

· 骨骼肌肉影像学 ·

光子探测器双源 CT 大螺距扫描在腰椎外伤检查中的应用

汪素涵, 杨涛, 万光宇, 孔曙兵, 单士刚, 余开湖

【摘要】 目的:探讨光子探测器双源 CT 大螺距扫描在腰椎外伤检查中的可行性。**方法:**前瞻性将 60 例腰椎外伤患者根据就诊顺序随机分为常规扫描组和大螺距组。常规检查组采用 120 kV、CARE Dose 4D 自动 mAs 技术,螺距 0.8,转速 1.0 s/r 进行扫描;大螺距组采用螺距 3.0,转速 0.28 s/r 进行扫描,其它扫描条件与常规扫描组相同。记录每次扫描的放射容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)、有效剂量(ED)。对图像进行主观质量评分,并测量其客观量化噪声值。**结果:**常规扫描组与大螺距组有效剂量分别为 (4.1 ± 1.3) mSv、 (2.8 ± 1.1) mSv,大螺距组有效剂量较常规扫描组降低了 31.7%。两组可诊断的病例数没有明显差异(常规扫描组占 96.7%,大螺距组占 93.3%)。常规扫描组骨窗和软组织窗 SD 分别为 79.9 ± 20.0 、 13.8 ± 1.8 ,SNR 分别为 2.2 ± 0.9 、 6.07 ± 0.7 ;大螺距组骨窗和软组织窗 SD 分别为 73.2 ± 9.7 、 14.3 ± 1.4 ,SNR 分别为 2.0 ± 0.8 、 5.3 ± 0.5 ,两组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**光子探测器双源 CT 大螺距扫描在腰椎外伤检查中可以显著减少辐射剂量,图像质量能满足临床的诊断要求。

【关键词】 双源 CT; 大螺距; 腰椎外伤; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R816.8 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)07-0741-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.07.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The application of Stellar detector dual-source CT with high-pitch in lumbar injury WANG Su-han, YANG Tao, WAN Guang-yu, et al. Department of Medical Imaging, Clinical Medicine of Hubei University of Science and Technology, Hubei 437100, China

【Abstract】 Objective: To study the possibility of Stellar detector dual-source CT with high-pitch scan in lumbar trauma. **Methods:** 60 patients with lumbar trauma were included in this study and prospectively divided into conventional scan group and high-pitch group according to the time of visit. Scan parameters of conventional scan group were 120kV, CARE Dose 4D, 0.8 pitch, 1.0s/r rotation rate. Parameters of high-pitch group had two alternations of 3.0 pitch and 0.28s/r rotation rate; the others were kept the same. The volume CT dose index (CTDIvol), dose-length product (DLP) and effective dose (ED) were recorded respectively with each group. The subjective quality grade and the objective noise of all images were recorded and analysed statistically. **Results:** The ED of the large-pitch group was (2.8 ± 1.1) mSv that was 31.7% lower than that of conventional dose group (4.1 ± 1.3) mSv. Results of subjective image quality assessment showed that there was no significant difference in the number of images that could be used for diagnosing between the two groups (conventional group 96.7% and large-pitch group 93.3%). Results of objective image quality assessment were listed as follows: In the conventional group, The SD of bone windows and soft tissue windows were 79.9 ± 20.0 and 13.8 ± 1.8 , respectively. The SNR were 2.2 ± 0.9 and 6.07 ± 0.7 , respectively. In the large-pitch group, the SD of bone windows and soft tissue windows were 73.2 ± 9.7 and 14.3 ± 1.4 , respectively, and the SNR were 2.0 ± 0.8 and 5.3 ± 0.5 . There was no significant difference between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion:** Stellar detector dual-source CT with high-pitch scan can obviously reduce the radiation dose in the lumbar trauma examination. The image quality can meet the requirements for clinical diagnosis.

