

· 技术与方法 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2019.09.026

网络首发 <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20190301.0952.006.html>(2019-03-01)

IMAR 对椎体植入物患者 CT 图像的影响*

郁仁强¹,吕发金¹,张志伟^{1△},姚开情¹,彭刚¹,曾勇明¹,杨亚²

(1. 重庆医科大学附属第一医院放射科,重庆 400016;2. 成都市妇女儿童中心医院放射科,成都 610000)

[摘要] **目的** 探讨迭代去金属伪影算法(IMAR)对椎体植入物患者 CT 图像的影响。**方法** 回顾性分析 45 例有椎体植入物患者的 CT 图像,采用常规滤波反投影(FBP)和 FBP+IMAR 两种算法重建图像,选择两种重建图像中无金属植入物(椎体中份层面)和有金属植入物(椎体中份的螺钉层面)的图像各一幅分析,分别测量 4 组图像中椎体骨组织的 CT 值和噪声值,并由两名放射医师分别对两种重建中有金属伪影的图像进行主观图像质量评价。**结果** 金属植入物图像 FBP 和 FBP+IMAR 两种算法图像主观评价得分分别为(1.69±0.56)、(3.36±0.53)分,二者比较差异有统计学意义($Z=-6.05, P<0.01$)。无金属植入物图像两种算法椎体骨组织的 CT 值分别为(256.44±32.27)、(257.04±32.31)HU,图像噪声值分别为(31.90±6.66)、(33.17±6.62)HU,二者比较差异有统计学意义($t=-8.27, -31.44, P<0.01$);使用 IMAR 后,无金属植入物图像的 CT 值和噪声都会增加。金属植入物图像两种算法椎体骨组织的 CT 值分别为(395.71±106.85)、(197.14±41.77)HU,图像噪声值分别为(64.88±12.84)、(31.13±7.16)HU,差异有统计学意义($t=14.33, 19.09, P<0.01$),使用 IMAR 后,其图像的 CT 值和噪声都会减小。**结论** IMAR 在无金属植入物的图像中会轻微增加其 CT 值和噪声值;在有金属植入物的图像中时可改善其 CT 值和减少噪声值,明显减少金属伪影。

[关键词] 体层摄影术,X 线计算机;金属伪影;迭代去金属伪影算法;图像处理;噪声**[中图分类号]** R814.42**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2019)09-1549-03

Effect of IMAR algorithm on CT images of patients with vertebral implants*

YU Renqiang¹, LYU Fajin¹, ZHANG Zhiwei^{1△}, YAO Kaiqing¹, PENG Gang¹, ZENG Yongming¹, Yang Ya²

(1. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; 2. Department of Radiology, Chengdu Women's and Children's Central Hospital, Chengdu, Sichuan 610000, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the effect of iterative metal artifact reduction (IMAR) algorithm on CT images of patients with vertebral implants. **Methods** CT images of 45 patients with vertebral implants were analyzed retrospectively. The images were reconstructed with filtered back projection (FBP) or FBP+IMAR. An analysis was performed for one each of the reconstructed images without a metal implant (the median level of the vertebra) and with a metal implant (the screw level of the median level of the vertebra), the CT value and noise value of vertebral bone tissue in the four images were measured respectively. The subjective image quality of the reconstruction images were evaluated by two radiologists respectively. **Results** In the images with metal implant, the subjective evaluation score of the two algorithms were (1.69±0.56) and (3.36±0.53) respectively, and the difference was statistically significant ($Z=-6.05, P<0.01$). In the images with no-metal implants, the CT value of the vertebral bone tissue of the two algorithms were (256.44±32.27) HU and (257.04±32.31) HU, the noise value was (31.90±6.66) HU and (33.17±6.62) HU, respectively. The difference was statistically significant ($t=-8.27, P<0.01; t=-31.44, P<0.01$). With the IMAR algorithm, the CT value and noise value are increased in the image with no-metal implants. In the images with the metal implants, the CT value of the vertebral bone tissue were (395.71±106.85) HU and (197.14±41.77) HU, the noise value were (64.88±12.84) HU and (31.13±7.16) HU, respectively. The difference was statistically significant ($t=14.33, P<0.01; t=19.09, P<0.01$). With the IMAR algorithm, the CT value and noise value in the image with metal implants are reduced. **Conclusion** IMAR algorithm can slightly increase the CT value and noise value in the images with no-metal implants. And it can improve the CT value and reduce the noise value, reduce the metal artifacts significantly in the images with metal implants.

