

# X线断层融合成像在下肢骨折内固定术后骨痂生长情况评估中的应用价值

潘小文, 高艳, 张德洲, 颜贵华  
四川省骨科医院, (成都, 610041)

**【摘要】**目的: 比较X线断层融合成像及常规X线成像在评估下肢骨折内固定术后骨痂生长情况方面的能力。方法: 选取36例股骨、髌骨、胫骨、跟骨骨折内固定术后的患者, 分别于术后1月和12月分别行X线DR断层融合成像及常规X线检查, 评价这二种方法所获得的骨折术后骨痂生长情况的图像质量。结果: 36例患者骨折内固定术后1月, 应用断层融合成像观察骨痂生长情况的图像质量频率分布为: 2分66.7%, 1分27.8%, 0分5.5%, 应用常规X线观察骨痂生长情况的图像质量频率分布为: 2分33.3%, 1分38.9%, 0分27.8%; 36例患者骨折内固定术后12月, 应用断层融合成像观察骨痂生长情况的图像质量频率分布为: 2分77.8%, 1分19.4%, 0分2.8%, 应用常规X线观察骨痂生长情况的图像质量频率分布为: 2分50.0%, 1分36.1%, 0分13.9%; 骨折术后1月及12月, 断层融合成像的评分均高于常规X线检查, 差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。结论: 对于早期及后期骨痂生长情况的显示, X线断层融合成像均优于常规X线DR检查。

**【关键词】**骨折; 骨痂; 断层融合; X线; 计算机体层摄影; DR

## The application value of X-ray computed tomography in the evaluation of the growth of the callus after internal fixation of lower limb's fracture

**Objective:** To compare the ability of X-ray computed tomography and conventional X-ray examination in evaluating the growth of the callus after internal fixation of lower limb's fracture. **Methods:** Thirty-six cases of internal fixation of lower limb's fracture of the femur, patella, tibia, calcaneus were selected out. X-ray computed tomography and conventional X-ray examination were performed on the postoperative 1 and 12 months respectively. The image quality obtained by the two methods of fracture callus growth after the operation were evaluated. **Results:** One month after the internal fixation operation, image quality frequency distribution by X-ray computed tomography to observe the callus growth was: 2 points of 66.7%, 1 point of 27.8%, and 0 point of 5.5%; image quality frequency distribution by conventional X-ray examination to observe the callus growth was: 2 points of 33.3%, 1 point of 38.9%, and 0 point of 27.8%. Twelve months after the internal fixation operation, image quality frequency distribution by X-ray computed tomography to observe the callus growth was: 2 points of 77.8%, 1 point of 19.4%, and 0 point of 2.8%; image quality frequency distribution by conventional X-ray examination to observe the callus growth was: 2 points of 50.0%, 1 point of 36.1%, and 0 point of 13.9%. One month and 12 months after the internal fixation operation, the scores of X-ray computed tomography was higher than that of the conventional X-ray examination, the difference was statistically significant ( $P < 0.001$ ). **Conclusion:** In the early and late stage of the growth of the callus, X-ray tomography imaging was superior to conventional X-ray examination.

**Key words:** Fracture; callus; tomography; X-ray; computed tomography; DR

骨折愈合是一个有着明显个体差异的过程, 影响因素复杂[1, 2], 骨折术后早期选择开始功能锻炼的恰当时间及骨折恢复后期选择内固定取出时间均需要参照骨痂生长情况, 因而对骨痂生长情况能够较准确评估的影像学检查具有重要的临床价值。目前, X线成像作为常规的骨折术后评估手段, 已广泛应用于临床。X线断层融合成像是一种新的X线成像方法, 具有较高的空间分辨率, 可以克服重叠成像的缺点, 同时不受金属内固定物干扰。本文通过总结X线断层融合成像与常规X线DR检查在下肢骨折内固定术后骨愈合情况评价中的应用, 对比二者在骨痂生长情况方面的显示能力, 从而找出更有价值的随访评估手段。

### 1 病例资料

#### 1.1 研究对象

搜集2013年5月~2016年5月期间因股骨、髌骨、胫骨、跟骨骨折在我院行金属内固定手术的患者36例, 男

19例, 女17例, 平均年龄41岁。分别于术后1月和12月行X线断层融合成像与常规X线DR检查。

#### 1.2 数据采集

X线断层融合成像与常规X线检查均应用日本岛津SonalvisionSafire II的大平板数字胃肠机。X线断层融合成像依据不同的检查部位旋转合适的体位及条件, 设置源像距为1100mm, 选用“TOMOS”图像采集模式。透视下定位, 调整床高, 使感兴趣区置于视野中央, 并设定摄像起点、终点位置。嘱患者制动, 进行连续拍摄。X线准直器的运动与射线管同步, 摄像条件设定为: 峰电压80kVp, 电流160mA, 单次曝光时间200ms, 断层角度40°, X线断层融合技术采用1mm层厚、1mm间隔进行图像重建处理。常规DR照射选取普通模式, 照射条件: 60~70kV, 15~25mAs, 距离1100mm。

