

MRI在隐匿性肋骨骨折中的应用

楼雅婷¹, 吴俊沛², 方 权³, 胡云星⁴

¹温州医科大学第一临床医学院, 浙江 温州

²义乌市中心医院呼吸与危重症科, 浙江 义乌

³义乌市中心医院放射科, 浙江 义乌

⁴义乌市公安局刑侦大队法医科, 浙江 义乌

收稿日期: 2025年9月21日; 录用日期: 2025年10月14日; 发布日期: 2025年10月20日

摘 要

目的: 探讨MRI在隐匿性肋骨骨折诊断中的应用价值。方法: 回顾性分析2022年1月至2024年12月期间因胸部外伤就诊且X线或CT检查阴性但临床高度怀疑肋骨骨折的50例患者的MRI影像资料。所有患者均接受MRI检查, 记录骨折部位、数量及伴随软组织损伤情况。结果: MRI共检出隐匿性肋骨骨折62处, 其中X线漏诊率为88.7% (55/62), CT漏诊率为41.9% (26/62)。MRI对骨髓水肿的敏感性为100%, 特异性为92.3%。此外, MRI还发现肋间肌损伤12例、胸膜损伤8例及肺挫伤5例。结论: MRI对隐匿性肋骨骨折的诊断具有高敏感性和特异性, 尤其在X线或CT检查阴性时具有重要补充价值, 同时可评估周围软组织损伤情况。

关键词

隐匿性肋骨骨折, MRI, 骨髓水肿, X线, CT

The Application of MRI in Occult Rib Fractures

Yating Lou¹, Junpei Wu², Quan Fang³, Yunxing Hu⁴

¹First Clinical Medical College, Wenzhou Medical University, Wenzhou Zhejiang

²Respiratory and Critical Care Department, Yiwu Central Hospital, Yiwu Zhejiang

³Radiology Department of Yiwu Central Hospital, Yiwu Zhejiang

⁴Forensic Department of the Criminal Investigation Team of Yiwu Public Security Bureau, Yiwu Zhejiang

Received: September 21, 2025; accepted: October 14, 2025; published: October 20, 2025

Abstract

Objective: To explore the application value of MRI in the diagnosis of occult rib fractures. **Methods:**

文章引用: 楼雅婷, 吴俊沛, 方权, 胡云星. MRI 在隐匿性肋骨骨折中的应用[J]. 临床医学进展, 2025, 15(10): 1920-1925. DOI: 10.12677/acm.2025.15102963

The MRI image data of 50 patients who visited the doctor for chest trauma from January 2022 to December 2024 and had negative X-ray or CT test but were highly suspected of rib fractures in clinically. All patients underwent MRI to record the fracture site, number and accompanying soft tissue damage. Results: A total of 62 occult rib fractures were detected by MRI, of which the X-ray misdiagnosis rate was 88.7% (55/62) and the CT misdiagnosis rate was 41.9% (26/62). MRI was 100% sensitive to bone marrow edema and 92.3% specificity. In addition, MRI also found 12 cases of intercostal muscle injury, 8 cases of pleural injury and 5 cases of pulmonary contusion. Conclusion: MRI is highly sensitive and specific for the diagnosis of occult rib fractures, and is particularly valuable for supplementary value when X-ray or CT is negative, and can also evaluate the damage to the surrounding soft tissue.

Keywords

Occult Rib Fracture, MRI, Bone Marrow Edema, X-Ray, CT

Copyright © 2025 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

近年来, 由于车辆日渐普及, 道路交通越来越便利, 交通事故等意外伤害的逐渐增多, 意外所致胸部创伤的发生率也不断增加。肋骨骨折是胸部外伤的常见并发症, 通常由直接暴力或挤压伤引起[1]。隐匿性肋骨骨折(occult rib fracture, ORF)由于骨折线细微或无明显移位, 早期 X 线或 CT 检查可能无法显示, 导致漏诊或延误治疗[2]。此外, 肋骨骨折的数量也是法医学检验伤残程度的重要指标[3]。因此, 临床工作中及早明确肋骨有无骨折、骨折的数量、骨折的程度、骨折的时间推断上, 无论在交通事故、还是在刑事案件等方面, 对患者伤残评级或刑事量刑方面有一定的区别。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)因其对骨髓水肿的高敏感性、多平面成像能力及无辐射特点, 在隐匿性肋骨骨折的诊断中具有重要价值[4]。本研究旨在探讨 MRI 在隐匿性肋骨骨折中的应用价值, 为临床诊断及其他方面提供参考。

