Open Access
DOI:10.3724/zdxbyxb-2023-0602

骨修复重建

·专题报道·

超声评估踝关节骨折患者距腓前韧带及下胫腓前韧带远侧束损伤的价值

吕盼盼[1]，刘　超[2]，李世岩[1]

1. 浙江大学医学院附属邵逸夫医院超声科，浙江 杭州 310016
2. 浙江大学医学院附属邵逸夫医院骨科，浙江 杭州 310016

［摘　要］ **目的**：探讨超声在评估踝关节骨折患者距腓前韧带（ATFL）及下胫腓前韧带远侧束（ATiFL-DF）损伤中的应用价值。**方法**：收集2019年4月至2023年3月在浙江大学医学院附属邵逸夫医院因踝关节骨折就诊，临床怀疑韧带损伤，术前行踝关节超声检查，并予以踝关节镜探查的患者。以踝关节镜下检查结果为诊断金标准，评估韧带损伤分级，统计分析超声诊断ATFL及ATiFL-DF损伤的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值，并行Kappa一致性检验。**结果**：共收集病例51例。超声诊断ATFL损伤的敏感度和特异度分别为100.0%和92.3%，阳性预测值为92.6%，阴性预测值为100.0%，超声与踝关节镜检查结果一致性佳（*kappa*=0.849）。超声诊断ATiFL-DF损伤的敏感度和特异度分别为86.7%和33.3%，阳性预测值为90.7%，阴性预测值为25.0%，超声与踝关节镜检查结果一致性差（*kappa*=0.168）。**结论**：超声检查是评价踝关节骨折患者ATFL损伤的可靠的检查方式，但对ATiFL-DF损伤的评估特异性较差，因此ATiFL-DF损伤超声检查阴性的踝关节骨折患者仍有必要行踝关节镜检查。

［关键词］ 距腓前韧带；下胫腓前韧带远侧束；超声检查；关节镜检查；诊断
［中图分类号］ R445.1；R648　　［文献标志码］ A

Diagnostic value of ultrasonography for injury of anterior talofibular ligament and anterior inferior tibiofibular ligament distal fascicle in patients with ankle fractures

LYU Panpan[1], LIU Chao[2], LI Shiyan[1] (*1. Department of Ultrasound, Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310016, China; 2. Department of Orthopedics, Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310016, China*)

收稿日期（Received）：2023-12-26　　**接受日期（Accepted）**：2024-05-20　　**网络预发表日期（Online）**：2024-05-28
第一作者（First author）：吕盼盼，主治医师，主要从事肌肉骨骼超声研究；E-mail：panpanlv@zju.edu.cn；https://orcid.org/0000-0002-0089-0360
通信作者（Corresponding author）：李世岩，主任医师，主要从事超声相关研究；E-mail：lishiyan@zju.edu.cn；https://orcid.org/0000-0003-3574-7932

Corresponding author: LI Shiyan, E-mail: lishiyan@zju.edu.cn, https://orcid.org/0000-0003-3574-7932

[**Abstract**] **Objective**: To explore the diagnostic value of ultrasonography for injuries of anterior talofibular ligament (ATFL) and anterior inferior tibiofibular ligament distal fascicle (ATiFL-DF) in patients with ankle fractures. **Methods**: Clinical data of 51 patients with ankle fractures who were clinically suspected of ligament injuries and underwent ankle ultrasonography examination and arthroscopy in Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University School of Medicine from April 2019 to March 2023 were retrospectively analyzed. Using arthroscopic results as the gold standard, the sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV) of ultrasonography in diagnosing ATFL and ATiFL-DF injuries were evaluated, and Kappa consistency test was performed. **Results**: The sensitivity and specificity of ultrasonography in diagnosis of ATFL injury were 100.0% and 92.3%, with the PPV of 92.6% and NPV of 100.0%. Ultrasonography findings exhibited excellent concordance with arthroscopic results (*kappa*=0.849). The sensitivity and specificity of ultrasonography in diagnosis of ATiFL-DF injury was 86.7% and 33.3%, with the PPV of 90.7% and NPV of 25.0%. However, the consistency between ultrasonography and arthroscopic results was poor (*kappa*=0.168). **Conclusions**: Ultrasonography is reliable in assessing injuries of ATFL in patients with ankle fractures, but its specificity in diagnosing ATiFL-DF is poor. Therefore, ankle arthroscopy remains necessary for ankle fracture patients with negative findings of ATiFL-DF in ultrasonography.

[**Key words**] Anterior talofibular ligament; Anterior inferior tibiofibular ligament distal fascicle; Ultrasonography; Arthroscopy; Diagnosis

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2024, 53(4): 411-418.]

