

超声诊断急性踝关节外侧副韧带损伤的准确性系统评价与 Meta 分析

王利飞 辛东源 任宏琛 石少辉^(通讯作者)

航空总医院骨科 北京 100012

【摘要】目的：系统评价高频超声诊断急性踝关节外侧副韧带损伤的诊断准确性，为临床决策提供循证医学证据。方法：系统检索中国知网、万方医学网、PubMed 及 Cochrane Library 数据库，收集建库至 2026 年 7 月 21 日发表的高频超声诊断急性踝关节外侧副韧带损伤的诊断准确性试验。由 2 名研究者独立筛选文献、提取数据并交叉核对。合并效应量并评估异质性，通过敏感性分析检验结果稳健性。结果：共纳入 18 项研究。Meta 分析结果显示，高频超声诊断急性踝关节外侧副韧带损伤具有较高的灵敏度，合并灵敏度为 0.91（95%CI：0.89~0.94），研究间存在中度异质性；合并特异度为 0.82（95%CI：0.67~0.98），研究间存在高度异质性。敏感性分析表明灵敏度合并结果稳健，特异度合并结果解读需谨慎。结论：高频超声诊断急性踝关节外侧副韧带损伤灵敏度较高，作为一线筛查工具具有良好的临床应用价值，但特异度相对有限，阴性结果需结合临床谨慎解读。

【关键词】超声检查；踝关节；外侧副韧带；损伤；诊断准确性；Meta 分析

DOI:10.12417/2811-051X.26.12.053

急性踝关节外侧副韧带损伤是常见的运动相关肌肉骨骼系统损伤，在急诊科和运动医学门诊中发病率极高^[1]。外侧副韧带复合体主要由距腓前韧带、跟腓韧带及距腓后韧带构成，其中距腓前韧带是最容易受损的结构^[2]。如果没有获得及时、准确的诊断和规范治疗，会严重影响患者的生活质量。目前，急性踝关节外侧副韧带损伤的临床诊断主要依赖病史询问、体格检查以及影像学辅助检查^[3]。然而，体格检查在急性期，会由于关节肿胀、疼痛和肌肉保护性痉挛而受到影响^[4]。在影像学方面，磁共振成像（Magnetic Resonance Imaging, MRI）具有优异的软组织分辨率和多平面成像能力，但 MRI 设备昂贵、检查时间长，且不适用于体内有金属植入物或幽闭恐惧症患者^[5]。X 线平片仅能显示骨性结构，主要用于排除骨折^[6]。高频超声近年来在肌肉骨骼系统中的应用日益广泛，其优势包括无创、无电离辐射、实时动态成像、可双侧对比检查、操作灵活且成本低廉，可配合应力试验动态评估韧带松弛程度^[7]。

本研究通过全面检索国内外主要数据库，采用 Meta 分析方法，对高频超声诊断急性踝关节外侧副韧带损伤的灵敏度和特异度进行定量合并，旨在为临床医生提供更可靠、全面的循证医学证据。

1 方法

1.1 合格标准

纳入标准：①研究类型为诊断准确性试验；②研究对象为临床疑似急性踝关节外侧副韧带损伤患者；③待评价试验为高

频超声检查；④可直接或间接提取四格表数据。

排除标准：①综述、病例报告、会议摘要等非原始研究；②重复发表文献；③数据不全且无法补充的研究。

1.2 文献检索与数据提取

检索中国知网、万方医学网、PubMed 及 Cochrane Library 数据库，检索时限为建库至 2026 年 7 月 21 日。中文检索采用主题词联合自由词，主题词包括“超声检查”“踝关节”“外侧副韧带”“韧带损伤”等，自由词涵盖“高频超声”“踝扭伤”“距腓前韧带”“诊断准确性”等；英文检索以“Ultrasonography”“Ankle Joint”“Lateral Ligament,Ankle”“Ankle Injuries”等 MeSH 词为核心，结合“ultrasound”“high-frequency”“anterior talofibular ligament”“ATFL”“diagnostic accuracy”“sensitivity”“specificity”等自由词进行组合检索。由 2 名研究者独立筛选文献，交叉核对结果，分歧经讨论或第三方裁定解决。

