged reaction time in patients with chronic lateral instability of the ankle[J].*Am J Sports Med.*23(4):414-417.
- [43] Ebig M, Lephart SM , Burdett RG et al. (1997). The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in chronically unstable ankle[J].*J Orthop Sports Phys Ther.*26(2):73-77.
- [44] Vaes P, Duquet W, Van Gheluve B. (2002). Peroneal reaction times and eversion motor response in healthy and unstable ankle [J].*J Athl Train.*37(4):475-480.
- [45] Hopkins JT,Brown TN,Christensen L. (2009). Deficits in Pero-neal Latency and Electromechanical Delay in Patient with Funcional Ankle Instability[J].*J Orhtop Res.* 27(12):1541-1546.
- [46] Richie DH . (2001). Functional instability of the ankle and role of neuromuscular control: A comprehensive review[J].*J Foot Ankle Surg.*40(4): 240-251.
- [47] Tropp H, Odenrick P, Gillquist J. (1985). Stabilometry Recordings in functional and mechanical instability of the ankle joint [J].*Int J Sports Med.*6(3):180-182.
- [48] Isakov E,Mizrahi J. (1997). Is balance impaired by recurrent sprained ankle?[J].*Br J Sports Med.*31(1):65-67.
- [49] Ross SE, Guskiewicz KM. (2004). Examination of static and

(下转第88页)



预防过程中主要是产生离心收缩(eccentric),并且需要具备高水平的爆发力能力(power)。总之,传统的ACL损伤康复忽视了人体下肢运动的本质:动态平衡(非稳定)状态下,通过动力链整合后由多关节、多肌群参与的离心运动,因此ACL损伤康复研究始终是竞技体育和运动医学的难点和重点。

功能性训练围绕动力链、以动作模式为依据,包括肌力、平衡、核心力量、稳定性等训练,而不是孤立的关节和肌肉。在仲**的ACL损伤康复过程中,针对仲**测试中所反映的核心力量不足、尤其是髋关节稳定肌肌肉能力缺乏,对康复方法做了创新,主要包括以下几点:(1)下肢力量训练主要以离心运动模式,采用闭合链训练;(2)在训练中充分运用非平衡条件,提高肌肉激活与运动参与程度,完成三维平面下的复杂动作;(3)鉴于臀中肌在下肢运动过程中的作用和仲**运动过程中表现出的臀中肌激活程度不足、肌力弱,加强臀中肌激活和力量训练;(4)重视核心力量在运动过程中的作用,加强核心力量训练;(5)当研究对象的伤侧下肢力量达到健侧的80%以上后,为预防残余ACL发生再次损伤、甚至完全撕裂可能,进行plyometric爆发力训练;(6)重视柔韧性在损伤预防与运动表现改善方面的作用,训练前后充分进行拉伸训练。

通过为期3个月的功能性训练,仲**无论在等速力量、FMS评价和十字韧带功能测试方面均获得改善,开始正常专项训练,并在损伤6个月所参加的全国锦标赛中获得亚军,竞技能力水平得到恢复。

4 结论

通过功能性训练,可有效降低运动员ACL损伤的再发生、缩短损伤后竞技能力与运动表现恢复周期,体现了其在康复体能训练方面的价值。

参考文献:

- [1] Cook Gray. (2003). Athletic body in balance. Human Kinetics.
- [2] Cook Gray, Lee Burton. (2010). Movement: Functional Movement Systems. Human Kinetics.
- [3] Micheal Boyle. (2003). Functional Training. Human Kinetics.
- [4] Micheal Boyle. (2003). A Joint-by-Joint Approach to Training.
- [5] 陈方灿. 康复性体能训练的理念和方法[J]. 中国体育教练员, 2006, 3:4-5.

(责任编辑:何聪)

(上接第84页)

- dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles[J].*Clin J Sport Med*.14 (6):332-338.
- [50] Ross SE, Guskiewicz KM, Yu B. (2005). Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankle[J].*J Athl Train*.40(4):298-304.
- [51] Brown C, Ross S, Mynark R et al. (2004). Assessing functional ankle instability with joint position, time to stabilization, and electromyography[J].*J Sports Rehabil*, 13(2):122-134.
- [52] Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J et al. (2002). Efficacy of the star excursion balance test in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability[J].*J Athl Train*. 37(4):501-506.
- [53] Gribble RA, Hertel J, Denegar CR. (2004). The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control[J].*J Athl Train*.39(4):321-329.
- [54] Verhagen E, Van der Beek AJ, Twisk JWR. (2004). The effect of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains[J].*Am J Sports Med*. 32(6):1385-1393.
- [55] Stasinopoulos D. (2004). Comparison of three preventive methods in order to reduce the incidence of ankle inversion sprains among female volleyball players[J]. *Br J Sports Med*.38 (2):182-185.
- [56] Timothy A, Mc Cuine and James S. (2006). The effect of a balance Training Program on the risk of Ankle Sprains in High School Athletes[J].*Am J Sports Med*.34(7): 1103-1111.
- [57] Elis E, Rosenbaum D. (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability[J].*Med Sci Sports Exerc*.33(2):1991- 1998.
- [58] Clark VM, Burden AM. (2005). A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle[J].*Phys Ther Sport*.6(4):181-187.
- [59] Ross SE, Guskiewicz KM. (2006). Effect of coordination training with and without stochastic resonance stimulation on dynamic postural stability of subjects with functional ankle instability and subjects with stable ankle[J].*Clin J Sports Med*.16(4):323-328.
- [60] Munn J, Sullivan SJ, Schneiders AG. (2010). Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: A systematic review with meta-analysis[J].*J Sci Med Sports*.2010,13(1):2-12.

(责任编辑:何聪)