[**缩略语**] 下胫腓前韧带远侧束(anterior inferior tibiofibular ligament distal fascicle,ATiFL-DF);距腓前韧带(anterior talofibular ligament,ATFL);磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI);计算机断层扫描(computed tomography,CT)

研究显示,踝关节骨折占运动损伤的10%~15%,其中23%伴下胫腓联合损伤[1]。ATiFL-DF又名Bassett's韧带,作为下胫腓联合中的一个解剖结构,其连接胫腓骨远端,比下胫腓前韧带的主体位置更低,靠近踝关节的前部,为关节囊内韧带,起到限制腓骨外旋、外移以及稳定踝关节的作用[2]。若ATiFL-DF发生断裂损伤或病理改变得不到及时有效的处理,损伤组织会形成慢性增生、瘢痕化退变,嵌夹在关节间隙间,造成踝关节前外侧撞击,并引起踝关节持续疼痛、活动受限。当出现此临床撞击症状时可通过踝关节镜下切除或手术切口切除此韧带,术后效果良好[3]。踝关节外侧韧带撕裂是踝关节创伤最容易出现的韧带损伤,ATFL作为外侧韧带复合体中最薄弱的组成,也最容易被累及。并且,ATFL损伤是慢性踝关节不稳定的最常见原因,也会引起踝关节前外侧撞击[3]。踝关节镜下清创并修补韧带可以改善踝关节的功能[4]。因此,准确评估两条韧带在踝关节骨折患者中的损伤情况,对指导手术治疗非常有意义。MRI对踝关节韧带损伤的诊断准确率较高,但结果易受体位影响且价格昂贵。与MRI检查比较,肌肉骨骼超声技术在诊断踝关节外侧副韧带损伤方面具有便捷、廉价、可进行动态观察等优势[5]。为了探讨肌肉骨骼超声在评估踝关节骨折患者ATiFL-DF及ATFL损伤中的应用价值,本文回顾性分析了一组同时行超

声检查及踝关节镜检查的踝关节骨折患者资料，以供临床决策参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

回顾性分析2019年4月至2023年3月因踝关节骨折在浙江大学医学院附属邵逸夫医院治疗的336例患者的临床资料，并进一步按纳入及排除标准筛选。纳入标准：①年龄14岁及以上；②单侧踝关节损伤；③入院后行踝关节X线或CT检查明确踝关节骨折诊断；④术前行踝关节超声检查；⑤行踝关节镜探查术；⑥具有ATFL和ATiFL-DF完整的超声检查及踝关节镜下检查资料。排除标准：①病理性骨折；②开放性骨折；③既往有同侧踝关节相关手术史；④既往有同侧踝关节陈旧性骨折史；⑤既往有同侧踝关节不稳定病史或踝关节长期疼痛史。

最终纳入患者51例，年龄15~72岁，平均年龄（39.2±15.6）岁；男性25例（49.0%），女性26例（51.0%）；34例（66.7%）为右踝骨折，17例（33.3%）为左踝骨折。按照Danis-Weber分型对骨折进行分类[6]：Weber A型骨折6例，Weber B型骨折25例，Weber C型骨折12例，孤立内踝骨折8例。

本研究通过浙江大学医学院附属邵逸夫医院伦理学审查[2023研第（0654）号]。

1.2 超声检查

所有超声检查均由一名具有十年肌肉骨骼超声检查经验的超声医生完成，且该名超声医生对韧带损伤程度的临床判断不知情。使用LOGIQ E8或E9彩色多普勒超声诊断仪（美国GE公司）进行超声检查，探头频率8~18 mHz。患者取坐位或平卧位，将踝关节平置于检查床，对踝关节腔及周围韧带肌腱结构进行探查。将探头沿ATiFL-DF和ATFL长轴及短轴方向进行扫查，观察韧带的形态、厚度、连续性、回声强度及附着端骨皮质，并与对侧进行对比，必要时在前抽屉试验下进行动态扫查。根据美国医学会标准分类法，韧带被分为四个等级：0级（正常）为厚度正常，连续性好，呈均匀中低回声；Ⅰ级损伤（挫伤）为韧带正常或增厚，具备完整结构，韧带回声降低；Ⅱ级损伤（部分撕裂）为韧带肿胀，部分纤维连续性中断或局部变薄变细，韧带张力降低；Ⅲ级损伤（完全撕裂）为韧带完全中断，动态扫查断端分离，韧带张力消失[7]。

1.3 踝关节镜检查

患者在超声检查后3 d内接受踝关节镜探查，由一名对超声检查结果不知情的骨科医生执行。在腰椎麻醉下，患者被置于仰卧位。手术中采用直径为4.5 mm的关节镜（美国Arthrex公司）。采用踝关节镜检查通过关节间隙评估患者ATFL和ATiFL-DF的损伤情况，分类标准与超声标准一致：0级为韧带厚度正常，形态平直，纤维连续性好；Ⅰ级损伤为韧带充血水肿或形态略弯曲，纤维连续性存在，张力略松弛；Ⅱ级损伤为韧带肿胀或变薄，韧带松弛，部分纤维连续性消失；Ⅲ级损伤为韧带正常结构消失，韧带完全中断或无韧带结构[8]。

