

CT三维重建在隐匿性肋骨骨折患者诊断中的应用研究

董佳勇, 连三平

福建医科大学附属泉州第一医院, 泉州 362000

【摘要】目的 研究CT三维重建在隐匿性肋骨骨折(ORF)患者诊断中的应用。**方法** 选择2021年5月至2023年5月在我院治疗的75例(133处)ORF患者。所有患者均进行数字化X线摄影(DR)、多层螺旋CT(MSCT)检查。比较DR与MSCT对ORF检出率,比较MSCT中不同重建技术对ORF检出率。**结果** MSCT对ORF检出率高于DR,差异有统计学意义($P < 0.05$);容积再现(VR)、多平面重建(MPR)、曲面重建(CPR)对ORF检出率高于最大密度投影(MIP),MPR、CRP对ORF检出率高于VR,差异有统计学意义($P < 0.05$);MPR、CRP对ORF检出率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 与DR相比,MSCT对ORF检出率更高,CT三维重建中MPR、CRP能够为ORF诊断获取更多的信息,有利于提高ORF检出率。

【关键词】 隐匿性肋骨骨折; CT三维重建; 容积再现; 多平面重建; 数字化X线摄影; 检出率

中图分类号: R683.1

文献标识码: A

DOI: 10.15912/j.issn.1671-8194.2024.03.025

The Application of CT 3D Reconstruction in the Diagnosis of Patients with Occult Rib Fractures

DONG Jiayong, LIAN Sanping

Quanzhou First Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Quanzhou 362000, China

[Abstract] Objective To study the application of CT three-dimensional reconstruction in the diagnosis of occult rib fracture (ORF) patients. **Methods** 75 patients (133 locations) with ORF who were treated in our hospital from May 2021 to May 2023 were selected. All patients underwent digital radiography (DR) and multi-slice spiral CT (MSCT) examination. Compare the detection rate of ORF between DR and MSCT, and compare the detection rate of ORF using different reconstruction techniques in MSCT. **Results** The detection rate of ORF in MSCT was higher than that in DR, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The ORF detection rate of volume reconstruction (VR), multiplane reconstruction (MPR) and surface reconstruction (CPR) was higher than that of maximum density projection (MIP), and the ORF detection rate of MPR and CRP was higher than that of VR, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). There was no significant difference between MPR and CRP in the detection rate of ORF ($P > 0.05$). **Conclusions** Compared with DR, MSCT has a higher detection rate for ORF, and MPR and CRP in CT three-dimensional reconstruction can obtain more information for ORF diagnosis, which is beneficial for improving the detection rate of ORF.

[Key words] Occult rib fracture; CT three-dimensional reconstruction; Volume rendering; Multiple planar reformation; Digital X-ray photography; Detection rate

隐匿性肋骨骨折(occult rib fracture, ORF)属于一种隐匿性胸部创伤骨折,采用常规X线、CT平扫难以发现或难以及时发现,需要经过一段时间或采用其他影像学方法检查才能够发现的骨折^[1]。ORF断端无明显分离、移位,骨皮质欠规整,临床误诊、漏诊率较高。与常规X线相比,数字化X线摄影(digital radiography, DR)分辨率及对对比度较高,DR能够完成大规模摄影,局部放大图像,可对骨折线进行清晰观察^[2]。多层螺旋CT(multi-slice CT, MSCT)具有扫描速度快、扫描范围广及扫描分辨率高等优点,同时拥有强大的三维重建后处理技术,包括最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、容积再现(volume rendering, VR)、多平面重建(multiple planar reformation, MPR)、曲面重建(curved planar reformation, CPR)等,能够更为

