

迭代重建在膝关节置换术后 X 线数字化断层融合检查中的应用价值

四川大学华西医院 放射科
张雪琴, 李真林, 孙加冠, 杨吉学

【摘要】目的: 探讨 X 线数字化断层融合 (DTS) 运用迭代重建技术 (IR), 降低膝关节图像金属植入物伪影的可行性和临床应用价值。方法: 79 例人工膝关节置换术后患者行 DTS 扫描, 分别采用滤波反投影重建 (FBP) 技术和迭代重建 (IR) 技术对原始图像进行重建。从图像清晰度、假体金属植入物与周围骨相连结构的显示度、金属伪影的多少等方面对两组图像进行分析并评价。根据骨科临床对人工膝关节的分区, 在后处理工作站上测量 A1~A7 区域内假体与骨之间硬化束金属伪影的长度。结果: 对两种重建技术所得到的图像进行主观评价, IR 组优片率为 88.6%, FBP 组优片率为 62%, IR 组优片率高于 FBP 组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。IR 组重建图像在 A1、A3~A7 区域无金属伪影, 仅 3 例图像 A2 区域见少许金属伪影, A7 区域关节间隙内聚氨酯软垫显示清晰; FBP 组人工假体在 A1~A7 区域均见金属伪影, 伪影长度为 0.5~2.6mm。FBP 组图像伪影明显多于 IR 组。结论: 有金属植入物的人工膝关节置换术后患者行 DTS 检查, 运用 IR 技术可明显减少金属植入物伪影, 图像质量明显改善, 在术后随访中具有较高的临床应用价值。

【关键词】全膝关节置换术; 人工膝关节; 数字化断层融合; 迭代重建; 放射摄影术

【中图分类号】R684.3;R814.3 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-0313(2016)05-0420-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.05.008

Application of the Iterative reconstruction technique in digital tomosynthesis examination after knee joint replacement

ZHANG Xue-qin, LI Zhen-lin, SUN Jia-guan, et al. Department of Radiology, Western-China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

【Abstract】 Objective: To study the feasibility and clinical application of using iterative reconstruction technique (IR) in the digital radiographic tomosynthesis (DTS) to reduce the artifact by metallic implant in the knee-joint images. **Methods:** 79 patients received knee joint replacement were recruited and underwent DTS scan. The original data were reconstructed by filtered back-projection and iterative reconstruction (IR) technique respectively. These two groups of images were analyzed and scored according to the distinctness of image, the visibility of the connection structure between metallic implants and the surrounding bones and metallic artifacts. The length of beam hardening artifacts between the metallic prosthesis and bones was measured in the fields of A1~A7 at the post processing workstation according to the zoning of the artificial knee joint by orthopedics clinical application. **Results:** The images obtained by the two reconstruction techniques were subjectively evaluated. The satisfactory rate of IR group images was 88.6%, which was higher than that of FBP group (62%), with significant statistical difference ($P<0.05$). There was no metallic artifacts in the image of IR group in the field of A1, A3~A7, only a few metallic artifacts in the field of A2 were showed in 3 cases. In the field of A7, images of polyurethane resin soft pad could be revealed clearly in the joint space. The metallic artifacts of artificial prosthesis of FBP group were found in the field of A1~A7, the length of the artifacts were 0.5~2.6mm. The metallic artifacts in the images of FBP group were obviously more than that of IR group. **Conclusion:** The artifacts of metallic implant could be reduced by IR technique in patients with artificial knee joint replacement examined by DTS. The image quality was obviously improved, which was of great clinical value in the follow up after knee joint replacement.

【Key word】 Total knee arthroplasty; Knee prosthesis; Digital tomosynthesis; Iterative reconstruction; Radiography

全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 能较好地缓解患者的膝关节疼痛, 矫正关节畸形, 改善患病关节活动度, 重建一个功能接近正常的关节, 提高生活质量。TKA 已经成为治疗晚期膝关节疾病有效和常用的外科治疗方法, 因此重度膝关节炎进行全膝关节置换的患者越来越多^[1, 2]。

TKA 复查的主要手段为影像学检查, 常用的检查方法有数字化 X 线摄影 (digital radiography, DR) 和 CT。DR 显示重叠图像, 假体以及相融合的解剖结构不能清晰显示; 由于金属植入物产生的伪影可使 CT 图像质量严重下降, 对临床骨科医生的诊疗带来影响^[3]。如何减轻金属伪影、改善图像质量是放射科和骨科医生需解决的难题。数字化断层融合技术 (digital tomosynthesis, DTS) 是近年来快速发展

