

论 著

能谱CT金属伪影抑制算法在胸部穿刺活检中的应用价值*

何亮¹ 唐彩银^{1,2,*} 张继¹
田为中¹ 朱鹏飞¹1.南京医科大学附属泰州人民医院医学
影像科(江苏泰州 225300)
2.江苏医药职业学院泰州临床学院
(江苏泰州 225300)

【摘要】目的 评价能谱CT金属伪影抑制算法对胸部穿刺针金属伪影的抑制效果。**方法** 回顾性分析行胸部穿刺活检的66例患者,按CT扫描模式分为能谱扫描组(32例)及常规扫描组(34例)。记录常规扫描组和能谱扫描组的辐射剂量。将能谱扫描组中使用MAR算法和不使用MAR算法重建的图像,记为能谱MAR组和能谱非MAR组。分别测量各组图像无伪影区域和金属伪影区域的CT值和SD值,计算出信噪比SNR和伪影指数AI。并由两名放射医师对伪影区域的图像质量进行主观评分。**结果** 常规扫描组和能谱扫描组的CT剂量指数(CTDI)分别为(4.83±0.07)、4.73mGy,差异具有统计学意义($P<0.01$)。能谱MAR组和能谱非MAR组的伪影指数AI分别为54.21±33.99、167.47±100.89,伪影区域图像质量的主观评分为(1.86±0.51)分、(0.72±0.73)分,差异具有统计学意义($P<0.01$)。**结论** 能谱CT金属伪影抑制算法能有效减少穿刺针尖处的金属伪影,提高组织结构清晰度。

【关键词】 能谱CT; 金属伪影; MAR算法;
胸部穿刺

【中图分类号】 R4

【文献标识码】 A

【基金项目】 江苏医药职业学院校外教学基地科研
发展专项课题(20229109)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.11.016

The Value of Spectrum CT Metal Artifact Suppression Algorithm in Chest Puncture Biopsy*

HE Liang¹, TANG Cai-yin^{1,2,*}, ZHANG Ji¹, TIAN Wei-zhong¹, ZHU Peng-fei¹.

1.Department of Radiology, The Affiliated Taizhou People's Hospital of Nanjing Medical University, Taizhou 225300, Jiangsu Province, China

2.Taizhou Hospital, The affiliated Hospital of Jiangsu Vocational College of Medicine, Taizhou 225300, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the effect of spectrum CT metal artifact suppression (MAR) algorithm in reducing artifacts of chest puncture needle. **Methods** 66 patients underwent chest puncture biopsy were analyzed retrospectively and divided into spectrum scan group(32 patients) and conventional scan group(34 patients) according to CT scan mode. The radiation dose was recorded in the two groups. The images reconstructed with and without MAR algorithm in the spectrum CT scan group are recorded as the spectrum MAR group and the spectrum non-MAR group. The CT and SD values of artifact-free area and metal artifact area of each group were measured respectively, and the signal-to-noise ratio (SNR) and artifact index (AI) were calculated. The image quality of the metal artifact area was subjectively evaluated by two radiologists. **Results** The CT dose index (CTDI) of conventional scan group and spectrum scan group were 4.83±0.07,4.73mGy, and the difference is statistically significant ($t=8.589$, $P<0.01$). The artifact index AI of spectrum MAR group and spectrum non-MAR group were 54.21±33.99, 167.47±100.89, and the subjective scores of image quality in artifact areas were 1.86±0.51 and 0.72±0.73, the difference is statistically significant ($P<0.01$). **Conclusion** Spectrum CT metal artifact suppression algorithm can effectively reduce the metal artifacts at the tip of the puncture needle and improve the clarity of tissue structure.