立体、客观显示细微损伤,为ORF的诊断提供参考,降低ORF的漏诊率^[3-4]。鉴于此,本研究将研究CT三维重建在ORF患者诊断中的应用,并与DR诊断结果进行比较,以为ORF检查方法的制定提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选择2021年5月至2023年5月于福建医科大学附属泉州第一医院治疗的75例(133处)ORF患者作为研究对象。男性43例,女性32例;致伤原因:跌撞伤5例,打击伤19例,坠落伤14例,车祸伤37例;年龄20~68岁,平均年龄(51.49 ± 5.08)岁;伤后至就诊时间1~7 d,平均伤后至就诊时间(2.98 ± 0.41) d;体重指数(BMI)18.4~27.8 kg/m²,平均BMI(22.18 ± 0.65) kg/m²;

伤情严重程度评分 (ISS)^[5] 为 10 ~ 22 分, 平均 ISS 评分 (16.10±1.69) 分; 骨折类型: 错位性骨折 36 例, 凹陷性骨折 1 例, 线性骨折 38 例; 骨折肋骨数量: 1 根骨折 27 例, 2 根骨折 38 例, 3 根骨折 10 例; 骨折肋骨段位: 第 4 ~ 10 肋 54 例, 1 ~ 3 肋 16 例, 11 ~ 12 肋 5 例; 骨折部位: 右侧骨折 32 例, 左侧骨折 37 例, 双侧骨折 6 例; 骨折肋骨水平节段: 前肋 22 例, 后肋 28 例, 腋肋 20 例, 同一肋骨多处骨折 5 例。本研究获医学伦理委员会批准。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①患者签署知情同意书。②患者均有明确胸部外伤史, 有肋骨压痛症状。③ ORF 患者均经临床及外伤史、影像学、实验室检查确诊。④经 X 线检查均未发现骨折, 患者均能够配合 DR、MSCT 检查。⑤年龄≥18 岁。

1.2.2 排除标准 ①既往有肋骨骨折史。②合并血管神经等并发症。③合并肾脏及心脏等重大疾病。④沟通、理解及认知能力障碍。⑤合并恶性肿瘤或传染性疾病。

1.3 方法

1.3.1 DR 检查 采用数字化 X 线摄影系统 [DRX-Evolution plus (美国锐科)] 检查, 拍摄肋骨左右双斜位、正位影像, 左右双斜位包括: 右前斜位、左前斜位、旋转 15° ~ 55°, 患者取站立位, 拍摄时患者深呼吸, 在屏气时进行曝光, 曝光条件: 12.5 ~ 25 mAs, 65 ~ 85 kV, 180 cm 胶片距, 依据患者实际情况可增加卧位摄影, 患者深吸气, 呼出后屏气曝光, 获得图像后经 PACS 系统进行阅片。

1.3.2 CT 三维重建检查 采用 128 排螺旋 CT 机 (德国西门子 SOMATOM Definition AS) 检查, 扫描参数设置: 电压 120 kV, 电流自动 20 ~ 666 mA, 矩阵式 512×512, 螺距 1.2 mm, 扫描层厚 10 mm, 指导患者在吸气后屏住呼吸进行扫描, 扫描范围: 自锁骨上缘至髂骨翼上缘全部肋骨, 将数据传至独立工作站, 采用 MIP、MPR、CPR、VR、表面遮盖显示 (surface shaded display, SSD) 进行三维重建, 显示重点部位。

1.3.3 影像分析 两组患者的 DR 检查、MSCT 三维重建检查图像均由 3 位影像科医师采用双盲法独立阅片, 若存在争议时共同决定, 对是否发生 ORF 进行判断。

1.4 观察指标 ①以伤后 4 ~ 8 周的复查 CT 有骨痂生长变化为金标准, 比较 DR 与 MSCT 对 ORF 检出率。②比较 MSCT 中 MIP、VR、MPR、CRP 不同重建技术对 ORF 检出率。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 22.0 软件分析数据, 计数资料以率和例数 (n, %) 表示, 用 χ^2 检验; 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 DR 与 MSCT 对 ORF 检出率的比较 MSCT 对 ORF 检出率 (97.74%) 高于 DR (78.95%), 差异有统计学意义 ($\chi^2=22.821$, $P < 0.001$)。见表 1。