1.4 统计学方法

采用SPSS 27.0软件进行统计分析。连续变量采用均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，分类变量采用例数（百分比）[n（%）]表示。参考既往研究方法[9]，以踝关节镜检查结果为诊断韧带损伤的金标准，对超声诊断韧带损伤（挫伤、部分撕裂、完全撕裂）的特异度、敏感度、阳性预测值和阴性预测值进行分析，并对超声诊断和踝关节镜检查结果进行Kappa一致性检验。P<0.05为差异有统计学意义。

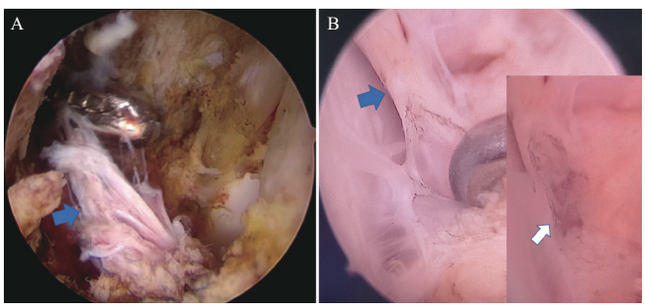
2 结 果

2.1 ATFL损伤超声检查与踝关节镜检查结果的一致性

踝关节镜检查结果提示，Ⅰ级损伤2例，Ⅱ级损伤14例，Ⅲ级损伤9例，合计25例（49.0%）存在ATFL损伤（图1）。超声检查结果提示，Ⅰ级损伤4例，Ⅱ级损伤15例，Ⅲ级损伤8例，合计27例（52.9%）存在ATFL损伤（图2）。Kappa一致性检验结果显示，超声检查与踝关节镜检查结果一致性较高（$kappa$=0.849），见表1。超声诊断患者ATFL损伤的敏感度和特异度分别为100.0%和92.3%，阳性预测值为92.6%，阴性预测值为100.0%。提示超声检查ATFL损伤结果与踝关节镜检查结果一致性较好，诊断价值较高。

2.2 ATiFL-DF损伤超声检查与踝关节镜检查结果的一致性

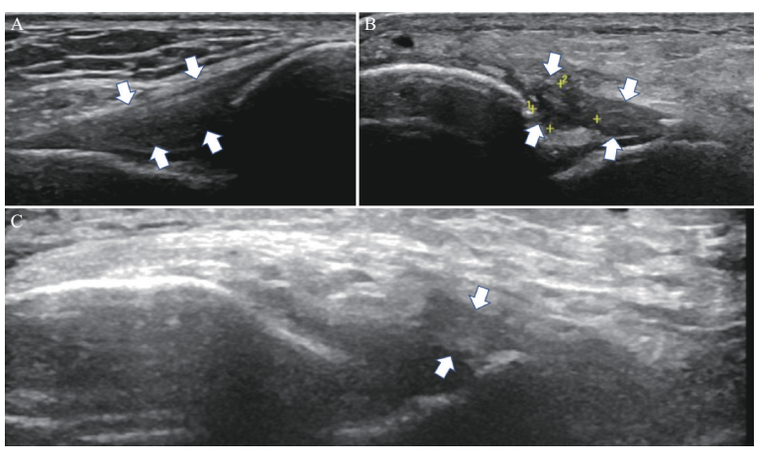
踝关节镜检查结果提示，Ⅰ级损伤1例，Ⅱ级损伤12例，Ⅲ级损伤32例，合计45例（88.2%）存在



A:Ⅱ级损伤(蓝色箭头)ATFL部分纤维连续性中断,韧带表面毛糙;B:Ⅲ级损伤(蓝色箭头)ATFL拿掉探钩后显示韧带空虚(白色箭头). ATFL:距腓前韧带.

图1 ATFL Ⅱ–Ⅲ级损伤踝关节镜下表现

Figure 1 Arthroscopic views of the ATFL for grade Ⅱ injury and grade Ⅲ injury



A:Ⅰ级损伤ATFL肿胀,回声减低,连续性良好;B:Ⅱ级损伤ATFL粗细不均,测量处韧带肿胀,局部回声偏低,其旁见部分正常韧带纤维束,提示部分撕裂;C:Ⅲ级损伤ATFL仅见一侧韧带断端,而另一侧断端消失. 白色箭头为ATFL. ATFL:距腓前韧带.