### 1. 3 图像分析

由两位经验丰富的放射科副主任医师分别评价 X 线断层融合成像与常规 X 线检查对骨折内固定术后骨痂生长的显示情况。本研究采用主观评估和半定量方式对骨痂生长情况进行评价。主观评价标准为：金属内固定及周围结构清晰，图像评为“优”，记 2 分；因轻微伪影或受限于图像分辨率等原因，图像清晰度受影响，但基本不影响观察，评为“中”，记 1 分；因金属内固定伪影大等因素，图像清晰度差，严重影响观察，评为“差”，记 0 分。结果不一致时，经协商达成一致意见。

### 1.4 统计学分析

采用广义估计方程比较不同检查方法的效果。采用 SAS9.2 软件进行统计学分析，所有分析均采用双侧检验， $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

36 例患者骨折内固定术后 1 月，两种影像学检查方法对骨痂生长情况的图像质量频率分布见表 1；36 例患者骨折内固定术后 12 月，两种影像学检查方法对骨痂生长情况的评级频率分布见表 2。由数据可见，无论是早期还是后期，X 线断层融合成像观察骨痂生长情况均优于常规 X 线检查，差异有统计学意义。

表 1 骨折内固定术后 1 月两种不同检查方法的图像质量频率分布 (%)

影像学方法	频率		
	2 分	1 分	0 分
X 线断层融合成像	66.7	27.8	15.5
常规 X 线检查	33.3	38.9	27.8

表 2 骨折内固定术后 12 月两种不同检查方法的图像质量频率分布 (%)

影像学方法	频率		
	2 分	1 分	0 分
X 线断层融合成像	77.8	19.4	2.8
常规 X 线检查	50.0	36.1	13.9



图 1、2 为常规 X 线 DR 检查的正侧位



图 3-5 X 线断层融合冠状位图像

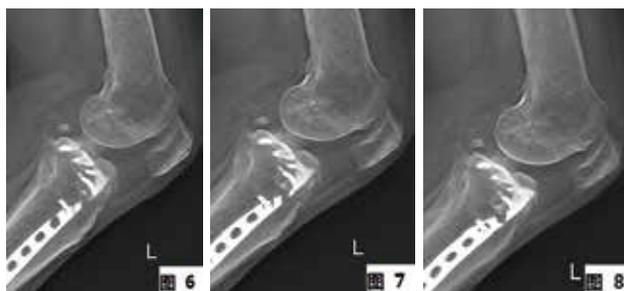


图 6-8 为 X 线断层融合矢状位图像

图 1-8 为同一病人的图片，男，56 岁，因胫骨平台骨折行内固定治疗术后：图 1、2 为常规 X 线检查的正侧位，外侧胫股关节间隙内见条状骨块影，骨痂生长情况因内固定干扰显示不佳；图 3-5 为 X 线断层融合冠状位图像、图 6-8 为矢状位图像，显示骨痂生长情况良好，折线消失，骨性愈合，外侧胫骨平台关节面上抬致相应关节间隙变窄，而非关节间隙内游离体。

线消失，骨性愈合，外侧胫骨平台关节面上抬致相应关节间隙变窄，而非关节间隙内游离体。

### 3 讨论

发生骨折后，早期进行功能锻炼可以更快地恢复伤肢的功能，防止附属肌肉的萎缩；而早期能否进行功能锻炼则与其骨痂生长情况有关；骨痂尚未生长行功能锻炼可能引起骨折不愈合，大量骨痂生长之后锻炼，可能引发骨关节炎；骨折内固定术后后期，能否去除内固定，也与其骨痂生长情况相关；所以，骨折金属内固定术后的骨痂生长情况的准确判断，对于指导临床治疗具有重要意义，而影像学在评价骨折愈合过程中具有重要的作用；早期发现骨痂生长缓慢，可进行原因分析，早期医学干预治疗。目前常用的评价骨折愈合的影像学方法有 X 线、CT、MRI 等，其中 X 线应用最广泛，但由于是重叠成像，其敏感性较低，分析骨折愈合情况有所限制；CT 的密度分辨力及断层成像的优势，使其可以明确反映骨折愈合情况 [3]，然而，在内固定术后的患者，金属内固定物的伪影会对图像质量造成影响，严重影响骨痂影像显示而不能正确判断骨痂生长情况。断层融合成像具有较高的空间分辨率，对于观察骨折金属内固定术后的骨折愈合情况具有很大的优势：首先，断层融合成像是传统 X 线体层成像基础上，结合数字化平板探测器技术及电子计算机技术，形成的新的检查方法，在一次曝光过程中，可以形成多