作者单位: 610041 成都, 四川大学华西附一医院放射科

作者简介: 张雪琴 (1976-), 女, 四川人, 技师, 主要从事影像技术工作。

通讯作者: 李真林, E-mail: lzldol@126.com

的一项 X 线体层成像新技术,具有辐射低、空间分辨力高、金属伪影少等优点,本研究旨在探讨 DTS 迭代重建(iterative reconstruction, IR)技术去除 TKA 金属植入物伪影的可行性和临床应用价值。

材料与方法

1. 病例资料

搜集 2014 年 3 月 -7 月膝关节置换术后行膝关节 DTS 扫描的患者 79 例,其中男 33 例,女 46 例,年龄 45~78 岁,平均年龄 (60±3) 岁。纳入标准:患者进行人工全膝关节置换手术,植入假体均为钛合金植入物。

2. 检查方法

DTS 检查均采用岛津公司 Sonialvision safire II 全数字化大平板透视 - 摄影系统及岛津图像后处理工作站。所有患者均取仰卧位,将被检查部位置于检查床中心,焦片距为 1100mm,首先拍摄定位像,从股骨下段到胫腓骨上端,包含整个人工膝关节,选用膝关节 TOMOS (Tomosynthesis 断层融合) 扫描序列,均行正位和侧位扫描。曝光条件:65 kv, 2.5mAs, 断层夹角 40°, 成像时间为 7.5s, 得到原始图像 74 幅。

3. 图像重建

扫描后原始数据分别采用滤波反投影重建技术 (filter back projection, FBP) 和 IR 技术重建两组图像 (FBP 和 IR 组), 数据处理除重建算法不同外,其他参数均保持一致。采用与感兴趣区相适应的范围:重建中心层高 80mm, 范围 120mm, 层厚 2.0mm, 选择与金属植入物大小相匹配的 Metal M 重建。由于重建方法不同,所需的时间有所不同。

4. 图像评价与数据分析

在隐藏患者信息和重建方式的情况下,由放射科和骨科各 2 位医生分别对 2 组图像质量进行评分,意见不一致时协商达成一致。具体评价标准为:优,解剖结构、骨小梁及骨皮质显示清晰,关节间隙显示清晰,金属植入物与周围骨的相连结构情况显示清楚,无金属伪影;良,解剖结构显示清晰,骨小梁及骨皮质显示尚可,关节间隙清晰,金属植入物与周围骨的相连结构显示尚可,少量金属伪影;差,解剖结构的对比度与清晰度均较差,金属植入物与周围骨的相连结构显示不清楚,金属伪影明显,关节间隙不清,不利于诊断。

根据骨科临床应用对人工膝关节进行分区,以正位为例,分为假体上部 (A1 区)、中部外侧 (A2 区)、中部内侧 (A3 区)、外下部 (A4 区)、内下部 (A5 区)、假体远端 (A6 区)、膝关节间隙 (A7 区),观察此七区金属植入物与周边骨水泥相连部位的融合度。在后处理工作站上测量假体或骨水泥与骨之间的金属伪影长度,以人工假体边缘为起点,测量假体周围的硬化束低密度影,测量 3 次,结果取其平均值。

5. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析,四位医师对两组图像的阅片结果采用配对设计的 χ^2 检验进行比较,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. IR 组与 FBP 组图像质量的主观评价比较

4 位医师从图像清晰度、假体金属植入物与周围骨相连结构的显示清晰度、金属伪影的多少等方面对两种重建技术得到的图像进行评价

在 FBP 组中,优秀片比例为 62%(49/79),良好或差片比例为 38%(30/79)。在 IR 组中,优秀片比例为 88.6%(70/79),良好或差片比例为 11.4%(9/79),两组比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

2. IR 组与 FBP 组图像质量的客观评价比较

FBP 组与 IR 组两组图像均能显示人工膝关节的形态以及相邻的解剖结构,IR 组重建图像在 A1、A3、A4、A5、A6、A7 区域无金属伪影,仅 3 例 A2 区域可见少许金属伪影,A7 区域关节间隙内聚氨基脂软垫显示清晰;FBP 组人工假体在 A1~A7 区域均可见金属伪影,伪影长度为 0.5~2.2mm (表 1)。FBP 组重建图像 A1~A7 区域均可见金属伪影,其中以 A7 区域最多。由于无金属伪影,IR 组图像显示金属植入物边缘清晰度、假体与周边骨水泥的融合度、人工关节间隙的显示清晰度均较 FBP 图像明显改善 (图 1~3)。