Keywords: Spectrum CT; Metal Artifacts; MAR Algorithm; Chest Puncture

CT引导下的穿刺活检能够在获取组织学样本前直接进行准确的肿瘤定位、穿刺中的监测以及穿刺针尖位置和穿刺路径的确认。很多肺部占位患者在进一步治疗之前都需要行胸部穿刺活检来明确病变的性质,CT引导下的胸部穿刺由于其创伤小、并发症少、定位准确等特点,成了胸部穿刺活检的常用方法^[1]。在CT引导下的活检过程中,当穿刺针接近病变即将到达感兴趣区时,其引起的金属伪影会导致肺部占位的可见程度降低。当病灶中有液化坏死区域时,与可见程度良好的病灶相比,金属伪影导致的可见程度不足造成了假阴性结果的比例上升^[2]。

能谱CT金属伪影抑制(metal artifacts reduction, MAR)算法是在能谱扫描后,通过能谱扫描的高kV和低kV数据,对X射线透过金属植入物后产生的光子饥饿效应所导致的低信号区域进行数据处理,重新计算受金属影响的图像数据,为金属植入物及周边组织提供正确的投射数据,从而起到降低金属伪影的作用^[3]。目前,能谱金属伪影抑制算法已经广泛地应用于各种类型的金属植入物伪影的抑制,如髋关节假体、齿科植入物、颅内动脉瘤弹簧圈以及脊柱内固定等^[4-7],但在CT引导下的胸部穿刺中应用该算法的相关研究较少,能谱CT金属伪影抑制算法在实际穿刺中对穿刺针伪影的抑制效果未得到证实。本研究通过对CT引导下胸部穿刺的相关图像进行回顾性分析,探讨能谱CT金属伪影抑制算法削减穿刺针金属伪影的效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2021年5月至2022年8月在我院进行CT引导下胸部穿刺活检患者的图像,并根据穿刺定位时CT扫描方式的不同,分为能谱扫描组和常规扫描组。

纳入标准: 肺部占位大小 $\geq 1\text{cm}$; 穿刺针均为相同型号大小; 能谱扫描组的数据中包含使用金属伪影抑制(MAR)算法和不使用金属伪影抑制算法重建的图像。排除标准: 肺部占位层面图像存在除穿刺针伪影之外的其他伪影; 穿刺针未置入病灶中; 扫描原始数据缺失,无法重建。共纳入符合条件的患者66例,其中接受能谱扫描的病人32例,常规扫描的病人34例,肺部占位大小为52.7±25.97mm,平均年龄为69.5±11.3岁。本研究经医院医学伦理委员会批准,所有患者在穿刺前均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 扫描方法 使用美国GE公司的Revolution CT进行扫描,常规扫描参数:管电压为120kV,管电流采用Smart-Dose自动毫安技术调节,管电流范围为140-200mA,噪声指数NI设定为15,扫描层厚为5mm,层间距5mm,准直宽度为80mm,螺距为0.992:1,球管旋转速度为0.5s/r。能谱扫描参数:采用GSI能谱扫描模式,管电压在0.25ms周期内进行80kV与140kV之间的瞬时切换,管电流采用GSI Assist技术调节,默认管电流为200mA,噪声指数NI设定为15,扫描层厚为5mm,层间距5mm,准直宽度为80mm,螺距为0.992:1,球管旋转速度为0.5s/r。

1.2.2 图像重建 由于穿刺针较细,常规厚层图像的部分容积效应较大,故在扫描时利

【第一作者】 何亮,男,主管技师,主要研究方向:能谱CT扫描及后处理技术。E-mail: 15951172868@163.com

【通讯作者】 唐彩银,男,副主任技师,主要研究方向:影像组学。E-mail: tangcaiying@126.com

用原始数据进行薄层重建, 常规扫描重建参数: 层厚1.25mm, 层间距1.25mm, 迭代指数Asir-V为50%, Recon Type为Standard, 定义为常规扫描组; 考虑到常规扫描的管电压为120kV, 为防止不同管电压对图像CT值的影响, 在对能谱扫描原始数据进行重建时选择120kVp混合能量重建, 并在此基础上分别进行使用金属伪影抑制算法和不使用金属伪影抑制算法的图像重建, 重建参数: 层厚1.25mm, 层间距1.25mm, 迭代指数Asir-V为50%, Recon Type为Standard, 使用金属伪影抑制算法重建的图像定义为能谱MAR组, 不使用金属伪影抑制算法重建的图像定义为能谱非MAR组。