图2 ATFL各级损伤的超声表现

Figure 2 Ultrasound findings of the ATFL injury

表1 超声检查与踝关节镜检查ATFL损伤程度分级的Kappa一致性检验

Table 1 Kappa consistency test of the ATFL injury findings by ultrasound and arthroscopy

(*n*)

超声检查	踝关节镜检查				总 计
	0级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	
0级	24	0	0	0	24
Ⅰ级	0	2	2	0	4
Ⅱ级	2	0	12	1	15
Ⅲ级	0	0	0	8	8
总计	26	2	14	9	51

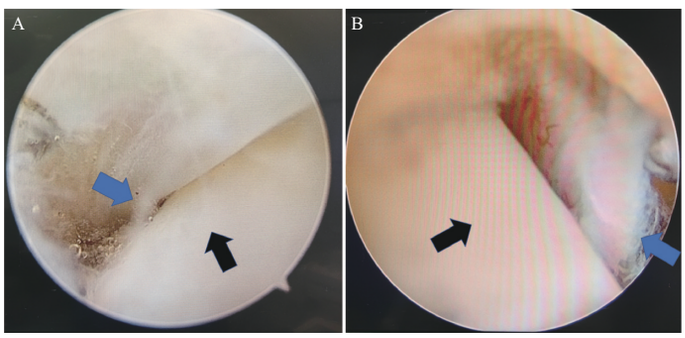
ATFL:距腓前韧带.

ATiFL-DF损伤(图3)。超声检查结果提示,Ⅰ级损伤3例,Ⅱ级损伤7例,Ⅲ级损伤33例,合计43例(84.3%)存在ATiFL-DF损伤(图4)。Kappa一致性检验结果显示,超声检查与踝关节镜检查结果一致性较差(*kappa*=0.168),见表2。超声诊断患者ATiFL-DF损伤的敏感度和特异度分别为86.7%和33.3%,阳性预测值为90.7%,阴性预测值为25.0%。提示超声检查评估ATiFL-DF损伤特异性较差。

3 讨 论

踝关节是人体最常受伤的关节之一,韧带是最易损伤的踝关节软组织。超声作为动态、高效、无创和高性价比的成像方式,已越来越多地用于踝关节韧带损伤的评估。由于高能机械性损伤和基于术前影像的韧带同步损伤在踝关节骨折患者中出现频率较高,踝关节镜检查可以更准确地诊断联合韧带损伤、可靠评估骨折复位,并且对治疗相关的关节内病变具有重要意义[10]。因此,在本收治踝关节骨折患者中,当临床高度怀疑存在隐匿性关节内损伤时,建议行踝关节镜检查。通过踝关节镜检查,临床医生能够直接观察并评价患者韧带结构完整度,并判断其机械强度。关节镜下观察到的韧带损伤会有一个或多个特征,如韧带不连续、韧带走行异常、韧带张力降低、探钩探查下见韧带断端或撕脱,还可以直接观察到不同平面应力下的韧带稳定性,因此,关节镜下的直接观察、探钩探查和应力下检查被认为是目前诊断踝关节韧带损伤的金标准[11]。踝关节镜检查既可用于诊断踝关节疾病,也可用于相关治疗[9]。因此,本研究选用踝关节镜检查作为诊断韧带损伤的金标准。

ATFL起源于踝关节腓骨外侧的前缘,附着于距骨的体颈交界处。ATFL能限制踝关节过度内翻,支撑身体负重,并在维持踝关节外侧稳定方面发挥重要作用。因此,与强烈足部内翻运动相关的踝骨折可致ATFL遭受过度拉伸或撕裂,从而出现ATFL损伤。ATFL损伤可能导致慢性



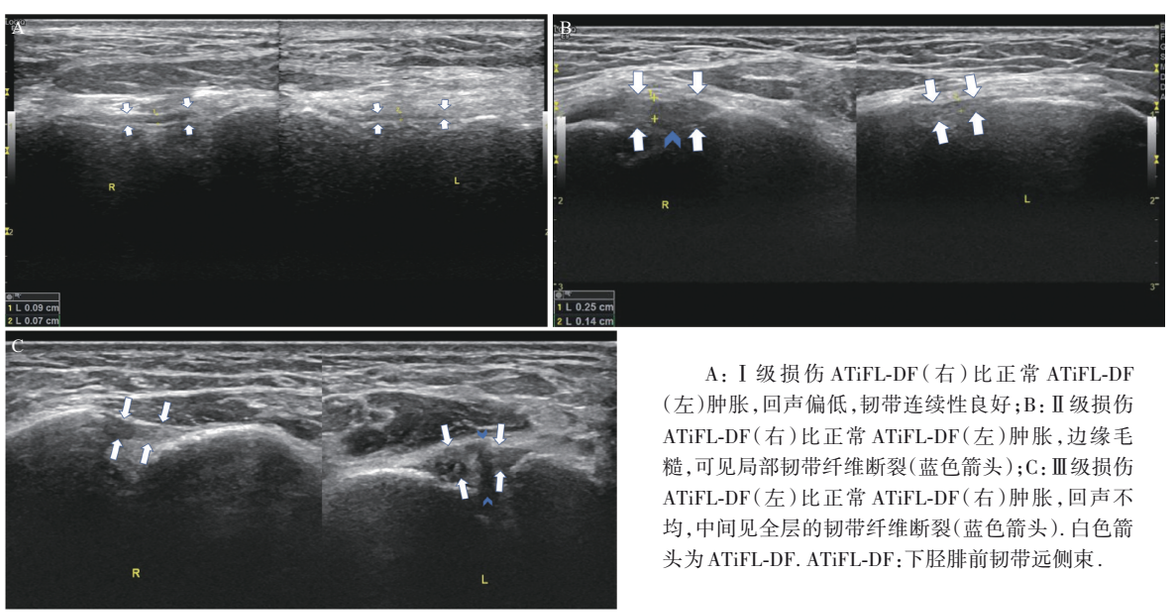
A：正常 ATiFL-DF（蓝色箭头）紧临距骨（黑色箭头）；B：Ⅲ级损伤 ATiFL-DF 断端（蓝色箭头）飘在关节囊里，其旁可见距骨（黑色箭头）. ATiFL-DF：下胫腓前韧带远侧束.

