

• 论 著 •

TightRope 弹性固定联合下胫腓韧带功能性全修复治疗下胫腓联合损伤



薛阳, 赵永杰, 邓明明, 付炳金, 尹刚, 刘颖, 孙广超

滨州医学院附属医院足踝外科 (山东滨州 256603)

【摘要】 目的 研究 TightRope 弹性固定联合下胫腓韧带功能性全修复治疗下胫腓联合损伤的临床疗效。方法 回顾性分析 2020 年 1 月–2022 年 1 月收治且符合选择标准的 34 例下胫腓联合损伤患者临床资料, 按照手术方式分为改良组 (采用 TightRope 弹性固定联合下胫腓韧带功能性全修复) 和对照组 (采用下胫腓螺钉固定修复), 每组 17 例。两组患者年龄、性别、身体质量指数、骨折分型等基线资料比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。记录两组患者手术时间、术中出血量及并发症发生情况; 术后采用美国矫形足踝协会 (AOFAS) 评分、踝关节跖屈和背伸活动度评价患者踝关节功能恢复情况; 末次随访时进行患者满意度调查。结果 两组患者均获随访, 随访时间 8~20 个月, 中位时间 13 个月。改良组手术时间及术中出血量均显著多于对照组 ($P<0.05$)。改良组无感染及复位不良等并发症发生, 仅有 1 例患者于术后 6 个月发生 TightRope 线结反应; 对照组发生 2 例复位不良、1 例下胫腓螺钉断裂、1 例皮下感染 (经抗感染治疗后好转); 两组并发症发生情况比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。末次随访时改良组 AOFAS 评分及踝关节跖屈、背伸活动度均明显优于对照组 ($P<0.05$)。改良组和对对照组患者满意度分别为 94.1% 和 82.4%, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。结论 TightRope 弹性固定联合下胫腓韧带功能性全修复方法治疗下胫腓联合损伤, 固定强度足够, 与传统螺钉固定相比可取得更好临床疗效。

【关键词】 弹性固定; Tightrope; 下胫腓关节损伤; 下胫腓韧带; 修复

TightRope elastic fixation combined with functional total repair of inferior tibiofibular ligament in treatment of distal tibiofibular syndesmosis injury

XUE Yang, ZHAO Yongjie, DENG Mingming, FU Bingjin, YIN Gang, LIU Ying, SUN Guangchao

Department of Foot and Ankle Surgery, Binzhou Medical University Hospital, Binzhou Shandong, 256603, P. R. China

Corresponding author: SUN Guangchao, Email: sunguangchao1984@126.com

【Abstract】 Objective To study the effectiveness of TightRope elastic fixation combined with functional total repair of the inferior tibiofibular ligament in the treatment of distal tibiofibular syndesmosis injury. **Methods** The clinical data of 34 patients with distal tibiofibular syndesmosis injury who met the selection criteria between January 2020 and January 2022 were retrospectively analyzed, and they were divided into improved group (TightRope elastic fixation combined with functional total repair of inferior tibiofibular ligament) and control group (distal tibiofibular screw fixation) according to the surgical methods, with 17 cases in each group. There was no significant difference in age, gender, body mass index, fracture type, and other baseline data between the two groups ($P>0.05$). The operation time, intraoperative blood loss, and complications were recorded in the two groups. The American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) score, ankle metatarsal flexion and dorsal extension range of motion were used to evaluate the ankle function. The patient satisfaction survey was conducted at last follow-up. **Results** All 34 patients were followed up 8-20 months, with a median of 13 months. The operation time and intraoperative blood loss in the improved group were significantly longer than that in the control group ($P<0.05$). In the improved group, no infection or poor reduction occurred, and only 1 patient had TightRope knot reaction at 6 months after operation. In the control group, there were 2 cases of poor reduction, 1 case of lower tibiofibular screw rupture, and 1 case of subcutaneous infection (cured after anti-infection treatment). There was no significant difference in the incidence of complications between the two groups

DOI: 10.7507/1002-1892.202305020

通信作者: 孙广超, Email: sunguangchao1984@126.com

($P>0.05$). At last follow-up, the AOFAS score and ankle metatarsal flexion and dorsal extension range of motion of the improved group were significantly better than those of the control group ($P<0.05$). The satisfaction rates of patients in the improved group and the control group were 94.1% and 82.4%, respectively, showing significant difference ($P<0.05$).

