

The Value of Unfold Display of Spiral CT Post-Reconstruction Technique in the Diagnosis of Occult Rib Fracture

Chunlong Han¹, Henan Lou², Jizheng Lin²

¹School of Medicine, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Email: hanchunlong1984@sina.com

Received: Mar. 14th, 2018; accepted: Apr. 3rd, 2018; published: Apr. 10th, 2018

Abstract

Objective: To investigate the diagnostic value of Unfold Display of 64-slice spiral CT post-reconstruction technique in occult rib fracture. **Methods:** Retrospective analysis of 87 patients, with definite chest trauma and whose chest X-ray examination of suspicious fracture or no obvious abnormality given MSCT volume scanning. All the original images were transferred to workstation to be post-processed to obtain multi-planar reformation (The image data obtained by volume scanning is reconstructed, the two-dimensional reconstruction images of coronal, sagittal and arbitrary oblique positions were obtained, and the fracture can be observed carefully and accurately from different directions, angles and any plane, so to tangent to observe the effect of fracture), volume rendering (Three-dimensional reconstruction of image data from volume scanning, can rotate from all the aspects concerned, and can get a clean, clear, distinct, stereo intuitive frame image, fully showed thoracic ribs anatomy relationship), Unfold display (Software using CT thin layer data with built-in template matching to determine all the center of the frame by recombinant technology along the center line of CPR stretch after thoracic images, each frame drawing images are connected to the spine, and displays each frame around and number) images in order to reveal occult rib fractures clearly and rapidly. **Results:** One hundred and seventy-nine rib fractures were diagnosed by following-up imagines of CT, where one hundred and seventy-five were detected by multi-planar reformation, one hundred and fifty-six were found by volume rendering, and one hundred and seventy-one were found by unfold reconstructions. There was not statistical difference in the diagnosis accuracy of rib fracture using unfold reconstructions and multi-planar reformation ($P > 0.05$). There was statistical difference in the diagnosis accuracy of rib fracture using unfold reconstructions and volume rendering ($P < 0.05$). **Conclusion:** Unfold Display can diagnose the occult rib fracture clearly and rapidly in chest trauma. It is of great significance for guiding clinical treatment.

Keywords

Occult Rib Fracture, 64-Slice Spiral CT, Image Post-Processing, Unfold Display, Diagnosis

螺旋CT后处理技术Unfold Display在隐匿性肋骨骨折中的诊断价值

韩春龙¹, 姜和南², 林吉征²

¹青岛大学医学部, 山东 青岛

²青岛大学附属医院放射科, 山东 青岛

Email: hanchunlong1984@sina.com

收稿日期: 2018年3月14日; 录用日期: 2018年4月3日; 发布日期: 2018年4月10日

摘要

目的: 探讨64排螺旋CT后处理技术Unfold Display对隐匿性肋骨骨折的诊断价值。**方法:** 回顾性分析87例胸部外伤行DR摄片可疑骨折或无明显异常的行MSCT容积扫描, 将所得原始数据经工作站进行MPR (对容积扫描所得图像数据进行重组, 得到冠状位、矢状位以及任意斜位的二维重建图像, 可以从不同方位、不同角度、任意平面进行细致和准确观察骨折情况, 达到切线观察骨折的效果)、VR (对容积扫描所得图像数据进行三位重建, 可以多方位、多角度旋转, 能得到干净、清晰、层次分明、立体直观的肋骨图像, 完全显示胸廓肋骨解剖学关系)及Unfold Display (软件利用CT薄层数据通过与内置模板匹配确定所有肋骨的中心线, 通过沿中心线的CPR重组技术获得拉伸后的胸廓图像, 每一个肋骨的拉伸图像均与脊柱相连, 并显示每一个肋骨的左右与编号)后处理, 比较各种重建对隐匿性肋骨骨折的诊断能力。**结果:** CT随访图像确诊肋骨骨折179处, 其中MPR显示骨折175处(97.8%)、VR显示骨折156处(87.1%)、Unfold Display显示骨折171处(95.5%)。Unfold Display与MPR比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), Unfold Display与VR比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:** Unfold Display可以对急性胸部创伤隐匿性肋骨骨折做出准确快速的判断, 对于指导临床治疗具有重要意义。

