

踝关节扭伤防护及其康复研究进展

关国平¹, 孟强¹, 牛文鑫², 王璐¹

(1. 东华大学 纺织学院, 纺织面料技术教育部重点实验室, 上海 201620;

2. 同济大学附属上海市养志康复医院, 上海 201619)

摘要: 踝关节扭伤是临床最常见的外科损伤之一。阐述足踝部解剖结构,重点回顾踝关节运动过程中韧带的生物力学状态。同时,分析踝关节扭伤机制,归纳目前踝关节扭伤预防和康复的主要手段,并着重介绍踝护具预防踝关节扭伤的使用及研究进展。进而归纳踝护具的分类及特点,对踝关节扭伤的预防和踝护具的发展进行展望。踝关节外侧韧带损伤的多发性源于踝关节生理结构的内外侧差异,踝护具的改进及新型踝护具的开发应考虑此结构特点。佩戴踝护具对踝关节扭伤防护具有积极意义,在临床康复方面具有缩短康复时间和避免再次受伤的作用。对于踝关节严重扭伤的康复,半刚性护踝比弹性护踝效果更好。

关键词: 踝关节扭伤; 踝护具; 防护; 康复; 韧带损伤

中图分类号: R318.01 文献标志码: A

DOI: 10.3871/j.1004-7220.2016.01.078

Research progress of ankle sprains, protection and rehabilitation

GUAN Guo-ping¹, MENG Qiang¹, NIU Wen-xin², WANG Lu¹ (1. *Key Laboratory of Textile Science and Technology of Ministry of Education, College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China*; 2. *Shanghai Yangzhi Rehabilitation Hospital, Tongji University School of Medicine, Shanghai 201619, China*)

Abstract: Ankle sprains are one of the most common surgical injuries in clinic. In this article, the foot anatomy structure was elaborated, and the biomechanics of ankle ligaments during sports was mainly reviewed. At the same time, the mechanism of ankle sprains was analyzed, the principal means of ankle sprains, prevention and rehabilitation at present were summarized, and the use of ankle braces to prevent ankle sprains as well as its research progress were introduced emphatically. The classification and characteristics of ankle braces were then summarized, and the prevention of ankle sprains and development of ankle braces were prospected. The multiple ankle lateral ligament damage was due to the physiological structure differences between lateral and medial ligaments of the ankle joints, and such structure characteristic should be considered while improving ankle braces and designing new ankle braces. Wearing ankle braces plays a key role in ankle sprains protection, which can shorten the recovery time and avoid re-injury in clinical rehabilitation. For rehabilitation of severe ankle sprains, semi-rigid ankle braces are better than elastic ones.

Key words: Ankle sprains; Ankle brace; Protection; Rehabilitation; Ligament injury

踝关节扭伤常见于运动员、空降兵、运动爱好者等群体中^[1]。踝关节扭伤会对运动员产生不同程度的影响,轻则影响运动水平的发挥,重则导致踝关节反复肿痛,造成慢性踝关节不稳,进而影响职业生涯^[2-3]。若空降兵在跳伞着陆过程中发生踝关节扭伤,则会在很大程度上降低单兵作战能力,增加非战斗减员。

踝关节扭伤占有所有运动损伤的10%~30%^[2]。国外流行病学研究指出,在所有的运动受伤中,踝关节扭伤约占30%,是导致运动员长时间缺席赛程活动的最大原因^[3]。踝关节外侧韧带是最容易发生扭伤的韧带。以美国高校运动员为例,2005~2006年,在所有运动员踝关节扭伤中,外侧韧带损伤占83.4%^[4]。踝关节扭伤危害极大,轻伤可能只导致轻微疼痛感,严重者则无法正常行走。损伤后的踝关节稳定性下降,行走时出现步态异常^[5]。另据报道,踝关节扭伤会引起胫腓骨神经的受损^[6],伴随长期跖屈翻转压力造成的外踝不稳,会对踝部造成进一步的损伤^[7]。

