

踝关节骨折伴三角韧带断裂的诊断与治疗

李 彪, 唐保明*

青海大学, 青海 西宁

收稿日期: 2022年7月24日; 录用日期: 2022年8月22日; 发布日期: 2022年8月29日

摘 要

旋后外旋踝关节骨折的最后阶段包括内踝横向骨折或三角韧带断裂。当三角韧带断裂时, 踝关节会发生“双踝骨折”, 外科医生在诊断和治疗上都面临一些挑战。在自然踝关节, 三角韧带对距骨的外翻和外旋提供约束。在双踝等效踝骨折中, 即使腓骨复位后也经常有明显的内侧不稳定。从理论上讲, 三角韧带收缩后在非解剖位置愈合可能导致不稳定、持续的内踝疼痛和踝关节功能丧失, 并有早期关节炎的风险。在轻度病例中, 三角韧带损伤可能不明显, 潜在的诊断技术包括术前和术中应力x线片、MRI和超声检查。最常见的损伤类型是从内踝撕脱, 目前大多数修复技术包括直接修复关节囊和三角韧带损伤, 包括内踝缝线锚钉和三角韧带浅、深层直接缝合。到目前为止, 与单纯腓骨切开复位内固定相比, 加用三角韧带修复的临床效果更好的证据有限。

关键词

三角韧带损伤, 踝关节骨折, 韧带修复, 疗效

Diagnosis and Treatment of Ankle Joint Fracture with Deltoid Ligament Fracture

Biao Li, Baoming Tang*

Qinghai University, Xining Qinghai

Received: Jul. 24th, 2022; accepted: Aug. 22nd, 2022; published: Aug. 29th, 2022

Abstract

The last stage of a supination-external rotation ankle fracture involves either transverse fracture of the medial malleolus or rupture of the deltoid ligament. When the deltoid ligament ruptures, a “bimalleolar equivalent” ankle fracture occurs, and the surgeon is presented with several diagnostic and therapeutic challenges. In the native ankle, the deltoid ligament provides restraint to

*通讯作者。

eversion and external rotation of the talus on the tibia. In bimalleolar equivalent ankle fractures, there is often gross medial instability even after fibular reduction. Retraction of the deltoid with subsequent healing in a nonanatomic position theoretically may cause instability, persistent medial gutter pain, and loss of function with risk of early arthritis. In mild cases, deltoid injury may not be obvious, and potential diagnostic techniques include preoperative and intraoperative stress radiography, MRI, and ultrasonography. The most common injury pattern is avulsion from the medial malleolus, and most current repair techniques involve direct repair of the capsular and deltoid injuries involving suture anchors in the medial malleolus and imbrication of the superficial and deep deltoid fibers. To date, there is limited evidence of superior clinical outcomes with the addition of deltoid repair compared with open reduction and internal fixation of the fibula alone.

Keywords

Rupture of the Deltoid Ligament, Ankle Fracture, Ligament Repair, Curative Effect

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

踝关节大部分旋转损伤符合 Lauge-Hansen 在 1950 年里程碑式的研究中提出的旋后外旋(supination external rotation)模型[1] [2]。根据这一模型,足旋后时距骨的外旋导致下胫腓前韧带断裂,外踝斜形骨折,下胫腓后韧带断裂(或后踝的骨折),内踝横形骨折或三角韧带断裂。三角韧带断裂前内踝骨折称为双踝骨折,需对双踝进行切开复位内固定以恢复踝穴的稳定性。然而,当三角韧带断裂而内踝保持完整时,这种损伤被称为双踝等效性踝关节骨折,这表明虽然内踝保持完整,但三角韧带断裂使踝关节功能不稳定。在这些病例中推荐腓骨切开复位内固定术,如果不稳定,通常采用下胫腓联合固定修复。然而,关于三角韧带完整性的评估和三角韧带修复的长期后果仍存在争议。

