

· 专题 · 儿童足外科 ·

肌骨超声在儿童急性踝关节扭伤中的应用



全文二维码

李雄涛¹ 孙杰² 王思¹ 顾曜隆¹ 沈先涛¹¹ 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院骨科, 武汉 430016; ² 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院超声影像科, 武汉 430016

通信作者: 沈先涛, Email: xiantaoshen9815@aliyun.com

【摘要】目的 初步探讨肌骨超声检查诊断儿童急性踝关节扭伤的可靠性。**方法** 本研究为回顾性研究, 纳入 2023 年 10 月至 2024 年 8 月于武汉儿童医院就诊的 57 例急性踝关节扭伤患儿作为研究对象。患儿均完成临床踝关节稳定性检查、踝关节肌骨超声检查、踝关节正侧位 X 线片和踝关节 MRI 检查。踝关节肌骨超声主要检查外踝撕脱骨折、距腓前韧带和跟腓韧带的完整性。以踝关节 MRI 检查结果为金标准, 对比临床稳定性检查、踝关节肌骨超声检查、踝关节正侧位检查结果的可靠性。

结果 踝关节稳定性检查诊断外踝韧带损伤的灵敏度为 81% (17/21)、特异度为 53% (19/36); 踝关节肌骨超声检查诊断距腓前韧带损伤的灵敏度为 95% (20/21)、特异度为 94% (34/36), 诊断跟腓韧带损伤的灵敏度为 80% (4/5)、特异度为 98% (51/52), 诊断外踝撕脱骨折的灵敏度为 96% (27/28)、特异度为 83% (24/29); 踝关节正侧位 X 线片诊断外踝骨折的灵敏度为 39% (11/28)、特异度为 100% (29/29)。**结论** 踝关节肌骨超声可以准确探查被 X 线片漏诊的儿童外踝撕脱的软骨骨折块, 也可以准确探查外踝韧带损伤的情况。踝关节肌骨超声作为一种可靠、准确且无辐射的影像检查方法, 可用于儿童急性踝关节扭伤的早期诊断。

【关键词】 超声; 韧带损伤; 骨折; 外科手术; 儿童

基金项目: 武汉市卫健委科研项目 (WX23A10); 武汉儿童医院“腾飞计划”临床研究类项目 (2023TFJH01)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202409026-003

Application of musculoskeletal ultrasound in acute lateral ankle sprain in children

Li Xiongtao¹, Sun Jie², Wang Si¹, Gu Yaolong¹, Shen Xiantao¹

¹ Department of Orthopedics, Wuhan Children's Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430016, China; ² Department of Ultrasonic Imaging, Wuhan Children's Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430016, China

Corresponding author: Shen Xiantao, Email: xiantaoshen9815@aliyun.com

【Abstract】Objective To preliminarily explore the reliability of musculoskeletal ultrasound in evaluating acute lateral ankle sprain in children. **Methods** This retrospective study included 57 children with acute ankle sprains who were treated at Wuhan Children's Hospital between October 2023 and August 2024. All patients underwent clinical ankle stability tests, musculoskeletal ultrasound of the ankle, standard X-ray of the ankle in anterior-posterior and lateral views, and ankle MRI. Musculoskeletal ultrasound primarily assessed avulsion fractures of the lateral malleolus, and the integrity of the anterior talofibular and calcaneofibular ligaments. Using MRI as the gold standard, the reliability of clinical stability tests, musculoskeletal ultrasound, and standard X-rays were compared. **Results** The sensitivity and specificity of the clinical stability test in assessing lateral ankle ligament injury were 81% (17/21) and 53% (19/36), respectively. Musculoskeletal ultrasound had a sensitivity of 95% (20/21) and specificity of 94% (34/36) for assessing anterior talofibular ligament injury, a sensitivity of 80% (4/5) and specificity of 98% (51/52) for calcaneofibular ligament injury, and a sensitivity of 96% (27/28) and specificity of 83% (24/29) for lateral malleolus avulsion fractures. Standard X-ray had a sensitivity of 39% (11/28) and specificity of 100% (29/29) in detecting lateral malleolus fractures. **Conclusions** Musculoskeletal ultrasound can accurately detect cartilaginous avulsion fractures of the lateral malleolus that may be

missed by X-rays, as well as injuries to the lateral ankle ligaments. As a reliable, accurate, and radiation-free imaging method, musculoskeletal ultrasound can be used for early diagnosis of acute ankle sprains in children.

