

Application of dual-energy CT with metal artifact reduction algorithm in microcoil localization for lung nodules

LIU Zhuo, MA Jing, HONG Nan*, CHEN Lei, CHEN Chen, HU Libao, ZHI Xin

(Department of Radiology, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of virtual monochromatic spectral (VMS) images acquired from dual-energy spectral CT (DESCT) with metal artifact reduction (MAR) algorithm in CT-guided microcoil localization for lung nodules. **Methods** Totally 80 patients with lung nodules underwent DESCCT after CT-guided microcoil placement. At optimal keV level, VMS images and VMS with MAR algorithm (VMS+MAR) images were reconstructed, and image quality scores were compared. **Results** 74 keV was selected as the optimal level. The image quality of VMS+MAR images at 74, 90, 110 and 140 keV were better than that at 50 keV (all $P < 0.05$). There was no statistical difference of image quality among 74, 90, 110 and 140 keV VMS+MAR images (all $P > 0.05$). At 74 keV, the image quality of VMS+MAR images was better than that of VMS images ($P < 0.05$). The consistency was good between the 2 observers ($Kappa = 0.78$). **Conclusion** VMS images at 74 keV with MAR algorithm could reduce artifacts from microcoil, and clearly display lung nodules.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Dual-energy; Artifacts; Lung nodules; Microcoil

DOI: 10.13929/j.1003-3289.201708062

双能量 CT 联合金属伪影削减算法显示 微弹簧圈定位肺结节

刘 卓, 马 婧, 洪 楠*, 陈 雷, 陈 尘, 胡立宝, 邰 新

(北京大学人民医院放射科, 北京 100044)

[摘 要] **目的** 评价双能量能谱 CT(DESCCT)扫描获得的虚拟单色谱(VMS)图像联合金属伪影削减(MAR)算法在 CT 引导微弹簧圈定位肺结节中的应用价值。 **方法** 选取 80 例 CT 引导微弹簧圈定位的肺结节患者, 微弹簧圈置入后, 对其进行 DESCCT 扫描。选择最佳光子能量水平, 在最佳能量水平重建 VMS 图像及经 MAR 算法处理的 VMS 图像(VMS+MAR), 比较 VMS、VMS+MAR 图像质量主观评分的差异。 **结果** 选择 74 keV 为最佳能量水平。74、90、110、140 keV VMS+MAR 图像质量优于 50 keV 图像(P 均 < 0.05); 74、90、110、140 keV 水平 VMS+MAR 图像质量评分差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。74 keV VMS+MAR 图像质量优于 VMS 图像($P < 0.05$)。2 名观察者主观评分一致性较好($Kappa$ 值 = 0.78)。 **结论** 74 keV VMS 图像联合 MAR 算法可有效抑制微弹簧圈金属伪影, 清晰显示肺结节。

[关键词] 体层摄影术, X 线计算机; 双能量; 伪影; 肺结节; 微弹簧圈

[中图分类号] R734.2; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2018)02-0302-04

近年来, 电视胸腔镜手术(video-assisted thoracoscopy surgery, VATS)逐渐取代传统开胸手

术, 成为治疗肺内结节病变的重要手段。但是, VATS 术中, 约有 54% 的肺内小结节无法通过观察或触诊而准确定位, 只能转行开胸肺叶切除术^[1]; 且对于直径 < 10 mm 且距胸膜 > 5 mm 的小结节, 开胸手术有时亦难以准确定位^[2]。CT 引导微弹簧圈定位是肺结节的常用定位技术^[3], 但微弹簧圈的材质多以铂金等金属为主, 在 CT 图像中通常存在金属伪影^[4], 使如何有效抑制金属

[第一作者] 刘卓(1983—), 男, 陕西渭南人, 本科, 工程师。研究方向: CT 影像技术。E-mail: liuzhuormyy@sina.cn

[通信作者] 洪楠, 北京大学人民医院放射科, 100044。

E-mail: hongnan@pkuph.edu.cn

[收稿日期] 2017-08-09 **[修回日期]** 2017-12-26

伪影成为改善定位效果的关键。本研究旨在探讨采用双能量能谱 CT (dual-energy spectral CT, DESCT) 扫描获得的虚拟单色谱 (virtual monochromatic spectral, VMS) 图像, 结合金属伪影削减 (metal artifact reduction, MAR) 算法评价微弹簧圈定位肺结节的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2017 年 5 月—10 月我院 80 例接受 CT 引导微弹簧圈定位肺结节的患者资料, 其中男 34 例, 女 46 例, 年龄 40~75 岁, 平均 (55.5 ± 9.3) 岁。