关键词

隐匿性肋骨骨折, 64排螺旋CT, 图像后处理, 展开显示, 诊断

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肋骨骨折在胸部外伤患者中最常见, 对胸部外伤病人常规进行数字化X线摄影, 但由于肋骨特殊的结构和位置, 常规X线及胸部CT对轻微及不全肋骨骨折容易漏诊。隐匿性肋骨骨折(occult rib fracture, ORF)是指骨质的完整性或连续性已经中断, 常规X线或CT检查难以发现或模棱两可的轻微骨折, 需经过一段时间随访复查或其他影像学检查方法才能发现[1]。早期对患者胸部骨折尤其是隐匿性肋骨骨折的部位、范围、性质做出准确的判断, 能为临床制定正确的治疗方案提供准确的依据。近年来, 多层螺旋CT及后处理技术已广泛应用于临床[2], 明显提高了隐匿性肋骨骨折的诊断率, 其中Unfold Display可以

快速诊断隐匿性肋骨骨折[3]。本文收集我院经 MSCT 及随访确诊的隐匿性肋骨骨折 87 病例, 结合其临床及影像学特征综合进行分析, 现报道如下。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

收集我院 2016 年 6 月~2017 年 9 月 87 例确诊的隐匿性肋骨骨折病人。其中男性 51 例, 女性 36 例, 年龄 14~82 岁, 平均 56.2 岁, 外伤后首次 CT 在七天内进行。外伤原因包括: 交通事故、斗殴钝性损伤、高处坠落伤、挤压伤(包括心肺复苏), 不明原因。临床症状为胸闷, 外伤部位局部肿痛, 深呼吸或咳嗽疼痛加重, 局部触痛等。患者在知情同意的情况下接受相关检查, 本研究中涉及的检查方法符合循证医学的执行程序, 符合我院医学伦理委员会的相关规定。

2.2. 纳入与排除标准

纳入标准: X 线检查怀疑肋骨骨折及 X 线检查未能明确显示临床怀疑肋骨骨折行 CT 进一步检查者。

排除标准: 1) 陈旧性肋骨骨折、病理性骨折或肋骨外科手术后, 先天性发育不良等的病人。2) 有呼吸活动伪影的病人。3) 后处理工作站骨阅片程序处理失败的。

2.3. 仪器与检查方法

采用西门子 64 排螺旋 CT 对 87 例病人进行扫描。患者都采用仰卧位, 于吸气后屏气完成扫描, 扫描自第 1 肋骨上缘至 12 肋骨下缘。扫描参数: 参考管电压 120 kV, 管电流开启实时动态曝光剂量调节 CARE DOSE4D: 准直宽度 0.6 mm, 螺距 1.2, 球管旋转时间 0.5 s/圈, 自动重建层厚 0.75 mm, 重建间隔 0.7 mm, 重建方式一: 卷积核 B70, 窗值 Bone; 重建方式二: 卷积核 B31, 窗值 Mediastinum。并自动上传至西门子工作站(syngo via)选择骨阅片进行重建。重建包括多平面重建(MPR)、展开显示(Unfold Display)、容积再现(VR)。图像评价由两位高年资主治医师盲法阅片共同评价, 意见不一致由上级医师进一步判定。肋骨骨折分为完全骨折和不完全骨折, 完全骨折指整个肋骨皮质的骨折线完全贯通, 且具有轻微的嵌插, 成角或错位的断端。不完全骨折指断裂、凸起或凹陷骨皮质伴有一定程度的局部软组织的水肿或胸膜反应。

2.4. 观察指标

统计分析 87 例隐匿性肋骨骨折患者分别应用 Unfold Display、VR、MPR 三种后处理方法诊断肋骨骨折的准确率, 分别确诊及漏诊的骨折数, 同时, 分析肋骨骨折漏诊的原因。