作者单位: 437100 湖北咸宁, 湖北科技学院临床医学院放射科/全科医学实验实训中心(汪素涵), 基础医学院基础医学研究中心(单士刚); 湖北, 咸宁市中心医院放射科(杨涛、万光宇、孔曙兵、余开湖)

作者简介: 汪素涵(1972—), 女, 湖北咸宁人, 硕士, 副教授, 主要从事骨骼肌肉影像诊断工作。

通讯作者: 单士刚, E-mail: ssgang121@163.com

基金项目: 湖北省教育厅科学研究计划资助项目(B2013049)

【Key words】 Dual-source CT; High pitch; Lumbar injury; Radiation dosage

多排螺旋 CT 较普通 X 线片具有更高的密度分辨率和多种成像后处理功能,对显示腰椎的椎小关节、软组织结构包括椎间盘和硬膜囊等结构具有明显的优势,临床上腰椎外伤患者行多排螺旋 CT 检查非常多见。研究表明,一次常规腰椎螺旋 CT 检查的有效剂量约为 5.6 mSv,估计癌症风险率为 1/3200^[1],因此优化 CT 检查中的辐射剂量,以确保它符合“尽可能的低剂量原则(as low as reasonably achievable, ALARA)^[2]”至关重要。本研究前瞻性纳入 60 例腰椎外伤患者行光子双源 CT 扫描,30 例行常规检查,30 例行大螺距扫描,探究光子探测器双源 CT 大螺距扫描是否可以减少辐射剂量,图像质量能否满足临床诊断要求。

材料与方法

1. 病例资料

将 2017 年 9 月—2018 年 3 月在咸宁市中心医院行 CT 检查的 60 例腰椎外伤患者依就诊顺序分为两组:常规扫描组(A 组)、大螺距扫描组(B 组),每组各 30 例。病例入选基本条件:①成人(≥ 18 岁)腰椎外伤患者;②排除腰椎其它骨病(病理性骨折、腰椎肿瘤及肿瘤样病变、腰椎感染性疾病等);③排除骨折有金属内固定的患者。本研究方案经医院伦理委员会同意,所有入选患者均须签署知情同意书。检查前,对每个患者的身高和体重都作记录,并计算出体重指数(BMI)。两组患者的一般资料,包括性别、年龄、BMI 见表 1。

2. 检查方法

采用 Siemens Somatom Definition Flash Dual-source 光子探测器双源 CT 扫描机,所有患者行仰卧位平扫,扫描范围从 T₁₁ 椎体至 S₂ 椎体。扫描参数:A 组,120 kV, CARE Dose 4D 自动 mAs 技术,螺距 0.8, 转速 1.0 s/r,采用迭代重建(adaptive statistical iterative reconstruction, SAFIRE),卷积核设为软组织算法 I30f medium smooth,迭代等级为 3;骨算法设为 I50f medium shap ASA,迭代等级为 3, X 线准直宽度 128×0.6 mm,重建层厚 1.0 mm,软组织窗 350/40,骨窗 1500/450;B 组,螺距 3.0,转速 0.28 s/r,其他参数同 A 组。

3. 图像分析

所有病例分别进行软组织算法重建和骨算法重建,扫描完成后原始数据传送至工作站(syngo via)进行多平面重组(MPR)、曲面重组(CPR)、容积再现(VR)等后处理,图像质量评估包括主观定性评估和客