2. 解剖学和生物力学

胫距关节被描述为一种榫卯关节,因为它与同名的木工关节相似。内踝、外踝和后踝及其支撑韧带、胫骨平台和距骨穹隆的轮廓稳定胫骨下的距骨[3] [4]。韧带联合在切口内稳定腓骨。在外侧,距腓前、后韧带和跟腓韧带约束距骨内翻和前/后平移。在内侧,三角韧带复合体稳定了距骨与内踝的关系。

三角韧带复合体是一个巨大的扇形结构,起源于内踝,广泛插入距骨、跟骨和舟骨[5]。三角韧带可根据其插入位置分为两层。首先,浅层韧带主要起源于内踝的前丘,向外呈扇形分布,包括胫后浅韧带、胫跟韧带、胫弹簧韧带和胫舟韧带。深层韧带与胫距关节囊汇合,嵌入距骨内侧,为胫距前韧带深层和胫距后韧带深层。

三角韧带在踝关节的正常生物力学中起着至关重要的作用,它是距骨与内踝的纽带,引导距骨进行正常的生理运动[6]。浅表三角韧带被认为是对后足外翻的主要限制,而深三角韧带被认为是对距骨外旋的主要限制,在一个完整的踝穴内距骨外翻倾斜需要深、浅韧带共同作用[7] [8] [9]。

3. 踝关节骨折及韧带损伤的分型

目前已经提出了许多分类来描述这些骨折,基于骨折的解剖或损伤的机制。Danis Weber (1966)分类

仍然是广泛使用的, 可能是因为它简单的。它是基于腓骨骨折的水平面与下胫腓联合的关系, 区分类型 A, B, C, 腓骨骨折越高, 不稳定的可能性越大。Lauge Hansen 分类(1950)是基于损伤的机制, 根据这个分类有 4 种基本类型: 旋后外旋(supination external rotation, SER), 旋后内收(supination adduction, SA), 旋前外旋(pronation external rotation, PER)和旋前外展(PA, pronation-abduction)。Lauge Hansen 分类法的优点在于它考虑了损伤的所有组成部分, 包括后方和内侧结构的影响, 对原始片进行 Lauge-Hansen 分型能有助于对三角韧带是否有损伤进行判断, 但灵敏度及特异性以及是否可靠不得而知, 一些骨折 Lauge-Hansen 分型考虑稳定, 可能也需要仔细的检查来排除三角韧带深层的损伤[10] [11]。因此, Lauge-Hansen 分型对韧带损伤的诊断是有限的。尽管此分型不是绝对可靠的, 但 Schubert [10]的研究中 91.6%骨折通过此分型能发现三角韧带损伤。目前对三角韧带损伤的分级及分类多沿用影像学上的直观表现, MRI 上诊断三角韧带损伤一般分为 3 级[12]: I 级: 三角韧带形状规则, 内踝处可见软组织水肿; II 级: 三角韧带形状不规则, 周围软组织可见液体信号; III 级: 三角韧带形状消失, 周围软组织有明显液体信号。高频三维超声判定分型[13]。1) 挫伤: 韧带肿胀, 连续性好, 回声不均匀。2) 部分撕裂伤: 表现为踝关节内侧韧带肿胀, 局部连续性中断或韧带局部变细拉长; 其余侧副韧带肿胀, 局部可出现不规则低到无回声区域, 可见丝状结构相连, 外或内翻试验探查可见低到无回声区间距部分增大。3) 完全撕裂伤: 踝关节内侧韧带连续性完全中断, 部分区域出现无回声区, 韧带内丝状结构可显示, 内翻试验无回声区间距明显增大; 其余侧副韧带明显肿胀, 呈现不规则低到无回声区域, 且贯穿整条韧带, 韧带无明显断端挛缩征, 外(内)翻韧带试验下探查见低到无回声区间距增大。

4. 病理解剖学和病理力学

在 Lauge-Hansen [1] [2]旋后外旋损伤模型中, 三角韧带在外力作用下破裂。无论是浅表还是深层三角韧带都可能发生从内踝撕裂(多数), 从远端插入点撕裂(少数), 或韧带中段撕裂(最不见)[14] [15] [16]。破裂最常见的是浅表和深层部分, 但也可以单独分离到任何一部分[17]。