1.2.3 数据测量及图像质量评价 分别记录常规扫描和能谱扫描后生成的Dose Report中的CT剂量指数(CT dose index, CTDI)和剂量长度乘积(dose length product, DLP), 并根据相应组织权重因子计算出有效剂量(effective dose, ED)。

数据的测量在GE ADW4.7工作站上进行。(1)选择穿刺针金属伪影完全消失的层面, 在肺部占位中心避开液化坏死处选取ROI, 面积为100-150mm², 分别测量常规扫描组、能谱MAR组及能谱非MAR组ROI的CT值及SD值, 并计算出SNR值;(2)选取穿刺针尖层面, 分别在穿刺针尖接壤的肺占位处以及同层面无伪影的主动脉中心处选取ROI, 面积为100-150mm², 测量能谱MAR组和能谱非MAR组的SD值;(3)分别计算出能谱MAR组和能谱非MAR组ROI的伪影指数(AI), 其计算采用如下公式: AI=

$$\sqrt{\frac{s_{\text{伪影}}^2 - s_{\text{无伪影}}^2}{s_{\text{无伪影}}^2}}$$

图像质量的主观评价是在标准的诊断工作站PACS(东软)上, 分别由两名具有5年以上诊断经验的放射医师独立进行。所有图像的预设窗宽为400、窗位为40, 观察者按图像的重建方式(MAR/非MAR)不同, 先采用双盲法对图像质量分别进行评分, 分析两名医师评分的一致性。再将两名医师的评分结果取均值, 作为最终的主观评价分值。评分根据与穿刺针尖接壤的肺部占位处的伪影程度, 记为3、2、1、0分(3分—图像质量好, 基本无伪影; 2分—图像质量较好, 有轻微伪影; 1分—伪影较重, 但图像尚能观察; 0分—伪影严重, 图像无法观察)^[8]。

1.2.4 统计学方法 数据采用SPSS 25.0统计软件进行分析。常规扫描组和能谱扫描组之间的剂量指数CTDI和有效剂量ED的比较采用独立样本t检验。对于无伪影层面, 常规扫描组、能谱MAR组和能谱非MAR组之间ROI的CT值、SD值以及SNR值的比较采用单因素方差分析, 差异具有统计学意义后两两比较采用LSD检验。对于穿刺针尖层面能谱MAR组与能谱非MAR组伪影指数AI以及主观评分的比较采用配对样本t检验, 观察者之间的一致性使用Cohen's kappa检验来评定, Kappa值<0.4为一致性较差, 0.4≤Kappa值<0.75为一致性一般, Kappa值≥0.75为一致性较好。P值是描述性的, P<0.05表示差异显著, 具有统计学意义。

2 结果

2.1 扫描辐射剂量的比较 能谱扫描组与常规扫描组的CTDI分别为4.73mGy、(4.83±0.07)mGy, 差异具有统计学意义(P<0.01)。能谱扫描组与常规扫描组的有效剂量ED分别为(2.57±0.13)mSv、(2.61±0.13)mSv, 差异无统计学意义(t值为1.147, P值为0.256)(表1)。

2.2 无伪影层面各组间ROI的CT值、SD值及SNR值两两比较结果 无伪影层面常规扫描组、能谱MAR组和能谱非MAR组肺部占位处ROI的CT值、SD值和SNR值间的差异均无统计学意义, 见表2。

2.3 穿刺针尖层面伪影指数AI与图像质量主观评分的比较结果 穿刺针尖处能谱MAR组的伪影指数AI值为54.21±33.99, 能谱非MAR组的AI值为167.47±100.89, 差异具有统计学意义(P<0.01)。与非MAR组图像相比, MAR组穿刺针尖处的伪影得到一定程度的抑制, 见表3、图1。

两名放射诊断医师对图像质量的主观评分一致性较好(kappa值=0.834)。图像伪影的主观评分结果显示, 能谱MAR组的伪影评分(1.86±0.51)分, 高于能谱非MAR组的伪影评分(0.72±0.73)分, 差异具有统计学意义(t=-10.114, P<0.01)(表3、图1)。能谱MAR组的主观评分多数为2分, 少数为3分或1分, 无0分; 能谱非MAR组的主观评分多数为1分, 少数为2分或0分, 无3分。能谱MAR组的图像质量优于能谱非MAR组, 改善效果见图2、3。