2.2 MSCT 中不同重建技术对 ORF 检出率的比较 VR、MPR、CRP 对 ORF 检出率高于 MIP, MPR、CRP 对 ORF 检出率高于 VR, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); MPR、CRP 对 ORF 检出率比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 2。

2.3 典型病例 DR 平片检查结果: 右侧第 7 肋骨骨皮质连续性中断, 左侧第 10、11 肋骨骨皮质连续性中断, 骨折线模糊不清, 见图 1。CT 三维重建检查结果: 左侧第 9 肋骨隐匿性骨折, 左侧第 9 肋骨骨皮质褶皱不连续, 见图 2。

表1 DR与MSCT对ORF检出率的比较[n (%)]

检查方法	检出率	漏检率
DR (133例)	105 (78.95)	28 (21.05)
MSCT (133例)	130 (97.74)	3 (2.26)

表2 MSCT中不同重建技术对ORF检出率的比较[n (%)]

重建技术	检出率	漏检率
MIP (133例)	44 (33.08)	89 (66.92)
VR (133例)	102 (76.69)	31 (23.31)
MPR (133例)	127 (95.49)	6 (4.51)
CRP (133例)	129 (96.99)	4 (3.01)

注: MIP与VR比较, $\chi^2=51.074$, $P=0.000$; MIP与MPR比较, $\chi^2=112.802$, $P=0.000$; MIP与CRP比较, $\chi^2=119.451$, $P=0.000$; VR与MPR比较, $\chi^2=19.621$, $P=0.000$; VR与CRP比较, $\chi^2=23.984$, $P=0.000$; MPR与CRP比较, $\chi^2=0.416$, $P=0.519$ 。

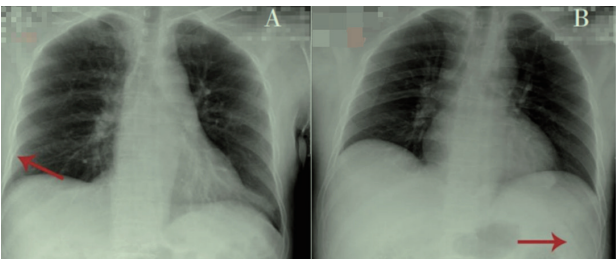


图1 DR平片检查结果

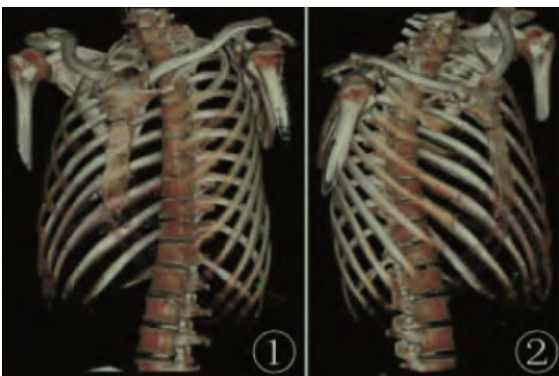


图2 CT三维重建检查结果

3 讨论

胸部创伤中以肋骨骨折最为常见,其发生率占胸部创伤的40%~60%^[6]。肋骨是整个胸腔的构架,是保护心、肺等脏器的主要骨骼。ORF是指肋骨连续性中断,若未能及时诊断,会造成二次伤害,影响患者的呼吸及循环系统,威胁患者生命安全^[7]。临床上肋骨骨折往往采用X线片检查,但常规X线检查缺乏连续性且定位效果不佳,可能无法及时发现ORF。与常规X线检查相比,DR平片检查具有实时成像、易定位等优点,影像学图像清晰,能够对患者的骨折部位进行整体观察,并可通过后期影像学处理产生边缘增强效应,有利于为ORF的评估提供指导^[8]。但胸腔内结构复杂,胸部DR影像是肋骨、锁骨、心、肺等的复合投影,ORF骨形态、骨折线变化不明显,会被心、肺等器官、组织干扰,或由于患者无法进行体位配合影像诊断结果^[9]。