表 1 FBP 组与 IR 组重建后各区域金属伪影长度

区域	IR 组 (mm)	FBP 组 (mm)
(A1) 区	0	1.0~1.5
(A2) 区	0~0.3	1.1~1.8
(A3) 区	0	0.6~1.6
(A4) 区	0	1.0~1.9
(A5) 区	0	1.1~1.9
(A6) 区	0	0.5~1.4
(A7) 区	0	1.3~2.6

3. IR 组与 FBP 组重建时间比较

由于金属的阈值与身体组织不同,IR 重建技术在采集的原始图像中,先将含金属结构的影像从原始图像里分离出来,金属影像和假体周围的骨影像分别单独重建,再通过四次迭代重建计算,最终融合成完整的图像,减少了 FBP 重建中金属物周围的伪影,并使其成像更为清晰,但由于数据量较大,重建所需时间较 FBP 长,本研究 FBP 组重建时间为 15~23s,IR 组重建时间为 132~146s,IR 组平均重建时间约为 FBP 组的 4 倍。

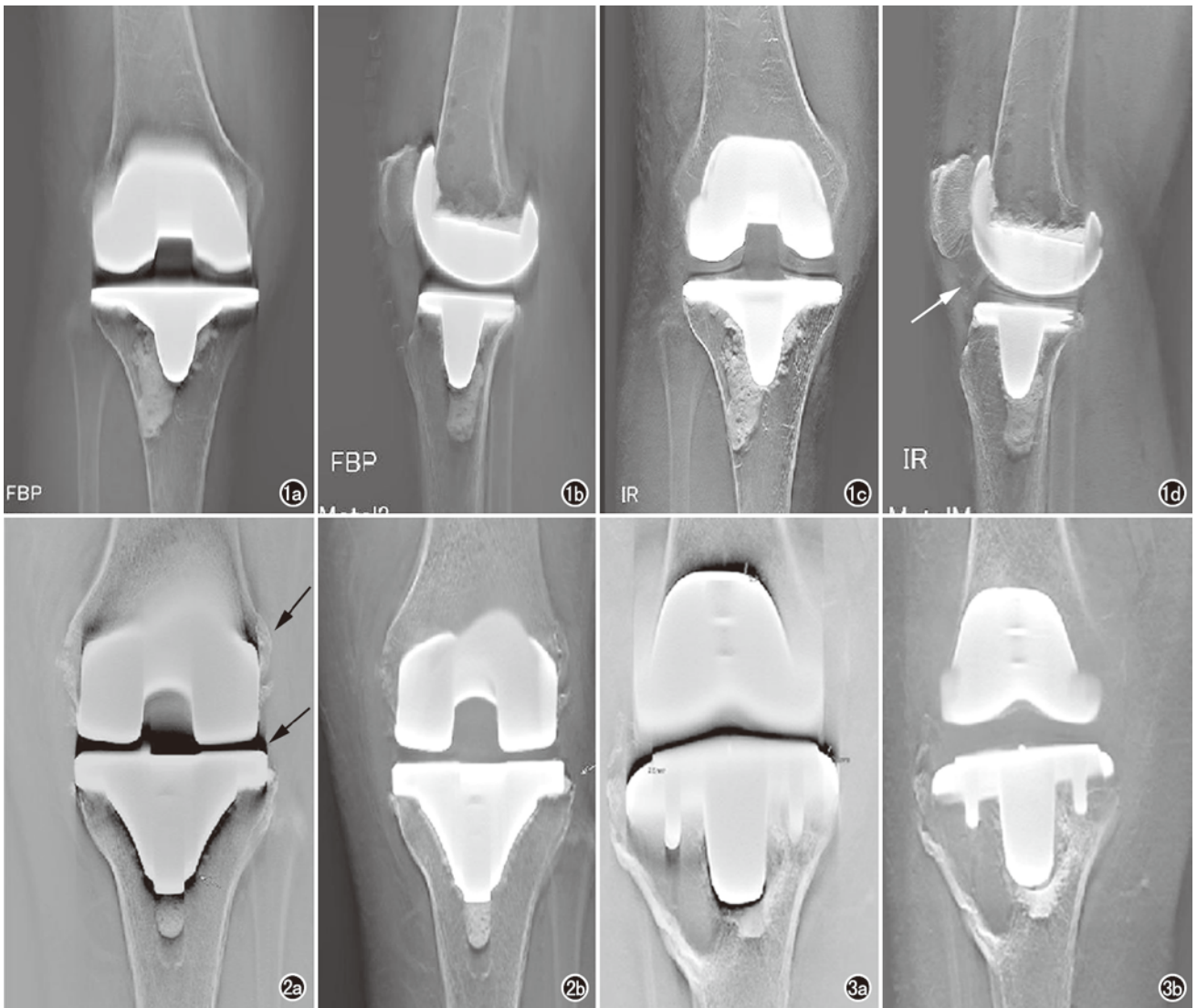


图 1 患者，女，69 岁，右膝重度骨关节炎行膝关节置换术后 3 天。a)FBP 重建模式图像，人工膝关节假体周围硬化束金属伪影明显，假体边界欠清，关节间隙内有明显金属伪影；b)FBP 重建模式图像；c)IR 重建模式图像；d)IR 重建模式图像，人工膝关节假体边界清晰，关节间隙内聚氨酯软垫显示清晰（箭），假体与骨水泥无间隙吻合，无金属伪影。图 2 患者，女，68 岁，右膝 TKA 术后一周。a)FBP 重建图像，假体周围低密度金属伪影明显（箭），无法观察人工膝关节周围组织相连情况；b)IR 重建图像，假体边界清晰无伪影，假体与周围组织吻合良好。图 3 患者，女，77 岁，右膝 TKA 术后 4 年半，临床怀疑假体周围骨溶解，假体松动。a)FBP 重建图像，人工膝关节假体周围低密度金属伪影明显，不利于临床诊断；b)IR 重建图像，右膝胫骨平台外侧人工关节面下见大片骨质吸收囊变，边缘硬化，胫骨平台下缘稍弯曲变形，假体移位，假体下份与骨水泥有明显间隙，无金属伪影。