1 踝关节解剖结构

踝关节由距小腿关节和距下关节两个独立的关节组成,连接小腿与足部。距小腿关节由腓骨和胫骨下端与距骨的关节组成,胫骨和腓骨下端形成关节窝,以容纳一个特殊的结构——距骨滑车。关节窝的内侧缘由内踝和胫骨远端部分组成,上缘由腓骨和胫骨的横向扩展端组成,外侧缘由外踝以及腓骨的远端部分组成。在前行时,距小腿关节会经历背屈和跖屈两个阶段。一般情况下,距小腿关节的正常移动范围是:跖屈50°,背屈20°。

踝关节周围韧带包括内侧(三角韧带)和外侧韧带,外侧韧带由距腓前韧带、跟腓韧带和距腓后韧带组成^[8]。距腓前韧带主要应对足踝过度内翻和跖屈,跟腓韧带主要抵抗过度内翻和背屈。踝关节外侧韧带较内侧韧带薄弱,在剧烈运动时,易产生踝关节过度内翻损伤外侧韧带,因而外侧韧带损伤远多于内侧韧带。3条外侧韧带均起自外踝,分别向前、向下、向后内,止于距骨和跟骨,均较为薄弱。

胫腓韧带包括前下胫腓韧带、骨间韧带和后下胫腓韧带以及小腿横韧带。前下胫腓韧带起自腓骨的外侧,近乎居中倾斜分布,最终止于前外侧胫骨结节。骨间韧带位于前下胫腓韧带之下,后下胫腓韧带

起于外侧踝,止于胫骨后外侧。前下胫腓韧带的功能是将胫骨和腓骨紧密结合在一起,以防止足踝关节的过伸。Ogilvie-Harris等^[9]发现,前下和后下胫腓韧带对踝关节稳定性起重要作用。

2 踝关节扭伤及其发生机制

韧带是一种连接骨与骨的软组织,当踝关节受力后活动范围超出极限时,分布在踝关节周围的韧带给距下关节和距小腿关节提供被动的支撑保护。韧带主要由密集平行排列的胶原纤维束构成,呈起伏波浪状排列。当韧带受力时,屈曲波形消失,韧带纤维束伸直,胶原纤维承受额外的拉力,以防止关节过度伸展。如果受力未超过韧带的承受范围,则韧带不发生断裂损伤,踝关节不会损伤,受力消失之后,韧带的波状屈曲可恢复原状。然而,当受力载荷超出韧带的受力范围,或载荷高速施加以致超出神经肌肉响应速度时,会导致韧带胶原纤维的局部微观断裂或整体断裂。

踝关节外侧韧带扭伤通常发生在运动员重心偏移到支撑腿之外、踝关节高速内翻时,如足底落在崎岖的地面上^[10-11]。距腓前韧带是外侧韧带中最薄弱的部分,通常会首先断裂^[12]。在更加严重的扭伤中,跟腓韧带也会受伤^[13]。踝关节在距骨处发生30°~45°的翻转时,外侧韧带会发生撕裂。

在跖屈位内翻时,韧带断裂的一般顺序是:距腓前韧带、跟腓韧带、颈韧带。背屈位内翻时韧带断裂顺序是:跟腓韧带、距腓前韧带、颈韧带。跖屈内翻首先伤及距腓前韧带,背屈内翻首先伤及跟腓韧带。在所有踝关节损伤中,外侧副韧带损伤占31.43%。其次为三踝骨折、双踝的外踝关节扭伤。踝关节外侧韧带的损伤依轻重分为I度(轻)、II度(中)、III度(重)3个等级,各级主要症状表现如表1所示。

表1 踝关节外侧韧带损伤分级

Tab.1 Classification of ankle ligament injuries

分级	症状表现
I度(轻)	韧带松弛、无明显撕裂,局部无肿胀、压痛,功能正常或轻度丧失
II度(中)	韧带部分撕裂,出现肿胀、疼痛、压痛,功能部分丧失
III度(重)	整个韧带断裂,明显的疼痛肿胀,出现踝关节的不稳