1.2 仪器与方法

1.2.1 弹簧圈置入 定位金属标记物采用铂金塔形微弹簧圈 (Cook 公司)。经皮穿刺后, 经穿刺针于结节邻近肺组织内释放微弹簧圈, 将其尾部留置于病灶邻近的脏层胸膜表面。定位过程中进行单能量 CT 扫描以引导穿刺; 置入弹簧圈后行 DESCT 扫描, 以评价定位效果。

1.2.2 CT 扫描 采用 GE Revolution 单球管、单层探测器双能量 CT 扫描仪。单能量扫描参数: 管电压 120 kVp, 自动调节管电流, 噪声指数 30 HU, 球管转速 0.28 s/r, 准直宽度 80 mm, 螺距 1.531 : 1。DESCT 扫描参数: 管电压在 80 kVp 与 140 kVp 间反复切换, 管电流 200 mA, 球管转速 0.5 s/r, 准直宽度 80 mm, 螺距 1.531 : 1。

1.3 图像分析

1.3.1 图像重建 采用 GE AW4.7 后处理工作站。于 120 kVp 图像中测量肺结节 CT 值, 采用 GSI Viewer 软件绘制肺结节能谱曲线, 记录该曲线中最接近 120 kVp 图像中肺结节 CT 值的点所对应的 keV 数值, 为最佳光子能量水平的 keV 值。重建最佳光子能量水平 keV 值、50、90、110、140 keV 的 VMS 图像 (VMS 组) 和经 MAR 算法处理的 VMS 图像 (VMS+MAR 组), 重建类型均选择标准类型, 应用自适应统计迭代重建算法 (adaptive statistical iterative reconstruction veo, ASIR-V), 混合迭代权重均选择 50%; 重建层厚 1.25 mm。

1.3.2 图像评价 由 2 名具有 5 年以上工作经验的医师以盲法对图像质量进行评分。图像质量评分标准: 1 分, 优, 无明显金属伪影, 微弹簧圈与肺结节、胸膜等解剖细节显示清晰; 2 分, 良, 金属伪影不明显, 不影响微弹簧圈及邻近结构显示, 微弹簧圈与肺结节、胸膜等解剖细节显示较清晰; 3 分, 差, 金属伪影严重影响微弹簧圈及邻近结构显示, 微弹簧圈与肺结节、胸膜等解剖细节显示不清晰。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 20.0 统计分析软件。以配对设计的 Wilcoxon 秩和检验比较图像主观评分; 以 Kappa 值评价 2 名观察者间的一致性, Kappa 值 < 0.40 为一致性较差, $0.40 \leq \text{Kappa 值} < 0.75$ 为一致性一般, Kappa 值 ≥ 0.75 为一致性较好。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

术后病理显示, 本组腺癌 60 例, 低度恶性神经内分泌肿瘤 1 例, 不典型增生 8 例, 淋巴结增生 3 例, 炎性假瘤 2 例, 硬化性肺泡细胞瘤 1 例, 纤维组织增生 2 例, 碳末沉着 3 例。共定位 80 枚肺内结节, 结节直径 3~25 mm, 定位后弹簧圈未发生移位或脱落。定位过程中 25 例发生并发症, 包括少量气胸、肺泡出血等, 均对手术操作和病理取材无影响。

光子能量水平范围为 60~83 keV, 平均 (74.00 ± 5.75) keV。74 keV VMS 图像中肺结节 CT 值最接近 120 kVp 图像, 选择 74 keV 为最佳能量水平 (图 1)。50、74、90、110、140 keV VMS+MAR 图像主观评分见表 1, 50 keV 水平 VMS+MAR 图像评分高于 74、90、110 及 140 keV 图像 (P 均 < 0.05); 74、90、110 及 140 keV 水平间 VMS+MAR 图像质量评分差异无统计学意义 (P 均 > 0.05)。见图 2。

表 1 不同 keV 水平 VMS+MAR 图像主观评分 (例, $n=80$)

图像种类	1 分	2 分	3 分
50 keV	46	28	6
74 keV	53	27	0
90 keV	54	26	0
110 keV	55	25	0
140 keV	55	25	0

