

· 骨骼肌肉影像学 ·

数字断层融合摄影技术在腕舟骨骨折诊断中的应用价值

王浩东, 代承忠, 罗铧, 吴海燕

【摘要】 目的:探讨数字断层融合摄影(DTS)技术在腕舟骨骨折诊断中的应用价值。**方法:**搜集 30 例临床怀疑腕舟骨骨折的患者,所有患者均行普通 DR、DTS 及 CT 检查,以 CT 检查结果为标准,比较普通 DR 与 DTS 的诊断符合率、敏感度及特异度。**结果:**DTS 对腕舟骨骨折的诊断符合率为 86.67% (26/30),显著高于普通 DR (56.67%, 17/30),差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。DTS 检查对腕舟骨骨折的诊断敏感度为 88.89%,显著高于普通 DR (敏感度为 59.26%),差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。DTS 检查对腕舟骨骨折的诊断特异度为 66.67%,普通 DR 为 33.33%,两者之间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论:**DTS 对腕舟骨骨折的诊断效能高于普通 DR,能清晰显示骨折情况,具有一定的临床应用价值。

【关键词】 腕舟骨骨折; 数字断层融合摄影; DR 摄影; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R683.4; R814.41 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)01-0076-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.01.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application research on digital tomosynthesis of wrist scaphoid fracture WANG Hao-dong, DAI Cheng-zhong, LUO Hua, et al. Department of Radiology, Sichuan Provincial Orthopaedic Hospital, Chengdu 610041, China

【Abstract】 Objective: To explore the application value of digital tomosynthesis (DTS) in diagnosing wrist scaphoid fractures. **Methods:** Thirty patients with clinically suspected wrist scaphoid fractures underwent standard digital radiography (DR), DTS, and computed tomography (CT) examinations. According to CT examination results as the gold standard, the diagnostic accuracy, sensitivity, and specificity of ordinary DR and DTS were compared. Data analysis was performed using the χ^2 test. **Results:** The diagnostic accuracy of DTS in wrist scaphoid fractures was 86.67% (26/30), which was significantly higher than that of ordinary DR (56.67%, 17/30), and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The sensitivity of DTS in wrist scaphoid fractures was 88.89%, which was significantly higher than that of ordinary DR (59.26%), with a significant difference ($P < 0.05$). The specificity of DTS was 66.67%, and that of ordinary DR was 33.33%. The two groups had no statistical difference ($P > 0.05$). **Conclusion:** The diagnostic ability of DTS for wrist scaphoid fracture is better than that of ordinary DR. DTS can display the fracture situation, which can be used as a good examination for the diagnosis of wrist scaphoid fracture with specific clinical application value.

【Key words】 Wrist scaphoid fracture; Digital tomosynthesis; Digital radiography; Tomography, X-ray computed

在骨关节系统疾病中,腕舟骨骨折在腕骨骨折分类中最为常见,同时发生率最高^[1],在手部骨折中占比约 10%^[2]。在所有腕骨发生骨折的分类中,腕舟骨骨折占比约 70%~80%,其对腕关节的稳定性及运动作用不可替代^[3]。由于腕舟骨的形态不规则,漏诊率较

高,表面大部由软骨覆盖,无骨膜附着,骨折发生后依靠内生骨痂才能愈合,并且该部位血运具有其独特性。以上原因共同导致了一旦腕舟骨出现骨折,如果诊断治疗有所延误,腕舟骨发生缺血坏死、延迟愈合或不愈合的风险将会大大增加^[4-5],患者腕关节的自由活动功能将受到极大影响,给工作及生活带来极大困扰。因此,对腕舟骨骨折进行及时诊断,对于提高腕舟骨骨折治疗效果,改善患者工作和生活质量具有重要意义。通常在临床工作中,对怀疑腕舟骨骨折患者常采用普

作者单位:610000 成都,四川省骨科医院医学影像科
作者简介:王浩东(1987-),男,四川资阳人,硕士研究生,主治医师,主要从事骨关节系统影像诊断工作。
基金项目:四川省中医药管理局基金(基金编号:2021MS330)

通 DR 或 CT 检查,但普通 DR 是二维图像,易漏诊或误诊;而 CT 检查由于辐射剂量较高,费用较为昂贵,同样有其局限性。数字断层融合摄影(digital tomosynthesis, DTS)作为一种新的成像技术,由于其在解剖结构复杂部位骨折诊断中的优势,具有方便、经济、辐射剂量低等特点,近年来得到了广泛关注及应用。本研究通过比较分析 DTS、DR 对腕舟骨骨折的诊断效能,旨在为腕舟骨骨折的诊断找到一种较为理想的影像学检查方法。

