

论 著

应用Flash CT消减
脊柱金属植入物伪
影的探讨*

广西贵港市人民医院放射科

(广西 贵港 537100)

陈小玫 刘 彪 谢兆林
郑进天 黄 波 魏景欣

【摘要】目的 探讨Flash CT双能扫描单能量成像技术消减脊柱钉棒植入物伪影的最佳单能量成像值,提供满足临床评估要求的最佳重建图像。**方法** 对48例19组单能量、混合能量图像在脊椎骨窗和软组织窗行5分法评价,不同组别间差异用Kruskal-Wallis秩和检验分析,同一能量上伪影最大与最小层面CT值差异用配对t检验;253枚螺钉的实际直径与各单能量上螺钉的宽度比较。**结果** 单能量图像评分的秩次比混合能量图像高,130keV的图像评分秩次最高;120keV以下的单能量图像伪影最重层面与无伪影层面的CT值差异明显, $P < 0.05$;单能量154keV上钉子近似真实值。**结论** 130keV以上的图像金属伪影明显减少,结合骨窗和软组织窗图像质量评分,130keV图像质量最佳;154keV单能量图像最佳观察螺钉形态。

【关键词】 FlashCT; 单能谱成像; 金属伪影

【中图分类号】 R826.64

【文献标识码】 A

【基金项目】 广西壮族自治区科学技术厅科技攻关计划项目(编号:桂科攻1598012-33)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.08.043

通讯作者: 陈小玫

The Application of Reducing Metal Artifacts of Spinal Implants in Flash CT*

CHEN Xiao-mei, LIU Biao, XIE Zhao-lin, et al., Department of Radiology, Guigang People's Hospital, Guigang 537100, Guangxi Province, China

[Abstract] Objective To evaluate the optimal energy of the monochromatic imaging with Flash CT dual energy scan in reducing spinal pedicle screw metallic artifacts, and find out the best reconstruction images for clinical evaluation. **Methods** The 19 groups images were evaluated by 5 points in bone window and soft tissue window from 48 patients, and the Kruskal-Wallis was used for statistical analysis, and the differences of Max and Mini artifacts was compared using Paired t-test at the same groups. The actual diameter of the 253 screws was compared with the width of each monochromatic images. **Results** The scores of monochromatic images were higher than the polychromatic images, and the 130keV image was the highest score. The heaviest and little artifacts CT value were large different below the 120keV Monochromatic images, of $P < 0.05$. Approximate true values of nails on 154keV monochromatic images. **Conclusion** Above 130keV monochromatic images reduced the metallic artifacts, but combined with the score of bone and soft tissue window, 130keV images was the best. The screw were best observed in the 154keV monochromatic images.

[Key words] Flash CT; Monochromatic; Metallic Artifacts

在脊柱骨关节学科,术后复查钉棒是否断裂、松动,螺钉在椎弓根上的位置是否伤及椎管,金属与周围骨质兼容情况,有否增生硬化带形成,术周有否感染、神经损伤、硬膜下出血等并发症的内容至关重要^[1-3],传统CT扫描因为金属伪影致周围组织受到明显干扰,对组织结构性判断出现漏诊、误诊,双能CT作为一种鉴别组织成分的新兴技术进入临床,国内外研究表明^[4],其单能谱重建成像技术相对于传统CT扫描明显减少金属伪影,可以通过调节单能量值获得观察金属植入物、骨骼及周围组织的多参数成像图像,但未给予确切的最佳单能量值^[5],导致日常工作中后处理重建工作烦琐,不同的重建者均按照自己的喜好来重建。研究通过使用西门子炫速CT对脊柱术后植入金属内固定钉棒的患者进行双能扫描、单能谱后处理重建技术,对消减金属伪影并清楚显示目标椎体及附件、软组织和病变等进行临床应用探讨,寻找最佳的单能量成像值,提供满足临床评估要求的最佳重建图像。

1 材料与方法

1.1 研究对象 收集脊椎手术后植入金属钛合金钉棒系统的需要术后评估及追踪复查的病例,男28例,女20例,年龄6~77岁,平均年龄为(44.5±16.48)岁。植入物位颈椎16例,胸椎7例,腰椎19例,胸腰段6例,颈椎螺钉75枚,胸椎螺钉71枚,腰椎螺钉107枚,共253枚。检查前均告知使用双能CT机扫描,患者均能顺利配合完成检查。