层体层图像,与常规X线检查相比,断层融合成像解决了重叠成像的问题;其次,断层融合成像能够克服CT所无法克服的金属内置物的线束硬化伪影,使其图像不受线束硬化伪影的干扰,从而更好的显示与观察骨痂生长情况[4];再次,断层融合成像的X线辐射剂量及检查费用低于CT,辐射剂量约为常规CT扫描的1/60,约为低剂量CT扫描的1/10[5,6]。国内外均有研究显示,X线断层融合成像在骨折的诊断治疗过程中具有较高的临床应用价值[7,8]。本文研究结果显示,在骨折内固定术后1月,有7例患者常规X线检查未见确切骨痂显示,而在断层融合成像上则可见少量骨痂,究其原因可能是术后早期断端有较多的软骨痂和骨痂形成,以编织骨为主,编织骨内可见钙盐线[9,10],X线检查时总体密度较成熟骨组织密度低,常规X线检查是重叠成像,对于密度较低的编织骨显示能力有限,断层融合成像则不受结构重叠的影响,且具有更高的密度分辨率,能够更好的显示软骨痂[11];在骨折内固定术后12月,有5例在常规X线检查图像上显示为大量骨痂的患者,在断层融合成像图像上其中3例显示有效骨痂为中量、部分断面光滑硬化,2例显示有效骨痂少量、大部分断面光滑硬化,分析这5例的常规X线检查图像发现,这5例均有大量的外骨痂生长包绕,由于重叠成像的干扰,高密度的大量外骨痂掩盖了局部不愈合的断面,干扰了判断,而断层融合成像则避免了重叠结构的干扰,使不愈合的断面清晰显示。

综上所述,下肢骨折在骨关节创伤中较为常见,大部分患者采用内固定手术治疗;在骨折内固定术后1月及12月,断层融合成像均较常规X线检查能更好的显示骨痂生长情况,并为临床早期开始功能锻炼及后期内固定取出术提供较为准确的影像学依据。

#### 参考文献

- [1] 李曙光,苏英杰,王志文,等. 妊娠兔骨折愈合的影像学研究[J].现代预防医学,2013,40(1):136-138,145.
- [2] 盛华刚. 影响骨折愈合因素的研究进展[J].北方药学,2013,10(3):53.
- [3] Di Ianni M,Kaicker J, Wu K,et al.Efficacy of high resolution computed tomography for detection of early healing in scaphoid fracture[J]. Open J Clin Diagn,2012,2:51-55.
- [4] Comi T.Comparison of metal artifact in digital tomosynthesis and computed tomography for evaluation of phantoms[J]. Biomed Sci Eng,2013,6:722-731.
- [5] 田军,宋少娟.数字化体层摄影与诊断图谱[M].北京:人民卫生出版社,2012:10-11.
- [6] Machida H, Yuhara T, Tamura M, et al. Radiation dose of digital tomosynthesis for sinonasal examination: Comparison with multi-detector CT[J]. Eur J Radiol, 2011, 81(6): 1140-1145.
- [7] 王锋,闫法舫,刘帆. X线数字断层融合技术在骨关节外伤检查中的应用价值[J].吉林医学,2010,31(6):758-759.
- [8] Mestrovic A,Nichol A,Clark BG,et al.Integration of on-line imaging,plan adaptation and radiation delivery: proof of concept using digital tomosynthesis[J].Phys Med Biol,2009,54(12):3803-3819.
- [9] 林基. 失神经状态下胫骨骨折断端骨痂成骨的组织学变化[J].中国组织工程研究与临床康复,2010,14(50):9317-9320.
- [10] Sohaskey ML, Jiang Y, Zhao JJ, et al. Osteopotential regulates osteoblast maturation, bone formation, and skeletal integrity in mice. J Cell Biol. 2010;189(3):511-525.
- [11] 高向东,郝晓光. 数字化融合断层用于评价内固定术后骨折愈合情况分析[J]. 中国药物与临床,2014,14(7):935-936.