表1 能谱扫描组和常规扫描组CTDI和ED的对比

	能谱扫描组(n=32)	常规扫描组(n=34)	t	P
CTDI(mGy)	4.73	4.83±0.07	8.589	<0.01
ED(mSv)	2.57±0.13	2.61±0.13	1.147	0.256

表3 穿刺针尖处伪影指数AI和图像质量评分比较结果

	能谱MAR组	能谱非MAR组	t	P
伪影指数AI	54.21±33.99	167.47±100.89	-8.195	<0.01
主观评分	1.86±0.51	0.72±0.73	10.114	<0.01

表2 无伪影层面各组间肺部占位处CT值、SD值和SNR值的比较结果

组别	例数	CT值(HU)	SD值(HU)	SNR
常规扫描组	34	40.55±6.57	13.58±2.12	3.05±0.64
能谱非MAR组	32	39.20±5.86	13.16±2.20	3.05±0.62
能谱MAR组	32	39.42±5.80	12.96±1.93	3.09±0.58
F		0.469	0.780	0.059
P		0.627	0.461	0.943

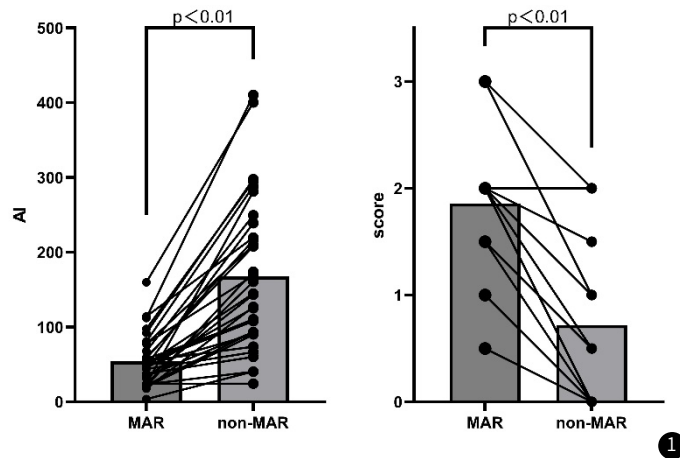


图1 穿刺针尖处伪影指数AI和图像质量评分比较结果

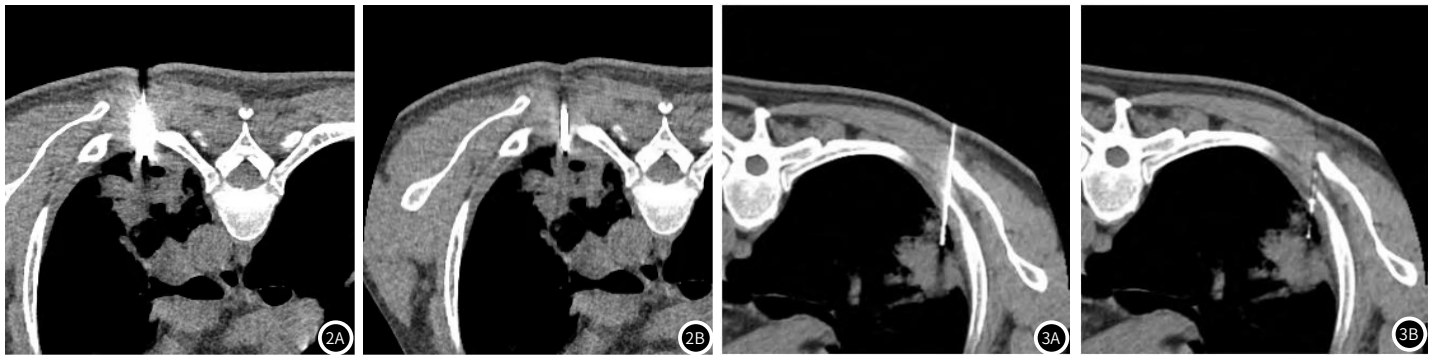


图2A 能谱非MAR组图像, 穿刺针尖处伪影与占位处空洞相交, 无法判断穿刺针头位置以及穿刺路径是否经过空洞;
图2B 能谱MAR组图像, 针尖处伪影明显减少, 穿刺针尖位置显示清晰, 穿刺路径未通过空洞。
图3A 能谱非MAR组图像, 穿刺针头位置可见, 但针尖处条带状伪影区域组织结构显示欠清;
图3B 能谱MAR组图像, 基本无金属伪影, 穿刺针头以及原伪影处组织结构显示清晰, 但图中穿刺针本体信号受到部分抑制。