图3 ATiFL-DF正常及Ⅲ级损伤踝关节镜下表现

Figure 3 Arthroscopic views of the ATiFL-DF for the normal and grade Ⅲ injury

踝关节不稳，其分层诊断对于选择最佳的治疗方案至关重要[12]。尽管MRI被认为是ATFL损伤诊断的影像学金标准[13]，但在不同研究中得出的诊断效能还存在很大差异[14-15]。由于ATFL走行与矢状面及冠状面均成一定角度，因此斜轴位MRI相比常规MRI检查能够更完整地展示ATFL[16]，可见检查结果受体位影响较大。此外，Kim等[17]研究发现，在ATFL腓骨或距骨附着端发生损伤时，MRI假阴性诊断增加。近年研究发现，肌肉骨骼超声是诊断ATFL损伤的有效方式[5, 18]，且动态扫查作为超声检查的独特优势，可以弥补MRI静态检查的不足，对踝关节施加外翻、内翻等力量时动态评估韧带稳定性的应力位超声也能提高对ATFL损伤的诊断效能[19]。

本文资料显示，超声检查在评估ATFL分层损伤时与踝关节镜检查结果有很好的一致性，敏感度（100.0%）和特异度（92.3%）均较高，与之前Hua等[9]的一项同样以踝关节镜为金标准的前瞻性研究结果基本一致。本文资料中有2例超声检查结果为阳性但踝关节镜检查结果阴性的患者，术前超声检查均诊断为ATFL部分撕裂，但踝关节镜下未见韧带撕裂或松弛。出现超声诊断假阳性的原因可能是肌肉骨骼超声特有的各向异性伪像干扰诊断，伪像下韧带显示出部分组织回声减低甚至回声失落，均可以得出韧带结构不完整的诊断。当然，手术中缺乏对韧带损伤的阳性诊断也可能是由于踝关节镜手术的局限性，因为外科医生只能观察韧带表面并评估韧带张力[15]。因此，当韧带表面光整张力正常时，踝关节镜检查无法检测到韧带内部损伤。另有3例损伤的程度评价不一致，2例超声诊断为Ⅰ级损伤但踝关节镜表现为Ⅱ级损伤，1例超声表现为Ⅱ级损伤但踝关节镜下结果为Ⅲ级损伤。超声检查对韧带损伤级别的低估可能是由于踝关节骨折患者因肢体肿胀和疼痛在超声检查时无法行前抽屉试验而进行动态



A：Ⅰ级损伤 ATiFL-DF（右）比正常 ATiFL-DF（左）肿胀，回声偏低，韧带连续性良好；B：Ⅱ级损伤 ATiFL-DF（右）比正常 ATiFL-DF（左）肿胀，边缘毛糙，可见局部韧带纤维断裂（蓝色箭头）；C：Ⅲ级损伤 ATiFL-DF（左）比正常 ATiFL-DF（右）肿胀，回声不均，中间见全层的韧带纤维断裂（蓝色箭头）. 白色箭头为 ATiFL-DF. ATiFL-DF：下胫腓前韧带远侧束.