讨论

全膝关节置换术的术后观察、疗效随访和愈后评价主要依赖影像学检查，目前，国内外主要采用 DR 检查和 CT 扫描，MRI 由于金属植入物所产生的强磁敏感伪影会影响成像质量和诊断效能而不予采纳^[4]；常规采取普通 X 线 DR 检查，可了解其术后恢复情况，普通 DR 是分布于二维空间的平面图像，所包括的影像结构相互重叠、遮盖，植入物的连接部往往不容易显示，局部细节观察受限^[5]；膝关节 MSCT 扫描可进行多平面重建、多角度显示，已经成为骨科检查的

一个重要手段，而术后有假体金属植入物的病例在进行 CT 扫描时，金属植入物易产生线束硬化伪影，表现为明暗相间的条状、放射状伪影，影响对假体与周围骨组织连接部的观察，使图像质量明显降低，甚至无法诊断^[6, 7]，而数字化断层融合可以弥补此类检查的不足。

DTS 主要有两种重建模式，即 FBP 和 IR，FBP 适用于各部位的图像重建，可用于观察肺、支气管、四肢关节、泌尿系、脊柱、消化系统等，但有金属植入物的患者扫描后进行后处理得到的图像，骨纹理显示虽清晰，但假体周围金

属伪影较重,不利于临床诊疗。IR 适用于所有体内含有金属植入物的受检者,重建得到的图像能显著降低金属伪影,IR 可回顾性重建任意深度的层面图像,能清晰地逐层显示植入物与周围结构,其显示的骨骼解剖结构空间位置直观,能得到更多细节,可有效弥补 CT 或 MRI 产生金属伪影的不足。尽管断层融合图像的密度分辨力不及 CT,但辐射剂量明显低于 CT,由于膝关节置换术后需进行多次不定期的 X 线摄影复查,使得患者所接受的辐射剂量问题得到重视,为了降低辐射剂量,减少金属伪影,应选择低剂量、低辐射检查方案,据文献报道,TOMOS 的辐射剂量略高于常规 DR,但远低于 MSCT,辐射剂量仅相当于 MSCT 的 1/8~1/5^[8,9]。因此在临床 X 线检查应用中,DTS 摄影有着独特的应用价值。