2.5. 统计学方法

以三周后随访的骨折数为肋骨骨折的诊断标准, 分析比较 Unfold Display、VR、MPR 三种重建方式诊断肋骨骨折的准确性, 采用 SPSS19.0 统计学软件进行统计学处理, 计数资料的比较采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 有统计学意义。

3. 结果

3.1. 一般结果

本组 87 例患者首先经 X 线检查骨折未明确并行多层螺旋 CT 检查, 容积扫描并对原始数据进行后处理, 患者三周后随访 CT 图像显示隐匿性肋骨骨折 179 处, 其中完全线性骨折 40 处, 不完全线性骨折 139

处(肋骨内缘皮质骨折 52 处, 外缘皮质骨折 87 处), 骨小梁骨折 4 处。

3.2. 不同重建技术对隐匿性肋骨骨折的检出情况

见表 1, 本研究所使用的三种重建方式中, 以 MPR 对隐匿性肋骨骨折的临床确诊率最高, Unfold Display 次之, VR 最低。但 MPR 不能从整体观察肋骨骨折, 不利于肋骨计数。VR 显示立体图像, 空间定位准确, 但对隐匿性肋骨骨折的优势不明显, 确诊率仅 87.1%。Unfold Display 图像空间定位较 VR 稍差, 但对隐匿性骨折的诊断率较高, 明显高于 VR 图像。VR 未显示的骨折可以在 Unfold Display 及 MPR 上显示。典型影像图片如图 1~8 所示。



Figure 1. Female, aged 80. The volume rendering image shows no visible medial fracture of the 4 - 6 rib on the right side

图 1. 女性, 80 岁。VR 图像示右侧第 4~6 肋骨内侧骨折显示不清

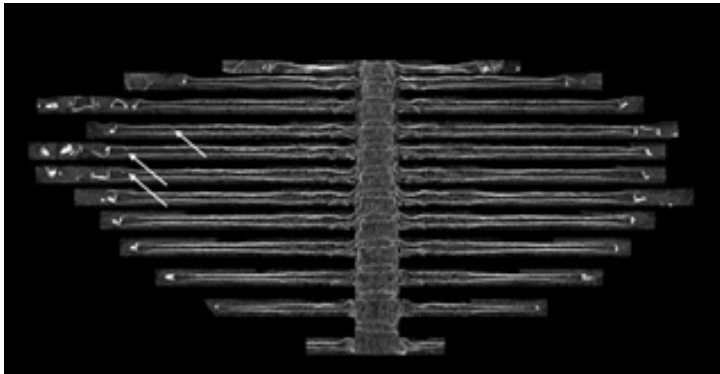


Figure 2. Female, aged 80. The ribs unfold display shows the depressed fracture of the 4 - 6 rib on the right side

图 2. 女性, 80 岁。展开显示图像示右侧第 4~6 肋骨凹陷骨折



Figure 3. Female, aged 80. The transverse dissection image shows the fracture of the medial depression of the fourth rib on the right side
图 3. 女性，80 岁。横断位图像示右侧第 4 肋骨内侧凹陷骨折

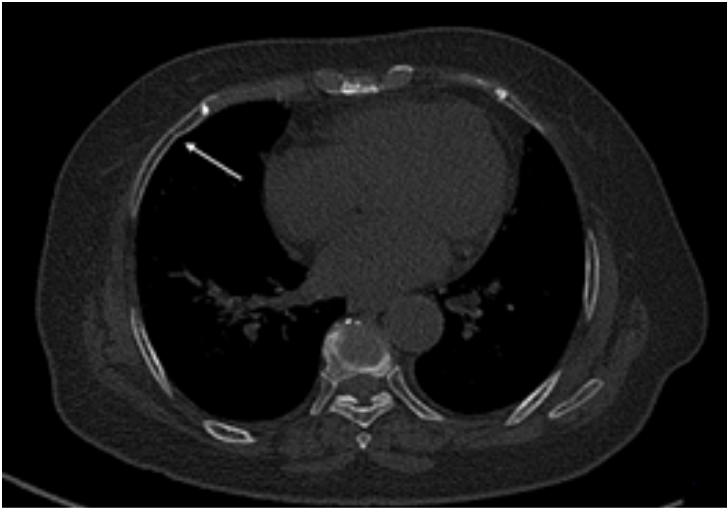


Figure 4. Female, aged 80. The transverse dissection image shows the fracture of the medial depression of the fifth rib on the right side
图 4. 女性，80 岁。横断位图像示右侧第 5 肋骨内侧凹陷骨折