* 基金项目:国家临床重点专科建设项目(国卫办医函[2013]544号)。 作者简介:郁仁强(1985-),初级师,硕士,主要从事 CT、MRI 成像技术研究。 △ 通信作者, E-mail:21529833@qq.com。

[Key words] tomography X-ray computed; metal artifact; iterative metal artifact reduction; image processing; noise

受检部位有金属植入物的患者在接受常规 CT 检查时,金属植入物会产生放射状和暗区伪影,放射状伪影和暗区伪影会影响组织结构及病变的显示,导致放射科医生误诊或不能诊断^[1-2]。大部分金属植入物患者不宜做磁共振成像(magnetic resonan imaging, MRI)检查,临床医生需要观察患者术后效果及感染等情况时,只能选择 CT 检查,但其不可避免会产生金属伪影。临床上减少金属伪影常用的方法有能谱扫描和去伪影软件。迭代去金属伪影算法(iterative metal artifact reduction, IMAR)是新一代减少金属伪影算法,可在原始数据重建图像的基础上叠加使用该算法。该方法减少金属伪影,简单方便,对 CT 设备硬件要求不高,临床应用前景广。本文旨在研究 IMAR 的应用对椎体植入物患者 CT 图像的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2015 年 4 月至 2016 年 4 月在重庆医科大学附属第一医院放射科行脊柱检查,且椎体内有金属植入物(椎弓根螺钉)的患者 45 例,其中男 29 例,女 16 例,年龄 18~71 岁,平均(42.91±15.15)岁,本研究通过该院伦理委员会批准,所有纳入研究的患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 检查方法 采用上海西门子医疗器械有限公司生产的 SOMATOM Perspective CT,行常规椎体扫描,扫描参数:管电压 130 kV,参考管电流量 200 mAs,CARE dose 4D 技术,螺距 0.55,重建卷积核 B31,层厚 1 mm,层间距 1 mm,分别采用常规滤波反投影(filtered back projection, FBP)和 FBP+IMAR 两种重建方式,伪影校正算法选择椎体植入物(Spine implants)。

1.2.2 图像质量主观评价 由两名有 3 年以上临床诊断工作经验的放射医师采用 5 分法分别对两种重建图像进行主观图像质量评价,当评分不一致时,由两人共同商量确定;并观察 IMAR 重建图像是否有新的伪影出现。评分标准如下,5 分:图像无金属伪影,图像质量非常好,诊断效果最佳;4 分:图像有少许金属伪影,图像质量好,诊断效果佳;3 分:图像有中度的金属伪影,图像质量可接受,足够诊断;2 分:图像有明

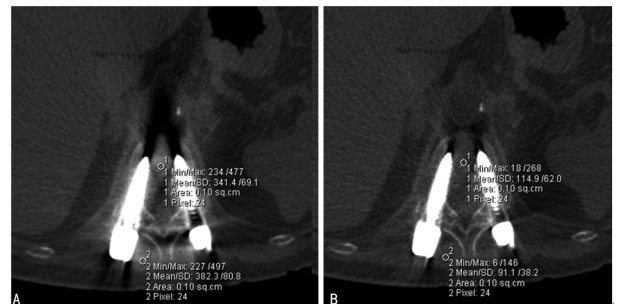
显的金属伪影,图像质量不好,诊断信心明显降低;1 分:图像有严重的金属伪影,图像质量非常差,无法诊断。

1.2.3 CT 值测量及噪声评价 分别选择两种重建图像中无金属植入物(椎体中份层面)和有金属植入物(椎体中份的螺钉层面)的图像各一幅分析,在西门子公司的多模式工作站(multimodality workplace, MMWP)上测量脊椎骨组织的 CT 值,可以保证相同图像不同重建方式在相同部位测量,测量区域选择在椎体中间,视野(field of view, FOV)为 0.1~0.2 cm²,测量时避开明显的条纹状伪影区和病变区域。将椎体骨组织 CT 值的标准差定义为噪声,作为图像客观评价指标。