Conclusion TightRope elastic fixation combined with functional total repair of inferior tibiofibular ligament in the treatment of distal tibiofibular syndesmosis injury has sufficient fixation strength, and can achieve better effectiveness and joint function compared with traditional screw fixation.

【Key words】 Elastic fixation; TightRope; distal tibiofibular syndesmosis injury; inferior tibiofibular ligament; repair

下胫腓联合损伤为临床常见损伤,多因足外旋暴力作用于踝关节所致,在踝关节扭伤(5%~10%)或踝关节骨折(23%)中常见,多见于旋后-外旋型及旋前-外旋型骨折^[1-2],在Maisonneuve骨折中也合并有下胫腓联合损伤^[3]。下胫腓联合损伤或脱位会导致踝关节稳定性差,若漏诊或复位修复不良,容易导致慢性踝关节不稳及创伤性关节炎发生。目前临床上治疗方法主要包括静态固定和弹性固定^[4]。静态固定为1~2枚螺钉固定下胫腓关节,缺点为需要二次手术取出,且容易发生下胫腓关节复位不良^[5]。弹性固定为采用带袢钛板弹性固定下胫腓关节,是目前临床中常用方式,其优势为固定方式更加符合下胫腓关节微动特点,可以降低下胫腓关节不良复位率^[4]。既往研究表明,与螺钉固定相比,弹性固定可以获得更好踝关节功能^[6-8]。然而,其缺点为单一的弹性固定装置在踝关节水平上抗旋转能力差,从而导致早期固定失效发生。为解决传统弹性固定的缺点,本研究采用TightRope联合下胫腓前后韧带功能性全修复方法治疗下胫腓联合损伤,并总结临床疗效。报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

纳入标准:术前影像学资料或术中证实存在下胫腓关节不稳或下胫腓关节脱位的踝关节骨折,或无骨折的下胫腓关节脱位。排除标准:①患者伤前已有踝关节畸形或足部畸形或严重关节炎的踝关节骨折;②有较严重关节面损伤的Pilon骨折;③开放性踝关节骨折;④双侧踝关节骨折。

2020年1月-2022年1月共34例患者符合选择标准纳入研究。根据手术方式分为TightRope联合韧带修复组(改良组)和螺钉修复组(对照组),每组17例。两组患者年龄、性别、身体质量指数(body mass index, BMI)、骨折分型等基线资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表1。

1.2 手术方法

1.2.1 术前准备 患者术前均行踝关节正侧位、踝穴位X线片及踝关节CT检查。手术在踝部软组织肿胀消退、Wrinkle征(+)后进行。若踝关节出现脱位,入院即刻行手法复位石膏外固定。

1.2.2 手术方法 两组手术均由同一组医师完成。患者于持续硬膜外麻醉联合蛛网膜下腔阻滞麻醉或全身麻醉下,行切开复位内固定术。术中將外踝、内踝以钢板或空心螺钉固定后,采用Hook试验和外旋应力试验确认下胫腓关节存在不稳定性损伤或脱位。改良组:将下胫腓关节稳定结构分为前方结构[下胫腓前韧带(anterior-inferior tibiofibular ligament, AITFL)和Tillaux-Chaput结节]、中间结构[骨间韧带(interosseous ligament, ITFL)]、后方结构[下胫腓后韧带(posterior-inferior tibiofibular ligament, PITFL)和Volkman结节]。见图1。根据损伤结构不同分别采用以下方法修复:前方结构损伤以锚钉或线带修复AITFL或螺钉固定撕脱骨块;中间结构损伤以TightRope弹性固定;后方结构损伤以拉力螺钉加压固定后踝撕脱骨块或以锚钉或线带修复PITFL。见图2。对照组:采用1~2枚3.5mm皮质骨螺钉于踝关节上方约2cm处贯穿3~4层皮质固定下胫腓关节。

1.3 术后处理及疗效评价指标

术后即刻冷敷减轻切口肿胀。术后24h后开始非负重被动踝关节功能锻炼。术后4周开始部分负重行走,术后8周左右开始全负重功能锻炼。对照组于术后3个月后取出下胫腓固定螺钉。

记录两组患者手术时间、术中出血量及并发症发生情况;术后1、2、3、6个月定期门诊复查,摄踝关节X线片。术后采用美国矫形足踝协会(AOFAS)评分、踝关节跖屈和背伸活动度评价患者踝关节功能恢复情况;末次随访时采用自拟满意度调查表对患者进行满意度调查,分为非常满意、满意、一般、不满意4项,以非常满意和满意患者所占比例作为患者满意度。