2 名观察者对图像质量的主观评分一致性较好 (Kappa 值 = 0.78)。74 keV VMS 图像质量评分高于 74 keV VMS+MAR 图像 ($Z = -7.75$, $P < 0.05$, 表 2)。14 例 74 keV VMS 图像中的金属伪影明显, 影响对肺结节、胸膜或肋骨等结构的显示, 评分为 3 分, 而在 VMS+MAR 图像中, 金属伪影明显减少, 不影响周围结构的显示, 评分为 1 分或 2 分 (图 3~5)。

表 2 74 keV VMS 图像和 VMS+MAR 图像主观评分 (例, $n=80$)

图像种类	1 分	2 分	3 分
VMS 图像	7	59	14
VMS+MAR 图像	53	27	0

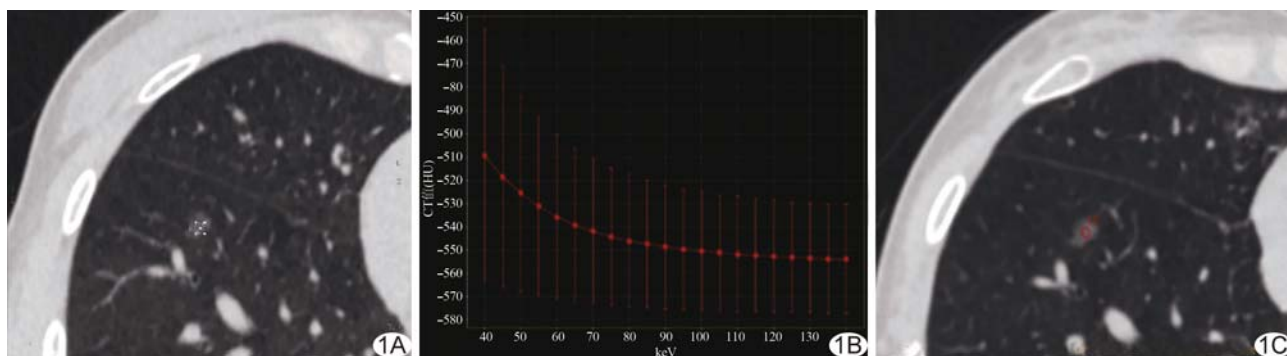


图 1 最佳光子能量水平选择方法 A. 120 kVp 图像,肺结节 CT 值为 -544.6 HU; B. 肺结节能谱曲线,随着 keV 升高,肺结节 CT 值下降; C. 74 keV 水平 VMS 图像,肺结节 CT 值为 -544.5 HU