1.3 统计学处理 使用 SPSS19.0 统计软件进行统计分析,采用配对 *t* 检验统计两种重建方式的椎体骨组织 CT 值和图像噪声值,Wilcoxon 符号秩检验统计两种重建方式的主观图像质量评分,检验水准 $\alpha = 0.05$,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 主观图像质量评价结果 两名放射医师对金属植入物图像 FBP 和 FBP+IMAR 两种算法图像主观评价得分分别为(1.69±0.56)、(3.36±0.53)分,二者比较差异有统计学意义($Z = -6.05, P < 0.01$)。金属植入物图像 FBP 重建,有明显的放射状高密度影及暗区伪影,会掩盖周围软组织,降低放射医师的诊断信心;采用 FBP+IMAR 重建后,放射状高密度影及暗区伪影会明显减少,周围软组织可见,见图 1。



A:FBP 重建;B:FBP+IMAR 重建

图 1 两种重建算法的图像质量

表 1 两种算法图像中椎体骨组织 CT 值及噪声值比较($\bar{x} \pm s$,HU)

算法分组	无金属植入物图像		金属植入物图像	
	CT 值	噪声值	CT 值	噪声值
FBP 组	256.44±32.27	31.90±6.66	395.71±106.85	64.88±12.84
FBP+IMAR 组	257.04±32.31	33.17±6.62	197.14±41.77	31.13±7.16
<i>t</i>	-8.27	-31.44	14.33	19.09
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

2.2 图像 CT 值及噪声值 无金属植入物图像中, FBP 和 FBP+IMAR 两种算法椎体骨组织的 CT 值分、图像噪声值比较, 差异有统计学意义($t = -8.27$ 、 -31.44 , $P < 0.01$); 使用 IMAR 算法后, 其图像的 CT 值和噪声值都会增加, 分别增加了 0.35%、3.98%。金属植入物图像中, 两种算法椎体骨组织的 CT 值、图像噪声值比较, 差异有统计学意义($t = 14.33$ 、 19.09 , $P < 0.01$); 使用 IMAR 算法后, 其图像的 CT 值和噪声值都会减小, 分别减少了 50.18%、52.02%, 见表 1。

3 讨 论

CT 广泛用于骨折术后复查的患者, 用来评价骨性结构、周围软组织及金属植入物位置是否合适。但由于金属植入物的存在, 会产生金属伪影, 从而对以上结构的观察和判断。为了降低金属植入物在 CT 检查中的影像, 各大医疗设备公司也推出过能谱成像减少金属伪影、Metal Artifact Reduction Software (MARs) 和 Orthopedic MAR (OMAR) 等软件减少金属伪影^[3-8]。能谱成像和 MARs 软件减少金属伪影技术需要较高要求的硬件设备支持才能够实现; OMAR 软件减少金属伪影技术多适用于四肢大关节植入物, 且出现新伪影的概率较高^[8-9]。

国内外部分学者研究用能谱成像、MARs 技术减少椎弓根螺钉中金属伪影效果^[10-11], 尚很少有报道 IMAR 技术在减少椎弓根螺钉中金属伪影效果。IMAR 技术采用联合 3 种减少金属伪影技术: 射线束硬化校正、线性内插的标准化正弦图修复和分频减少金属伪影技术, 是最新推出的减少金属伪影技术的算法^[12-13], 不需要特殊的硬件设备支持, 在常规扫描后, 即可行 IMAR 重建, 操作简单, 重建速度快。IMAR 重建同时提供了不同部位的减少金属伪影算法, 可以实现不同部位植入物的个体化减少金属伪影处理。

本课题组回顾性分析该院 45 例接受 CT 检查的椎弓根螺钉植入物的患者, 结果表明: 经 FBP 重建, 椎弓根螺钉产生的金属伪影明显, 金属植入物周围组织显示不清, 导致放射科医师诊断信心下降, 甚至部分图像不能用于诊断; 使用 IMAR 算法, 可以明显改善图像中组织的 CT 值, IMAR 重建后图像中脊椎骨组织的 CT 值更为接近真实的情况, 与国外学者 AX-ENTE 等^[14] 研究结果相似。减少椎弓根螺钉所产生的金属伪影效果明显, 尤其是对螺钉长轴方向上的条纹状高密度影及暗区伪影, 可以修复无 IMAR 算法重建图像中被伪影掩盖的组织结构和病变, 满足临床诊断要求。但本课题组的研究分析并未涉及无金属伪影影响层面的图像^[15]。