Table 1. Comparison of detection rate of occult rib fracture with different reconstruction methods
表 1. 不同重建方式对隐匿性肋骨骨折检查率的比较

检查方法	确诊	漏诊	合计	确诊率	X^2	P
MPR	175	4	179	97.8%	18.399	<0.001
Unfold Display	171	8	179	95.5% ^{ab}		
VRT	156	23	179	87.1%		

a 与 MPR 比较，卡方值 1.380，P 值 0.240 > 0.05；b 与 VRT 比较，卡方值 7.946，P 值 < 0.001。

4. 讨论

肋骨共 12 对，前经肋软骨与胸骨相连，后经肋骨头与胸椎相连构成整个胸腔的支架。胸部外伤时，



Figure 5. Female, aged 80. The transverse dissection image shows the fracture of the medial depression of the sixth rib on the right side

图 5. 女性, 80 岁。横断位图像示右侧第 6 肋骨内侧凹陷骨折



Figure 6. Male, aged 21. The volume rendering image shows no visible fracture of the left side of the second posterior rib.

图 6. 男性, 21 岁。VR 图像示左侧第 2 后肋骨折显示不清

肋骨骨折最为常见, 约占胸部损伤的 40%~60% [4]。其中隐匿性肋骨骨折 X 线检查常难以发现或未能及时发现, 需通过其他影像学方法才能发现, 易造成漏诊、误诊[5], 甚至产生医疗纠纷。肋骨骨折临床表

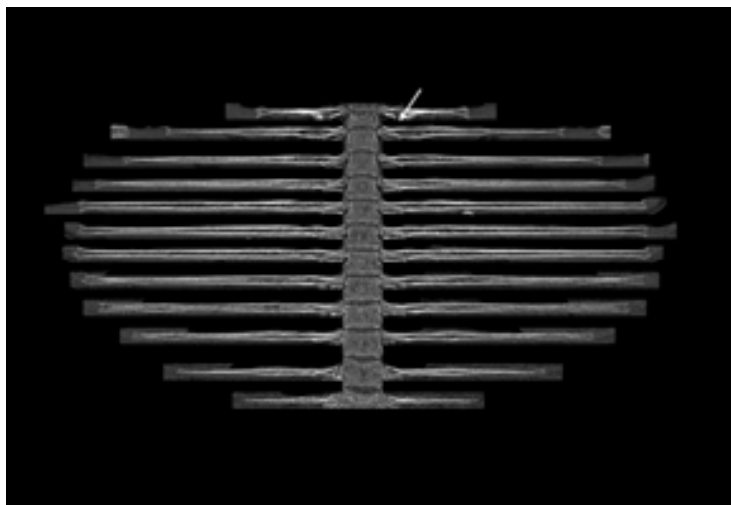


Figure 7. Male, aged 21. The ribs unfold display shows a slight fracture of the left side of the second posterior rib