Michelson 等人[18]对不同阶段的旋前外旋踝关节损伤进行了尸体研究, 他们横切韧带和/或进行截骨来模拟骨折, 然后通过生理运动使尸体标本承受轴向负荷。这些作者证明, 在旋后外旋型损伤 I~III 期之后, 距骨继续以生理方式运动, 可能是因为三角韧带作为有效的内侧系绳作用, 充分稳定距骨以引导其运动。只有当三角韧带发生损伤(supination external rotation IV 期), 距骨运动才会出现异常。

在另一项重要的尸体研究中, Ramsey 和 Hamilton [19]证实了胫骨距线微小变化的意义。这些作者表明, 即使胫骨距骨移位 1 毫米, 也可导致胫骨距骨接触面积减少 42%。这种现象代表了关节运动学的巨大变化, 有可能导致软骨异常磨损和退行性变化。

5. 诊断技术

区分双踝等效踝关节骨折和单独外踝骨折至关重要, 因为单独外踝骨折通常可以非手术治疗, 而与三角韧带功能不全相关的外踝骨折构成不稳定损伤, 大多数患者需要骨折的切开复位内固定术[20]。本文对三角韧带断裂修复可用方法进行了回顾。

5.1. 体格检查

肿胀、瘀斑和内侧压痛是在外踝骨折有正常内侧间隙时被提倡用于确定三角韧带是否损伤的检查[21], 利用应力位 x 线片(稍后讨论)作为基准, McConnell 等人[22]确定这些物理检查在检测患者的临床症状时几乎没有用处。

5.2. 普通 X 线平片

在静态(无应力) x 线平片上检查内侧间隙是另一种被提倡的鉴别三角韧带断裂的方法。在中立位或背

屈位的踝穴, 内侧间隙增宽定义为大于 0.4 mm, 比胫距间隙至少大 1 mm [23] [24] [25]。腓骨骨折和内侧间隙增宽的踝关节通常被认为有三角韧带断裂, 需要手术治疗。值得注意的是, 正常的内踝间隙不能作为排除三角韧带的损伤的证据, 因为一个子集正常静态内侧清晰的空间将会扩大与外部旋转压力(稍后讨论)。值得注意的是, 在一项有趣的研究中, Nwosu 等人描述了“内踝斑点征”, 认为这代表了双踝等效踝关节骨折中发生的内踝小的撕脱。

5.3. 应力位 X 线片

外旋应力测试已成为术前评估三角韧带完整性的基准[26] [27]。Park 等人对 6 例模拟旋后外旋踝关节骨折的新鲜踝关节进行了 x 线摄影, 发现人工背伸和外旋时内侧间隙大于等于 5 mm 是判断三角韧带损伤的可靠指标。Michelson 等人[27]就重力应力位片进行了类似的研究(患者侧卧位, 允许重力引发外旋和侧向平移应力), 并显示了类似的结果。

一些人推测, 如果踝穴对承重来说是稳定的, 那么踝穴就有足够的稳定性, 不需要应力或重力位的摄影。然而, 由于绝大多数重量都直接从距骨穹隆传到胫骨远端平台, 因此, 负重并不能最大限度地压迫下胫腓联合。根据目前的文献, 应力或重力应力位似乎优于简单的负重位来评价下胫腓联合韧带的完整性。

其中一种算法是对所有 Weber B 腓骨骨折和内侧间隙正常的患者进行重力或手动外旋应力测试。手动外旋应力时, 患者仰卧, 踝关节内旋 15°以获得踝关节中立背伸时的踝穴位片, 胫骨稳定, 外部旋转的力量施加到足部。重力压力位片是通过让患者保持侧卧位, 使受伤的四肢向下, 这样脚的重量就会引起外旋和横向平移压力。对于手动应力位和重力位片, 如果内侧间隙大于 0.4 mm 或内踝间隙比胫距上间隙大 0.1 mm, 则认为内踝间隙增宽。