表 1 两组患者基线资料比较 (n=17)

Tab.1 Comparison of baseline data between the two groups (n=17)

基线资料 Baseline data	改良组 Improved group	对照组 Control group	统计量 Statistical value	P 值 P value
年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	35.88±11.35	36.76±11.09	$t=-0.229$	0.820
性别 (男/女, 例)	10/7	8/9	$\chi^2=0.472$	0.492
BMI ($\bar{x}\pm s$, kg/m ²)	23.65±3.35	22.88±4.09	$t=0.596$	0.555
Lauge-Hansen 分型 (PER/PA/SER, 例)	6/2/9	8/2/7	$\chi^2=0.259$	0.879

PER: 旋前-外旋型, PA: 旋前-外展型, SER: 旋后-外旋型
 PER: Pronation-extorsion; PA: Pronation-abduction; SER: Supination-extorsion

1.4 统计学方法

采用 SPSS21.0 统计软件进行分析。计量资料行 Shapiro-Wilk 正态性检验, 均符合正态分布, 数据以均数±标准差表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法; 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

改良组手术时间及术中出血量均显著多于对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。两组患者均获随访, 随访时间 8~20 个月, 中位时间 13 个月。改良组无感染及复位不良等并发症发生, 仅有 1 例患者于术后 6 个月发生 TightRope 线结反应; 对照组发生 2 例复位不良、1 例下胫腓螺钉断裂、1 例皮下感染 (经抗感染治疗后好转); 两组并发症发生情况比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。末次随访时改良组 AOFAS 评分及踝关节跖屈、背伸活动度均明显优于对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。改良组和对照组患者满意度分别为 94.1% 和 82.4%, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 2、图 3。

3 讨论

3.1 “踝关节稳定环”的新理念

Neer^[9]于 1953 年就提出“踝关节稳定环”的概念, 即踝关节冠状面上的环, 由内踝、内侧韧带、下胫腓韧带、外踝、外侧副韧带组成, 若有 2 个及以上结构受损, 踝关节稳定性会受到影响。近年来随着“全修复理念”的提出^[10], 研究者们认为踝关节稳定的环结构并不是一个硬质连续的环, 而是一个骨-韧带-骨结构的环, 若某一处断裂, 整个环就处于一种欠稳定状态。所以全修复理念认为需要修复全部韧带结构以维持一个有张力的环, 才能保持良好稳定性。本研究认为维持踝关节稳定同样存在横断面上的“下胫腓关节稳定环”, 即由胫腓前韧带、ITFL、胫腓后韧带及胫骨 (Tillaux-Chaput 结节和 Volkman 结节) 和腓骨所组成的环结

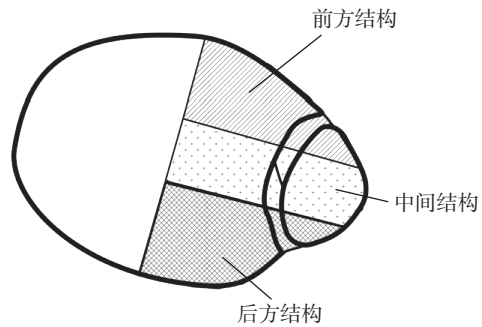


图 1 下胫腓稳定结构模式图

Fig.1 Schematic diagram of the stable structure of the distal tibiofibular syndesmosis

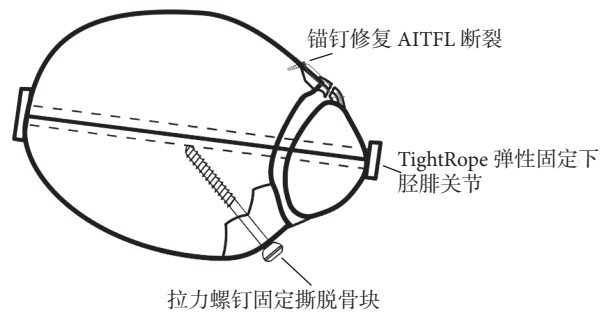


图 2 功能性全修复模式图

Fig.2 Schematic diagram of functional total repair

构, 环的一处受到损伤, 整个环则缺乏稳定性。下胫腓关节稳定环的稳定性也决定着踝关节稳定性。

3.2 下胫腓韧带的作用

在维持下胫腓联合稳定的结构中, AITFL 在维持踝关节稳定中起重要作用。有研究表明其在踝关节外旋暴力下提供主要对抗力量, 并且有踝关节活动机械感受器的作用^[11-12]。同样, PITFL 及后踝也起着维持踝关节横断面稳定性的作用。研究表明, 固定后踝骨块可以维持踝关节 70% 的稳定性, 而单纯固定下胫腓联合仅能维持 40% 的强度^[13]。这为本研究中的全修复方法提供了理论基础。与螺钉固定相比, 弹性固定更具有不稳定性。修复胫腓前后韧带, 可以增强弹性固定所带来的不稳定性。近年来, 固定后踝骨块能够加强下胫腓关节稳