本次研究中探讨CT三维重建与DR在ORF患者诊断中的应用效果,研究结果显示,MSCT对ORF检出率高于DR。提示MSCT有利于提高ORF检出率。范利斌等^[10]研究中指出,MSCT重建技术对肋骨骨折检出率高于DR胸部正斜位摄片,能够良好观察骨折移位状态、形态及位置等;马芳芳等^[11]研究中指出,MSCT三维重建诊断多发性肋骨骨折准确率(95.00%)高于数字化X线摄影诊断准确率(81.25%),MSCT三维重建能够清晰、立体、多角度显示骨折情况,并可通过复查CT对手术治疗效果进行评估,与本次研究结果较为相似。分析原因可能为虽然DR是诊断肋骨骨折的常用方法,具有经济及方便快捷等优点,但DR分辨率低,会受到组织结构影像重叠及骨折线细微等影响,导致漏诊^[12]。MSCT具有分辨率高及扫描速度快、不限体位等优点,利用VR、MPR、CRP、MIP多种三维重建技术能够实现任意斜面、平面重建,对骨折线位置、形态及范围进行全方位清晰显示,为ORF的诊断提供直接依据^[13]。同时本次研究结果显示,VR、MPR、CRP对ORF检出率高于MIP,MPR、CRP对ORF检出率高于VR;MPR、CRP对ORF检出率比较相近。提示出多层螺旋CT中MPR、CRP对ORF检出率较高。林海洋^[14]研究中指出,MSCT三维重建技术诊断ORF准确率较高,MSCT中CRP诊断准确率最高,与本次研究结果较为相似。MSCT图像具有进行多角度、多平面后处理功能,能够获得更多的信息,MPR、CRP、VR作为常用的后处理方法,应用MPR、CRP、VR后处理功能无需患者重复检查,且无需增加患者额外辐射即可获得更多利于诊断的图像信息^[15]。MSCT中MPR

操作简便,MPR是利用横断面积数据,建立斜位、矢状位、冠状位等图像,可对窗宽窗位进行调整,对骨折线全貌及周围软组织情况进行评估,便于发现细微骨折,且对周围软组织及脏器等显示无影响,能够减少由于骨折线走行与X线束走行平行所致的漏诊^[16]。CRP是MPR的一种特殊类型,可将不在同一层面上的弧形肋骨整合呈现在一个平面,能够更好地观察细微肋骨骨折^[17]。VR体现的是密度变化,能够显示骨折的空间结构,对明显移位骨折诊断效果良好,但用于细微骨折中会出现漏诊^[18]。VR是在容积数据基础上进行成像,可对整体骨架结构进行显示,对不同结构进行色彩及透明度编码,呈现肋骨的深浅结构,空间立体感强,但极易受到呼吸运动伪影的影响^[19]。目前临床上针对采用何种方法诊断ORF尚无确切定论,其中DR检查方便快捷,可作为ORF的初步筛查;而MSCT检查诊断ORF优点明显,能够对骨皮质的完整性、骨折碎片位置形态及软组织肿块等情况进行评估,扫描时间短、分辨率高且图像清晰,同时MSCT可进行多种后处理重建,可直观显示骨折部位、数目与形状,MSCT可为ORF明确诊断、治疗方案的制订提供依据^[20]。虽然本次研究中得出MSCT用于ORF中检出率高于DR,能够为临床ORF的诊断提供指导,但本次研究也存在不足,包括仅纳入75例(133处)ORF患者且仅对比了MSCT、DR,故还有待后续增加样本量并纳入更多的检查方法进行研究。

综上所述,MSCT对ORF检出率高于DR,CT三维重建中MPR、CRP能够为ORF诊断获取更多的信息,有利于检出ORF。

参考文献

- [1] Alaniz L, Hoyos J, Muttalib O, et al. My surgical practice : Implications of occult first rib fractures and how to approach their management[J]. Am J Surg, 2023, 225 (3): 588-590.
- [2] 张倩,王大为,隋时,等.深度学习计算机辅助诊断系统检测胸部DR肋骨骨折的验证性研究[J].中国临床医学影像杂志, 2022, 33 (6): 430-434.
- [3] Campbell D, Arnold N, Wake E, et al. Three-dimensional volume-rendered computed tomography application for follow-up fracture healing and volume measurements pre-surgical rib fixation and post-surgical rib fixation[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2021, 91 (6): 961-965.
- [4] 张涛,王淑文,吴婧,等.基于斜横断位重建的多层螺旋CT诊断不全性肋骨骨折层厚的研究[J].医学影像学杂志, 2022, 32 (9): 1555-1558.