图4 ATiFL-DF各级损伤的双侧超声图对比

Figure 4 Bilateral ultrasound comparative images of the ATiFL-DF injury

表2 超声检查与踝关节镜检查ATiFL-DF损伤程度分级的Kappa一致性检验

Table 2 Kappa consistency test of the ATiFL-DF injury findings by ultrasound and arthroscopy

(*n*)

超声检查	踝关节镜检查				总 计
	0级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	
0级	2	1	0	5	8
Ⅰ级	3	0	0	0	3
Ⅱ级	0	0	3	4	7
Ⅲ级	1	0	9	23	33
总计	6	1	12	32	51

下扫查,从而导致低估撕裂程度[20]。上述结果表明,超声在ATFL损伤的评估中较为可靠。

ATiFL-DF是下胫腓联合稳定性的重要组成部分。Nikolopoulos等[2]最早对此韧带进行解剖,Bassett等[21]认为此韧带是下胫腓前韧带的远端束支,但与之完全分离。有研究显示MRI能识别94%健康人群中的踝关节ATiFL-DF[22],但在诊断韧带断裂时,需使用45°左右的斜像平面才可以更好地评价韧带,以减少假阳性结果[23],因此MRI检查受患者体位影响。Döring等[24]描述了如何用超声清晰显示ATiFL-DF,由于超声探头具备可以实时改变扫查角度的灵活性,因此不受患者因体位部分制动而导致成像角度影响。本文资料显示,超声诊断ATiFL-DF损伤的敏感度为86.7%,但特异度仅为33.3%。本文资料中6例患者超声结果为假阴性,其中5例患者踝关节镜下检查结果为Ⅲ级损伤。ATiFL-DF韧带解剖结构较短(长度为17~22 mm)[25],当不合并下胫腓前韧带撕裂时,单纯ATiFL-DF损伤基本不影响下胫腓联合间距[2],损伤后的韧带断端在结构上依然保持对合而没有明显间隙,有可能导致超声检查显示韧带完整的假象。4例超声检查结果为阳性但踝关节镜检查结果为阴性,其中3例均为超声表现为Ⅰ级损伤,但踝关节镜下表现完整。由于超声诊断韧带肿胀的标准除了回声减低之外,还有与对侧韧带的对比,表现为韧带的相对增厚,而两侧正常的踝关节韧带有可能存在生理上的厚度差异,因此,超声测量数据上的韧带直径增加不一定代表病理上的韧带肿胀,这样的情况有可能会引起超声诊断的假阳性。因ATiFL-DF韧带较短,肿胀后张力改变影响不大,而踝关节镜检查对无明显撕裂而存在单纯肿胀的ATiFL-DF仅能进行表面及张力的评估,也有可能会得出韧带正常的结论。

多项研究结果显示一些可导致踝关节前外侧软组织撞击的原因:ATiFL-DF肿胀增厚或同时合并撕脱骨折片形成游离体,会造成踝关节卡压;断裂的ATiFL-DF断端易进入关节内,会形成踝关节绞索[25-29]。Nikolopoulos等[2]的观察显示,切断ATiFL-DF并不会导致关节稳定性丧失。Yeo等[30]发现ATiFL-DF、ATFL和滑膜三者间的机械感受器密度并无显著差异。Moustafa[31]的研究证实了镜下切除撕裂韧带断端是改善踝关节前外侧软组织撞击有用的治疗方式。因此,对于踝关节骨折合并ATiFL-DF损伤的患者,踝关节镜下清创治疗是有必要的。本研究结果显示,超声检查相比踝关节镜检查的诊断结果虽然敏感度较高,但特异度较低,且两者一致性较差。51例患者中有45例(88.2%)在踝关节镜下发现不同程度的ATiFL-DF损伤。因此,对于超声检查结果提示ATiFL-DF损伤阴性的踝关节骨折患者,仍有必要行踝关节镜下的探查。

本研究也存在一些局限性。首先,本研究使用踝关节镜检查结果作为诊断韧带损伤的金标准,而踝关节镜可能无法检测到韧带内部病变或韧带的轻微松弛及肿胀。其次,本研究未进行观察者之间的重复可靠性验证,所有超声检查均由一名具有丰富肌肉骨骼超声检查经验的资深超声医生进行。再次,由于样本量的限制,踝关节骨折类型的分布可能存在样本偏差,无法排除不同类型骨折对超声诊断韧带损伤结果带来的影响,导致ATiFL-DF损伤的发生率可能被高估或低估。因此,今后需要纳入更多的观察病例,并在临床随访中进一步评估踝关节镜下治疗后的效果。

综上,超声是评价踝关节骨折患者中ATFL损伤的可靠检查方式,但对ATiFL-DF损伤评估的特异度较低,因此ATiFL-DF损伤超声检查阴性的踝关节骨折患者,仍有必要行踝关节镜下的探查。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

Conflict of Interests The authors declare that there is no conflict of interests

©The author(s) 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/

licenses/by-nc-nd/4.0/)

参考文献(References)

[1] RAMMELT S, OBRUBA P. An update on the evaluation and treatment of syndesmotic injuries[J]. **Eur J Trauma Emerg Surg**, 2015, 41(6): 601-614.

[2] NIKOLOPOULOS C E, TSIRIKOS A I, SOURMELIS S, et al. The accessory anteroinferior tibiofibular ligament as a cause of talar impingement: a cadaveric study[J]. **Am J Sports Med**, 2004, 32(2): 389-395.