2. 方法

回顾性分析 2022 年 1 月至 2024 年 12 月期间因胸部外伤就诊且 X 线或 CT 检查阴性但临床高度怀疑肋骨骨折的 50 例患者均进行的 MRI 检查, 同时收集所有影像资料。纳入标准: (1) 有明确胸部外伤史; (2) X 线或 CT 检查阴性, 临床胸壁局部压痛、呼吸、咳嗽局部疼痛明确的患者; (3) 临床症状高度怀疑肋骨骨折患者; (4) 有肺部疾病继发咳嗽等情况, 近期胸壁固定部位压痛。排除标准: (1) MRI 检查禁忌症患者; (2) 既往有肋骨、胸部手术史, 金属固定等; (3) 心肺部疾病不能配合屏气、不能平躺等患者; (4) 肋骨其他病变, 骨肿瘤、骨髓炎等疾病。

3. 检查方法

(1) CT 检查方法: 仪器: CT 扫描仪(64 排), 厂家: TOSHIBA Aquilion。检查方法: 扫描前去除体表异物, 进行呼吸训练。仰卧位, 头先进, 两臂上举抱头, 身体置于扫描床中间, 侧面定位线对准人体正中冠状位。锁骨上 2~3 cm 为扫描基线, 从胸廓入口至 12 肋骨下缘, 吸气后屏气曝光进行依次螺旋扫描。参数设置: 120 kV, 130 mAs, 层厚设置为: 0.625 mm, 螺距设置为: 1, Fov 设置为: 327 mm, 矩阵设

置为 512×512 , 应用 CT 软组织算法、骨算法, 在软组织算法的基础上使用 MPR 重建进行后处理, 进行冠状位、矢状位、肋骨走形曲面重建。扫描位置: 冠状位、沿肋骨走形斜矢状位及横轴位, 工作站: Extended Brilliance™ Workspace V3.5.0.2254。

(2) 1.5 T MR 检查方法: 仪器: 磁共振成像仪, 厂家: GE Hdx, 1.5 T, 西门子 Healthineers Vida 3.0 T, 使用体部线圈, 进行冠状面、斜矢状面及横断面检查, 使用快速自旋回波(FSE) T1WI、T2WI (脂肪抑制) 和 STIR 序列进行检查。(FSE) T1WI 扫描时对怀疑损伤肋骨做好标记, 一次屏气完成扫描; T2WI (脂肪抑制) 和 STIR 序列检查时, 在呼吸训练后, 利用呼吸门控技术进行扫描。相关参数设置: T1WI: TR 设置为 500 ms, TE 设置为 12 ms; T2WI (脂肪抑制): TR 设置为 3500 ms, TE 设置为 96 ms; STIR 序列: TR 设置为 4000 ms, TE 设置为 70 ms, TI 设置为 135, 层厚设置为 3 mm, 层距设置为 0.5 mm, 矩阵设置为 320×256 。所有患者均接受 MRI 检查, 使用 1.5 T 或 3.0 T 磁共振扫描仪, 采用 T1 加权像(T1WI)、T2 加权像(T2WI)短时反转恢复序列(STIR)。扫描范围包括胸壁及邻近软组织[5]。