3 踝关节扭伤的防护与康复

3.1 踝关节扭伤的防护

目前,踝关节扭伤防护的主要措施有进行足踝

贴扎和佩戴踝护具,两者均有较好的保护效果,但相比而言踝护具防护性更高。Lauren 等^[14]进行的NNT(numbers-needed-to-treat)分析指出,对有踝扭伤病史的运动员而言,为防止一例踝关节扭伤,需要26位运动员贴扎,而踝护具只需要18名运动员。同时,踝护具具有使用操作简单、可重复性使用、易于调节、成本低等优点,但是踝护具舒适感不及贴扎^[15-16]。踝护具已经普遍应用于运动防护领域,被认为是目前预防踝关节扭伤效果最好且成本最低的辅助工具,其成本仅为贴扎的1/3,能有效降低踝关节扭伤的发生率^[14,17]。踝护具可以减少69%的踝关节扭伤,而对于有旧伤的运动员,可以减少71%的扭伤^[3]。踝护具并不能完全避免扭伤的再次发生,从机械力学角度而言,弹性护踝提供的防扭伤反作用保护力有限,不同个体踝部之间存在差异,半刚性护踝与踝部固定时不能周密结合,从而在运动中会产生相对滑移,以上均可能是佩戴护踝仍然发生再次扭伤的原因。踝护具起防护作用的原理可能是提高了踝部的动感知觉,以及通过限制后足的活动,尤其是限制翻转来加强支撑保护作用^[3]。

踝护具发挥的效用取决于其材料、结构、使用方法以及使用者的踝关节稳定性与病史,甚至因性别而异。牛文鑫等^[18-20]在研究跳伞时发现,半刚性护踝仅对男性有显著的保护作用,护踝可改善站立平衡性,同时可使男性胫骨前肌触地前EMG幅值相比赤足提高286 μV 。张禹等^[21]建立了可用于踝关节损伤后力学分析的三维有限元模型,结果表明,弹性模量对足踝有限元计算模型存在影响^[22]。使用弹性绷带和半刚性护踝都能降低踝部损伤发生的几率,但是半刚性护踝具有更显著的保护作用^[17]。Vallat 等^[23]在进行护踝相关性能测试时也发现,在实验室模拟的不同倾斜角度下,佩戴护踝组与赤足组实验结果存在明显差异。

Arnold 等^[24]研究表明,弹性绷带和护踝在足踝保护方面均具有积极作用,弹性绷带和半刚性马蹬式护踝效果尤为显著。在出现外界突发扰动时,踝护具能促使肌肉产生更强的收缩,但并未缩短肌肉神经的反应时间。若肌肉的有效响应发生迟滞,则踝关节受损。踝护具可补偿肌肉神经系统的迟滞反应,在出现意外的情况下,踝关节外翻的延缓为神经肌肉系统的响应争取了时间,使其能在韧带损伤发生前进入响应状态,从而避免踝关节损伤的发生^[24-25]。在落

地前,佩戴护踝并不对踝部肌肉的激活和运动力学产生影响,但可以有效减小足踝翻转角(减小 2°)和翻转速率(减小 $35^\circ/\text{s}$)^[26]。Tréguët 等^[27]在对弹性绷带的研究中却发现,弹性绷带不会对肌肉的活动产生影响,但是弹性绷带提供的机械力学延迟足以使踝部翻转肌产生保护足踝外侧韧带所需的扭矩,佩戴弹性绷带是保护外侧韧带的有效方式。

Gehring 等^[28]研究表明,在近乎扭伤的意外状况下,踝关节的机械力学不稳定性会导致踝关节控制不稳,并易于引发反复性扭伤,故此时护踝提供的外部力学支撑是必要的。

3.2 踝关节扭伤的康复

踝关节扭伤后需要进行及时康复治疗,否则受伤部位易持续肿痛,继而引发陈旧性踝关节损伤。踝韧带损伤的康复治疗视严重程度通常采取不同治疗手段。对于轻微损伤者,可以保守治疗,通过药物和推拿按摩促进康复。Lubbe 等^[29]研究证明,对于踝关节不稳、周期性损伤患者,推拿按摩对其康复具有积极意义。推拿按摩可以明显暂时性减轻疼痛感,降低关节活动限制;对于康复过程中效果不理想的患者,推拿按摩或许能起到理想的辅助作用。虽然其潜在的作用机制尚不清楚,但目前推拿按摩尚未被证实存在任何不利影响^[30]。不同保守治疗方案的临床疗效存在较大差异,尚存在不确定性。