- [5] 陈志, 刘江川, 张超宇. 不同手术时机行胸腔镜辅助内固定术治疗对肋骨骨折患者术后呼吸衰竭的影响及相关危险因素分析 [J]. 临床误诊误治, 2020, 33 (6) : 63-67.
- [6] 闻伟敬, 任珍, 冯贵龙, 等. 钝性胸部外伤所致肋骨骨折患者临床特点分析 [J]. 中国药物与临床, 2020, 20 (5) : 728-730.
- [7] 李立, 钱伟军, 于敏, 等. 伤后不同多层螺旋 CT 检查时间诊断隐匿性肋骨骨折的效果分析 [J]. 医学影像学杂志, 2020, 30 (7) : 1284-1287.
- [8] 涂圣伟. DR 平片与 64 排螺旋 CT 三维重建对于外伤性肋骨骨折的诊断价值研究 [J]. 中国医疗器械信息, 2022, 28 (24) : 87-89.
- [9] 陈德平. 浅谈 16 层螺旋 CT 三维重建与 DR 平片检查对外伤性肋骨骨折的诊断价值比较研究 [J]. 现代医用影像学, 2021, 30 (1) : 99-101, 105.
- [10] 范利斌, 周静, 康剑锋, 等. DR 胸部正斜位摄片与 MSCT 重建技术对肋骨骨折的急诊诊断价值对比 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19 (5) : 46-47, 78.
- [11] 马芳芳, 李相生, 方红, 等. MSCT 三维重建、数字化 X 线摄影对多发性肋骨骨折的诊断价值对比 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20 (4) : 166-168.
- [12] 余开冠, 孙芳仁. MSCT 与 DR 检查外伤性肋骨骨折的临床应用对比分析 [J]. 医学影像学杂志, 2022, 32 (7) : 1260-1263.
- [13] 魏洪松, 李长征, 韦红红, 等. SPECT 联合 MSCT 在诊断早期隐匿性肋骨骨折中的法医临床学价值 [J]. 中国司法鉴定, 2022 (4) : 48-53.
- [14] 林海洋. 多层螺旋 CT 三维重建技术诊断隐匿性肋骨骨折的临床价值分析 [J]. 医学影像学杂志, 2022, 32 (5) : 888-890.
- [15] Gou J, Jiang Z, Wang P, et al. Diagnostic value of multi-slice spiral CT scan in lung compression ratio of patients with pulmonary contusion complicated by pneumothorax or hydropneumothorax [J]. Am J Transl Res, 2021, 13 (4) : 3004-3009.
- [16] 徐跃东. 32 排螺旋 CT 多平面重组 (MPR) 技术在肋骨隐匿性骨折诊断中的作用评价 [J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6 (24) : 109-111.
- [17] 蒋迪华, 章建华, 徐敏, 等. 三种 CT 后处理技术在肋骨骨折诊断中的应用对比研究 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2020, 26 (4) : 375-379.
- [18] 李海波. 数字化 X 线摄影、多层螺旋 CT 容积再现技术对桡骨骨折术前诊断及术后的应用价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20 (4) : 183-185.
- [19] 付哲祥, 李昌松. 多层螺旋 CT 的 MPR、SSD 及 VRT 重建技术在肋骨骨折中的临床应用 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19 (7) : 164-166.
- [20] 莫凌, 梁德, 黄锦菁, 等. 基于 CT 多平面重建及 MRI 分析新鲜骨质疏松性椎体压缩骨折椎体内骨折区域形态类型及分布规律 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24 (11) : 1647-1653.