1.2 CT检查设备与技术指标 所有患者均在德国西门子Somatom Definition Flash CT进行扫描,扫描范围为申请单检查的部位,包括整个金属固定器范围,使用双能量扫描模式,A球管电压100kVp,B球管电压sn140kVp,融合系数为0.5;准直器宽度Acq. 32×0.6mm,

螺距0.55, 球管旋转时间0.5s/周, 矩阵 512×512 , 自动重建层厚0.75mm, 层间距0.7mm。辐射剂量: 长度乘积(DLP)为238~664 mGy·cm。

1.3 分析方法 双能量CT扫描完成后, 获得3组数据: 100kVp、sn140 kVp及2种能量平均加权的数据sn120kVp, 使用Syngo dual energy软件, 启用monoenergict程序, 手动调节能量谱在40~190keV范围以10keV为间距的16组图像的单能量重建图, 层厚0.75mm, 骨窗的窗宽/窗位为2000/450HU, 软组织窗的窗宽/窗位为350/40HU。

1.3.1 图像主观分析: 副主任医师以上职称的放射科医师与脊柱骨科医师各1名按同样的评分标准评分, 评定内容包括金属伪影的面积、骨皮质、骨小梁、肌肉纹理及脂肪间隙的显示。在脊柱骨窗和软组织窗上对16组单能量图像及3组混合能量图像进行伪影大小和图像质量等评分。采用5分法, 评价标准: 1分为大片伪影, 周围组织分辨不清, 不能诊断; 2分为明显伪影, 周围组织模糊, 诊断有困难; 3分为小片伪影影响周围软组织结构判断, 尚可诊断; 4分为只在最大伪影层面有少许伪影, 周围组织结构清晰, 不影响诊断; 5分为没有伪影, 毫无诊断困难, 如图1-6所示。

1.3.2 数据测量: 典型层面的设定: 腰大肌作为研究对象, A为金属伪影最重的层面, 金属伪影最小的层面为B, 在A、B层面用同一大小的ROI来测量其CT值, 分别记录为CT1、CT2, 如图7-8所示。选择显示椎弓根钉最长矢状面的层面图像, 使用CT软件中的标尺工具, 用鼠标测量椎弓根钉的最大宽度, 如图9-11所示。

1.4 统计学处理 所有统计

数据均采用软件SPSS16.0版本分析(设 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义)。混合能量100kVp、120kVp、140kVp图像与单能量100keV、120keV、140keV图像评分采用秩和检验(Kruskal-wallis检验); 各单能量主观评分数据采用秩和检验(Kruskal-wallis检验); 在不同单能量重建的各组图像中, A、B层面的CT值差异两两对比配对T检验; 每位患者的螺钉在不同单能量重建图像中CT测量的宽径分别与钉子生产厂家所给的实际直径比较, 找到最佳显示的单能量值后求均值。

2 结果

同管电压值的单能量图像评分的秩次比混合能量图像高, 两者的差异有统计学意义($P = 0.000 < 0.05$), 即各能量组两两对比有明显差异, 表明单能量图像质量更优。

在骨窗上可见随单能量的递增, 图像金属伪影减少, 评分分值增高, 直到130keV即以上能级伪影减少程度趋于平稳, 反而植入物周围开始有小线状低密度伪影产生, 4分以上的图像例数最多的为单能量130keV共43例, 其次是140keV为41例。软组织窗上可见单能量级的图像评分分值在40~120keV呈递增型, 但是, 在130~190keV评分分值呈递减趋势。4分以上, 例数最多的单能量为120keV共8例, 其次是130keV共7例。综合骨窗和软组织窗评价图像质量, 总的评分秩次在130keV最高为1416.78, 其次是120keV, 秩次为1402.75, 其余keV秩次较低。

最重伪影层面A与最轻伪影层面B的CT值比较, 40~120keV、100kVp、120kVp两两差异对比使

用配对T检验的 $P < 0.05$, 有统计学意义, 表明此能量段受金属伪影影响的周围组织的CT值与无伪影对比, CT值差异明显, 即组织的CT值受金属伪影影响明显。140kVp及130keV以上的单能量图像的 $P > 0.05$, A、B两层面CT值差异无统计意义, 表明此单能量段的图像, 伪影最重层面与无伪影层面的CT值相似, 金属伪影对周围组织的影响较小, 伪影基本消除, 图像质量较稳定。不论是混合能量或是单能量图像, 随着能量级的增大, CT1-CT2差值的均数明显减小, 表示CT值差异随着能量的增大逐渐减小, 金属周围组织受影响程度递减。