【Key words】 Ultrasound; Ligament Injury; Fracture; Surgical Procedures, Operative; Child

Fund program: Scientific Research Projects of Wuhan Municipal Health Commission (WX23A10); Soaring Plan of Youth Talent Development at Wuhan Children's Hospital (2023TFJH01)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202409026-003

急性踝关节扭伤是儿童常见的损伤之一,在日常生活和体育活动中均有可能发生^[1]。儿童急性踝关节扭伤可能导致踝关节外侧韧带损伤或者外踝撕脱骨折,临床踝关节稳定性检查和踝关节 X 线片检查是目前最常用的检查方法,但是对于儿童来说,踝关节稳定性检查的准确性并不高,X 线检查也无法探测到软骨撕脱骨折^[2-3]。踝关节 MRI 检查可以精准探查韧带损伤情况及是否有撕脱骨折,但儿童进行 MRI 检查前通常需要进行镇静,检查耗时费力,不适合作为儿童急性踝关节扭伤的常规检查^[4]。肌骨超声检查可以清楚探查软骨撕脱骨折块及韧带损伤情况,且对儿童进行肌骨超声检查不需要镇静,没有辐射,可以快速完成^[5-6]。本研究将踝关节肌骨超声检查结果与踝关节 MRI 检查结果进行对比,旨在初步探讨踝关节肌骨超声检查对于儿童急性踝关节扭伤后撕脱骨折和韧带损伤诊断的可靠性。

资料与方法

一、研究对象

本研究为回顾性研究,纳入 2023 年 10 月至 2024 年 8 月于武汉儿童医院就诊的 57 例急性踝关节扭伤患儿作为研究对象。病例纳入标准:①年龄 5~14 岁;②有踝关节急性扭伤病史,完成超声检查时间距离损伤时间小于 1 周;③有完整的肌骨超声检查、X 线检查、MRI 检查结果。排除标准:①合并其他部位骨折;②Beighton 韧带松弛评分大于 4 分;③双侧均有踝关节扭伤;④合并关节炎等其他踝关节疾病。患儿均完成踝关节稳定性检查(前抽屉实验、内翻应力实验)、踝关节肌骨超声检查(探查距腓前韧带、跟腓韧带、外踝骨折块)、踝关节正侧位 X 线检查以及踝关节 MRI 检查。踝关节稳定性检查由一名资深的小儿骨科医师完成,前抽屉实验和内翻应力实验中一项结果为阳性则判定为踝关节稳定性检查阳性。肌骨超声检查由一名资深的超声影像科医师完成,外踝骨折块部分撕裂和完全撕裂均判定为阳性,距腓前韧带、跟腓韧带

部分撕裂和完全断裂均判断为阳性。踝关节正侧位 X 线片检查结果和踝关节 MRI 检查结果由影像科和小儿骨科医师共同判定。

二、儿童急性踝关节扭伤肌骨超声检查方法

采用高频线阵探头(频率在 12 MHz 及以上),并使用肌骨标准化检查方案。距腓前韧带肌骨超声检查时患儿取坐位,在中立位时足平踩于检查床上,同时膝关节轻微内扣,使踝关节尽量跖屈,此时韧带处于紧张状态,利于显示。探头前端(带标记端)置于外踝内侧前缘,后端指向第 2~3 趾间,探头大致与床面平行。跟腓韧带肌骨超声检查时患儿取坐位,踝关节取中立位,足平踩于检查床上,膝关节轻微内扣使韧带放松,足背曲时韧带紧张。探头前端(带标记端)置于外踝下缘中部,后端指向床面,与足底基本垂直或稍向足跟方向摆动。外踝骨折块肌骨超声检查方法:患儿取坐位,中立位时足平踩于检查床上,膝关节轻微内扣,此时韧带放松,跖屈时韧带紧张。探头前端(带标记端)置于外踝,与腓骨纵轴重叠,前端不动,后端进行钟摆运动,以覆盖腓骨远端及距骨外侧突,评估是否存在撕脱骨折(图 1)。