图 7. 男性, 21 岁。展开显示图像示左侧第 2 后肋不全细微骨折

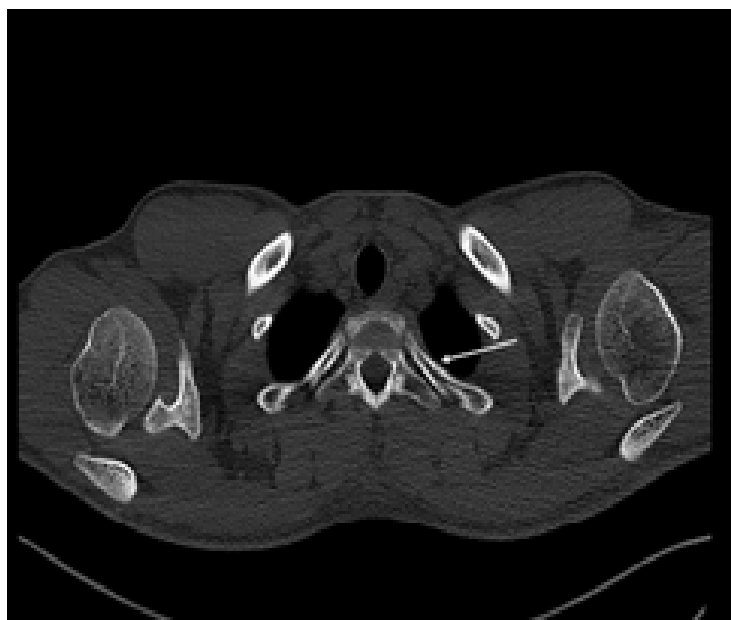


Figure 8. Male, aged 21. The transverse dissection image shows a slight fracture of the left side of the second posterior rib

图 8. 男性, 21 岁。横断位图像示左侧第 2 后肋不全细微骨折

现为胸痛, 深呼吸时加剧, 局部压痛明显。肋骨骨折可为单根肋骨骨折, 也可以多根肋骨或单根肋骨多处骨折。当相邻的 3 支或 3 支以上肋骨每支均出现至少两处或两处以上骨折时, 即可从影像学方面诊断连枷胸, 连枷胸患者病死率可达 10%~20% [6], 因此在早期选择恰当的检查方法快速诊断肋骨骨折[7], 尤其是隐匿性肋骨骨折, 对于临床选择治疗方案以及患者的预后至关重要。

随着影像学的发展, 多层螺旋 CT(MSCT)被逐渐应用到了肋骨骨折的临床诊断之中, MSCT 具有容积数据采集功能, 可以薄层成像, 扫描速度快, 在很短的时间内(<10 s)快速完成一次全胸廓扫描, 可降低呼吸伪影, 获得较理想的胸廓骨质的全面扫描图像, 无需变换体位, 患者容易接受[8], 并且 MSCT 具

有很高的分辨率,在扫描后进行多方位、多平面重建的后处理功能使其能够获取更高的图片质量和诊断精度,有利于清晰观察骨折情况,相对于常规 X 线技术而言,对肋骨骨折的敏感性较高,明显提高了隐匿性肋骨骨折的诊断准确率[9],此外还可实现对肋骨骨折伴有的气胸、血胸、裂伤等合并伤的临床诊断。本研究通过对容积扫描数据使用 MPR、VR、Unfold Display 图像后处理方式对可疑隐匿性肋骨骨折的患者做出诊断。

MPR 能进行横断位、冠状位、矢状位等任意斜面重建,可减少或避免对微细、隐匿性骨折的误诊或漏诊[10],并对临近的胸膜有无增厚、软组织是否肿胀以及胸腔的损伤情况等做出判断,但是不能从整体观察肋骨骨折,不利于骨折的计数、定位。有研究认为 MPR 可以显示轴位及其他重建方法难以显示的细微骨折,是诊断肋骨骨折尤其是隐匿性骨折的主要依据,是目前诊断肋骨骨折最准确的方法[11]。本研究漏诊 4 处骨小梁骨折,骨小梁骨折发生在受力点外围的肋骨,由于胸廓弹性强,前肋发生弯曲,骨皮质未见明显中断,而病变区出血、水肿和微小骨小梁断裂,属于比较隐匿的骨损伤,常规 CT 很难显示损伤情况,容易漏诊、误诊,在复查 CT 影像中表现为局部密度增高。从严格意义上讲,这类所谓的隐匿性骨折即骨挫伤,而非骨折[12]。虽然 MRI 是检测骨髓水肿最敏感的影像方法,可以显示早期和轻微的骨髓水肿,对腰椎、腕关节、膝关节等部位的骨挫伤确诊有非常大的帮助,但是胸廓随着呼吸运动,不能长时间固定受检部位,运动伪影的存在,对肋骨隐匿性骨折的明确诊断也有很大难度,临床上,特别是基层医院很难推广应用。肋骨的检查手段主要是 X 线片和 CT,所以临床诊断肋骨的挫伤一般会以“肋骨挫伤”的诊断出现,往往以肋骨骨折的诊断出现。