椎弓根钉直径在不同单能量图中的测量误差分析示253枚螺钉在不同脊柱水平上的直径及最佳单能量值, 从可见各病人的钉的直径, 及各单能量标尺量的宽径, 研究表明在40~130keV随着单能量值增高, 螺钉形态接近实际直径, 130keV单能量图像螺纹清晰, 146枚颈椎、胸椎内固定螺钉于150keV图像测量的螺钉宽径约等于真实螺钉直径, 107枚腰椎内固定螺钉于160keV图像显示最佳, 随着单能量值增加, 周边出现低密度伪影逐渐明显, 单能量154keV是最佳观察螺钉形态的值。

3 讨论

西门子双源CT^[6]拥有两套X线球管与两套探测器, 可以进行同步扫描^[7], 双能后处理软件的Monoenergetic单能谱分析, 通过调节能谱滑块, 有151级能谱选择, 研究收集2014年所有的脊柱骨金属内固定术后复查的患者进行Flash CT双能扫描做研究分析, 分别在骨窗与软组织窗评分

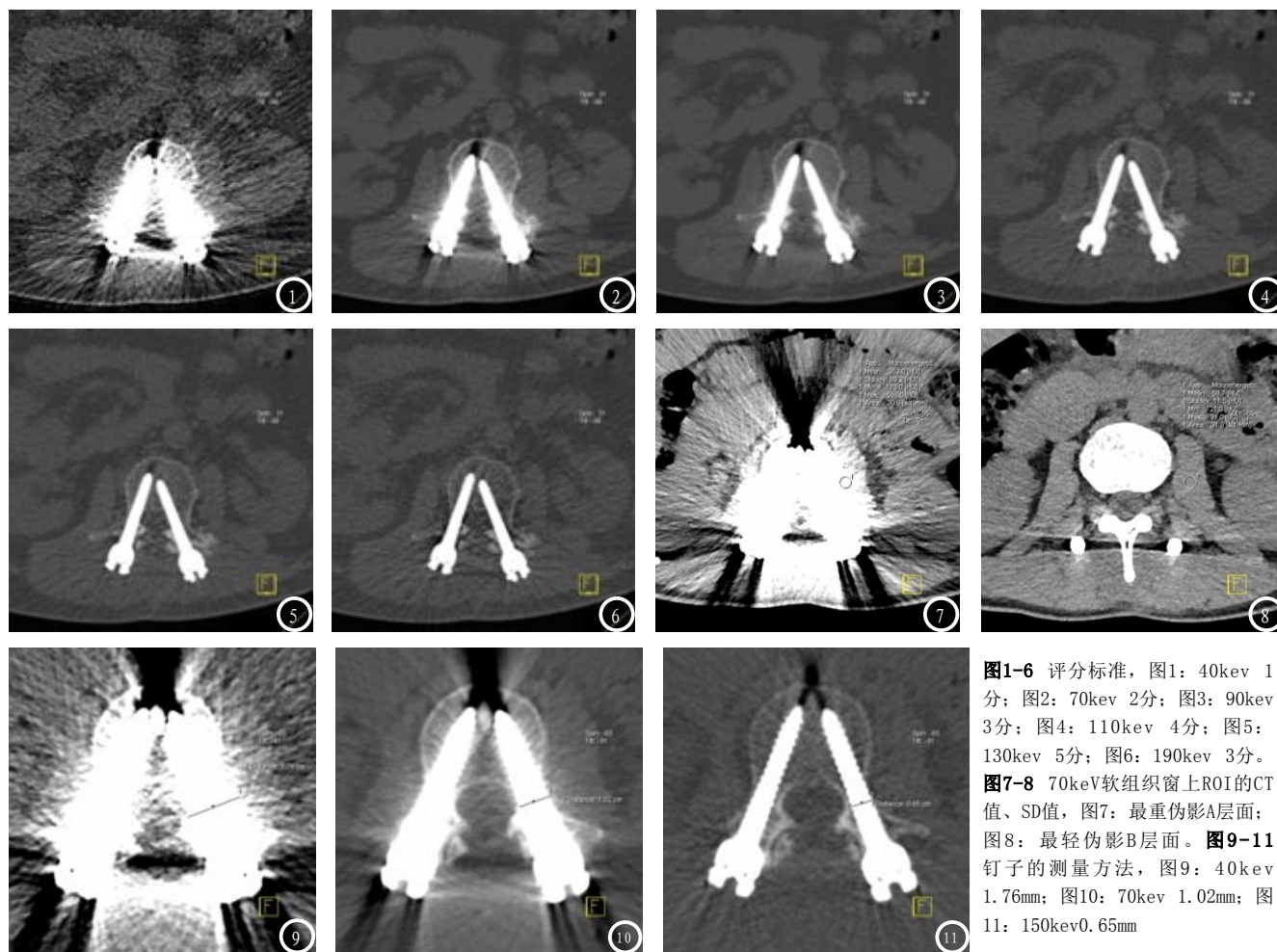


图1-6 评分标准, 图1: 40keV 1分; 图2: 70keV 2分; 图3: 90keV 3分; 图4: 110keV 4分; 图5: 130keV 5分; 图6: 190keV 3分。