4. 影像分析

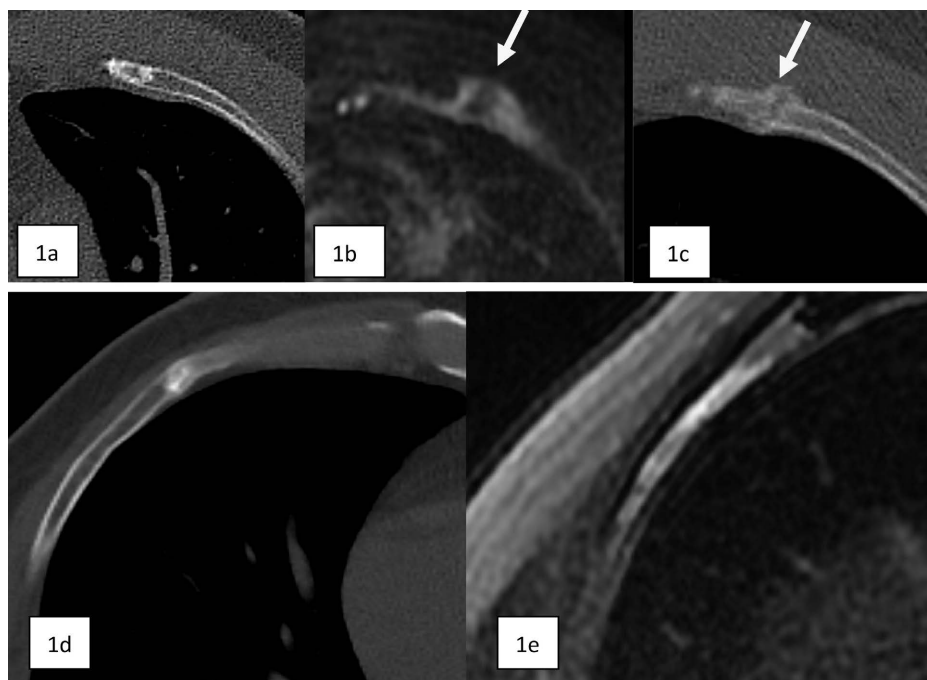
由放射科两名二十年以上阅片经验的资深骨肌损伤亚专业的诊断医师独立阅片, 结合临床症状, 分析常规 X 线、CT 肋骨三维重建以及 MRI 各序列表现, 记录骨折部位、数量及伴随软组织损伤情况。再辅助 AI 软件进行综合分析。当出现分歧时, 通过协商、沟通解决[6]。

5. 统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析, 计算 MRI 对隐匿性肋骨骨折的诊断敏感性、特异性及准确性。行 χ^2 检验检测; ($\bar{x} \pm s$) 计量, 行 T 检验检测, $P < 0.05$ 时, 提示差异显著。

6. 结果

骨折检出情况: MRI 共检出隐匿性肋骨骨折 62 处, 其中 X 线漏诊率为 88.7% (55/62), CT 漏诊率为 41.9% (26/62), 见图 1。