观评估,客观评价是由一名初级职称的放射科医师(隐去患者个人信息及扫描参数)测量图像 CT 值和噪声(standard deviation, SD),计算出图像信噪比(SNR)。图像噪声测量:软组织算法兴趣区(region of interest, ROI)选取腰 3 或腰 4 椎弓根平面椎间盘中心处,骨算法 ROI 选取 L₃ 或 L₄ 椎体的中心层面(图 1),尽量避免明显的骨岛、脂肪变性及伪影,ROI 的面积取 10.0 mm²,测量 ROI 的 CT 值和噪声(SD),计算出图像信噪比(SNR=CT 值/SD)。主观评估由 2 位中级职称以上的放射医师对已处理过(隐去患者个人信息及扫描参数)的全部图像进行图像质量的评分,评价指标为椎体、横突、棘突、椎间盘、硬膜囊和双侧腰大肌;两位医师评分不一致时,请第三名更高年资的主任医师进行最终评分。主观评分根据图像质量进行分级^[3]:2 分,噪声很小、结构轮廓清晰、完全能够诊断;1 分,适度的噪声、结构可见,但轮廓不是很清晰、可以诊断;0 分,有较大噪声、大致结构能看到、轮廓模糊、不能进行诊断。

4. 辐射剂量统计

标准剂量扫描及低剂量扫描放射容积 CT 剂量指数[CT dose index volume, CTDIvol(mGy)]、剂量长度乘积[dose-length product, DLP(mGy·cm)]来自扫描时计算机自测值。患者的有效剂量[effective dose, ED(mSv)]为 DLP×k,腰椎的 k 值采用 0.0129^[4]。

5. 统计学分析

用 SPSS 20.0 统计软件,计量资料以均数±标准差表示,比较两组患者的一般资料,患者性别采用 Fisher 确切概率法进行统计,年龄、体重指数(body mass index, BMI)、组间图像的信噪比和辐射剂量,采用独立样本 t 检验,以 P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 检查对象和辐射剂量分析

A 组男 17 例、女 13 例, B 组男 19 例、女 11 例, P=0.833(P>0.05), 两组男女比例差异无统计学意义;患者年龄、BMI 和辐射剂量见表 1。

表 1 检查对象和辐射剂量比较

参数	A 组	B 组	t 值	P 值
年龄(岁)	43.8±14.3	41.5±13.7	0.362	0.295
BMI(kg/m ²)	22.2±3.5	24.6±3.21	0.447	0.216
管电流(mAs)	186.3±46.4	131.5±35.1	4.512	<0.01
CTDIvol(mGy)	11.48±4.2	7.8±3.7	4.161	<0.01
DLP(mGy·cm)	290.2±108.8	232.2±68.8	3.323	<0.01
ED(mSv)	4.1±1.3	2.8±1.1	3.323	<0.01

A 组和 B 组在患者年龄、BMI 方面差异无统计学意义($P>0.05$)。B 组的管电流、CTDIvol、DLP 和 ED 均显著低于 A 组($P<0.01$)。

2. 图像质量分析

主观图像质量评估:A 组图像质量可诊断的病例数(被评价为 1 分或 2 分)占 96.7%(29/30);B 组图像

质量可诊断的病例数占 93.3%(28/30),两组图像质量可诊断的病例数没有明显差异。然而 B 组图像质量被评价为 1 分及 0 分的多于 A 组,A 组平均分(1.67)较 B 组平均分(1.53)高(表 2,图 2、3)。