图7-8 70keV软组织窗上ROI的CT值、SD值, 图7: 最重伪影A层面; 图8: 最轻伪影B层面。图9-11 钉子的测量方法, 图9: 40keV 1.76mm; 图10: 70keV 1.02mm; 图11: 150keV 0.65mm

是考虑到较高单能量值能明显减轻伪影, 但是图像信噪比、对比度同时下降, 不利图像周围组织的观察、诊断, 呈“矫枉过正”表现, 统一两方面评分更能体现寻找的最佳单能量值可以满足临床需求。结果发现, 不论是骨窗还是软组织窗40~70keV的评分都是最低, 其单能量图像伪影较重, 可能是由于电压较低、X线穿透能力较弱引起, 不宜做图像诊断评估。随着管电压的增加, 伪影减少, 从80keV开始金属伪影逐渐减少, 评分上可见80~110keV图像伪影仍较混合能量140kVp稍多, 110~150keV的金属伪影相对最少, 评分秩次较高, 160~190keV的评分在软组织窗上明显下降, 这是由于随着能量的升高, 图像SNR明显降低, 颗粒感很重, 在骨窗上能清晰看到钉与周围组织的

关系, 但在软组织窗上就不能分清组织结构。所以从评分上30keV为最佳单能量, 其次是120keV。因为多重影响因素的存在, 考虑最佳能量值时我们不能局限地认为这是一个点, 在实际工作中发现, 这是一段范围, 可以根据不同因素做微量的适当调整。

结合CT值发现, 不同单能量下的ROI于120keV以下有统计学意义, 130keV无统计学意义, 表示130keV以上的伪影产生的CT值差异是很小的, 130keV以上的单能量能达到减金属伪影的效果。

在测量螺钉的宽度上, 40~120keV可见螺钉的螺纹尚不清晰, 与椎弓根的骨质分界不清, 因为放射状高密度伪影的存在, 不能分清金属周围骨质是否存在增生硬化带, 而130keV单能量图像螺纹清晰, 150keV可以清

晰看到螺纹及周围骨皮质边缘, 160keV以上图像螺纹周边线状低密度金属伪影增加明显, 螺钉稍有变形趋势。

综上所述, 双能CT单能量成像技术作为一种新兴技术, 其减少金属伪影的优势是其它常规CT所不具备的^[8], 是目前金属内植入物术后诊断的扫描方法中最理想的一种, Flash CT双能扫描单能谱成像技术减少金属伪影图像在后处理重建上130keV为最佳单能量值, 154keV单能量图像接近钉子实际直径, 能提供更准确信息的图像, 可以推广临床应用。

参考文献

- [1] Young PM, Berquist TH, Bancroft LW, et al. Complications of spinal instrumentation[J]. Radiographics, 2007, 27: 775-789

- [2] Obrebsky WT, Bhandari M, Dirschl DR, et al. Internal fixation versus arthroplasty of comminuted fractures of the distal humerus[J]. J Orthop Trauma, 2003, 17(6): 463-465.
- [3] Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology[J]. J Bone Joint Surg (Br), 2002, 84(8): 1093-1110.
- [4] Bamberg F, Dierks A, Nikolaou K, et al. Metal artifact reduction by dual energy computed tomography using monoenergetic extrapolation[J]. Eur Radiol, 2011, 21(7): 1424-1429.
- [5] Murtagh RD, Quencer RM, Castellvi AE, et al. New techniques in lumbar spinal instrumentation: what the radiologist needs to know[J]. Radiology, 2011, 260(2): 317-330.
- [6] Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system[J]. Eur Radiol, 2006, 16(2): 256-268.
- [7] Schmidt B. Dual source CT technology[M] // SEIDENSTICKER R. Dual source CT imaging. Heidelberg: Springer Berlin, 2008: 19-33.
- [8] Yu H, Zeng K, Bharkhada DK, et al. A segmentation-based method for metal artifact reduction[J]. Acad Radiol, 2007, 14(4): 495-504.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2018-04-06