5.4. 磁共振成像

Nortunen 等[28]确定了 61 例由旋后外旋损伤机制引起的单独外踝骨折患者。对患者进行了手动外旋应力测试, 并使用 MRI 检查了三角韧带的前后部分。作者发现所有 61 例患者在 MRI 上均有三角韧带损伤。这些通常只是部分撕裂和肿胀; 即使在应力位检查呈阳性的患者中, 三角韧带完全撕裂也很罕见。一组使用 MRI 评估 LaugeHansen 分类系统预测踝关节骨折韧带损伤的情况时, 他们发现 LaugeHansen 分型系统能正确预测 94%的韧带损伤[29]。

6. 手术治疗

6.1. 手术顺序

双踝等效踝关节骨折的手术治疗通常从腓骨切开复位开始, 通过外侧或后外侧入路。三角韧带或胫后肌腱可能会在距骨和内侧之间受到撞击, 从而阻止内侧间隙的闭合和/或腓骨复位。在这种情况下, 建议通过单独的内侧切口清除内侧沟。腓骨固定后, 应使用 Cotton 试验评估下胫腓联合[30] [31]。如果 Cotton 试验发现下胫腓联合变宽, 应进行下胫腓联合固定。对于许多外科医生来说, 手术进行到这一环节上被认为已经完成手术; 然而, 对于其他人来说, 手术的最后一步包括评估三角韧带功能。

6.2. 三角韧带修复指征

即使在那些主张三角韧带修复的人中, 对于患者是否应该进行三角韧带修复仍存在争议。有一种观点认为, 所有双踝等效踝关节骨折的患者都应该进行三角韧带修复。其基本原理是, 如果三角韧带功能不足, 则骨折不稳定, 应修复三角韧带, 恢复内侧系绳结构并优化胫骨距动力学。其他外科医生只在需

要显露内侧的情况下修复三角韧带, 清除内侧沟的软组织。一些外科医生主张在高水平运动员中进行三角韧带修复, 且仅在关节镜确认完全三角韧带断裂后进行, 其他人则使用术中应力 x 线片来评估病例结束时的内侧不稳定, 术中应力测试可以采用外旋和距骨倾斜应力[12]。

在腓骨解剖复位和下胫腓联合韧带固定后(如有必要), 不会发生有意义的距骨平移。腓骨和下胫腓联合固定后不会内踝增宽, 除非腓骨或腓骨复位不良或固定不充分。然而, 有意义的距骨倾斜发生在大约一半的患者。对于术中应力位 x 线片阳性的患者, 需要进行三角韧带修复。

6.3. 三角韧带修复技术

踝关节骨折的三角韧带修复技术已经被几个不同的组描述过, 尽管这些技术还没有相互比较[32]。所有最近的描述都有共同的点, 即锚定胫骨远端内侧缝合与三角韧带纤维到内踝的解剖修复[33]。作者在皮肤切口的位置上有所不同, 是否包括浅层三角韧带, 它们如何处理跟骨撕脱骨折, 缝合锚钉的数量和位置。三角韧带的修复方法如下。在内踝中线上做一个 5 厘米的曲线切口, 显露后, 通常可以看到浅层三角韧带、关节囊和/或深层三角韧带。识别胫后肌腱并向后侧和下方移动。距骨和胫骨内侧经常通过视窗可见, 并检查是否软骨损伤。如果发现相当大的病变, 则使用克氏针治疗微形骨折。在内踝的三角韧带撕脱(最常见的)的病例中, 开始准备内踝修复。确定内踝的远尖端, 并使用手术刀将近端组织抬高 1 cm。在内踝钻大小合适的孔, 以放置所需的缝合锚钉。放置一个或两个缝合线锚钉以固定两或四组编织不可吸收缝合线。一旦锚钉固定在骨内, 将深层三角韧带和浅层三角韧带植入, 并固定至内踝。然后在外旋和外翻时轻轻加压踝关节, 以确保其有足够的稳定性。虽然不太常见, 但也值得讨论远端撕脱。建议使用 Yu 等[34]人所描述的技术进行修复。在这种技术中, 使用相同的切口向远端延伸暴露, 但增加注意不要损伤胫后肌腱、胫后动脉和胫神经。两个锚点放置在距骨内侧, 在深层胫骨前韧带和后韧带的插入位置。这些锚点分别缝合于深层胫骨前韧带和后韧带。根据浅层三角韧带损伤的位置, 可以通过直接缝合修复(如果韧带中段损伤)或单一缝合固定(如果是内踝尖端)来修复。