客观图像质量评估:比较两组骨窗及软组织窗 ROI 的 CT 值、SD 及 SNR,B 组的 CT 值及 SNR 稍低

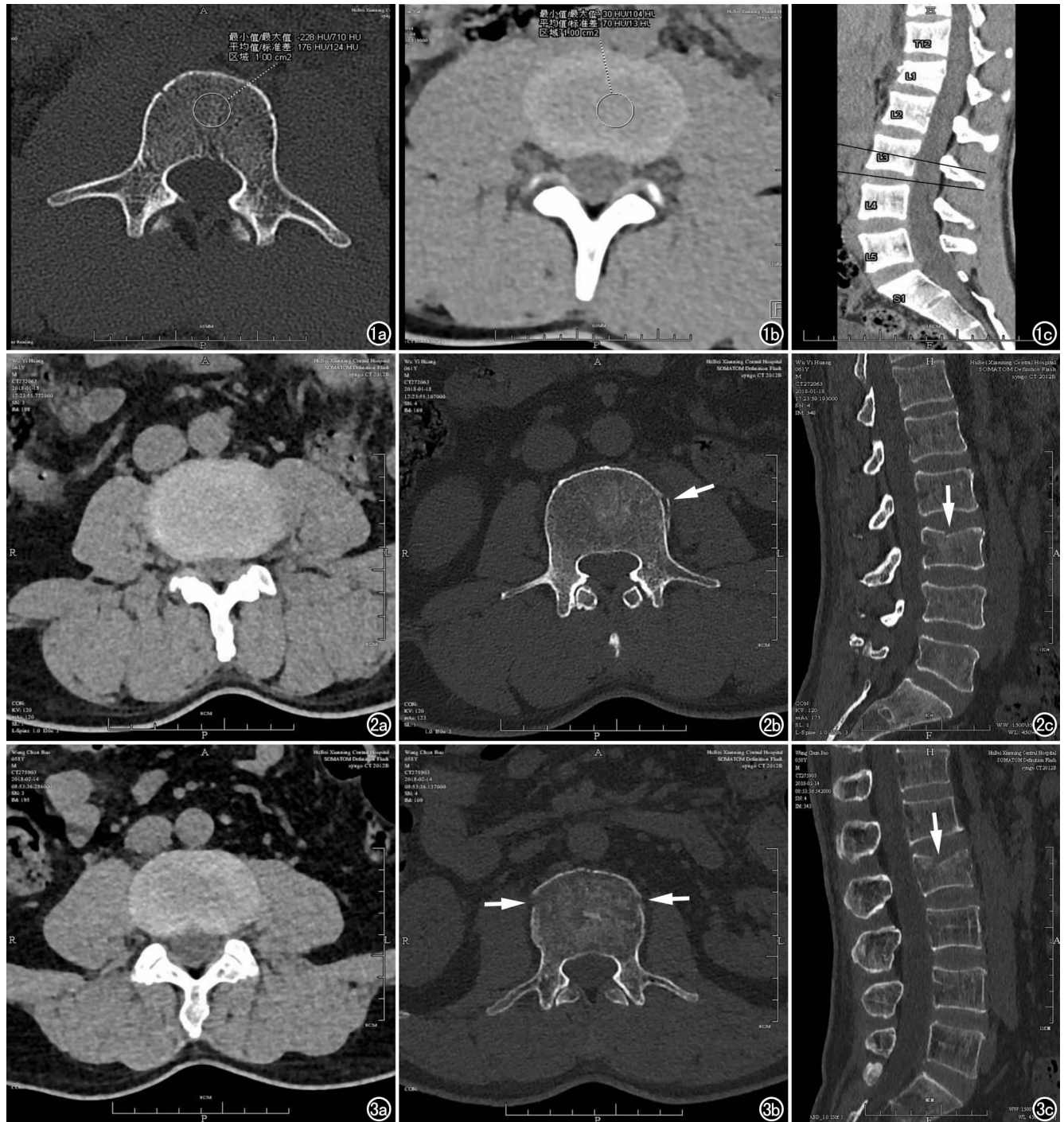


图 1 图像噪声测量,ROI 的面积取 10.0mm^2 。a) 骨窗 ROI 选取腰 3 椎体的中心层面;b) 软组织窗 ROI 选取腰 3 椎弓根平面椎间盘中心处;c) 定位图。图 2 A 组患者,男,61 岁,BMI=24.15, L_3 椎体左前缘骨折。a) 椎间盘层面,椎间盘、硬膜囊及腰大肌显示清晰;b) 椎体层面, L_3 椎体左前缘骨折(箭);c) L_3 椎体上缘稍下凹(箭)。图 3 B 组患者,男,58 岁,BMI=23.94, L_2 椎体骨折。a) 椎间盘层面,椎间盘、硬膜囊及腰大肌显示清晰;b) 椎体层面, L_2 椎体骨折(箭);c) L_2 椎体上缘下凹(箭)。