VR 选定整个三维容积中的所有像素进行投影,能够产生既有良好形态外观又有密度层次的图像,立体感强,空间定位准确,可准确地观察骨折整体形态,可任意角度、轴向旋转,对比度好,立体空间关系显示方面优于 MPR [13];但因 VR 操作精度和数据丰度的要求较高,其在诊断隐匿性肋骨骨折方面仍无法获取较为理想的诊断率[14],有时三维重建图像活动伪影可造成假象[15];旋转角度欠佳及肋骨的遮挡、阈值选择不合理等原因,也导致部分隐匿性肋骨骨折显示不清,尤其是对于前肋皱褶骨折显示欠佳;再者 VR 图像对断端未移位的细微骨折显示不佳,容易漏诊[16]。本研究 VR 显示前肋内侧皱褶骨折漏诊 9 处,骨质疏松的病人前肋近肋软骨处断端略移位的骨折漏诊 3 处,肋骨内侧轻微断裂未移位骨折漏诊 5 处,外侧轻微断裂未移位骨折漏诊 2 处,骨小梁骨折漏诊 4 处。

CPR 技术是 MPR 技术的一种特殊形式,其能够使不在同一层面的肋骨显示在同一层面上。目前 CPR 是诊断肋骨骨折的最佳方法[17],但 CPR 操作时需沿可疑肋骨长轴画完整的曲线,而且必须保证曲线在肋骨的中轴线上或损伤部位,对操作者的应用技巧要求较高,否则容易造成肋骨影像失真,影响肋骨骨折的诊断[18]。考虑到 CPR 技术较繁琐费时,本研究采用了 Unfold Display 技术,Unfold Display 是应用软件对肋骨进行 CPR 重建,在保持肋骨结构的同时将肋骨全部展开到一个平面上,对骨折移位、骨折形态显示效果优越,相对传统手绘 CPR 可缩短阅片时间,同时提升诊断敏感性[19]。骨折的部位和数量与外伤后并发症和高死亡率有很大的关联,并且肋骨骨折还能引起慢性疾病和残疾,因此早期快速诊断肋骨骨折是预防慢性病和残疾的首要任务。Unfold Display 在空间关系优于 MPR 弱于 VR,对肋骨的空间定位较准确,同时对肋骨骨折的诊断率与 MPR 接近[20],因此可以满足快速准确的诊断需求。单独使用 Unfold Display 也存在漏诊,本研究漏诊 8 根,其中 4 根 MPR 显示而 Unfold Display 未显示可能与提取的中心线位置不正有关,或者因软件重建部分容积效应导致较细微不全骨折显示不清。其余 4 根骨挫伤。

骨挫伤复查在 MPR 及 Unfold Display 上表现为线状或条片状高密度影,因骨挫伤骨皮质尚未中断,VR 图像只显示肋骨皮质,骨小梁未能显示,复查 VR 图像对骨挫伤无意义,而 Unfold Display 相对 MPR 有利于肋骨的计数,所以对于临床医生可以快速诊断肋骨骨折的数目。

Unfold Display 也有一定的局限性,后处理工作站骨阅片有可能程序处理失败并人工无法修正,导致拉伸的肋骨数量较少,不能满足临床诊断需求。并且软件自动识别的肋骨中心线光滑程度仍有待提高,可以进一步提高肋骨骨折的诊断率。Unfold Display 对肋骨头显示不佳,主要第 1~6 肋骨头,并且软骨边自动识别较困难,肋软骨处易漏诊。因本病例量不够大,肋骨头的细微骨折未见显示。

综上所述,MPR 诊断肋骨隐匿性肋骨骨折的敏感性高、空间立体感及定位性较差,VR 可立体显示胸廓肋骨的全貌,定位准确,但对隐匿性肋骨骨折的诊断正确率不太高,Unfold Display 解决了常规 CPR 的空间定位及操作繁琐问题,可以准确定位骨折位置,并且可以更快速、准确的诊断骨折,相对 MPR 可以明显提高诊断效率,对临床治疗方案的选择及预后评估具有重要价值。