1.3 偏倚与证据质量评估

采用 QUADAS-2 工具，从病例选择、待评价试验、金标准、病例流程与时间 4 个领域评价纳入研究偏倚风险，由 2 名研究者独立评价并交叉核对。采用漏斗图定性评估发表偏倚。采用 GRADE 系统对灵敏度、特异度两项结局进行证据确定性分级。

1.4 效应量与合成方法（Effect Measures and Synthesis Methods）

若纳入研究普遍具备完整四格表数据，优先采用双变量混

作者简介：王利飞，男（1969-06），汉族，甘肃威武，副主任医师，本科，研究方向：骨科；

通讯作者：石少辉，男（1975-03），汉族，山东日照，主任医师，博士研究生，研究方向：骨科。

基金项目：国家卫健委能力建设和继续教育中心课题（PMT1004-6）。

合效应模型同步合并灵敏度与特异度；若多数研究缺失阴性病例数据、无法拟合双变量模型，则采用单比例 Meta 分析分别合并两项指标。采用 Freeman-Tukey 双反正弦变换校正零单元格偏倚，选择限制性极大似然估计随机效应模型合并效应量。以 I^2 值评估异质性， $I^2 < 25\%$ 为低异质性， $25\% \sim 50\%$ 为中度异质性， $> 50\%$ 为高度异质性。通过逐一剔除法、剔除高偏倚风险研究两种方式开展敏感性分析，验证结果稳健性。所有分析

采用 Stata 17.0 软件完成，检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 研究筛选结果

本研究初步检索获得文献 202 篇，剔除 64 篇重复文献后剩余 138 篇。经初筛、全文筛选，3 篇无法获取全文，依据纳入排除标准剔除 29 篇不合规文献，最终纳入 18 项研究（图 1）。

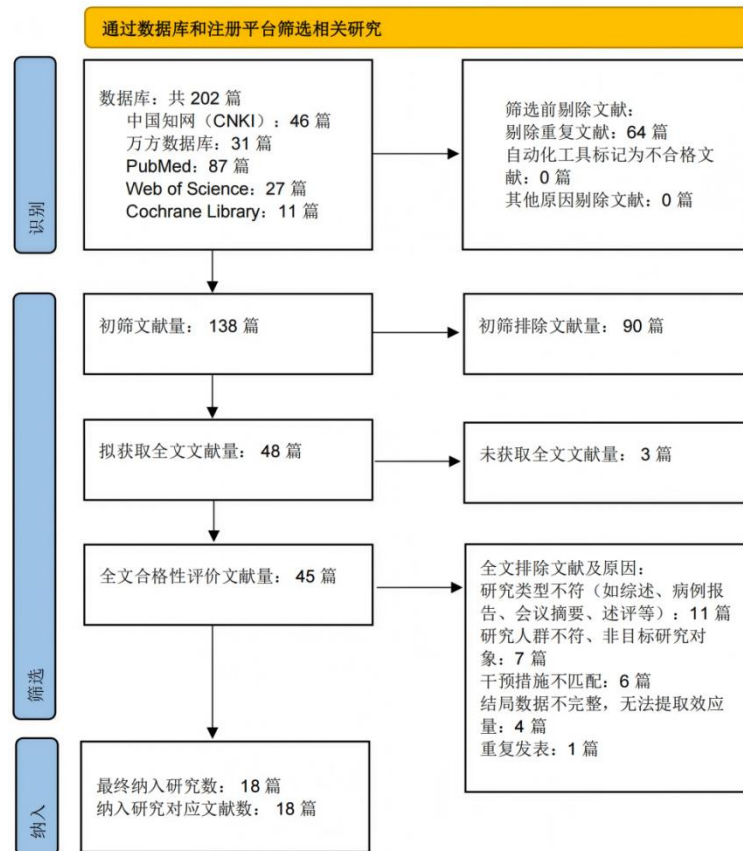


图 1 文献筛选流程图

2.2 纳入研究的特征

本研究共纳入 18 项诊断准确性研究，累计样本 1613 例，发表于 2013—2025 年，以中文文献为主（表 1）。受试者男性

居多，平均年龄 25.00~57.27 岁；金标准分为单纯 MRI、手术探查、MRI 联合手术探查三类；均采用 5~18 MHz 高频线阵探头，涵盖多品牌超声设备。仅 6 项报告特异度。