[3] KATAKURA M, ODAGIRI H, CHARPAIL C, et al. Arthroscopic treatment for anterolateral impingement of the ankle: systematic review and exploration of evidence about role of ankle instability[J]. **Orthop Traumatol Surg Res**, 2022, 108(7): 103159.

[4] CHEN R P, WANG Q H, LI M Y, et al. Progress in diagnosis and treatment of acute injury to the anterior talofibular ligament[J]. **World J Clin Cases**, 2023, 11(15): 3395-3407.

[5] COLÒ G, BIGNOTTI B, COSTA G, et al. Ultrasound or MRI in the evaluation of anterior talofibular ligament (ATFL) injuries: systematic review and meta-analysis [J]. **Diagnostics (Basel)**, 2023, 13(14): 2324.

[6] CHAN K B, LUI T H. Role of ankle arthroscopy in management of acute ankle fracture[J]. **Arthroscopy**, 2016, 32(11): 2373-2380.

[7] 刘玉杰. **实用关节镜手术学**[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017: 389.
LIU Yujie. **Practical operative of arthroscopy**[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2017: 389. (in Chinese)

[8] ELKAÏM M, THÈS A, LOPES R, et al. Agreement between arthroscopic and imaging study findings in chronic anterior talo-fibular ligament injuries[J]. **Orthop Traumatol Surg Res**, 2018, 104(8S): S213-S218.

[9] HUA Y, YANG Y, CHEN S, et al. Ultrasound examination for the diagnosis of chronic anterior talofibular ligament injury[J]. **Acta Radiol**, 2012, 53(10): 1142-1145.

[10] SHERMAN T I. Editorial commentary: optimizing surgical management of ankle fractures: is arthroscopy the answer?[J]. **Arthroscopy**, 2020, 36(6): 1722-1724.

[11] KELLETT J J, LOVELL G A, ERIKSEN D A, et al. Diagnostic imaging of ankle syndesmosis injuries: a general review[J]. **J Med Imaging Radiat Oncol**, 2018, 62(2): 159-168.

[12] DIGIOVANNI B F, FRAGA C J, COHEN B E, et al. Associated injuries found in chronic lateral ankle instability[J]. **Foot Ankle Int**, 2000, 21(10): 809-815.

[13] MARTELLA I, AZZALI E, MILANESE G, et al. MRI in acute ligamentous injuries of the ankle[J]. **Acta Biomed**, 2016, 87(Suppl 3): 13-19.

[14] TAN D W, TEH D, CHEE Y H. Accuracy of magnetic resonance imaging in diagnosing lateral ankle ligament injuries: a comparative study with surgical findings and timings of scans[J]. **Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol**, 2017, 7: 15-20.

[15] OAE K, TAKAO M, UCHIO Y, et al. Evaluation of anterior talofibular ligament injury with stress radiography, ultrasonography and MR imaging[J]. **Skeletal Radiol**, 2010, 39(1): 41-47.

[16] KIM J S, MOON Y J, CHOI Y S, et al. Usefulness of oblique axial scan in magnetic resonance imaging evaluation of anterior talofibular ligament in ankle sprain[J]. **J Foot Ankle Surg**, 2012, 51(3): 288-292.

[17] KIM Y S, KIM Y B, KIM T G, et al. Reliability and validity of magnetic resonance imaging for the evaluation of the anterior talofibular ligament in patients undergoing ankle arthroscopy[J]. **Arthroscopy**, 2015, 31(8): 1540-1547.

[18] LEE S H, YUN S J. Ankle ultrasound for detecting anterior talofibular ligament tear using operative finding as reference standard: a systematic review and meta-analysis[J]. **Eur J Trauma Emerg Surg**, 2020, 46(1): 73-81.

[19] CHO J H, LEE D H, SONG H K, et al. Value of stress ultrasound for the diagnosis of chronic ankle instability compared to manual anterior drawer test, stress radiography, magnetic resonance imaging, and arthroscopy [J]. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, 2016, 24(4): 1022-1028.

[20] ESMAILIAN M, ATAIE M, AHMADI O, et al. Sensitivity and specificity of ultrasound in the diagnosis of traumatic ankle injury[J]. **J Res Med Sci**, 2021, 26: 14.

[21] BASSETT F H, GATES H S, BILLYS J B, et al. Talar impingement by the anteroinferior tibiofibular ligament. A cause of chronic pain in the ankle after inversion sprain[J]. **J Bone Joint Surg Am**, 1990, 72(1): 55-59.

[22] SUBHAS N, VINSON E N, COTHRAN R L, et al. MRI appearance of surgically proven abnormal accessory anterior-inferior tibiofibular ligament (Bassett's ligament) [J]. **Skeletal Radiol**, 2008, 37(1): 27-33.

[23] HERMANS J J, GINAI A Z, WENTINK N, et al. The additional value of an oblique image plane for MRI of the anterior and posterior distal tibiofibular syndesmosis [J]. **Skeletal Radiol**, 2011, 40(1): 75-83.