7. 结果

研究表明三角韧带修复效果更好

尽管在之前提到的研究中, 一些患者在没有三角韧带修复的情况下表现良好, 但也有一些患者没有获得很好的预后[35]。这些包括内侧踝关节不稳, 持续的内侧沟疼痛, 以及创伤后关节炎早期发展的功能丧失。这些结果与三角韧带在解剖位置愈合失败有关。正是在这种情况下, 许多骨科足和踝关节外科医生对具有双踝等量踝关节骨折的患者进行了初级三角韧带修复。

一些发表的研究支持三角韧带修复。Yu 等[34]研究了 106 例腓骨远端骨折合并三角韧带断裂的患者, 这些患者都接受了三角韧带修复, 作为原始切开复位内固定的一部分。平均随访 27 个月, 临床结果评分可接受, 术后应力位 x 线片均为阴性, 未见创伤后关节炎病例。

Hsu 等人[36]报告了他们对 14 名职业运动员双踝等效踝关节骨折进行三角韧带修复的经验。所有患者均接受踝关节镜检查作为确认三角韧带断裂的第一步。关节镜检查后, 确诊为三角韧带破裂的患者接受腓骨切开复位内固定、下胫腓联合韧带固定和开放性三角韧带修复。86%的运动员恢复了比赛, 在最后的随访中没有球员报告有内踝疼痛或踝关节不稳定。

最后, Woo 等人回顾性评估了 15 年期间连续 78 例双踝等效踝关节骨折的切开复位内固定术。作者发现, 在最后随访中, 三角韧带修复患者的重力应力位片内侧间隙明显变小。作者进行了术后分析, 其中包括术中发现有下胫腓联合韧带损伤并进行了固定的患者。在本次分析中, 三角韧带修复组的临床结果包括踝关节功能评分、疼痛评分和内侧疼痛均优于三角韧带未修复组。这些结果表明, 三角韧带修复

可能对不仅有三角韧带断裂, 而且下胫腓联合韧带损伤的患者是有益的, 因为他们正在进行韧带联合修复。也就是说, 这两种修复可能协同作用, 相互加强, 促进这些患者的愈合。

8. 总结

重力或手动外旋应力 x 线摄影是区分单纯外踝骨折和双踝等效踝关节骨折的基准。如果应力 x 线片显示内侧间隙变宽, 则诊断为三角韧带断裂, 建议手术治疗。在进行修复时, 在腓骨切开复位内固定后进行三角韧带修复(如果进行, 则在下胫腓联合韧带修复后)。三角韧带修复最常见的方法是在内踝置入缝线锚钉, 并将深、浅韧带缝合到内踝。