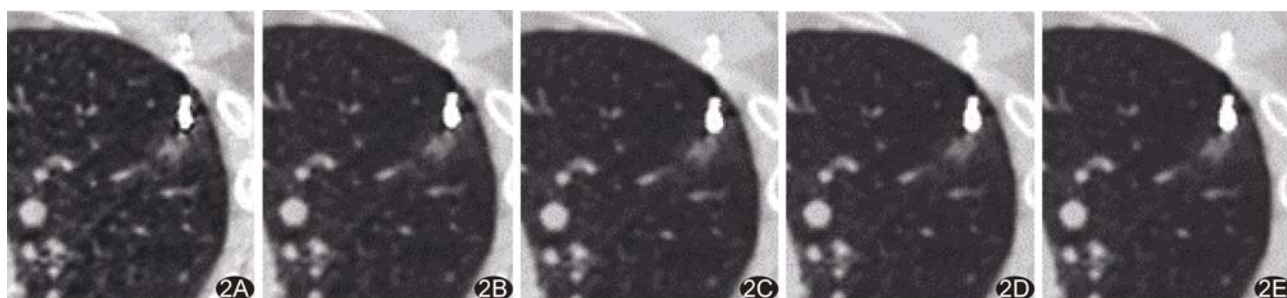


图 2 50(A)、74(B)、90(C)、110(D)、140(E) keV 水平 VMS+MAR 图像

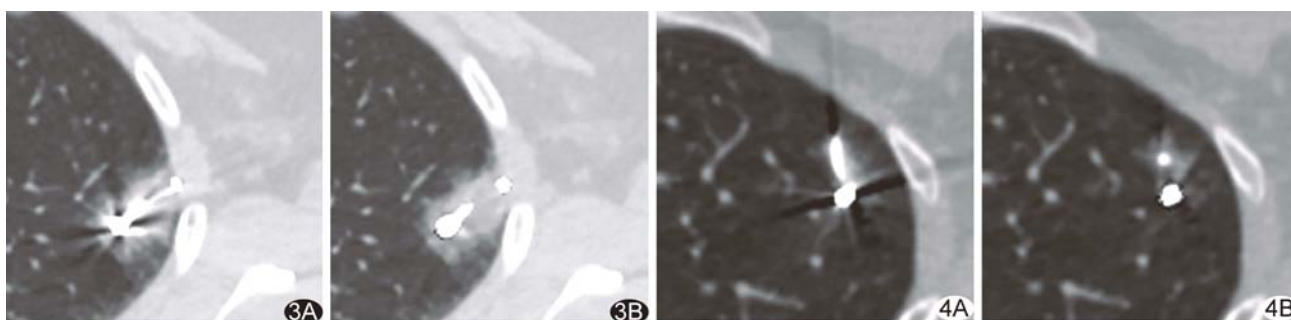


图 3 微弹簧圈尾部金属伪影 A. VMS 图像,金属伪影严重,微弹簧圈头端、尾端显示不清,评分为 3 分; B. VMS+MAR 图像,金属伪影小,微弹簧圈头端、尾端显示清晰,评分为 1 分 图 4 金属伪影对显示出血的影响 A. VMS 图像金属伪影严重,影响对出血的观察,评分为 3 分; B. VMS+MAR 金属伪影不明显,出血显示清晰,评分为 1 分

3 讨论

VATS 的优势是创伤小、切除肺叶体积小,围术期并发症少,患者住院时间短。CT 引导置入金属标记物,如微弹簧圈,是安全、有效的肺结节定位手段之一^[5-7]。VATS 术中,可通过手指触诊、透视及直接观察留置于脏层胸膜表面的弹簧圈尾部而准确定位肺内结节位置,指导切除病灶;切除后,可根据弹簧圈的位置在离体标本中寻找肺内小结节。将微弹簧圈置于病灶邻近肺组织内,既可提高定位准确性,又能避免肿瘤沿针道播散。如何清晰显示微弹簧圈与肺结节、胸膜

的位置关系是成功手术及活检的关键。

DESCT 扫描获得的 VMS 图像所模拟的是以单一能量光子扫描物体获得的图像^[8-9]。单一能量射线中光子能量相同,穿过物体后无射线硬化效应,可减少硬化伪影^[10];MAR 算法可纠正 X 线穿过金属后产生的光子饥饿现象导致的数据丢失。因此,经过 MAR 算法处理的 VMS 图像可有效抑制弹簧圈的金属伪影^[11-14]。

在 VMS 成像中,随着光子能量水平升高,图像中的金属伪影逐渐减轻^[15],但同时肺结节的 CT 值逐渐减小,

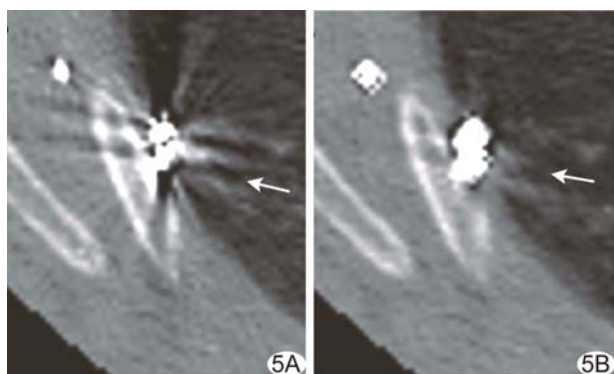


图 5 金属伪影对显示胸膜的影响 A. VMS 图像, 金属伪影掩盖结节(箭)、胸膜, 无法判断微弹簧圈头部是否置于结节附近的脏层胸膜表面, 评分为 3 分; B. VMS+MAR 图像, 结节(箭)、胸膜、肋骨显示较清晰, 评分为 1 分

可能影响结节检出, 提示应选择适当的能量水平, 以在清晰显示结节的前提下尽量抑制金属伪影。本研究选择最佳能量水平的标准是 VMS 图像中肺结节 CT 值与 120 kVp 图像中结节 CT 值最接近, 且金属伪影不影响诊断, 以此标准选择 74 keV 为最佳能量水平。