[24] DÖRING S, PROVYN S, MARCELIS S, et al. Ankle and midfoot ligaments: ultrasound with anatomical correlation: a review[J]. **Eur J Radiol**, 2018, 107: 216-226.

[25] AKSEKI D, PINAR H, YALDIZ K, et al. The anterior inferior tibiofibular ligament and talar impingement: a cadaveric study[J]. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, 2002, 10(5): 321-326.

[26] AKSEKI D, PINAR H, BOZKURT M, et al. The distal fascicle of the anterior inferior tibio-fibular ligament as a cause of anterolateral ankle impingement: results of arthroscopic resection[J]. **Acta Orthop Scand**, 1999, 70(5): 478-482.

[27] VAN DEN BEKEROM M P, RAVEN E E. The distal

fascicle of the anterior inferior tibiofibular ligament as a cause of tibiotalar impingement syndrome: a current concepts review[J]. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, 2007, 15(4): 465-471.

[28] HESS G W. Ankle impingement syndromes: a review of etiology and related implications[J]. **Foot Ankle Spec**, 2011, 4(5): 290-297.

[29] DALMAU-PASTOR M, MALAGELADA F, KERKHOFFS G, et al. The anterior tibiofibular ligament has a constant distal fascicle that contacts the anterolateral part of the talus[J]. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, 2020, 28(1): 48-54.

[30] YEO E D, RHYU I J, KIM H J, et al. Can Bassett's ligament be removed?[J]. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, 2016, 24(4): 1236-1242.

[31] MOUSTAFA EL-SAYED A M. Arthroscopic treatment of anterolateral impingement of the ankle[J]. **J Foot Ankle Surg**, 2010, 49(3): 219-223.

[本文编辑 余 方 沈 敏]

· 学术动态 ·

张岩/毛春友教授团队揭示蛋白酶激活受体的栓配体结合和激活机制及G蛋白选择性的结构基础

2024年7月12日,浙江大学基础医学院张岩/毛春友教授团队联合上海药物研究所徐华强团队在《细胞研究》(*Cell Research*)上发表了题为“Structural basis of tethered agonism and G protein coupling of protease-activated receptor”的研究论文(DOI:10.1038/s41422-024-00997-2),报道了人源PAR1独特的栓配体结合激活机制和G蛋白选择性机制,为开发新型靶向蛋白酶激活受体(PAR)1的G蛋白选择性药物提供了结构基础。

研究人员解析了栓配体激活的人源PAR1受体与下游G_q蛋白及G_i蛋白复合物的高分辨电镜结构,揭示了PAR家族受体保守的栓配体结合机制和独特的激活机制。通过结构分析和功能验证,研究人员发现PAR1的细胞内环(ICL)2和ICL3在PAR1与不同G蛋白结合过程中表现出显著差异,ICL2和ICL3在PAR1与G_q结合中起关键作用,而对G_i结合影响较小。这一发现提示设计作用于ICL2或ICL3的拮抗剂可以选择性地拮抗G_q信号。

浙江大学医学院郭嘉、周云利博士研究生为论文第一作者。研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、浙江省自然科学基金等资助。

SWI/SNF染色质重塑因子BAF60b通过影响调节性T细胞迁移抑制炎症性疾病

2024年7月10日,浙江大学医学院基础医学院/附属第一医院汪洌教授团队在《细胞报告》(*Cell Reports*)在线发表了题为“SWI/SNF chromatin remodeling factor BAF60b restrains inflammatory diseases by affecting regulatory T cell migration”的研究论文(DOI:10.1016/j.celrep.2024.114458)。该研究揭示了Brg/Brm相关因子60b(BAF60b)作为哺乳动物转换/蔗糖不发酵(SWI/SNF)染色质重塑复合物的一个亚基,在调节性T细胞迁移及炎症抑制中的重要作用及其机制。

调节性T细胞通过抑制过度的免疫反应维持免疫平衡,其功能失调会导致免疫激活失控和慢性炎症。调节性T细胞的正常迁移和定位至炎症组织对于其有效的免疫抑制功能至关重要。研究人员发现染色质重塑复合物SWI/SNF的重要亚基BAF60b对调控调节性T细胞的迁移起到了正调节作用。T细胞特异性敲除BAF60b小鼠无法有效抑制实验性自身免疫脑脊髓炎和结肠炎进展。转录组分析和表观组分析等结果揭示了BAF60b与转录因子RUNX1的相互作用,共同促进了调节性T细胞中*Ccr9*基因的表达,进而影响其向炎症组织迁移的能力。研究结果突显了染色质重塑因子在免疫调节中的重要功能,并为炎症性疾病的治疗提供了潜在靶点。

刘晓倩博士和刘快博士研究生为论文第一作者。该研究获得国家自然科学基金和国家重点研发计划支持。