3 讨论

在进行胸部穿刺活检时, 病灶中央有无液化坏死和空洞是影响穿刺正确率的主要因素之一^[2]。因此, 在穿刺时避开穿刺路径上的空洞与坏死可以较大地提升穿刺的准确性。而由于穿刺针尖处金属伪影的影响, 邻近穿刺针尖处的肺部占位往往显示欠清, 穿刺医师对穿刺路径的选择受到干扰。能谱CT出现之前, 我们往往利用窗口技术对金属伪影在一定程度上进行抑制^[9]。而在双能量CT出现后, 研究^[10-12]发现可通过提高单能量图像的keV来削减金属伪影, 但该种方式主要适用于组织天然对比度较好的情况, 如椎体、髌关节等骨质结构。当天然组织对比度较差时, 提高keV抑制金属伪影的同时会导致软组织的密度分辨力降低, 不利于病变实性区域与液化坏死区域的分辨^[13]。在本研究中, 能谱MAR组的伪影指数较能谱非MAR组显著降低, 穿刺针尖处的金属伪影得到了一定程度的抑制。在对穿刺针尖伪影的主观评分上, 能谱MAR组的图像质量主观评分高于能谱非MAR组的评分, MAR组图像穿刺针尖处肺部占位的显示更清晰, 病灶中央液化、空洞区域的显示较好(图2)。

由于穿刺技术、病人体位以及呼吸运动的影响, 在穿刺过程中往往需要多次扫描来确定穿刺针的穿刺路径是否正确^[14]。因此, 单次扫描辐射剂量的控制对病人所接受的总辐射剂量而言尤为重要。能谱扫描与常规扫描的不同之处在于, 能谱扫描的管电压在80kV和140kV之间瞬时切换, 而常规扫描的管电压为一固定值。这也是能谱扫描与常规扫描之间可能存在辐射剂量差异的主要原因^[15]。本研究的结果显示, 在除管电压外的其他扫描参数一致的情况下, 能谱扫描较常规120kV扫描单次扫描的CT剂量指数CTDI更低。与常规扫描相比, 能谱扫描的有效剂量ED较低, 但两者之间的差异无统计学意义, 这可能是由于不同患者扫描的长度不同而导致的。在无金属伪影层面, 常规扫描组、能谱MAR组和能谱非MAR组图像的CT值、噪声和信噪比间的差异均无统计学意义。因此, 在本研究中, 与常规120kV扫描相比, 能谱扫描降低了患者的辐射剂量, 并且对图像的CT值、噪声SD值以及信噪比均无明显影响。这一结果也与翟艳辉等^[16]对胸部体模的研究结果类似。

本研究在金属伪影抑制算法抑制穿刺针伪影相关的动物试验^[17]的基础上, 对能谱CT金属伪影抑制算法在实际穿刺图像中削减金属伪影的能力进行了探讨, 但与动物试验不同, 由于考虑到辐射剂量的影响, 本研究将穿刺患者分为常规扫描和能谱扫描两组, 而未对同一患者进行常规扫描和能谱扫描。因此在统计方法的选择上存在一定差异。并且, 在研究中发现, 在进行金属伪影抑制时, 少部分图像中穿刺针的本体的信号也受到了抑制(图3B), 这可能与金属抑制算法产生过度校正有关^[18], 需扩大样本量进一步研究。另外, 为了保证与常规扫描的管电压一致, 防止管电压对图像CT值及伪影造成影响^[19], 本研究仅选择了能谱120kVp混合能量重建的图像对MAR算法的伪影抑制效果进行评价, 未结合单能量图像进行对比分析, 因此穿刺针尖处肺部占位单能量图像的最佳keV水平有待进一步确定。