三、统计学处理

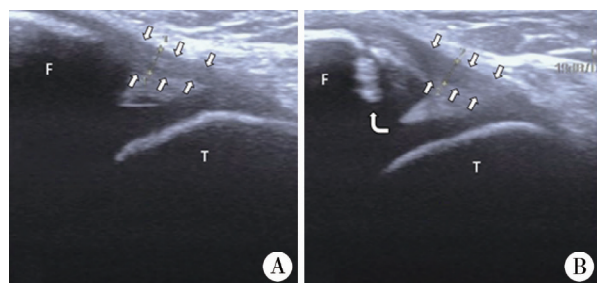
采用 SPSS 27.0 进行统计学分析。以踝关节 MRI 检查结果为金标准,分别评价临床检查、踝关节肌骨超声检查、踝关节 X 线片检查诊断外踝骨折及韧带损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和 Youden 指数;3 种诊断方法与 MRI 诊断结果的一致性分析采用 Kappa 检验和 McNemar 检验; $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

踝关节肌骨超声诊断距腓前韧带损伤的灵敏度为 95%,特异度为 94%,Kappa 值为 0.888,与 MRI 检查结果一致性较好($P > 0.05$)。踝关节肌骨超声诊断跟腓韧带损伤的灵敏度为 80%,特异度为 98%,Kappa 值为 0.781,与 MRI 检查结果一致性较好($P > 0.05$)。临床踝关节稳定性诊断距腓前韧带损伤的灵敏度为 81%,特异度为 53%,Kappa 值为

0.299, 检查结果与 MRI 检查结果一致性较差 ($P < 0.05$)。

踝关节肌骨超声检查有 5 例假阳性、1 例假阴性, 灵敏度为 96%, 特异度为 83%, Kappa 值为 0.745, 与 MRI 检查结果一致性较好 ($P > 0.05$)。踝关节 X 线检查结果无一例假阳性结果, 有 17 例假阴性结果, 灵敏度为 39%, 特异度为 100%, Kappa 值为 0.367, 与 MRI 检查结果一致性较差 ($P < 0.05$)。外踝软骨撕脱患儿踝关节肌骨超声见图 1, 不同检查方法诊断外踝韧带损伤和骨折的可靠性见表 1。



注 A: 健侧肌骨超声图像; B: 外踝软骨撕脱患侧肌骨超声图像; F 代表腓骨; T 代表距骨; 箭头所指为距腓前韧带; 直角箭头所指为外踝撕脱骨折部位

图 1 外踝软骨撕脱患儿踝关节肌骨超声图像

Fig. 1 Musculoskeletal ultrasound image of ankle joint in a child with lateral ankle chondral avulsion fracture

讨论

急性踝关节扭伤是下肢最常见的损伤, 发生率达 11.88%, 在运动过程中发生率更高^[7]。医师通常会根据“渥太华踝关节准则”判断是否需要 X 线检查^[8]。在儿童急性踝关节扭伤中, 踝关节 X 线片通常不能很好地显示外踝软骨撕脱骨折。Schütze 等^[9]研究发现在儿童踝关节扭伤患者中有 1/3 的撕脱骨折无法通过 X 线片识别。但是 Hara-

guchi 等^[10]研究发现, 约 76% 的儿童踝关节撕脱骨折可以通过 X 线片发现, 因为较多研究者发现, 大多软骨撕脱骨折会合并骨性组织撕脱, 骨组织在 X 线片上可以被发现。我们通过踝关节 X 线检查结果发现, 的确会有部分儿童踝关节扭伤合并骨性撕脱 (39%), 但更多还是单纯的软骨撕脱 (61%), 踝关节 X 线检查产生了 17 例假阴性结果, 灵敏度仅 39%、阴性预测值为 63%。

肌骨超声在探查软骨损伤方面具有独到的优势, Simanovsky 等^[3]发现肌骨超声检查在踝关节撕脱骨折的诊断中具有很高的灵敏度和特异度。本研究同样发现踝关节肌骨超声诊断踝关节骨折的灵敏度为 96%、特异度为 83%、阳性预测值为 82%、阴性预测值为 96%, 较 X 线片诊断结果有显著提高。本研究中有 5 例肌骨超声诊断的假阳性病例, 这可能是由于 MRI 检查撕脱骨折过于细小没有被扫描到, 也有可能是骨折端水肿导致 MRI 检查结果漏诊。进行肌骨超声检查时如果发现撕脱骨折难以明确, 可以进行动态超声检查, 在骨折端施加部分应力, 以检查骨折端的稳定性, 这是肌骨超声检查的独特优势^[5]。