本研究结果显示, 74 keV 水平的 VMS+MAR 图像质量优于 VMS 图像, 前者中微弹簧圈的金属伪影得到有效抑制, 邻近肺组织、胸膜及结节等结构显示清晰。由于弹簧圈头部与肺结节距离过近, 本组 VMS 图像中肺结节被金属伪影“掩盖”, 而在 VMS+MAR 图像中肺结节显示清晰; VMS 图像中, 微弹簧圈尾部造成的金属伪影严重影响胸膜的显示, 而在 VMS+MAR 图像中, 金属伪影较少, 可准确判断微弹簧圈尾部是否置于脏层胸膜表面。

总之, 74 keV VMS+MAR 图像中, 金属伪影得到有效抑制, 且不影响肺结节的显示, 可有效评价微弹簧圈定位肺结节的效果。

[参考文献]

- [1] 胡立宝, 金龙, 陈尘, 等. 肺内小结节电视胸腔镜切除术前 CT 定位. 中国介入影像与治疗学, 2014, 11(3): 145-148.
- [2] Powell TI, Jangra D, Clifton JC, et al. Peripheral lung nodules: Fluoroscopically guided video-assisted thoracoscopic resection after computed tomography-guided localization using platinum microcoils. Ann Surg, 2004, 240(3): 481-488.
- [3] 张健, 王仲朴, 崔健, 等. CT 引导下微弹簧圈定位在肺小结节楔形切除术中的应用. 医学影像学杂志, 2016, 26(6): 1002-1005.
- [4] 陈志明, 吕梁, 彭俊, 等. 胸腔镜术前 CT 引导下双弹簧圈标记定位孤立性肺结节. 中国介入影像与治疗学, 2016, 13(7): 402-405.
- [5] 鲁东, 吕维富, 徐世斌, 等. CT 引导下肺小结节胸腔镜术前微弹簧圈定位. 中国医学计算机成像杂志, 2016, 22(5): 407-411.
- [6] 范建忠, 王增林, 叶明凡. CT 引导下微弹簧圈定位在肺磨玻璃结节胸腔镜手术中的应用. 放射学实践, 2015, 30(8): 861-864.
- [7] 许志扬, 许建新, 关军, 等. 微弹簧圈定位在胸腔镜肺小结节切除术中的应用. 中国微创外科杂志, 2017, 17(3): 228-230.
- [8] 宁国度, 黄召勤, 袁先顺, 等. 能谱成像技术去除金属伪影的临床价值. 医学影像学杂志, 2011, 21(9): 1425-1428.
- [9] Guggenberger R, Winklhofer S, Osterhoff G, et al. Metallic artefact reduction with monoenergetic dual-energy CT systematic ex vivo evaluation of posterior spinal fusion implants from various vendors and different spine levels. Eur Radiol, 2012, 22(11): 2357-2364.
- [10] Pessis E, Sverzut JM, Campagna R, et al. Reduction of metal artifact with dual-energy CT virtual monospectral imaging with fast kilovoltage switching and metal artifact reduction software. Semin Musculoskelet Radiol, 2015, 19(5): 446-455.
- [11] Wellenberg RH, Boomsma MF, van Osch JA, et al. Quantifying metal artefact reduction using virtual monochromatic dual-layer detector spectral CT imaging in unilateral and bilateral total hip prostheses. Eur J Radiol, 2017, 88: 61-70.
- [12] Han SC, Chung YE, Lee YH, et al. Metal artifact reduction software used with abdominopelvic dual-energy CT of patients with metal hip prostheses assessment of image quality and clinical feasibility. AJR Am J Roentgenol, 2014, 203(4): 788-795.
- [13] Higashigaito K, Angst F, Runge VM, et al. Metalartifact reduction in pelvic computed tomography with hip prostheses comparison of virtual monoenergetic extrapolations from dual-energy computed tomography and an iterative metal artifact reduction algorithm. Invest Radiol, 2015, 50(12): 828-834.
- [14] Takroui HS, Alnassar MM, Amirabadi A, et al. Metal artifact reduction added value of rapid-kilovoltage-switching dual-energy CT in relation to single-energy CT in a piglet animal model. AJR Am J Roentgenol, 2015, 205(3): W352-W359.
- [15] De Crop A, Casselman J, Van Hoof T, et al. Analysis of metal artifact reduction tools for dental hardware in CT scans of the oral cavity: kVp, iterative reconstruction, dual-energy CT, metal artifact reduction software: Does it make a difference. Neuroradiology, 2015, 57(8): 841-849.