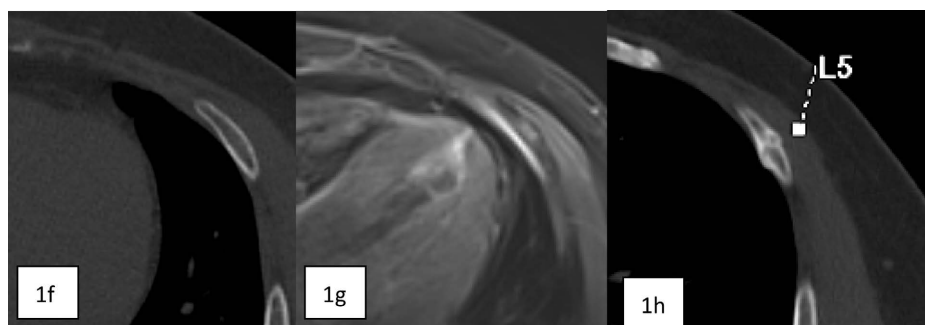


图 1(a)~(c): 左侧前胸壁挤压伤后, (a) CT 三维重建检查未发现明确损伤情况, (b) MRI 检查后在 STIR 序列里观察到左侧第 3 前肋中间低信号, 周围高信号, (c) 3 周后 CT 检查, 骨折吸收, 骨折线出现, 周围部分骨痂形成; 图 1(d)~(e): 车祸患者, (d) 右侧第 5 前肋骨似稍迂曲, (e) MRI 检查后发现第 5 肋骨后缘局部不连续, 周围高信号骨髓水肿改变; 图 1(f)~(h): 车祸后胸壁疼痛, (f) 为胸部 CT 平扫, 未发现异常, (g) MRI 发现局部高信号, 内侧胸膜高信号, 胸大小肌高信号改变, (h) 为 1 个月后 CT 复查检查, 左侧第 5 前肋骨折处可见骨痂形成。

Figure 1. Comparison of CT and MR in rib fractures

图 1. 肋骨骨折 CT 与 MR 对照

MRI 表现: 所有骨折均表现为 T1WI 低信号(骨折线)、T2WI 及 STIR 高信号(骨髓水肿)。**软组织损伤:** MRI 发现肋间肌损伤 12 例、胸膜损伤 8 例及肺挫伤 5 例。**诊断效能:** MRI 对隐匿性肋骨骨折的诊断敏感性为 100%, 特异性为 92.3%, 准确性为 96.0%。

7. 讨论

骨折都是由直接冲击力造成的, 但由于肋骨较纤细, 走形迂曲, 容易发生骨折, 却又较为隐匿, 患者不出现明显的骨皮质错位、移位或断裂的时候, 诊断具有一定诊断难度, 极易出现误诊、漏诊的情况。X 线片是目前临床上诊断骨折的主要方法之一, 由于胸部有肺组织、心脏大血管、脊柱等脏器重叠, 加上肋骨走形迂曲、由后向前斜行, 其通过 X 射线前后重叠拍片成像, 该方法无法对隐匿性骨折进行有效检出, 加上有些患者的临床表现并不典型, 耐受性强, 导致其诊断难度较大。以前还有通过 X 透视, 旋转体位, 深吸气等动态定位拍片, 但是透视时间长、辐射剂量大, 现在基本上已经淘汰。

目前 CT 三维重建检查被认为是胸部创伤患者的首选检查方法, 临床应用最为广泛。但肋骨骨折首次检查的漏诊及误诊仍是临床医师最常见、头痛的问题。CT 漏诊原因: (1) 技术层面: “CT 漏诊的主要原因包括: (a) 骨折线极其细微或平行于扫描平面, 部分容积效应导致其显示不清; (b) 早期(<72 小时)骨折尚未出现明显的骨吸收或骨痂形成, 缺乏密度对比; (c) 肋骨走行弯曲, 在 MPR 重建时可能因角度问题而忽略; (d) 患者呼吸运动伪影或金属伪影干扰; (e) 尤其重要的是肋软骨骨折, 因软骨在 CT 上呈软组织密度, 缺乏钙化时几乎无法直接显示骨折线。” (2) 诊断层面: “过度依赖轴位图像而未充分进行多平面重组(MPR)也可能导致漏诊。” (3) 临床层面: 由于合并其他疾病(颅脑损伤、合并肺部感染等)不利于患者反复移动; 患者对射线机体伤害的过度恐惧, 拒绝重复 CT 检查。此外, 阅片者对细微征象(如局部骨皮质轻微不规则、褶皱)的警惕性不足也是因素之一。”很多患者第一次检查阴性, 就未予以重视, 伤后数天行 CT 检查后发现骨折; 部分患者第一次检查发现部分肋骨骨折, 以后每次复查肋骨骨折的数量、部位会增加; 这种情况在临床工作中普遍存在, 这样不仅影响患者的生活质量及治疗方案, 更是与伤残评级、赔偿金额或刑事案件性质直接相关; 而且对诊疗医师、对科室、医院的信任度下降, 同时也增加了医患矛盾等一系列意想不到的因素。如不能及时检出肋骨隐匿性骨折, 随着病情的发展, 患者会出现程度不一的疼痛、肿胀症状, 甚至还有部分患者并发气胸、血胸等, 对患者的生命安全构成威胁。