儿童踝关节外侧韧带常常在急性扭伤后受损, 超过 80% 的踝关节扭伤患者存在不同程度的距腓前韧带损伤^[11]。踝关节前抽屉试验是检查距腓前韧带是否损伤的经典方法, 但是急性扭伤的患儿通常难以完成该项检查。Lin 等^[12]同样发现踝关节前抽屉试验在扭伤后 5 天较扭伤后立即检查准确性更高。本研究同样发现, 急性扭伤的儿童在进行稳定性检查时很难完全配合, 临床踝关节稳定性检查结果出现了 17 例假阳性、4 例假阴性病例, 灵敏度为 81%、特异度仅 53%。踝关节稳定性检查结果并不能很好地区分距腓前韧带与跟腓韧带损伤, 而且不

表 1 不同检查方法诊断儿童外踝韧带损伤和骨折的可靠性

Table 1 Reliability of different examination methods in diagnosing lateral ankle ligament injuries and fractures

变量	真阳性/ 真阴性 (例)	假阳性/ 假阴性 (例)	灵敏度	特异度	阳性 预测值	阴性 预测值	Youden 指数	Kappa 值	P 值*
外踝韧带损伤									
临床检查	17/19	17/4	81%	53%	71%	83%	0.34	0.299	0.007
肌骨超声检查									
距腓前韧带	20/34	2/1	95%	94%	91%	97%	0.89	0.888	1.000
跟腓韧带	4/51	1/1	80%	98%	80%	98%	0.78	0.781	1.000
外踝骨折									
X 线片检查	11/29	0/17	39%	100%	100%	63%	0.39	0.367	<0.001
肌骨超声检查	27/24	5/1	96%	83%	82%	96%	0.79	0.745	0.219

注 * P 值为 McNemar 检验获得的结果

能有效预测患儿以后是否会进展为慢性踝关节不稳定^[13]。

距腓前韧带和跟腓韧带位置均较表浅,踝关节肌骨超声检查可以清楚探查到距腓前韧带和跟腓韧带的损伤情况^[6,14]。Hosseinian 等^[6]通过研究成人踝关节扭伤发现,踝关节肌骨超声判断距腓前韧带损伤的灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值均达 100%,Kappa 值为 1.000。我们的研究结果与之相似,肌骨超声检查有 2 例假阳性、1 例假阴性结果,灵敏度为 95%、特异度为 94%、阳性预测值为 91%、阴性预测值为 97%,Kappa 值为 0.888。和以往成人踝关节韧带损伤研究结果不同的是,本研究儿童跟腓韧带损伤仅 5 例,远低于距腓前韧带损伤病例,但是肌骨超声诊断的准确性仍很高(灵敏度为 80%、特异度为 98%)。本研究结果显示肌骨超声检查基本上能够检测到 MRI 识别的所有儿童外踝韧带损伤^[6,14]。踝关节肌骨超声检查与临床踝关节稳定性检查相比,可以更加准确地判断儿童踝关节距腓前韧带和跟腓韧带损伤的情况。

综上所述,肌骨超声作为一种无创、无辐射、廉价的动态检测方法,特别适合用于儿童外踝软骨撕脱骨折损伤的诊断。与踝关节 MRI 检查相比,肌骨超声检查在儿童急性距腓前韧带损伤及跟腓韧带损伤中诊断准确性同样高。所以,我们认为肌骨超声非常适合用于儿童急性踝关节扭伤的早期诊断。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 文献检索为李雄涛、孙杰、王思;论文实验设计:沈先涛、李雄涛、王思;数据收集与分析为李雄涛、王思、顾曜隆、沈先涛;论文结果撰写为李雄涛、孙杰、王思、顾曜隆;论文讨论分析为李雄涛、孙杰、王思、顾曜隆、沈先涛