参考文献

- [1] Lauge-Hansen, N. (1950) Fractures of the Ankle: II. Combined Experimental-Surgical and Experimental-Roentgenologic Investigations. *The Archives of Surgery*, **60**, 957-985. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1950.01250010980011>
- [2] Lauge-Hansen, N. (1949) Ligamentous Ankle Fractures; Diagnosis and Treatment. *Acta Chirurgica Scandinavica*, **97**, 544-550.
- [3] Sarrafian, S.K. and Kelikian, A.S. (2011) Osteology. In: Sarrafian, S.K., Ed., *Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle*, Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 40-119.
- [4] Sarrafian, S.K. and Kelikian, A.S. (2011) Syndesmology. In: Sarrafian, S.K., Ed., *Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle*, Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 163-222.
- [5] Campbell, K.J., Michalski, M.P., Wilson, K.J., Goldsmith, M.T., Wijdicks, C.A., LaPrade, R.F., et al. (2014) The Ligament Anatomy of the Deltoid Complex of the Ankle: A Qualitative and Quantitative Anatomical Study. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **96**, e62. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00870>
- [6] Earll, M., Wayne, J., Brodrick, C., Vokshoor, A. and Adelaar, R. (1996) Contribution of the Deltoid Ligament to Ankle Joint Contact Characteristics: A Cadaver Study. *Foot & Ankle International*, **17**, 317-324. <https://doi.org/10.1177/107110079601700604>
- [7] Rasmussen, O., Kromann-Andersen, C. and Boe, S. (1983) Deltoid Ligament: Functional Analysis of the Medial Collateral Ligamentous Apparatus of the Ankle Joint. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **54**, 36-44. <https://doi.org/10.3109/17453678308992867>
- [8] Yammine, K. (2017) The Morphology and Prevalence of the Deltoid Complex Ligament of the Ankle. *Foot & Ankle Specialist*, **10**, 55-62. <https://doi.org/10.1177/1938640016675409>
- [9] 马新荣, 夏兆云, 张永贵, 赵震宇. 踝关节三角韧带损伤的 MRI 影像学诊断[J]. 中国临床医学影像杂志, 2012, 23(6): 441-443.
- [10] Schubert, J.M., Collman, D.R., Rush, S.M. and Ford, L.A. (2004) Deltoid Ligament Integrity in Lateral Malleolar Fractures: A Comparative Analysis of Arthroscopic and Radiographic Assessments. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **43**, 20-29. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2003.11.005>
- [11] 杨清雅, 徐志斌, 王进. 高频三维超声对三角韧带断裂的诊断价值[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2014, 28(10): 1024-1025.
- [12] Russo, A., Reginelli, A., Zappia, M., Rossi, C., Fabozzi, G., Cerrato, M., et al. (2013) Ankle Fracture: Radiographic Approach According to the Lauge-Hansen Classification. *Musculoskeletal Surgery*, **97**, 155-160. <https://doi.org/10.1007/s12306-013-0284-x>
- [13] Clarke, H.J., Michelson, J.D., Cox, Q.G. and Jinnah, R.H. (1991) Tibio-Talar Stability in Bimalleolar Ankle Fractures: A Dynamic *in Vitro* Contactarea Study. *Foot & Ankle*, **11**, 222-227. <https://doi.org/10.1177/107110079101100407>
- [14] Harper, M.C. (1983) An Anatomic Study of the Shortoblique Fracture of the Distal Fibula and Ankle Stability. *Foot & Ankle*, **4**, 23-29. <https://doi.org/10.1177/107110078300400106>
- [15] Hintermann, B., Knupp, M. and Pagenstert, G.I. (2006) Deltoid Ligament Injuries: Diagnosis and Management. *Foot and Ankle Clinics*, **11**, 625-637. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2006.08.001>
- [16] Lack, W., Phisitkul, P. and Femino, J.E. (2012) Anatomic Deltoid Ligament Repair with Anchor-to-Postsuture Reinforcement: Technique Tip. *Iowa Orthopedic Journal*, **32**, 227-230.
- [17] Woo, S.H., Bae, S.Y. and Chung, H.J. (2018) Short-Term Results of a Ruptured Deltoid Ligament Repair during an Acute Ankle Fracture Fixation. *Foot & Ankle International*, **39**, 35-45. <https://doi.org/10.1177/1071100717732383>
- [18] Michelsen, J.D., Ahn, U.M. and Helgemo, S.L. (1996) Motion of the Ankle in a Simulated Supination-External Rotation.