表 1 纳入研究的基本文献特征

纳入研究	样本量	男/女	平均年龄	金标准	TP/FP/FN/TN	灵敏度(%)	特异度(%)	超声设备/探头频率
Baltes 2021 ^[8]	92	85/7	25	MRI	39/16/6/31	87	66	5-12MHz
Gün 2013 ^[9]	65	41/24	34	MRI	30/0/2/33	93.8	100	7.5MHz(Mindray DC-3)
陈何刚 2023 ^[10]	64	42/22	45.23	MRI	59/0/5/0	92.2	NR	7.5~13.0MHz(飞利浦)
陈振亚 2022 ^[11]	82	54/28	45.58	MRI	75/2/3/2	96.15	50	5~12MHz(SmartUsEXT-1M)
丁艳 2023 ^[12]	84	53/31	46.32	MRI	75/0/9/0	89.3	NR	5~12MHz(飞利浦 EPIQ7 型)
董相宇 2015 ^[13]	95	31/23	31.2	手术探查	43/3/8/41	84	93	7~13MHz(飞利浦 Envisorc/ 西门子 SonolineElegra)

姜艳娜 2018 ^[14]	68	38/30	36.8	手术病理检查	65/0/3/0	95.6	NR	NR
雷少晖 2024 ^[15]	90	57/33	43.19	MRI+手术探查	82/0/8/0	91.1	NR	8~13MHz(飞利浦 IU22)
李娜娜 2024 ^[16]	90	69/21	34.58	MRI+手术探查	81/0/9/0	90	NR	5~12MHz
热娜古力·阿不都 热以木 2024 ^[17]	71	45/26	42.35	MRI	67/0/4/0	94.4	NR	7.5~15.0MHz(日立 HITACHI)
索海军 2020 ^[18]	80	59/21	39.5	MRI+手术探查	71/0/9/0	88.75	NR	5~12MHz(PHILIPS HD11XE)
汪新煌 2025 ^[19]	70	42/28	28.83	MRI+手术探查	67/0/3/0	95.7	NR	10~15MHz(GE LOGIQ E9)
王文艳 2024 ^[20]	100	57/43	45.15	MRI+手术探查	90/0/10/0	90	NR	5~18MHz(日立大二郎神 HI VISION Preirus)
王雪 2025 ^[21]	79	57/22	57.27	MRI+手术探查	77/0/2/0	97.5	NR	7.5~15.0MHz(GE Logiq E20)
王亚城 2025 ^[22]	102	68/34	34.11	MRI+手术探查	94/4/8/4	92.16	50	7.5~15.0MHz(西门子 Acuson S2000,14L5 探头)
徐福厚 2018 ^[23]	96	56/40	39.2	关节镜/手术探查	41/0/14/0	74.5	NR	7~13MHz(飞利浦 Envisorc/ 西门子 SonolineElegra)
殷善良 2021 ^[24]	192	141/51	37.23	MRI+手术探查	163/0/29/0	84.9	NR	7.5~13.0MHz(飞利浦 EPIQ5)
钟南 2021 ^[25]	93	56/37	39.72	手术探查	44/2/7/40	86.3	95.2	5~12MHz(PHILIPS HD11XE)

注：续表 1。

2.3 单个研究的偏倚风险结果

本研究采用 QUADAS-2 工具对纳入的 18 篇文献进行偏倚风险评价（附表 1）。结果显示：4 篇文献在病例选择、待评价试验、金标准及病例流程与时间四个领域均评为低风险；11 篇文献评为中等风险，主要因回顾性设计、未明确报告操作者资质或缺乏阴性对照；3 篇文献评为高风险，主要因无完整四格表或操作者资质不达标。