参考文献

- [1] 依伟力,刘大荒.法医活体损伤鉴定 CT 诊断学[M].沈阳:辽宁大学出版社,2004:278.
- [2] 周林峰,王建俭,肖文依,等.多层螺旋 CT 诊断肋骨和肋软骨隐匿骨折的价值[J].实用医学影像学杂志,2015,16(2):136-138.
- [3] Ring, H., Lazar, M., Topker, M., et al. (2015) The Ribs Unfolded-a CT Visualization Algorithm for Fast Detection of Rib Fractures: Effects on Sensitivity and Specificity in Trauma Patients. *European Radiology*, 25, 1865-1874. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3598-2>
- [4] 吴宇.多层螺旋 CT 及图像后处理技术在隐匿性肋骨骨折中的应用价值[J].国外医药抗生素分册,2013,34(5):216-217.
- [5] 张俊,黄渊全,黄丈杰,等.多层螺旋 CT 及其后处理技术对肋骨隐匿性骨折的诊断价值[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2011,9(5):64-65.
- [6] Bastos, R., Calhoon, J.H. and Baisden, C.E. (2008) Flail Chest and Pulmonary Contusion. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 20, 39- 45. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2008.01.004>
- [7] 王栋梁,雷哲倩,赵耀杰,等.隐匿性骨折的临床特点及误漏诊原因分析[J].临床误诊误治,2016,29(11):26-30.
- [8] 李彤,蔡春祥,刘兴明.VR、MPR 在肋骨骨折诊断中的优势及限度[J].中国中西医结合影像学杂志,2016,14(1):111.
- [9] 武保来.CT 检查诊断肋骨隐匿性骨折的价值分析[J].医技与临床,2016,20(6):795-796.
- [10] 张有军.多层螺旋 CT 多平面重组图像在胸骨骨折中的诊断价值[J].临床放射学杂志,2013,32(3):396-398.
- [11] 郭满涛,马宁强,董志坚,等.多层螺旋 CT 及图像后处理技术诊断隐匿性肋骨骨折的临床应用[J].实用医技杂志,2013,20(1):15-18.
- [12] 周佳丽,潘莲莲,戴先成.34 例隐匿性肋骨骨折(肋骨挫伤)的法医学鉴定分析[C].法医临床学专业理论与实践——中国法医学会·全国第十八届法医临床学学术研讨会论文集,2015-08-20.
- [13] 王刚,陈莉,郑树卿.多层螺旋 CT 后处理技术的临床研究[J].放射学实践,2013,28(10):1076-1079.
- [14] 叶文钦,陈忠,练旭辉,等.螺旋 CT 重建技术在骨关节外伤中的联合应用[J].放射学实践,2004 (6):415-418.
- [15] Borowska-Solonyanko, A. and Solonyanko, B. (2015) The Use of 3D Computed Tomography Reconstruction in Medico-Legal Testimony Regarding Injuries in Living Victims-Risks and Benefits. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 30, 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2014.12.006>
- [16] 冯雪亮,沈季芳,王伟伟.X 线片 CT 轴位及多层螺旋 CT 后处理技术在肋骨骨折中的应用价值[J].实用医技杂志,2014,21(4):385-386.
- [17] 张红军,常树勋,张向锋.64 层螺旋 CT 对肋骨隐匿性骨折的诊断价值[J].实用医学影像学杂志,2015,16(2):145-147.
- [18] 陆成栋,龚波,殷超.64 层螺旋 CT 三维成像在外伤性肋骨骨折中的临床应用[J].医学影像学杂志,2011,21(10):1605-1607.
- [19] 陆芳,葛虢俊,李骋,等.CT 肋骨拉伸后处理技术诊断肋骨骨折的价值[J].中华放射学杂志,2017,51(9):695-698.
- [20] Bier, G., Schabel, C., Othman, A., et al. (2015) Enhanced Reading Time Efficiency by Use of Automatically Unfold CT Rib Reformations in Acute Trauma. *European Radiology*, 84, 2178-2179.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8712, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: acm@hanspub.org