- tion Fracture Model. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **78**, 1024-1031.
<https://doi.org/10.2106/00004623-199607000-00006>
- [19] Ramsey, P.L. and Hamilton, W. (1976) Changes Intibiotalar Area of Contact Caused by Lateraltalar Shift. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **58**, 356-357. <https://doi.org/10.2106/00004623-197658030-00010>
- [20] Sanders, D.W., Tieszer, C. and Corbett, B. (2012) Operative versus Nonoperative Treatment of Unstable Lateral Malleolar Fractures: A Randomized Multicenter Trial. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **26**, 129-134.
<https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182460837>
- [21] van den Bekerom, M.P., Mutsaerts, E.L. and van Dijk, C.N. (2009) Evaluation of the Integrity of the Deltoid Ligament in Supination External Rotation Ankle Fractures: A Systematic Review of the Literature. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **129**, 227-235. <https://doi.org/10.1007/s00402-008-0768-6>
- [22] McConnell, T., Creevy, W. and Tornetta III, P. (2004) Stress Examination of Supination External Rotation-Type Fibular Fractures. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **86**, 2171-2178.
<https://doi.org/10.2106/00004623-200410000-00007>
- [23] 魏世隽, 徐峰, 蔡贤华, 黄继锋, 刘曦明, 兰生辉, 等. 踝关节三角韧带断裂的锚钉修复技术[J]. 中华骨科杂志, 2018, 38(2): 101-109.
- [24] Baird, R.A. and Jackson, S.T. (1987) Fractures of the Distal Part of the Fibula with Associated Disruption of the Deltoid Ligament: Treatment without Repair of the Deltoid Ligament. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **69**, 1346-1352.
- [25] 李磊, 阳波, 刘东, 罗斌, 米宁. 踝关节骨折合并三角韧带断裂术中修复与不修复三角韧带的疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(4): 430-432.
- [26] 李静, 李良黎, 卢鸿, 郜勇. 锚钉修复踝关节三角韧带断裂[J]. 临床骨科杂志, 2019, 22(4): 510.
- [27] Michelson, J.D., Varner, K.E. and Checcone, M. (2001) Diagnosing Deltoid Injury in Ankle Fractures: The Gravity Stress View. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **387**, 178-182.
<https://doi.org/10.1097/00003086-200106000-00024>
- [28] Nortunen, S., Lepojarvi, S., Savola, O., Niinimäki, J., Ohtonen, P., Flinkkilä, T., *et al.* (2014) Stability Assessment of the Ankle Mortise Insupination-External Rotation-Type Ankle Fractures: Lack of Additional Diagnostic Value of MRI. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **96**, 1855-1862. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.01533>
- [29] Warner, S.J., Garner, M.R., Hinds, R.M., Helfet, D.L. and Lorich, D.G. (2015) Correlation between the Lauge-Hansen Classification and Ligament Injuries in Ankle Fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **29**, 574-578.
<https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000393>
- [30] Cotton, F.J. (1910) Fractures and Joint Dislocations. WB Saunders, Philadelphia, 549.
- [31] Mizel, M.S. (2003) Technique Tip: A Revised Method of the Cotton Test for Intra-Operative Evaluation of Syndesmotic Injuries. *Foot & Ankle International*, **24**, 86-87. <https://doi.org/10.1177/107110070302400115>
- [32] Harper, M.C. (1988) The Deltoid Ligament: A Nevaluation of Need for Surgical Repair. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **226**, 156-168. <https://doi.org/10.1097/00003086-198801000-00022>
- [33] Wu, K., Lin, J., Huang, J. and Wang, Q. (2018) Evaluation of Transsyndesmotic Fixation and Primary Deltoid Ligament Repair in Ankle Fractures with Suspected Combined Deltoid Ligament Injury. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **57**, 694-700. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.12.007>
- [34] Yu, G.R., Zhang, M.Z., Aiyer, A., *et al.* (2015) Repair of the Acute Deltoid Ligament Complex Rupture Associated with Ankle Fractures: A Multicenter Clinical Study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **54**, 198-202.
<https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.12.013>
- [35] Luckino III, F.A. and Hardy, M.A. (2015) Use of a Flexible Implant and Bioabsorbable Anchor for Deltoid Rupture Repair in Bimalleolarequivalent Weber B ankle Fractures. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **54**, 513-516.
<https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.06.025>
- [36] Hsu, A.R., Lareau, C.R. and Anderson, R.B. (2015) Repair of Acute Superficial Deltoid Complex Avulsion during Ankle Fracture Fixation in National Football League Players. *Foot & Ankle International*, **36**, 1272-1278.
<https://doi.org/10.1177/1071100715593374>