综上所述, 能谱CT金属伪影抑制算法可以很好地抑制穿刺针尖处的金属伪影, 并且在保证信噪比一致的情况下, 能谱扫描较常规120kV扫描降低了辐射剂量, 可以应用于胸部占位的穿刺活检中, 在穿刺路径的选择中避开液化坏死和空洞区域, 减少假阴性结果的发生, 一定程度上提高胸部穿刺结果的准确性。

参考文献

- [1] 李刚, 李雷. CT引导下经皮肺穿刺活检术临床应用分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(6): 46-48.
- [2] 张磊, 庄一平, 张晋, 等. CT引导下经皮肺活检术诊断正确率及并发症的影响因素[J]. 临床肿瘤学杂志, 2011, 16(4): 342-345.
- [3] 潘自兵, 赵凯, 海录, 等. 能谱CT成像技术在去除金属植入物伪影方面的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2015, (6): 1014-1017.
- [4] 李杰, 袁源, 王春杰, 等. 能谱CT去金属伪影(MAR)技术用于减低单关节置换物伪影[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(1): 131-135.
- [5] 余娜, 严敏, 傅浪舟, 等. 应用能谱CT技术去除颅内动脉瘤弹簧圈栓塞术后金属伪影[J]. 第三军医大学学报, 2020, 42(20): 2069-2074.
- [6] 李杰, 袁源, 陈永明, 等. MAR技术去除脊柱金属物伪影的临床应用研究[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(6): 1180-1184.
- [7] 魏一娟, 王小鹏, 查开继, 等. 多物质伪影降低技术在口腔金属植入物患者颌面部CT图像中的应用价值[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(12): 841-845.
- [8] 胡志, 余晓镔, 康立丽, 等. 基于一种体模对能谱CT去除金属伪影的研究[J]. 中国医疗设备, 2018, 33(3): 40-44.
- [9] Douglas-Akinwande A C, Buckwalter K A, Rydberg J, et al. Multichannel CT: evaluating the spine in postoperative patients with orthopedic hardware [J]. Radiographics, 2006, 26 Suppl 1: S97-110.
- [10] 邓凯, 杨海涛, 吴雄, 等. 第3代双源CT虚拟单能量成像去除腰椎金属内固定伪影的效果评估[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2019, 40(4): 358-363.
- [11] 孙亮, 李美爱, 刘吉华, 等. 探讨宝石CT能谱成像技术去除脊柱金属植入物伪影的最佳单能量[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(9): 1918-1921.
- [12] 陈小玫, 刘彪, 谢兆林, 等. 应用Flash CT消除脊柱金属植入物伪影的探讨[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16(8): 138-141.
- [13] 陈琳钰, 方姝, 陈勇, 等. 虚拟单能量图像与常规CT图像的图像质量对比[J]. CT理论与应用研究, 2022, 31(2): 219-226.
- [14] 石海兵, 周卫刚. 双源CT Flash低剂量模式在CT引导下经皮肺穿刺活检中的应用[J]. 罕少疾病杂志, 2021, 28(03): 60-61.
- [15] LI B, YADAVA G, HSIEH J. Quantification of head and body CTDI (VOL) of dual-energy x-ray CT with fast-kVp switching [J]. Medical Physics, 2011, 38(5): 2595-601.
- [16] 翟艳慧, 艾娜娜, 杨晨晓, 等. 胸部能谱CT成像与常规CT扫描的对比研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28(3): 201-204, 209.
- [17] DO T D, HEIM J, SKORNITZKE S, et al. Single-energy versus dual-energy imaging during CT-guided biopsy using dedicated metal artifact reduction algorithm in an in vivo pig model [J]. PLoS One, 2021, 16(4): e0249921.
- [18] 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]. European Radiology, 2012, 22(6): 1331-1340.
- [19] DO T D, HEIM J, MELZIG C, et al. Virtual monochromatic spectral imaging versus linearly blended dual-energy and single-energy imaging during CT-guided biopsy needle positioning: optimization of keV settings and impact on image quality [J]. PLoS One, 2020, 15(2): e0228578.

(收稿日期: 2023-04-21)

(校对编辑: 韩敏求)