参 考 文 献

- [1] Rougerea G, Noailles T, Khoury GE, et al. Is lateral ankle sprain of the child and adolescent a myth or a reality? A systematic review of the literature[J]. *Foot Ankle Surg*, 2022, 28(3): 294-299. DOI: 10.1016/j.fas.2021.04.010.
- [2] Najaf-Zadeh A, Nectoux E, Dubos F, et al. Prevalence and clinical significance of occult fractures in children with radiograph-negative acute ankle injury. A meta-analysis[J]. *Acta Orthop*, 2014, 85(5): 518-524. DOI: 10.3109/17453674.2014.925353.
- [3] Simanovsky N, Lamdan R, Hiller N, et al. Sonographic detection of radiographically occult fractures in pediatric ankle and wrist injuries[J]. *J Pediatr Orthop*, 2009, 29(2): 142-145. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318198452e.
- [4] Vuurberg G, Hoorntje A, Wink LM, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline[J]. *Br J Sports Med*, 2018, 52(15): 956. DOI: 10.1136/bjsports-2017-098106.
- [5] Maeda M, Maeda NN, Takaoka T, et al. Sonographic findings of chondral avulsion fractures of the lateral ankle ligaments in children[J]. *J Ultrasound Med*, 2017, 36(2): 421-432. DOI: 10.7863/ultra.15.09008.
- [6] Hosseinian SHS, Aminzadeh B, Rezaeian A, et al. Diagnostic value of ultrasound in ankle sprain[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2022, 61(2): 305-309. DOI: 10.1053/j.jfas.2021.08.008.
- [7] 陈昀谷, 曹圣轩, 马昕. 急性外侧踝关节扭伤诊疗的争议问题[J]. *国际科学杂志*, 2024, 51(3): 145-152. DOI: 10.3760/cma.j.cn115396-20240314-00076.
- [8] Chen YG, Cao SX, Ma X. Controversies in the diagnosis and treatment of acute lateral ankle sprains[J]. *Int J Surg*, 2024, 51(3): 145-152. DOI: 10.3760/cma.j.cn115396-20240314-00076.
- [9] de Almeida SI, Rios J, Costa Lima S, et al. Applying the Ottawa ankle rules in a pediatric emergency department[J]. *Pediatr Emerg Care*, 2022, 38(3): e1123-e1126. DOI: 10.1097/PEC.0000000000002528.
- [10] Schütze F, Maas U. Osteochondral involvement in fibulotalar ligament ruptures[J]. *Z Kinderchir*, 1989, 44(2): 91-93. DOI: 10.1055/s-2008-1043208.
- [11] Haraguchi N, Kato F, Hayashi H. New radiographic projections for avulsion fractures of the lateral malleolus[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1998, 80(4): 684-688. DOI: 10.1302/0301-620x.80b4.8636.
- [12] Panagiotakis E, Mok KM, Fong DTP, et al. Biomechanical analysis of ankle ligamentous sprain injury cases from televised basketball games: understanding when, how and why ligament failure occurs[J]. *J Sci Med Sport*, 2017, 20(12): 1057-1061. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.05.006.
- [13] Lin CWC, Uegaki K, Coupé VMH, et al. Economic evaluations of diagnostic tests, treatment and prevention for lateral ankle sprains: a systematic review[J]. *Br J Sports Med*, 2013, 47(18): 1144-1149. DOI: 10.1136/bjsports-2012-090319.
- [14] Doherty C, Bleakley C, Hertel J, et al. Clinical tests have limited predictive value for chronic ankle instability when conducted in the acute phase of a first-time lateral ankle sprain injury[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018, 99(4): 720-725. e1. DOI: 10.1016/j.apmr.2017.11.008.
- [15] Alvarez CAD, Hattori S, Kato Y, et al. Dynamic high-resolution ultrasound in the diagnosis of calcaneofibular ligament injury in chronic lateral ankle injury: a comparison with three-dimensional magnetic resonance imaging[J]. *J Med Ultrason* (2001), 2020, 47(2): 313-317. DOI: 10.1007/s10396-019-00993-9.

(收稿日期: 2024-09-09)

本文引用格式: 李雄涛, 孙杰, 王思, 等. 肌骨超声在儿童急性踝关节扭伤中的应用[J]. *临床小儿外科杂志*, 2024, 23(11): 1015-1018. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202409026-003.

Citing this article as: Li XT, Sun J, Wang S, et al. Application of musculoskeletal ultrasound in acute lateral ankle sprain in children[J]. *J Clin Ped Sur*, 2024, 23(11): 1015-1018. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202409026-003.