这样患者对临床医师、医院的信任度也会下降。因此早期诊断肋骨骨折情况、数量具有十分重要的意义。

MRI 的优势源于其对骨髓内水分变化的极高敏感性。骨折后立即发生的骨髓水肿、出血和炎症反应在 STIR/T2 脂肪抑制序列上表现为明显高信号,这远早于 CT 上可见的骨质密度改变(通常需数天至一周)。除敏感的骨髓水肿(间接征象)外,高分辨率 MRI(特别是 T1WI, PDWI)有时能直接显示细微的骨皮质低信号中断线(直接征象),尤其在薄层扫描和合适的扫描方位下。对于肋软骨骨折, MRI 可直接显示软骨内的信号异常和断裂。骨折发生后的 3 周内处于血肿机化期,骨小梁挤压引起骨髓水肿,而骨小梁中断、骨髓内微血管断裂可引起骨髓出血,故在 STIR 序列上骨髓内可见不均匀的高信号影。骨折除了骨髓出血水肿外,还可见骨膜下积液,这可能是骨皮质断裂导致骨膜内的毛细血管破裂出血,血管壁通透性增加,组织液渗出积聚在骨膜下,在低信号的骨皮质周围形成高信号影,积液多者可延肋骨周围蔓延一圈,积液少者可仅聚集在一侧骨皮质周围且为断裂骨皮质一侧。这样内层的骨髓水肿、中层的骨皮质以及外层的骨膜下积液就构成了典型的“三明治”征。骨折在受伤 2~3 周左右的 MRI 检查中可观察到纤维骨痂生长,压脂序列可观察到局部稍微隆起的低信号影,而此期由于纤维骨痂没有钙盐沉积,CT 检查往往不能显影。

MRI 的优势: MRI 对骨髓水肿的高敏感性使其能够早期发现隐匿性肋骨骨折,尤其在 X 线或 CT 检查阴性时具有重要补充价值。此外, MRI 的多平面成像能力可清晰显示复杂部位的骨折。**与 X 线、CT 的对比:** X 线对隐匿性肋骨骨折的敏感性较低, CT 虽优于 X 线,但对无移位线性骨折的敏感性仍有限。MRI 在显示骨髓水肿及软组织损伤方面具有明显优势。MRI 结合 T1WI(显示解剖结构、皮质线)、STIR/T2 FS(敏感显示水肿)、PDWI/FS(平衡对比)、以及 DWI(急性合并出血等呈高信号改变),能提供最全面的评估,提高诊断信心并减少假阳性。**临床意义:** (1) MRI 的应用可减少漏诊率,指导临床治疗,尤其适用于外伤有纠纷患者、运动员、骨质疏松患者及法医学鉴定。(2) 为损伤认定、赔偿、后期治疗、功能锻炼提供客观影像学证据。(3) 骨髓水肿的范围和程度是否与疼痛持续时间或恢复时间相关,这个需要进一步研究。**局限性:** (1) MRI 检查时间长、费用高,且对钙化结构不敏感,而且对病人呼吸移动等要求比较高,需结合临床需求合理选择。(2) 回顾性研究设计,可能存在选择偏倚,因为以前对该项研究较少,而且均通过 CT、X 线 2~3 周及更长时间观察,并且这个过程中可能存在多家医疗单位检查数据。(3) 样本量相对较小(尤其是某种特定类型的隐匿性骨折),可能影响统计效力。未来需要更大规模的前瞻性研究验证,同时收集更多样本来验证实验结果。(4) 缺乏统一的“金标准”。我们采用的参考标准, MRI 阳性 + 随访 CT 证实/临床随访最终确诊,但仍可能存在假阳性或假阴性。理想的金标准是活检或手术探查,但这在肋骨骨折中不现实且不必要。(5) 不同 MRI 扫描仪(场强、序列参数)和不同阅片者经验可能对结果判读产生一定影响,尽管我们采用双盲阅片、统一标准。(6) 未系统评估 MRI 表现(如骨髓水肿程度)与临床症状严重程度或预后的定量关系。(7) 未比较不同 MRI 序列(如 DWI 与常规序列)的独立诊断效能。(8) MRI 阳性且临床症状与体征高度吻合,并在后续影像或临床随访中得到印证定义为操作性的“复合标准”,以替代单一的 MRI 阳性。