材料与方法

1. 病例资料

在我院 2020 年 12 月至 2021 年 12 月临床怀疑腕舟骨骨折患者中随机选择 30 例作为本研究的研究对象,回顾性分析其病例资料。病史主要为腕关节外伤,症状包括手腕部疼痛、腕关节活动范围受限、软组织肿胀、鼻咽窝压痛等。最终经 CT 检查证实的 30 例患者中,27 例有腕舟骨骨折,3 例无骨折。30 例患者中男 25 例,女 5 例,年龄 16~58 岁,平均(29.54 ± 11.32)岁。具体受伤原因包括:①跌倒摔伤是导致腕舟骨骨折的主要病因,共 15 例(50%);②其次是运动性损伤,包括踢足球、打篮球、羽毛球等,共 7 例(23.33%);③第三是高坠伤,共 5 例(16.67%);其他病因包括发生车祸受伤 2 例,被掉落物品砸伤 1 例。

研究对象纳入标准:①患者外伤后首次就诊;②均完成了普通 DR、DTS、CT 三种检查;③有完整的普通 DR、DTS、CT 影像学资料;④既往无腕舟骨骨折病史及腕关节手术史。

2. 检查方法

普通 DR 及 DTS 检查均在日本岛津公司 Sonial-vision safirePlus 大平板数字胃肠机上进行,拍摄腕关节正位、侧位、腕舟骨轴位图像。普通 DR 曝光条件:50~57 kV,3~5 mAs,并根据被检查者腕关节的厚薄对参数进行调整,焦片距(Source Image Distance, SID)为 1000 mm。DTS 曝光条件:55 kV,2.5 mAs, SID 为 1100 mm。曝光方法选用“TOMOS”图像采集模式,具体方法如下:选择以距离检查床面 40 mm 高度为中心,扫描范围大小设置为 80 mm,曝光过程中 X 线管移动角度为 40°,并根据被检查者腕关节的厚薄对参数进行调整。在 X 线透视下进行定位,使重点关注区域处于视野中央位置,各方面准备无误后开始扫描。按下扫描控制台上 SET 键,使球管及平板位于曝光前设置好的初始位置,患者保持限制活动状态,随后按下曝光按钮进行连续扫描拍摄,直到整个扫描过程结束。在整个扫描过程中,患者处于保持限制活动状态,一个完整的扫描过程为 6 s 左右。检查完成后,将

原始图像传入 Sonialvision safirePlus 自带的图像工作站,选择标准算法对原始图像进行重建处理。

CT 检查采用 GE Light Speed 16 排螺旋 CT。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 160 mA,层厚 1.25 mm,层间距 1.25 mm,螺距自动匹配为 0.938,转速为 1 s/r,扫描野选择“small”,大小为 12 cm×12 cm,采用标准函数对原始图像进行重建,重建层厚、层间隔均为 0.625 mm,重建视野 8 cm×8 cm,矩阵为 512×512。扫描完成采集数据重建后,将图像传输至 CT 图像后处理工作站 ADW4.6,采用多平面重组等技术对图像进行后处理。

3. 腕舟骨骨折的评估

由两位经验丰富的医学影像科医师分别对普通 DR、DTS 检查获得的图像进行观察,并采用盲法进行独立评价,最终做出腕舟骨是否骨折的判断。如两位医师的评价结果不一致,则与高年资上级医师进行讨论,形成统一意见后作为最终结果并做好数据记录。观察的内容包括有无骨折线,骨折的位置、断端形态、对位情况,有无折块、折块的形状、大小、数量等。判断结果根据观察内容进行统计,如果有骨折线或折块,将其记为检出骨折。医师不能辨别图像中有无骨折线,不满足判断是否骨折的诊断要求,记为未检出骨折。以 CT 检查结果作为诊断腕舟骨是否骨折的金标准,比较分析普通 DR 与 DTS 的诊断符合率。

4. 统计学分析

采用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析。分别统计普通 DR、DTS、CT 所检出的腕舟骨骨折例数,计算普通 DR、DTS 两种检查方法的诊断符合率、敏感度及特异度。计数资料以例(百分率)表示,组间比较采用 χ^2 检验,如果数据中有理论频数 $T < 1$ 或 $n < 40$,则采用 Fisher's 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 普通 DR 与 DTS 检查对腕舟骨骨折的诊断符合率比较

普通 DR 检查诊断正确的 17 例全部被 DTS 检出,普通 DR 诊断错误的 13 例中有 9 例被 DTS 检出(图 1),其余 4 例未能诊断正确,最终由 CT 确诊(图 2)。普通 DR 对腕舟骨骨折的诊断符合率为 56.67%(17/30),DTS 的诊断符合率为 86.67%(26/30),普通 DR 与 DTS 检查对腕舟骨骨折的诊断符合率比较差异具有统计学意义(χ^2 值=5.525, $P=0.022$)。