2.4 单个研究结果与合成结果

采用随机效应模型对 18 项纳入研究的诊断灵敏度进行合并，结果显示合并灵敏度为 0.91（95%CI: 0.89~0.94），研究间存在中度统计学异质性（ $I^2=57.00\%$ ， $P<0.01$ ）（图 2）。剔除 3 项整体偏倚风险为高的研究后开展敏感性分析，合并灵敏度为 0.92（95%CI: 0.90~0.94）；同时研究间异质性显著下降（ $I^2=36.72\%$ ， $P=0.09$ ），提示高偏倚风险研究是异质性的主要来源之一，本研究灵敏度合并结果具有较好的稳健性。

对 6 项研究采用随机效应模型合并特异度，结果显示合并特异度为 0.82（95%CI: 0.67~0.98），研究间存在高度统计学异质性（ $I^2=93.70\%$ ， $P<0.01$ ）（图 3）。采用逐一剔除法开展敏感性分析，依次剔除单项研究后合并特异度波动于 0.77~0.95 区间，整体结果方向未发生逆转；其中剔除 Baltes et

al.(2021)后研究间异质性显著下降（ $I^2=25.43\%$ ），该研究将部分撕裂归为阴性对照，与其他研究的诊断阈值存在差异，提示该研究是特异度异质性的主要来源^[8]。其余剔除场景下合并效应量无明显偏移，整体结果具备一定稳健性。

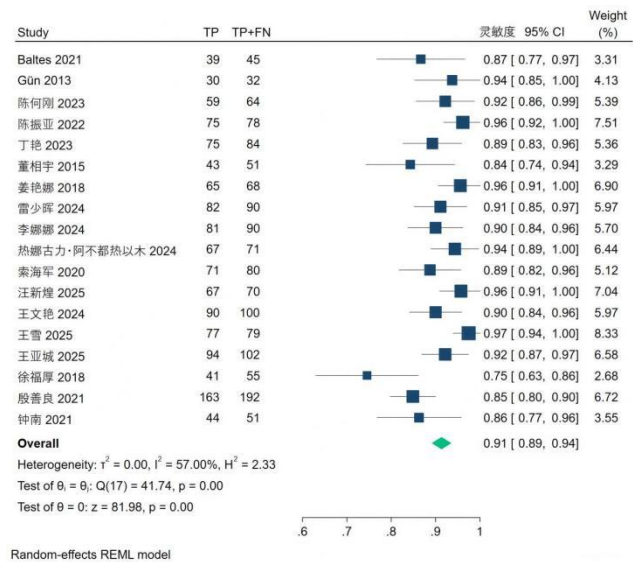


图 2 灵敏度森林图

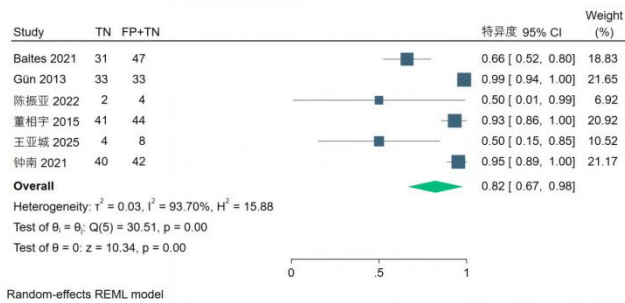


图3 特异度森林图

2.5 发表偏倚与证据确定性结果

本研究采用漏斗图定性评估发表偏倚风险（图4）。针对灵敏度的分析共纳入18项研究，漏斗图内各研究散点大致呈对称分布，提示灵敏度合并结果受显著发表偏倚影响的可能性较低。针对特异度仅纳入6项数据完整的研究，漏斗图散点分布对称性欠佳，结果解读需谨慎态度。采用GRADE工具评价证据确定性。超声诊断灵敏度为中等质量证据，受观察性研究设计与中度异质性限制；特异度为低质量证据，受纳入研究数量少、高度异质性及潜在发表偏倚影响。