对于韧带断裂者,需要通过手术接合,若存在更为严重的损伤,如缺损破裂,或需进行韧带移植^[8]。踝关节扭伤的康复目标是关节活动度、力量、神经肌肉协调性的恢复。在韧带不能承重的初级阶段,可通过固定单车、水疗等方式恢复关节活动度。当韧带具备一定承重能力时,即进入中级阶段,此阶段在继续恢复关节活动度的同时,进行平衡性掌控训练以及神经肌肉控制力恢复。肿胀疼痛消失后,进行跖屈和背屈功能练习。后期的康复中,加强力量和功能康复训练^[31]。在康复治疗中,佩戴半刚性护踝可加速痊愈,并减少皮肤并发症的发生^[32-33]。伴有旧伤的运动员在康复后的运动中,佩戴护踝能有效避免再次受伤,因为护踝一方面为运动员足踝提供预防支撑,另一方面可以加强本体感受刺激,从而提高运动知觉和传感反馈^[31]。

3.3 踝护具产品应用与研究现状

踝护具按照刚性可分弹性护踝和半刚性护踝两类。弹性护踝分为绷带式和半筒袜式,前者多具有

一定弹性,使用时需要以一定的方式进行缠绕包裹足踝;后者形似去掉足底前部的袜子,亦有部分半筒袜式附带有系紧鞋带,可直接穿套使用。半刚性护踝通常在足踝两侧加有模制塑料片或空气衬垫,对足踝的支撑稳定作用较为显著,多用于运动员康复阶段或新伤不久的返场运动中。踝护具在运动防护

中已广泛应用,常见的品牌有 McDavid、LP、AQ 等。护具材料多采用涤纶、氨纶、尼龙以及氯丁橡胶等,通过针织成型面料,以包覆、缠绕、捆绑等方式对踝关节易损伤部位加以固定防护,减小外踝内翻角度及活动度。表 2 所示归纳了目前几类常见的商用踝护具产品。

表 2 踝护具产品

Tab.2 Ankle support products

分类	产品举例	生产商	材料	特点
绷带式 (弹性护踝)	McDavid433R 超级绑带护踝	迈克达威	聚酯纤维	仿效运动绷带式的绑带设计
	LP694 硅胶弹性绷带	LP	聚酯纤维、合成橡胶	强韧材质可自行调整张力
半筒袜式 (弹性护踝)	McDavid195R	迈克达威	聚酯纤维、锦纶、橡胶、聚氯乙烯	具有八字形绑带
	5061SP	AQ	海绵、OK 布、橡皮筋、莱卡	开放式设计、交叉八字绕法
半刚性护踝	McDavidA101	迈克达威	聚酯纤维	三层聚酯面料设计强化稳固性和支撑性
	LP787U 型双侧弹簧吸震护踝	LP	聚酯纤维、乙烯基、弹性纤维、橡胶	内外两侧附有 U 型可弯曲金属弹簧
	Bauerfeind MalleoLoc	Bauerfeind	苯乙烯类塑料、聚酰胺等	外形符合解剖人体生理结构,可轻松调整形态大小

4 结论与展望

踝关节扭伤是常见的外科损伤,尤以踝关节内翻为多见。踝关节内翻多发生在关节意外受力的情况下,导致外侧韧带的拉伤或断裂。对于运动爱好者或特殊职业人群而言,如空降兵和登山队员等,运动之前的防护必不可少。佩戴踝护具是目前应用广泛、效果较好的一种防护手段。而且,无论对于既往病史者还是伤愈康复阶段的患者,踝护具对踝关节的保护和踝关节扭伤的愈合仍然具有显著效果。