2. 普通 DR 与 DTS 检查诊断腕舟骨骨折的敏感度与特异度比较

普通 DR 诊断腕舟骨骨折的敏感度为 59.26%, DTS 检查诊断腕舟骨骨折的敏感度为 88.89%(表



图 1 患者,女,26 岁,腕舟骨骨折。a)普通 DR 腕关节尺偏位图像示腕舟骨腰部骨纹理稍显紊乱,不能确定有无骨折;b)DTS 腕关节尺偏位图像,可清晰显示腕舟骨腰部骨折,骨位较好,骨折线清晰可见(箭);c)CT 三维重组腕舟骨冠状位图像,骨折线清晰可见(箭),确认骨折。 图 2 患者,男,42 岁,腕舟骨骨折。a)普通 DR 腕关节尺偏位图像示腕舟骨无骨折;b)DTS 腕关节尺偏位图像示腕舟骨无骨折;c)CT 三维重组腕舟骨冠状位图像,腕舟骨远端骨折线清晰可见(箭),确认骨折。

1),DTS 的敏感度显著高于普通 DR,两者之间差异有统计学意义(χ^2 值=4.725, $P=0.030$)。普通 DR 诊断腕舟骨骨折的特异度为 33.33%,DTS 检查诊断腕舟骨骨折的特异度为 66.67%,两者之间差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 1 2 组检查诊断腕舟骨骨折的敏感度与特异度比较 [n(%)]

检查方法	普通 DR	DTS
TF(真阳性)	16(53.33)	24(80)
FP(假阳性)	2(6.67)	1(3.33)
TN(真阴性)	1(3.33)	2(6.67)
FN(假阴性)	11(36.67)	3(10)
敏感度(%)	59.26	88.89
特异性(%)	33.33	66.67

讨 论

DTS 是一种利用计算机技术产生断层图像的技术,它是利用传统体层摄影结合现代科学及数字化技术开展的一种新型医学影像检查方法。其工作原理是

在数字化平板探测器 X 线设备上进行一次连续性曝光,对检查对象从各个不同角度进行拍摄,在扫描过程中,球管沿着检查床长轴进行直线运动同时旋转,并保持持续运动状态,整个运动轨迹呈弧形,从而从不同角度获取多幅图像^[6-8],运用滤波反投影法或迭代重建算法来进行图像重建,从而提高图像质量和空间分辨率,有效避免了普通 DR 检查由于自身组织结构复杂或图像重叠所致特异性及敏感性低等缺点,同时在深度定位能力上具有明显优势。在骨关节系统疾病诊断方面,DTS 可以快速、简便地获得任意姿势下所需部位的高空间分辨率的断层融合图像,可以清楚显示骨关节内部细微结构与周围组织的关系,及时发现诊断结构复杂解剖部位骨折。

普通 DR 摄影是诊断腕舟骨骨折的常用检查方法,具有使用操作简单、患者接受的辐射剂量低、价格便宜等优势,但是由于普通 DR 显示的是一种组织结构重叠的二维图像,图像相互重叠范围较大。由于腕

舟骨解剖结构较为复杂,普通 DR 对一些对位对线较好的隐匿性骨折的诊断容易漏诊或误诊。相关研究表明,即使采用多角度进行拍摄,在腕舟骨骨折诊断中普通 DR 漏诊的风险依然较高^[9]。有学者认为,腕舟骨骨折断端错位程度小于 1 mm,普通 DR 摄影几乎无法诊断,通常不能发现骨折移位^[10]。DTS 尤其在深层和复杂的部分可以克服重叠,对骨折脱位的诊断有明显优势^[11]。本研究结果显示 DTS 对腕舟骨骨折的诊断符合率、敏感度皆显著高于普通 DR,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。上述研究结果表明,DTS 能够减少组织结构重叠干扰,其图像能够准确判断腕舟骨骨折情况,有效提高了诊断准确性,对腕舟骨骨折的诊断效能优于普通 DR。本研究结果显示,DTS 诊断腕舟骨骨折的特异度与普通 DR 差异无统计学意义($P > 0.05$),笔者考虑原因可能为本研究所搜集的病例数不够多,真阴性及假阳性病例数较少所致。

CT 通过对薄层扫描数据进行多种后处理,可进行多方位的图像重组,能从不同角度、不同位置对骨折进行多平面、全方位地观察。CT 检查的优势是有较高的密度分辨力,其对软组织的显示能力优于 DTS。患者骨折后还需要进行保守或手术治疗,需多次检查以便了解骨折愈合情况,但 CT 辐射剂量较高,会对患者造成辐射伤害,且费用较高,加重了患者的经济负担。虽然低剂量 CT 可大幅降低辐射剂量,但目前较少应用于腕舟骨骨折检查。DTS 与 CT 检查相比,辐射剂量仅相当于 MSCT 的 $1/8 \sim 1/5$ ^[12-13],具有操作简单、方便、经济、辐射剂量低等优势。