表 2 两组患者结局指标比较 (n=17)

Tab.2 Comparison of outcome indicators between the two groups (n=17)

结局指标 Outcome indicator	改良组 Improved group	对照组 Control group	效应值 (95%CI) Effect value (95%CI)	P 值 P value
手术时间 ($\bar{x}\pm s$, min)	93.88±9.31	78.12±8.31	MD=15.76 (9.60, 21.93)	<0.001
术中出血量 ($\bar{x}\pm s$, mL)	64.41±11.97	48.47±8.83	MD=15.94 (8.59, 23.29)	<0.001
AOFAS 评分 ($\bar{x}\pm s$, 分)	94.7±3.3	91.8±2.8	MD=2.88 (0.73, 5.03)	0.010
跖屈活动度 ($\bar{x}\pm s$, °)	41.41±5.50	35.64±3.86	MD=5.76 (2.45, 9.08)	0.010
背伸活动度 ($\bar{x}\pm s$, °)	25.65±4.14	15.76±3.38	MD=9.88 (7.24, 12.52)	<0.001
并发症 (发生/不发生, 例)	1/16	4/13	RR=0.20 (0.12, 0.18)	0.335
患者满意度 (非常满意/满意/一般/不满意, 例)	7/9/0/1	2/12/2/1	—	0.047



图 3 改良组患者, 女, 32 岁, 左踝关节骨折 (旋前-外旋型损伤) a. 术前踝关节正侧位 X 线片; b, c. 术前 CT 及三维重建示 AITFL 止点撕脱骨折 (白箭头) 和后踝撕脱骨折 (红箭头); d. 术后即刻踝关节正侧位 X 线片示下胫腓关节复位好; e. 术后 15 个月踝关节正侧位 X 线片示骨折愈合良好, 下胫腓关节对应关系良好; f. 术后 15 个月踝关节功能恢复好

Fig.3 A 32-year-old female patient suffered from a left ankle fracture (pronation-extorsion rotation) in the improved group a. Preoperative anteroposterior and lateral X-ray films of ankle joint; b, c. Preoperative CT scan and three-dimensional views suggested avulsion fracture of the AITFL insertion (white arrow) and avulsion fracture of the posterior malleolus (red arrow); d. Immediate postoperative anteroposterior and lateral X-ray films of ankle joint showed good reduction of the tibiofibular joint; e. Anteroposterior and lateral X-ray films of ankle joint at 15 months after operation showed that the fracture healed well and the inferior tibiofibular joint had a good corresponding relationship; f. Ankle joint function recovered well at 15 months after operation

定性的观点已得到足够重视, 而下胫腓韧带修复尚缺乏足够临床研究。

3.3 单束弹性固定的弊端

单束弹性固定有其生物力学上的弊端, 如骨质疏松、隧道方向偏移、电线效应等造成的松动 (图 4)。Stake 等^[14]研究认为, 单束弹性固定力量薄弱, 不能稳定如伴有后踝骨折的胫腓关节分离。作者在生物力学试验中得出加强 AITFL 可以增强下胫腓关节外旋稳定性的结论, 固定后踝骨折可以进一步增强稳定性, 而单纯 Suture Button 仅使腓骨内移而并

未增加足够稳定性。Takahashi 等^[15]和 Shoji 等^[16]也得出类似结论。

为弥补这个缺陷, 也有学者采用双束弹性固定, 模拟下胫腓前后韧带方向固定胫腓关节, 以提供更好稳定性^[17]。本研究结合以上最新生物力学研究, 采用下胫腓结构功能性全修复方法进一步增强了下胫腓联合稳定性。