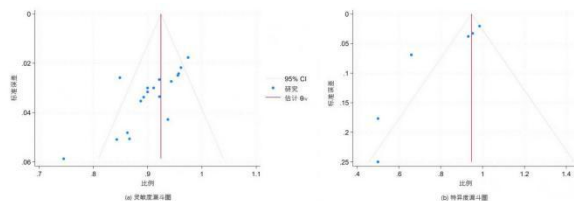


图4 发表偏倚漏斗图

3 讨论

本研究发现，高频超声对急性踝关节外侧副韧带损伤具有

参考文献:

- [1] Maduka GC, Jakusson R, Maduka DC, et al. Conservative Management of Acute Lateral Ligaments of the Ankle Injuries: An Analytical Literature Review[J]. Cureus. 2023;15(10):e47709.
- [2] Shim JW, Jeon N, Jang MC, et al. Clinical Outcomes of Arthroscopic Debridement for Lateral Epicondylitis with Partial Injury of the Lateral Collateral Ligament Complex[J]. Clin Orthop Surg. 2022;14(3):434-440.
- [3] 山川. 不同踝关节外侧副韧带损伤类型 MRI 特征及诊断价值分析[J]. 现代医用影像学. 2025;34(8):1492-1494.
- [4] Marín Fermín T, Symeonidis PD. Physical Examination of Ankle Sprain and Ankle Instability: Can We Really Divide It into Low and High Ankle Sprains? Foot Ankle Clin[J]. 2023;28(2):217-229.
- [5] Ergün T, Peker A, Aybay MN, et al. Ultrasonography view for acute ankle injury: comparison of ultrasonography and magnetic resonance imaging. Arch Orthop Trauma Surg[J]. 2023;143(3):1531-1536.
- [6] 丁仰坤, 于嘉智, 牟鹏飞, 等. X 线片骨折阴性儿童急性 Kemmochi V 型距腓前韧带损伤的危险因素及其预测效能[J]. 中华创伤杂志. 2025;41(07):663-668.
- [7] 郭令, 樊胜虎, 周澜, 等. 高频超声在踝关节外侧副韧带损伤评估中的应用进展[J]. 足踝外科电子杂志. 2025;12(1):66-70.
- [8] Baltes TPA, Arnáiz J, Geertsema L, et al. Diagnostic value of ultrasonography in acute lateral and syndesmotic ligamentous ankle injuries[J]. Eur Radiol. 2021;31(4):2610-2620.

较高的诊断灵敏度，但特异度相对有限，提示超声阴性结果尚不足以完全排除损伤，需结合临床综合判断。

高频超声在检测韧带撕裂方面表现出较高的灵敏度，原因在于高频探头能够提供卓越的浅表软组织分辨力，可清晰显示韧带的纤维走行、连续性及其内部回声特征^[26]。超声具备动态实时成像的独特能力，操作者可通过施加标准化的内翻应力或前抽屉试验，在动态扫描中直接观察韧带张力变化及关节间隙增宽程度^[27]。然而，特异度的不足需要正视。急性期损伤常伴有显著的踝关节肿胀和皮下软组织水肿，声像图上弥漫性回声减低可掩盖正常解剖层次，易将水肿伪影误判为韧带撕裂。此外，目前各研究对超声诊断阳性的界定标准尚不统一，部分研究将韧带部分撕裂亦归为阳性，而另一些仅以完全撕裂作为判定阈值，诊断界值的不一致直接影响了特异度的高低。

本研究存在一定局限性。各研究金标准不统一，多数研究为回顾性设计，方法学质量整体偏低。在统计方法上，诊断准确性 Meta 分析的标准做法是采用双变量模型同步联合分析，但本研究因多数研究未报告完整四格表数据，无法拟合双变量模型，只能将两项指标拆开分别合并，可能影响效应估计的精确性。未来研究应遵循 STARD 声明开展前瞻性设计，完整报告四格表数据，以便后续研究采用标准双变量模型进行分析，同时加强操作者规范化培训，推动超声在踝关节损伤诊疗中的规范应用。