表 2 主观图像质量评估

评分	A 组	B 组
主观图像质量评分		
2	21(70.0%)	18(60.0%)
1	8(26.7%)	10(33.3%)
0	1(3.3%)	2(3.3%)
平均得分	1.67	1.53

于 A 组,但差异无统计学意义($P>0.05$,表 3,图 4、5)。

表 3 客观图像质量评估

指标	A 组	B 组	t 值	P 值
骨算法、骨窗				
CT 值(HU)	163.9±54.0	159.8±29.7	0.131	0.875
SD	79.9±20.0	73.2±9.7	0.224	0.384
SNR	2.2±0.9	2.0±0.8	1.042	0.246
软组织算法、软组织窗				
CT 值(HU)	82.7±6.8	75.4±3.6	1.132	0.195
SD	13.8±1.8	14.3±1.4	0.653	0.283
SNR	6.07±0.7	5.3±0.5	1.132	0.195

3. 诊断结果分析

A 组:阴性 13 例,阳性 17 例,其中骨折 12 例(椎体压缩性骨折 9 例,爆裂性骨折 2 例,单纯附件骨折 1 例),椎体滑脱 2 例,椎间盘病变 3 例;B 组:阴性 14 例,阳性 16 例,其中骨折 13 例(椎体压缩性骨折 10 例,爆裂性骨折 1 例,单纯附件骨折 2 例),椎体滑脱 1 例,椎间盘病变 2 例(图 6)。

讨 论

目前临床上降低辐射剂量的方法有自动调节管电流及管电压技术(CARE kV 及 CARE dose 4D 技术)、大螺距扫描技术、前瞻性心电门控、低电压技术以及迭代重建等,具有高对比度的脊椎可以采用最低管电流值和大螺距进行扫描,从而降低癌症风险^[5]。当扫描范围一定时,辐射剂量随着螺距的增加而减少,即螺距与辐射剂量成反比。增大螺距,由于扫描 z 轴上某一点的受照时间缩短,会导致图像噪声增加,图像质量降低。光子探测器双源 CT(Stellar detector dual-source CT)配备了两组能进行 128 层图像同步采集的探测器系统,机架的转速缩至 0.28 s/r,其利用两组探测器同

步互补的无缝螺旋扫描。大螺距采集扫描速度达到 480 mm/s,从而能瞬间完成检查,在检查速度及图像质量明显提升的同时大幅度降低辐射剂量,大螺距扫描技术是降低辐射剂量最显著的方式,需更多的研究来证明大螺距扫描技术的临床价值。以往文献双源 CT 大螺距模式在胸部、腹部应用较多^[6-7],采用大螺距模式在腰椎扫描的文献未见报道。

本研究常规剂量组有效剂量最大值 5.2 mSv(BMI 28.9),最小值 2.8 mSv(BMI 19.7),平均约 4.1 (BMI 22.2±3.5),大螺距组有效剂量最大值 3.9 mSv(BMI 28.6),最小值 1.9 mSv(BMI 20.4),平均约 2.8 mSv(BMI 24.6±3.2),大螺距组较常规剂量组平均有效辐射剂量降低了约 31.7%,两组图像质量没有明显区别,都能对腰椎外伤做出明确诊断。瑞典 2006 年的标准腰椎 CT 平均有效剂量约为 8.7 mSv^[8],Paula 等^[1]通过人体模型进行不同方案 CT 扫描,计算出腰椎 CT 扫描的有效剂量为 5.6 mSv,本研究中常规剂量组平均辐射剂量较前者偏低,有以下两个因素,一是亚洲人较欧洲人体型偏小,二是 CT 机型的不一致,Siemens 光子探测器双源 CT 采用的 Stellar 探测器,因常规探测器多个步骤的信号转换和传递过程中发生弱化并产生电子噪声,Stellar 光子探测器将模数转换的全部过程整合于单个芯片中,明显缩短路径、减少信号损耗和散热,从而减小电子噪声并提高信噪比,因此 Stellar 光子探测器可以在较低放射剂量检查中减小图像噪声。同时 Siemens 光子双源 CT 采用的迭代重建技术(adaptive statistical iterative reconstruction,SAFIRE)较传统滤波反投影法(Filtering Back-Projection,FBP)重建技术可以明显降低辐射剂量^[9-10]。