3.4 弹性固定下胫腓关节的优势

Obey 等^[18]的一项多中心研究认为, 采用弹性固定治疗下胫腓关节损伤较螺钉固定有更好的特

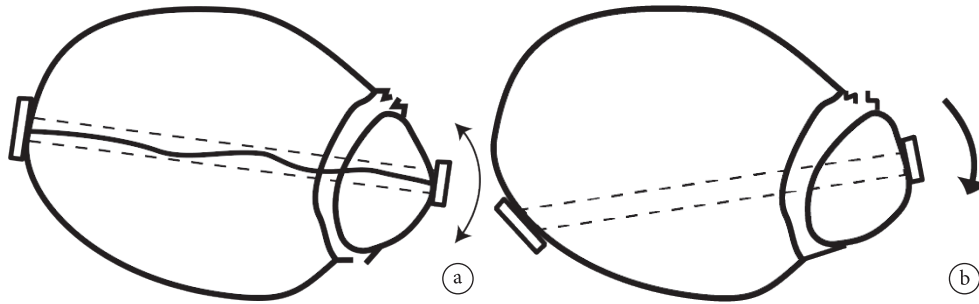


图4 单束弹性固定不稳定模式图 a. 电线效应造成前后不稳定; b. 隧道偏离造成“开书样”不稳定

Fig.4 Diagram of the instability of a single elastic fixation a. Anterior and posterior instability due to wire effect; b. “Open-book” instability caused by tunnel deviation

纳活动量表 (TAS) 评分。Xu 等^[19]和 Schepers^[20]的 Meta 分析得出, 在下胫腓关节损伤治疗中, 弹性固定组患者比螺钉固定组患者能够更早返回工作, 关节功能恢复更好, 无需额外手术取出螺钉。本研究中, 改良组术后踝关节跖屈、背伸活动度及 AOFAS 评分明显优于对照组, 主要归因于: ① 医生告知患者螺钉固定有断钉风险后, 许多患者不敢负重及功能锻炼, 可能造成对照组功能较差; ② 弹性固定状态下更符合下胫腓关节微动的生理结构, 能够增加踝关节背伸活动度。末次随访时改良组患者满意度优于对照组, 其中改良组 7 例非常满意患者中, 有 5 例认为无需短期内再次手术取出螺钉是令其满意的主要原因。

3.5 手术技巧

结合本组患者治疗情况及文献复习, 我们总结了以下手术技巧。① 避免线结反应。通过将线结或纽扣装置周围的骨膜或肌筋膜包埋, 可降低线结反应发生率, 但仍有 1 例出现外侧纽扣钢板及线结不适感。② 利用弹性固定装置避免复位不良。在复位下胫腓联合过程中不采用复位钳钳夹及克氏针临时固定, 而是在手法复位基础上, 利用弹性固定装置收线复位并收紧固定。另外, 也有研究报道^[21]采用弹性固定方式的患者, 适当进行功能锻炼可能促使复位不良的关节再复位。③ 经钢板弹性固定的手术技巧。对于低位外踝骨折, 外踝钢板会占用 TightRope 骨隧道居中的最佳位置, 不经钢板固定会使得其隧道偏后 (失去居中的隧道), 从而失去固定的最大效能; 经过钢板孔固定时, 隧道的方向取决于钢板位置摆放, 若钢板位置不良也会失去隧道的最佳位置。隧道位置不良会造成收紧线结时出现下胫腓关节二次复位不良, 导致下胫腓关节“开书样”表现。解决方法有两种, 其一, 在复位外踝及内踝基础上可提前预置隧道, 并置入 TightRope, 自钢板孔穿出锁扣后再行钢板锁钉固

定, 最后收紧 TightRope。其二, 经钢板加压孔以克氏针钻取居中隧道并打出内踝上方皮肤, 空心钻自踝关节内侧向外侧钻 (因钻头较粗, 角度受限, 难以从外侧穿过钢板孔), 然后再自外侧向内侧导入 TightRope。

綜上述, 采用 TightRope 弹性固定联合下胫腓韧带功能性全修复方法治疗下胫腓关节损伤, 与传统螺钉固定相比可获得更好的关节功能, 临床疗效较好。但本研究病例数较少、随访时间较短, 该术式的临床疗效还需扩大样本量、延长随访时间并进行多中心研究进一步明确。

利益冲突 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突
伦理声明 研究方案经滨州医学院附属医院科研伦理委员会批准 ([2023] 伦审字 (LW-81) 号)

作者贡献声明 孙广超: 研究设计、手术方案设计与实施, 对文章内容审阅和指导; 付炳全、邓明明、尹刚: 研究实施及病例随访; 赵永杰: 数据收集整理及统计分析; 薛阳: 文章撰写; 刘颖: 行政支持