高频超声诊断急性踝关节外侧副韧带损伤具有较高的灵敏度，但特异度相对有限，阴性结果需结合临床体格检查谨慎解读。

- [9] Gün C,Unlüer EE,Vandenberk N,et al.Bedside ultrasonography by emergency physicians for anterior talofibular ligament injury[J].J Emerg Trauma Shock.2013,6(3):195-8.
- [10] 陈何刚,叶海超.高频肌骨超声诊断踝关节外侧副韧带损伤及其评估预后的价值[J].浙江创伤外科,2023,28(8):1584-1586.
- [11] 陈振亚.高频超声鉴别诊断踝关节外侧副韧带损伤类型的研究[J].基层医学论坛,2022,26(4):42-45.
- [12] 丁艳,殷波,贾卫华.高频肌骨超声诊断踝关节外侧副韧带损伤及其评估预后的价值[J].影像研究与医学应用,2023,7(3):152-154.
- [13] 董相宇,曾效力,何秀珍,等.MRI 和 高频超声对踝关节外侧副韧带损伤的诊断价值比较[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2015,13(3):140-144.
- [14] 姜艳娜.MRI 和 高频超声对踝关节外侧副韧带损伤的诊断价值比较评价[J].中国卫生产业,2018,15(4):132-133.
- [15] 雷少晖.高频肌骨超声成像在踝关节外侧副韧带损伤中的评估价值[J].河南外科学杂志,2024,30(2):50-52.
- [16] 李娜娜,李金勇,张丽平.高频肌骨超声诊断踝关节外侧副韧带损伤的价值[J].社区医学杂志,2024,22(15):513-518.
- [17] 热娜古力·阿不都热以木.高频肌骨超声对踝关节外侧副韧带损伤的诊断及预后预测的效果[J].现代养生,2024,24(20):1524-1526.
- [18] 索海军,王娜,邱海滨,等.高频超声诊断踝关节外侧副韧带损伤的临床价值[J].中国骨与关节损伤杂志,2020,35(4):427-429.
- [19] 汪新煌,何志安,刘毅.高频肌骨超声诊断与预测踝关节外侧副韧带损伤的效能及预后的研究[J].中国医药指南,2025,23(19):55-57.
- [20] 王文艳.高频肌骨超声诊断踝关节外侧副韧带损伤及其评估预后的价值[J].影像研究与医学应用,2024,8(13):65-67.
- [21] 王雪,吴鸿莉,金壮,等.高频肌骨超声评估患者踝关节外侧副韧带损伤程度的研究[J].空军军医大学学报,2025,46(8):999-1003.
- [22] 王亚城,任晓璐,邹聪颖,等.高频超声对踝关节外侧副韧带损伤类型的鉴别价值及诊断准确度影响因素分析[J].生物医学工程与临床,2025,29(3):312-321.
- [23] 徐福厚.MRI 和 高频超声对踝关节外侧副韧带损伤的诊断价值比较评价[J].中国卫生产业,2018,15(12):5-6.
- [24] 殷善良,叶秀珍.高频超声对踝关节外侧副韧带不同损伤类型分层诊断的价值[J].中国医药指南,2021,19(2):193-194.
- [25] 钟南,吴清华,张贵荣.高频超声与磁共振成像对踝关节外侧副韧带损伤的诊断价值[J].中外医学研究,2021,19(26):62-64.
- [26] Deka JB,Deka NK,Shah MV,et al.Isolated partial tear of extensor digitorum longus tendon with overlying muscle herniation in acute ankle sports injury:role of high resolution musculoskeletal ultrasound[J].J Ultrasound.2022,25(2):369-377.
- [27] Chen X,Ke J,Zhang Y,et al.Multimodal Distillation Pre-Training Model for Ultrasound Dynamic Images Annotation[J].IEEE J Biomed Health Inform.2025,29(5):3124-3136.