本研究存在以下局限:首先,本 CT 机型最大螺距可达 3.4,本研究只应用了 3.0 的大螺距,没有对不同大螺距降低辐射剂量的扫描进行对比。第二,没有对两种扫描方式对腰椎骨折诊断的敏感度、特异度和符合率进行统计学分析,因对腰椎骨折的确诊没有完整的手术结果或 MRI 结果提供诊断标准。第三,考虑本



图 4 A 组,男,58 岁,BMI=21.8。a) 软组织窗,SD=6.0; b) 骨窗,SD=2.08。图 5 B 组,男,70 岁,BMI=23.4。a) 软组织窗,SD=6.0; b) 骨窗,SD=2.03。

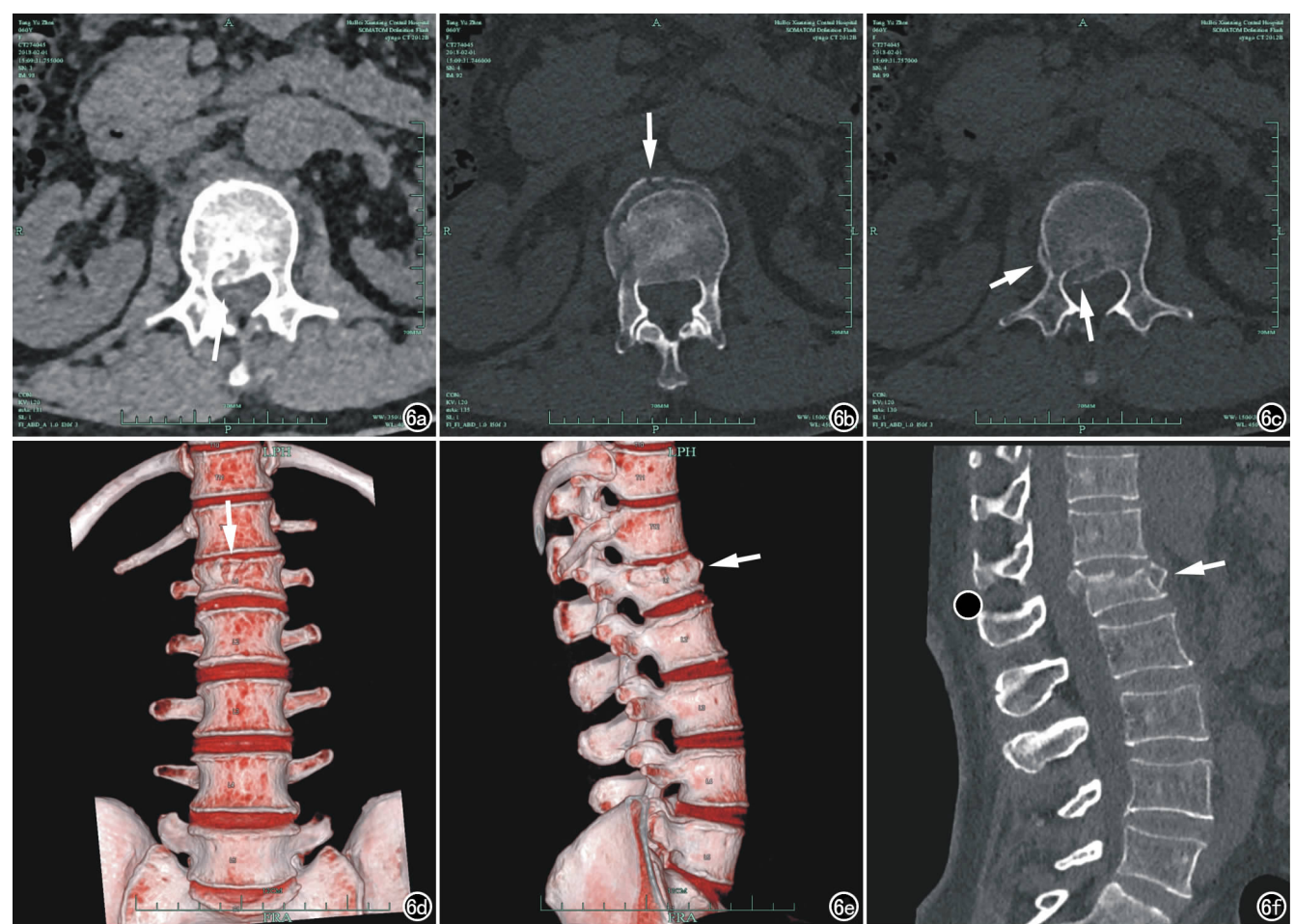


图 6 B 组,女,60 岁,BMI=24.0,大螺距扫描清晰显示 L₁ 椎体爆裂性骨折。a) 软组织窗,L₁ 椎体骨折(箭),后方硬膜囊受压;b) 骨窗,L₁ 椎体及右侧椎弓根骨折(箭);c) 骨窗,骨折片向后移位;d) VR 显示 L₁ 椎体变扁(箭);e) VR 显示 L₁ 椎体变扁(箭);f) MPR 显示骨折片分离(箭)。

研究中体重过重和肥胖患者的数量很小,没有对大螺距扫描在不同 BMI 患者的图像质量差异进行研究。

总之,光子双源 CT 大螺距扫描腰椎外伤的图像质量和诊断效果与常规扫描方式无明显差异。在评估腰椎创伤患者时,可以采用大螺距扫描代替常规扫描方式,降低患者的辐射剂量。

参考文献:

- [1] Richards PJ, George J, Metelko M, et al. Spine computed tomography doses and cancer induction[J]. Spine, 2010, 35(4): 430-433.
- [2] 张挽时. 从 RSNA 2012 看 CT 低剂量技术的发展[J]. 中国医疗设备, 2013, 28(3): 7-9.
- [3] Yang CH, Wu TH, Lin CJ, et al. Knowledge-based iterative model reconstruction technique in computed tomography of lumbar spine lowers radiation dose and improves tissue differentiation for patients with lower back pain[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(10): 1757-1764.