本研究采用两种重建技术进行对比,IR 重建后图像显著消除了金属伪影,优片率为 88.6%,提高了人工膝关节周围与骨组织相溶的显示能力,可清晰展现金属植入物与周围骨质的解剖结构。FBP 重建后的图像人工关节周围产生的金属伪影明显,假体与周围的骨融合细节显示较差,优片率为 62%,IR 组优片率高于 FBP 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。FBP 组与 IR 组人工膝关节各区的金属伪影参数比较,IR 组重建图像在 A1、A3~A7 区域无金属伪影,仅 3 例 A2 区域可见少许金属伪影,A7 区域关节间隙内聚氨酯软垫显示清晰;FBP 组人工膝关节假体在 A1~A7 区域均可见金属伪影,伪影长度为 0.5~2.2mm,FBP 组重建图像 A1~A7 区域均可见金属伪影,其中 A7 区域最多。IR 组显示金属植入物边缘清晰,假体与周边骨水泥的融合度、人工关节间隙的显示度都较 FBP 图像明显改善,能显示植入物的外形、植入物与周围的吻合精密性、修复后的膝关节间隙情况,图像质量不受金属植入物的影响,能提高图像的空间分辨力,弥补了常规 DR 应用于人工膝关节检查时的诸多不足,克服组织间的重叠,提供图像的伪影较 MSCT 少,能解决患者有多种金属植入物而产生较多伪影的问题。

通过实际应用发现,IR 技术可减少金属植入物的伪影,改善图像质量,由于本次研究样本量较小,而植入金属产生的伪影与金属的形状、大小、形态、种类及重建使用的参数都有关^[10,11],因此,接下来的研究应纳入更多的患者,使此类研究结果更具说服力。

在实际工作中笔者发现 IR 技术对于带有金属植入物的扫描有明显降低金属伪影的作用,但重建数据量大,因此耗时较 FBP 长,应该在未来的设计中有所改善。因此现在最好的重建方式为先采用 FBP 技术,找出兴趣层数值后,再用 IR 技术针对兴趣层进行重建,方可提高工作效率。

综上所述,人工膝关节行 DTS 检查时,运用 IR 可回顾性重建任意深度的层面图像,辐射剂量低,可有效消除金属所产生的伪影,能清晰显示人工膝关节的假体与周围组织的连接部细节,可为临床有金属植入物的受检者的术后观察、疗效随访和愈后评价提供一种新的方法,是一种值得推广的新型检查方法。

参考文献:

- [1] 姜荣,贺文,原媛,等。下肢全长拼接摄影在下肢截骨术中的应用价值[J]。放射学实践,2014,29(6):698-700。
- [2] 张元民,赵晓伟,王雷,等。人工全膝关节置换术治疗 OA 及疗效观察[J]。山东医药,2009,49(34):65-66。
- [3] 武艾芳,许轶群,徐烈富,等。双源 CT 单能谱成像技术在正确评估金属植入物周围组织 CT 值中的应用[J]。国际放射医学核医学杂志,2013,37(4):207-210。
- [4] 陈财忠,李初晨,张澍杰,等。去金属伪影序列在脊柱金属植入物患者 MR 成像中的应用[J]。中华放射学杂志,2014,48(4):320-321。
- [5] 王锋,闫法舫,刘帆,等。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。
- [6] 赵传军,王烈伟。CT 图像伪影及其解决方案[J]。中国医疗设备,2014,29(4):166-167。
- [7] Lee MJ, Kim S, Lee SA, et al. Overcoming artifacts from metallic orthopedic implants at high field-strength MR imaging and multidetector CT [J]. Radiographics, 2007, 27 (3): 791-803.
- [8] 张殿星,武乐斌,张翼,等。数字化体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。
- [9] Mermuys K, Geeter FD, 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, 2010, 195 (1): 161-167.
- [10] Douglas-Akinwande AC, Buckwalter KA, Rydberg J, et al. Multichannel CT: evaluating the spine in postoperative patients with orthopaedic hardware [J]. Radiographics, 2006 (suppl 1): 97-110.
- [11] 宣伟玲,赵凯宇,刘淼,等。宝石能谱 CT 在去除常见 CT 图像伪影中的应用[J]。中华医疗设备,2013,28(1):157-158。

(收稿日期:2015-08-14 修回日期:2015-12-03)