张新成等^[14]在踝关节创伤的研究中发现,DTS 能够诊断普通 DR 检查中不能发现的隐匿性骨折,对关节损伤的诊断也具有一定优势,在临床工作中,可将 DTS 用于踝关节外伤患者普通 DR 检查之后的补充检查。有学者在下肢胫腓骨外伤检查的研究中,分别采用 DTS、普通 DR、CT 检查进行对比研究,发现与普通 DR 相比,DTS 图像上胫腓联合处胫腓骨结构的重叠干扰明显减少,对发生在该部位的腓骨骨折(Weber B 型)显示更加准确^[15],并且 DTS 检查对患者要求不高,使用简单,辐射剂量低于 CT,同时在价格上也明显低于 CT 检查。邢海源等^[16]认为 DTS 在颌骨疾病上均能作出正确诊断,具有简便、快捷、价格低、辐射剂量低、不受体位限制等优势。谢伟等^[17]研究发现 DTS 较 DR 能更准确地显示通过关节面的足骨骨折,具有更好的图像质量。本研究结论与上述文献报道类似。

综上所述,DTS 检查对诊断腕舟骨骨折具有特殊的应用价值。本研究也存在一些不足之处,如收集到的病例数不够多等。与 CT 相比,DTS 仍然存在漏诊

骨折的情况,因此在临床工作中,应综合考虑各种检查方法。

参考文献:

- [1] 王培吉.新鲜腕舟骨骨折治疗方法的选择[J].中华手外科杂志,2016,32(2):83-84.
- [2] Duckworth AD, Jenkins PJ, Aitken SA, et al. Scaphoid fracture epidemiology [J]. J Trauma Acute Care Surg, 2011, 72(2): 41-45.
- [3] Sahib M, Tarik K. Wrist instability after injury [J]. Mat sco med, 2012, 24(2): 121-124.
- [4] Dy CJ, Kazmers NH, Baty J, et al. An epidemiologic perspective on scaphoid fracture treatment and frequency of nonunion surgery in the USA [J]. HSS J, 2018, 14(3): 245-250.
- [5] Abu Anas EM, Seitel A, Rasoulia A, et al. Bone enhancement in ultrasound using local spectrum variations for guiding percutaneous scaphoid fracture fixation procedures [J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2015, 10(6): 959-969.
- [6] Kim EY, Chung MJ, Choe YH, et al. Digital tomosynthesis for aortic arch calcification evaluation: performance comparison with chest radiography with CT as the reference standard [J]. Acta Radiologica, 2011, 53(1): 17-22.
- [7] Sarka V, Shi C, Rassiah-Szegedi P, et al. The effect of a limited number of projections and reconstruction algorithms on the image quality of megavoltage digital tomosynthesis [J]. J Appl Clin Med Phys, 2009, 10(3): 2970.
- [8] 许静,郑玲,徐莉.浅析岛津平板胃肠 Safire II 的断层融合摄影技术[J].中国医疗设备,2009,24(3):120-121.
- [9] Mallee WH, Henny EP, van Dijk CN, et al. Clinical diagnostic evaluation for scaphoid fractures: a systematic review and metaanalysis [J]. J Hand Surg (Am), 2014, 39(9): 1683-1691.
- [10] Temple CL, Ross DC, Bennett JD, et al. Comparison of sagittal computed tomography and plain film radiography in a scaphoid fracture model [J]. J Hand Surg (Am), 2005, 30(3): 534-542.
- [11] Haruhiko M, Toshiyuki Y, Mori T, et al. Optimizing parameters for flat-panel detector digital tomosynthesis [J]. Radiographics, 2010, 30(2): 549-562.
- [12] 张殿星,武乐斌,张翼,等.数字化断层融合在胸部检查中辐射剂量的研究[J].中华放射学杂志,2012,46(3):275-278.
- [13] Mermuys K, De Geeter F, Bacher K, et al. Digital tomosynthesis in the detection of urolithiasis: diagnostic performance and dosimetry compared with digital radiography with MDCT as the reference standard [J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 195(1): 161-167.
- [14] 张新成,毕东,徐建,等.数字化断层融合技术在踝关节创伤诊断中的应用[J].医疗装备,2016,29(21):106-107.
- [15] 谢伟,张擎.数字化断层融合成像在诊断腓骨骨折中的应用评价[J].中国医疗设备,2017,32(5):91-93,101.
- [16] 邢海源,郭雪松,翟玉涛.数字化断层融合在颌骨疾病诊断中的应用[J].放射学实践,2014,29(6):704-706.
- [17] 谢伟,马俊芳,王文斌,等.应用数字化断层融合技术诊断足骨骨折的价值[J].放射学实践,2015,30(4):381-384.

(收稿日期:2021-11-11 修回日期:2022-02-23)