进一步研究发现使用 IMAR 技术时, 对于无金属伪影影响层面的图像, 会轻微增加其层面内椎体骨组

织的 CT 值和图像噪声 (分别增加了 0.35%、3.98%), 故在临床工作中, 要注意对于组织 CT 值要求比较精确或 CT 值的绝对值相对较大时, 使用 IMAR 算法对 CT 值的影响较大, 无金属伪影影响层面的图像应尽量避免使用 IMAR 算法重建。对于有金属伪影影响层面的图像, 会明显减少其层面内椎体骨组织的 CT 值和图像噪声 (分别减少了 50.18%、52.02%), 降低了金属植入物对图像的影像, 改善图像质量。但 IMAR 算法并不能完全去除图像中的放射状伪影及暗区伪影, 尤其对于体积较大的螺钉所致的伪影及螺钉长轴方向上的伪影, IMAR 算法有待进一步优化。

本研究的创新在于研究一种新型、方便实现的去金属伪影技术的临床应用, 结果发现 IMAR 技术对无金属伪影影响层面图像和有金属伪影影响层面图像的改变不一致, 可为临床上合理使用去金属伪影技术提供理论依据。本研究尚存在一些不足: (1) 选点不够全面, 仅选择测量脊椎骨组织; (2) 评价 IMAR 去除金属伪影的临床病例的部位比较单一, 对于设备提供的其他部位没有纳入研究; (3) 无法比较 IMAR 算法修正后的组织 CT 值与真实 CT 值的差异, 有螺钉植入的部位多是有病变的椎体, 也无法与其他正常椎体相比较。临床研究中存在的问题和不足, 为本研究下一步研究仿真模体实验提供研究方向和思路。

参考文献

- [1] BARRETT J F, KEAT N. Artifacts in CT: recognition and avoidance [J]. *Radiographics*, 2004, 24 (6): 1679-1691.
- [2] BOAS F E, FLEISCHMANN D. Evaluation of two iterative techniques for reducing metal artifacts in computed tomography [J]. *Radiology*, 2011, 259(3): 894-902.
- [3] PESSIS E, CAMPAGNA R, SVERZUT J M, et al. Virtual monochromatic spectral imaging with fast kilovoltage switching: reduction of metal artifacts at CT [J]. *Radiographics*, 2013, 33(2): 573-583.
- [4] WINKLHOFER S, BENNINGER E, SPROSS C, et al. CT metal artefact reduction for internal fixation of the proximal humerus: value of mono-energetic extrapolation from dual-energy and iterative reconstructions [J]. *Clin Radiol*, 2014, 69(5): e199-206.
- [5] HUANG J Y, KERNS J R, NUTE J L, et al. An evaluation of three commercially available metal artifact reduction methods for CT imaging [J]. *Phys Med Biol*, 2015, 60 (3): 1047-1067.
- [6] LEE Y H, PARK K K, SONG H T, et al. Metal artefact reduction in gemstone spectral imaging dual-energy CT with and without metal artefact reduction software [J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(6): 1331-1340. (下转第 1559 页)

统计学意义($P>0.05$),说明 MHIEC-ST(V1.0)重测信度好;内部一致性 α 系数除个别侧面外均大于 0.70,社会功能领域得分低甚至在第 1 次数据中出现负数的原因可能是该领域条目较少,且调查的患者来自于不同职业、不同文化程度、不同经济水平,拥有不同的社会地位及社会关系,故填写的得分会有很大不一致;另外,由于影响社会功能的因素太多,在国内外许多研究中,社会功能领域的一致性得分都偏低。综合重测信度和内部一致性信度结果,本量表的信度尚可。

综上所述,本量表采用共性模块和特异模块相结合的方式,共性模块具有系统性,能测量不同疾病的多维健康,特异模块体现差异性,适用于老年脑卒中患者。整个量表结构明确,语言通俗易懂,易于患者接受理解,具有较好的效度、信度和可行性。

参考文献

[1] 罗健. 脑卒中患者 QOL 研究及其 MCID 制定[D]. 昆明: 昆明医科大学, 2017.

[2] 郭铁成, 陈小红, 卫小梅. 中国版脑卒中简明 ICF 核心要素量表的信度与效度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(8): 700-703.

[3] WILLIAMS L S, WEINBERGER M, HARRIS L E, et al. Development of a stroke-specific quality of Life scale[J]. Stroke, 1999, 30(7): 1362-1369.