尽管目前已经有不少成熟的踝护具产品应用于生活和临床,但是随着踝关节扭伤病理及生物力学机制的探究,踝护具仍然有改进的空间。比如,半刚性护踝的舒适性欠佳,较大限制了关节活动的灵活度,个性化产品供应不足等。因此,未来开发新一代护踝的方向可能是基于人体工学的个性化产品的快速响应。这不仅可以解决尺寸不匹配和舒适性不佳的问题,也在发挥保护作用的同时最大限度地保证了关节的灵活度。

当然,损伤的基础研究还有待进一步深入,如足踝初次扭伤的解剖学、神经反应、生理学及心理学的变化鲜有报道。再次受伤与首次受伤之间的关系,上述变参量之间的关系以及对后续损伤的评估也鲜

有研究。相信随着基础研究的发展,未来踝关节扭伤的防护和康复必将走上一个新台阶。

参考文献:

- [1] Waterman BR, Belmont Jr PJ, Cameron KL, et al. Epidemiology of ankle sprain at the United States Military Academy [J]. Am J Sports Med, 2010, 38(4): 797-803.
- [2] Fong DTP, Hong Y, Chan LK, et al. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports [J]. Sports Med, 2007, 37(1): 73-94.
- [3] Dizon JM, Reyes JJ. A systematic review on the effectiveness of external ankle supports in the prevention of inversion ankle sprains among elite and recreational players [J]. J Sci Med Sport, 2010, 13(3): 309-317.
- [4] Nelson AJ, Collins CL, Yard EE, et al. Ankle injuries among United States high school sports athletes, 2005-2006 [J]. J Athl Train, 2007, 42(3): 381-387.
- [5] 孟庆华, 鲍春雨, 陈超, 等. 男性青年踝关节外侧副韧带损伤后行走步态分析[J]. 医用生物力学, 2014, 29(4): 363-369. Meng QH, Bao CY, Chen C, et al. Gait analysis on young male with collateral ligament injury of ankle joint [J]. J Med Biomech, 2014, 29(4): 363-369.
- [6] Hunt GC. Injuries of peripheral nerves of the leg, foot and ankle: An often unrecognized consequence of ankle sprains [J]. Foot, 2003, 13(1): 14-18.
- [7] Miller A, Raikin SM. Lateral ankle instability [J]. Oper