- [4] Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product[J]. Radiology, 2010, 257(1): 158-

- 166.
- [5] Brem MH, Zamani AA, Riva R, et al. Multidetector CT of the paranasal sinus: potential for radiation dose reduction[J]. Radiology, 2007, 243(3): 847-8528.
- [6] 周星, 张常青, 黄刚, 等. 光子双源 CT Flash 模式联合低浓度对比剂在肺动脉成像中的应用[J]. 放射学实践, 2016, 31(11): 1041-1046.
- [7] 孙昊, 薛华丹, 金征宇, 等. Stellar 光子探测器双源 CT 大螺距泌尿系排泄期成像的临床应用[J]. 中国医学科学院学报, 2014, 36(5): 516-521.
- [8] Leitz W, Alme? n A. Patient radiation exposure in diagnostic radiology in Sweden-1999 and 2006[R]. SSI Report, 2008; 2.
- [9] Willemink MJ, Leiner T, de Jong PA, et al. Iterative reconstruction techniques for computed tomography part 2: initial results in dose reduction and image quality[J]. Eur Radiol 2013, 23(6): 1632-1642.
- [10] 柴亚如, 邢静静, 高剑波, 等. 前置多模型迭代重建技术在腹部增强 CT 中的应用探讨[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(9): 696-700.

(收稿日期: 2018-04-27)