[4] 王娟, 刘健, 樊小农. 生活质量的评价及其在脑卒中的应用[J]. 山西中医, 2010, 26(1): 56-58.

[5] 林润, 陈锦秀, 冯木兰, 等. 脑卒中失语症患者生活质量量表汉化及信效度测评[J]. 中华护理杂志, 2013, 48(4): 349-351.

[6] 冉孟冬, 刘冰清, 陈龙妹, 等. EQ-5D 和 SF-12 评价脑卒中患者生命质量的比较[J]. 四川大学学报(医学版), 2015, 46(1): 94-98.

[7] 薛红红, 褚成静, 万崇华, 等. 老年糖尿病患者多维健康测定量表研制中的条目筛选[J]. 临床医学研究与实践, 2018, 7(5): 7-19.

[8] 万崇华, 郑培永, 花永强, 等. 基于中医理论的恶性肿瘤生活质量评价体系之共性量表的研制: 测量学特性评价[J]. 中国全科医学, 2012, 15(4): 390-393.

[9] 许传志, 杜茸茸, 常履华, 等. 脑卒中患者生活质量测定量表 QLICD-ST 研制中的条目筛选[J]. 昆明医学院学报, 2009, 30(5): 59-63.

[10] 黄聿明, 杨德林, 万崇华, 等. 良性前列腺增生患者生活质量量表 QLICD-BPH 研制与评价[J]. 中国公共卫生, 2014, 30(1): 60-63.

[11] CHIOU C F, SHERBOURNE C D, CORNELIO I, et al. Development and validation of the revised cedars-sinai health-related quality of life for rheumatoid arthritis instrument[J]. Arthritis Rheum, 2006, 55(6): 856-863.

[12] ZARAGOZA J, LUGLIRIVERO Z. Development and validation of a quality of life questionnaire for patients with chronic respiratory disease (CV-PERC): preliminary results[J]. Arch Bronconeumol, 2009, 45(2): 81-86.

[13] 刘可. 如何进行内容效度的检验[J]. 护士进修杂志, 2010, 25(1): 37-39.

[14] 洗君定, 谭健烽, 万崇华, 等. WHOQOL-BREF 量表用于精神分裂症和抑郁症的信效度研究[J]. 中华疾病控制杂志, 2015, 19(5): 500-502.

(收稿日期: 2018-09-08 修回日期: 2019-01-22)

(上接第 1551 页)

[7] 薛龙梅, 宫亚琳, 张志远. 宝石能谱 CT 在去金属伪影技术最佳单能量的再研究[J]. 实用医学杂志, 2015, 31(4): 586-589.

[8] JEONG S, KIM S H, HWANG E J, et al. Usefulness of a metal artifact reduction algorithm for orthopedic implants in abdominal CT: phantom and clinical study results[J]. AJR Am J Roentgenol, 2015, 204(2): 307-317.

[9] 张沉石, 管宇, 萧毅, 等. 腰椎金属内固定术后骨去伪影技术的临床应用[J]. 中国医学影像技术, 2016, 32(7): 1106-1110.

[10] 贾永军, 张志远, 马凤. 能谱 CT 单能量成像在减少腰椎内固定术后金属伪影的临床价值[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(5): 815-818.

[11] WANG Y, QIAN B P, LI B X, et al. Metal artifacts reduction using monochromatic images from spectral CT: evaluation of pedicle screws in patients with scoliosis[J]. Eur

J Radiol, 2013, 82(8): e360-366.

[12] SUBHAS N, PRIMAK A N, OBUCHOWSKI N A, et al. Iterative metal artifact reduction: evaluation and optimization of technique[J]. Skeletal Radiol, 2014, 43(12): 1729-1735.

[13] 曾雨薇, 孙静坤, 张黎, 等. IMAR 对起搏器植入患者胸部 CT 扫描的应用价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2016, 22(4): 368-373.

[14] AXENTE M, PAIDI A, VON EYBEN R, et al. Clinical evaluation of the iterative metal artifact reduction algorithm for CT simulation in radiotherapy[J]. Med Phys, 2015, 42(3): 1170-1183.

[15] 郁斌, 吕富荣, 张黎, 等. 胸部 CT 扫描中迭代去金属伪影算法减少金属伪影的有效性[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(4): 590-593.

(收稿日期: 2018-09-04 修回日期: 2019-01-18)