参考文献

- 1 Chissell HR, Jones J. The influence of a diastasis screw on the outcome of Weber type-C ankle fractures. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1995, 77(3): 435-438.
- 2 Leeds HC, Ehrlich MG. Instability of the distal tibiofibular syndesmosis after bimalleolar and trimalleolar ankle fractures. *J Bone Joint Surg (Am)*, 1984, 66(4): 490-503.
- 3 Pankovich AM. Maisonneuve fracture of the fibula. *J Bone Joint Surg (Am)*, 1976, 58(3): 337-442.
- 4 张如意, 云才. 下胫腓联合损伤的弹性固定治疗进展. *医学综述*, 2018, 24(24): 4899-4902, 4907.
- 5 Tornetta P, Yakavonis M, Veltre D, et al. Reducing the syndesmosis under direct vision: Where should I look? *J Orthop Trauma*, 2019, 33(9): 450-454.
- 6 Bondi M, Rossi N, Pizzoli A, et al. The use of TightRope fixation for ankle syndesmosis injuries: our experience. *Musculoskelet Surg*, 2016, 100(3): 217-222.

- 7 Thornes B, Shannon F, Guiney AM, *et al.* Suture-button syndesmosis fixation: accelerated rehabilitation and improved outcomes. *Clin Orthop Relat Res*, 2005, (431): 207-212.
- 8 Cottom JM, Hyer CF, Philbin TM, *et al.* Transosseous fixation of the distal tibiofibular syndesmosis: comparison of an interosseous suture and endobutton to traditional screw fixation in 50 cases. *J Foot Ankle Surg*, 2009, 48(6): 620-630.
- 9 Neer CS. Injuries of the ankle joint, evaluation. *Conn State Med J*, 1953, 17(7): 580-583.
- 10 李西善. 解剖学修复 AITSI 的有限元分析. 广州: 广州中医药大学, 2019.
- 11 Khambete P, Harlow E, Ina J, *et al.* Biomechanics of the distal tibiofibular syndesmosis: A systematic review of cadaveric studies. *Foot Ankle Orthop*, 2021, 6(2): 24730114211012701. doi: 10.1177/24730114211012701.
- 12 Yeo ED, Rhyu IJ, Kim HJ, *et al.* Can Bassett's ligament be removed? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(4): 1236-1242.
- 13 Gardner MJ, Brodsky A, Briggs SM, *et al.* Fixation of posterior malleolar fractures provides greater syndesmotic stability. *Clin Orthop Relat Res*, 2006, 447: 165-171.
- 14 Stake IK, Bryniarski AR, Brady AW, *et al.* Effect of posterior malleolar fixation on syndesmotic stability. *Am J Sports Med*, 2023, 51(4): 997-1006.
- 15 Takahashi K, Teramoto A, Murahashi Y, *et al.* Comparison of treatment methods for syndesmotic injuries with posterior tibiofibular ligament ruptures: A cadaveric biomechanical study. *Orthop J Sports Med*, 2022, 10(9): 23259671221122811. doi: 10.1177/23259671221122811.
- 16 Shoji H, Teramoto A, Suzuki D, *et al.* Suture-button fixation and anterior inferior tibiofibular ligament augmentation with suture-tape for syndesmosis injury: A biomechanical cadaveric study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2018, 60: 121-126.
- 17 张如意, 云才, 苏鹏, 等. 双隧道弹性固定下胫腓联合损伤. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(8): 742-745.
- 18 Obey MR, Schafer K, Matheny LM, *et al.* Syndesmotic suture button fixation results in higher tegner activity scale scores when compared to screw fixation: A multicenter investigation. *Foot Ankle Spec*, 2023. doi: 10.1177/19386400231174829.
- 19 Xu K, Zhang J, Zhang P, *et al.* Comparison of suture-button versus syndesmotic screw in the treatment of distal tibiofibular syndesmosis injury: A meta-analysis. *J Foot Ankle Surg*, 2021, 60(3): 555-566.
- 20 Schepers T. Acute distal tibiofibular syndesmosis injury: a systematic review of suture-button versus syndesmotic screw repair. *Int Orthop*, 2012, 36(6): 1199-1206.
- 21 Ígrek S, Ulusoy Í. What is the best treatment for syndesmosis fixation? Suture-button or syndesmotic screw? Bilateral CT-based early postoperative analysis. *Foot Ankle Surg*, 2023, 29(2): 128-135.

收稿日期: 2023-05-09 修回日期: 2023-07-14
本文编辑: 王雁