8. 结论

基于本研究的发现和局限性,未来研究可关注:“设计前瞻性、大样本研究,纳入连续就诊的 CT 阴性胸痛患者,系统评估 MRI 的诊断效能和临床影响。”深入探讨 MRI 特征(如骨髓水肿范围、ADC 值-DWI)与患者疼痛评分、功能障碍评分、恢复时间的相关性,建立影像-临床预后模型。优化 MRI 扫描方案:评估超短 TE 序列、压缩感知技术等快速成像技术在减少运动伪影、提高图像质量方面的价值;进一步明确 DWI、IVIM 等高级序列的作用。探索人工智能(AI)在自动检测 CT 上细微肋骨骨折征象或辅助分析 MRI 骨髓水肿模式中的应用潜力。进行更全面的卫生经济学评价,比较“CT 阴性后常规 MRI”策略

与“临床密切观察 + 选择性 MRI”策略的成本效益。

综上所述，本研究强化了 MRI 在诊断 CT 隐匿性肋骨骨折中的关键作用。其对骨髓水肿的卓越敏感性使其成为解决临床疑难病例的有力工具。尽管 CT 是肋骨骨折的首选初筛方法，但对于临床高度怀疑而 CT 阴性的持续胸痛患者，尤其是疼痛部位明确、影响功能者，及时进行针对性 MRI 检查能显著提高隐匿性骨折的检出率，为精准诊断、合理治疗和预后评估提供至关重要的影像学依据。我们建议临床医生和影像科医师提高对此类骨折的认识，并在适当情况下积极应用 MRI。尤其适用于常规影像学检查阴性但症状持续的患者。其高敏感性、多平面成像能力及无辐射特点，使其在特定临床场景中不可替代。同时磁共振受外因影响较小，对极细微损伤也具有良好的诊断效果，因此建议将磁共振肋骨检查技术作为一项肋骨隐匿性骨折的补充检查方法。当然需权衡时间、成本及适应证，结合临床需求合理选择影像学检查方法。

声 明

本研究获得义乌市中心医院伦理委员会批准。审批编号：2023-IRB-127。

基金项目

义乌市科技项目 23-3-157。

参考文献

- [1] Smith, J.A. and Johnson, B.C. (2020) The Role of MRI in Diagnosing Occult Rib Fractures. *Journal of Medical Imaging*, **15**, 123-130.
- [2] 张卫东, 贾建文, 魏宏庆, 多层螺旋 CT 三维重建与数字化 X 线摄影诊断肋骨骨折的临床价值[J]. 中国实用医刊, 2018, 45(12): 22-24.
- [3] Jin, L., Ge, X., Lu, F., *et al.* (2018) Low-Dose CT Examination for Rib Fracture Evaluation. *Medicine*, **97**, 11624-1632. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011624>
- [4] 吴樊宇, 刘远康, 江翠萍, 等. 全身磁共振成像在血液系统肿瘤中的诊疗进展[J]. 磁共振成像, 2025, 16(1): 228-234.
- [5] Zhang, X., Wang, Y. and Li, Z. (2022) Diagnostic Value of MRI in Occult Rib Fractures: A Meta-Analysis. *Radiology and Oncology*, **56**, 234-241.
- [6] Chen, L. and Liu, W. (2022) Advances in MRI Technology for Trauma Imaging. *Journal of Clinical Radiology*, **41**, 567-573.