(上接第 131 页)

两者T4分期Kappa差值最大,可见两种诊断方法在T4分期上, MRI诊断效能偏高。分析两组图像,可见MSCT图像上,肿瘤近端会见到轻度强化,但强化程度不及肿瘤供血血管,另外,上管壁外缘除供血血管外,一般相对平整,而肿瘤浸润引起的肠壁外缘表现为毛糙。MRI图像上可见肠壁外缘供血血管呈现迂曲索条影,其肠壁肌层低信号是连续的,或仅有小范围模糊,但是MRI上病变处肠管管壁肌层的低信号是明显中断的,对部分T2晚期,侵犯至深肌层深部的患者,其影像学与T3期影像学表现重叠,也可出现T2WI肌层低信号中断,外缘见针刺毛刺样改变。

总之, 1.0T MRI和64层螺旋CT均可用于直肠癌术前T分期诊断中,为患者治疗方案提供一定参考价值,但MRI准确性略高于MSCT,尤其是T3、T4分期诊断,但本研究尚未分析此两种诊断方式联合诊断术前T分期的效能,且采用的回顾性对照分析,与研究对象同时采用MRI、MSCT的结果相比,存在一定差异,此乃研究不

足之处,下次可适当延长时间,严格纳入病例,争取研究严谨。

参考文献

- [1] 马宝珠,李春雨. STAT3在结直肠癌中的研究现状[J]. 结直肠肛门外科, 2017, 23(3): 418-421.
- [2] 姜艳芳,魏志,孙自勤. 中国青年大肠癌发病趋势分析[J]. 胃肠病学和肝病杂志, 2016, 25(9): 982-987.
- [3] 赵玉洁,潘志忠. 广州社区结直肠癌筛查现状[J]. 中华胃肠外科杂志, 2017, 20(11): 1246-1250.
- [4] 李金勇. 腹腔镜下直肠全系膜切除术治疗直肠癌的临床效果观察[J]. 临床研究, 2016, 24(5): 83-84.
- [5] 刘荫华,姚宏伟,周斌,等. 美国肿瘤联合会结直肠癌分期系统(第8版)更新解读[J]. 中国实用外科杂志, 2017, 37(1): 6-9.
- [6] 吴洪国,冯野. 直肠癌分期的研究进展[J]. 中国实验诊断学, 2017, 21(1): 177-180.
- [7] 汪建平. 中国《结直肠癌诊疗规范(2010版)》解读[J]. 中华胃肠外科杂志, 2011, 14(1): 1-4.
- [8] 中华人民共和国卫生和计划生育委员会医政医管局. 结直肠癌诊疗规范(2015年版)[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(12): 881-894.
- [9] 夏文骞. 结肠癌患者术前TNM分期、MSCT影像表现及病理表现特点分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(10): 112-114.
- [10] 孟雷,李艳彬,许崇永,等. MSCT平扫加增强检查联合后处理技术在结肠癌术前诊断及分期中的应用[J]. 中国医药导报, 2017, 14(10): 138-141.
- [11] 李鹏,王浩宇,吕梁,等. MSCT在直肠癌术前TNM分期及环周切缘预测中的应用研究[J]. 湖南中医药大学学报, 2016(a01): 118-119.
- [12] 梁玉安. 多层螺旋CT在结直肠癌术前TNM分期诊断中的应用[J]. 广西医科大学学报, 2017, 34(2): 279-283.
- [13] 唐娜,尚乃舰,张红霞. 3.0T高分辨率MRI在直肠癌术前T分期中的价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2016, 27(8): 562-564.
- [14] 甘锐,余文毅. CT、MRI成像用于直肠癌术前分期诊断中的价值对比研究[J]. 四川医学, 2016, 37(6): 678-680.
- [15] 曹伟,荣耀,刘洪. CT与MRI对直肠癌术前诊断与分期的临床价值对比[J]. 实用癌症杂志, 2016, 31(11): 1851-1853.
- [16] 周炜,李林霞. MRI及多层螺旋CT在直肠癌术前T分期中的应用价值研究[J]. 结直肠肛门外科, 2017, 23(4): 521-524.
- [17] 于秋杰,尚乃舰,张红霞,等. MRI联合多层螺旋CT增强扫描在直肠癌术前T分期中的价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2013, 24(11): 815-817.

(本文编辑: 张嘉瑜)

【收稿日期】2018-03-10