- Tech Sports Med, 2014, 22(4): 282-289.
- [8] 美国平, 关红涛, 王璐. 韧带损伤及人工韧带应用与研究[J]. 生物医学工程学进展, 2013, 34(4): 234-238.
- [9] Taylor DC, Tenuta JJ, Uhorchak JM, *et al.* Aggressive surgical treatment and early return to sports in athletes with grade III syndesmosis sprains [J]. Am J Sports Med, 2007, 35(11): 1833-1838.
- [10] Andersen TE, Floerenes TW, Arnason A, *et al.* Video analysis of the mechanisms for ankle injuries in football [J]. Am J Sports Med, 2004, 32(S1): 69S-79S.
- [11] Wilkerson GB, Caturano RW. Invertor versus evertor peak torque and power deficiencies associated with later ankle ligament injury [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1997, 26(2): 78-86.
- [12] Safran MR, Benedetti RS, Bartolozzi AR 3rd, *et al.* Lateral ankle sprains: A comprehensive review: part 1: etiology, pathoanatomy, histopathogenesis, and diagnosis [J]. Med Sci Sports Exerc, 1999, 31(7S): S429-S437.
- [13] Hollis JM, Blasier RD, Flahiff CM. Simulated lateral ankle ligamentous injury. Change in ankle stability [J]. Am J Sports Med, 1995, 23(6): 672-677.
- [14] Olmsted LC, Vela LI, Denegar CR, *et al.* Prophylactic ankle taping and bracing: A numbers-needed-to-treat and cost-benefit analysis [J]. J Athl Train, 2004, 39(1): 95-100.
- [15] Fumich RM, Ellison AE, Guerin GJ, *et al.* The measured effect of taping on combined foot and ankle motion before and after exercise [J]. Am J Sports Med, 1981, 9(3): 165-170.
- [16] Mickel TJ, Bottoni CR, Tsuji G, *et al.* Prophylactic bracing versus taping for the prevention of ankle sprains in high school athletes: A prospective, randomized trial [J]. J Foot Ankle Surg, 2006, 45(6): 360-365.
- [17] Evans LJ, Clough A. Prevention of ankle sprain: A systematic review [J]. Inter Musculoskel Med, 2012, 34(4): 146-158.
- [18] Niu WX, Wang Y, Yao J, *et al.* Consideration of gender differences in ankle stabilizer selection for half-squat parachute landing [J]. Aviat Space Environ Med, 2011, 82(12): 1118-1124.
- [19] 牛文鑫, 王畅, 何艳, 等. 模拟跳伞着陆中踝关节防护对下肢肌电活动性的影响[J]. 医用生物力学, 2010, 25(4): 239-243.
- Niu WX, Wang Y, He Y, *et al.* Effects of ankle stabilizers on electromyographic activities of lowerextremity muscles during simulated half-squat parachute landing [J]. J Med Biomech, 2010, 25(4): 239-243.
- [20] Niu WX, Yao J, Chu ZW, *et al.* Effects of ankle eversion, Limb laterality, and ankle stabilizers on transient postural stability during unipedal standing [J]. J Med Biol Eng, 2015, 35(1): 69-75.
- [21] 张禹, 刘志成, 成永忠, 等. 旋后外旋型踝关节损伤有限元模型的建立与力学分析[J]. 医用生物力学, 2012, 27(3): 282-288.
- Zhang Y, Liu ZC, Cheng YZ, *et al.* Finite element modeling and mechanical analysis on supinationexternal rotation ankle injury [J]. J Med Biomech, 2012, 27(3): 282-288.
- [22] Niu WX, Wang LJ, Feng TN, *et al.* Effects of bone Young's modulus on finite element analysis in the lateral ankle biomechanics [J]. Appl Bionics Biomech, 2013, 10(4): 189-195.
- [23] Vallat J, Calmels P, Rimaud D. The effects of different sudden ankle inversion degrees on ankle brace efficacy [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2013, 56(Suppl 1): e32-e33.
- [24] Arnold BI, Docherty CL. Bracing and rehabilitation — What's new? [J]. Clin Sports Med, 2004, 23(1): 83-95.
- [25] Vaes P, Van Gheluwe B, Duquet W. Control of acceleration during sudden ankle supination in people with unstable ankles [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2001, 31(12): 741-752.
- [26] Gehring D, Wissler S, Lohrer H, *et al.* Expecting ankle tilts and wearing an ankle brace influence joint control in an imitated ankle sprain mechanism during walking [J]. Gait Posture, 2014, 39(3): 894-898.
- [27] Tréguët P, Merland F, Horodyski MB. A comparison of the effects of ankle taping styles on biomechanics during ankle inversion [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2013, 56(2): 113-122.
- [28] Gehring D, Faschian K, Lauber B, *et al.* Mechanical instability destabilises the ankle joint directly in the ankle-sprain mechanism [J]. Br J Sports Med, 2014, 48(5): 377-382.
- [29] Lubbe D, Lakhani E, Brantingham JW, *et al.* Manipulative therapy and rehabilitation for recurrent ankle sprain with functional instability: A short-term, assessor-blind, parallel-group randomized trial [J]. J Manipulative Physiol Ther, 2015, 38(1): 22-34.
- [30] Loudon JK, Reiman MP, Sylvain J. The efficacy of manual joint mobilisation/manipulation in treatment of lateral ankle sprains: A systematic review [J]. Br J Sports Med, 2014, 48(5): 365-370.
- [31] Chinn L, Hertel J. Rehabilitation of ankle and foot injuries in athletes [J]. Clin Sports, 2010, 29(1): 157-167.
- [32] Petersen W, Rembitzki IV, Koppenburg AG, *et al.* Treatment of acute ankle ligament injuries: A systematic review [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133(8): 1129-1141.
- [33] Lardenoye S, Theunissen E, Cleffken B, *et al.* The effect of taping versus semi-rigid bracing on patient outcome and satisfaction in ankle sprains: A prospective, randomized controlled trial [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2012, 13: 81.