

• 胸部影像学 •

超低辐射剂量扫描在 CT 引导下经皮肺穿刺活检中的应用

马延贺，元伟，宋振春，张洪

【摘要】 目的：探讨超低辐射剂量多层螺旋 CT(MSCT)扫描方案进行 CT 引导下经皮肺穿刺活检的可行性。方法：根据扫描条件的不同，将 90 例进行 CT 引导下经皮肺穿刺活检的患者分为 A、B、C 三组。A 组：管电压 80 kV，管电流 55 mA；B 组：管电压 110 kV，管电流 55 mA；C 组：管电压 120 kV，管电流为自动毫安秒。图像质量的客观评价指标为信号噪声比(SNR)和对比噪声比(CNR)。由两名医生共同对 CT 引导下穿刺针扫描的图像进行主观评分。记录、计算患者的容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)及有效剂量(ED)，并以扫描长度 5 cm 计算患者的标准化 ED(ED_{标准化})。三组受检者的年龄、DLP、ED、SNR 和 CNR 的差异采用方差分析，存在统计学差异再采用 LSD 检验进行组间两两比较。图像质量的主观评分差异采用 χ^2 检验。结果：90 例患者均成功完成 CT 引导下经皮肺穿刺活检术。三组受检者的性别、年龄、体质量指数(BMI)差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。三组图像质量的主观评价均满足穿刺需求(≥ 2 分)；三组的图像质量主观评分(穿刺针路径的显示)差异无统计学意义($\chi^2=2.56, P=0.235$)。A 组的图像 SNR 及 CNR 均低于 B、C 组(P 均 <0.05)。相对于 B 组，A 组的 DLP、ED 和 ED_{标准化} 分别降低约 44.16%、44.13%、39.29%；相对于 C 组分别降低约 78.52%、76.31%、73.02%。结论：超低辐射剂量 CT 引导下经皮肺穿刺活检可显著降低辐射剂量而不影响穿刺针路径和穿刺部位的观察。

【关键词】 穿刺活检；体层摄影术，X 线计算机；低剂量；辐射剂量；活组织检查，针吸

【中图分类号】 R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2020)02-0170-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.02.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID)：



Application of ultra-low radiation dose scanning in CT-guided percutaneous lung biopsy MA Yan-he, YUAN Wei, SONG Zhen-chun, et al. Department of Radiology, Tianjin Institute of Cardiovascular Diseases, Tianjin Chest Hospital, Tianjin 300222, China

【Abstract】 Objective: To investigate the feasibility of CT-guided percutaneous lung biopsy with ultra-low radiation dose multi-slice spiral CT (MSCT) scanning scheme. **Methods:** We prospectively enrolled 90 patients with pulmonary lesions, which were randomly divided into A, B, and C groups according to the scanning. The scanning parameters were as follow: Group A, tube voltage 80kV, tube current 55mA; Group B, tube voltage 100kV, tube current 55mA; Group C, tube voltage 120kV, tube current defined as automatic milliamp seconds. Signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) were considered as objective indicators. Subjective scoring of the CT-guided needle scan images was performed by two experienced radiologists. The patient's volume dose index (CTDIvol), dose length product (DLP), effective dose (ED), and standardized effective radiation dose were recorded. The standard ED was calculated within 5cm scanning range. The differences of age, DLP, ED, signal, noise, SNR and CNR among three groups were compared by ANOVA analysis and intergroup comparison was performed with LSD test. The differences of gender, image quality and subjective scores in three groups were compared by Chi square test. **Results:** All the 90 patients successfully completed CT-guided percutaneous lung biopsy. There were no statistically significant differences in terms of gender, age, height, body mass index among the three groups ($P > 0.05$). The subjective evaluation of the image quality of the three groups all met the need for puncture (≥ 2 points) and showed no statistically

作者单位：300222 天津 天津市胸科医院放射科

作者简介：马延贺(1984—)，男，山东泗水人，博士，副主任医师，主要从事心胸部影像诊断工作。

通讯作者：张洪 E-mail:yuxinli72@163.com

基金项目：天津市科技计划项目(18ZXZNSY00400)

significant ($\chi^2=2.56, P=0.235$). The SNR and CNR of group A were lower than those of group B and group C (all $P<0.05$). Compared with group B, DLP, ED, and ED standardization in group A were reduced by approximately 44.16%, 44.13%, and 39.29%, respectively; compared with group C, they were reduced by approximately 78.52%, 76.31%, and 73.02%, respectively. **Conclusion:** Percutaneous lung biopsy guided by ultra-low radiation dose CT can significantly reduce the radiation dose without affecting the observation of the needle path and puncture site.

【Key words】 Puncture biopsies; Tomography, X-ray computed; Low dosage; Radiation dosage; Biopsy, needle

CT 引导下经皮肺穿刺活检经过几十年的发展,凭借微创、安全、快速、简便等优点,已广泛应用于临床以明确组织病理学诊断^[1]。然而,穿刺过程中需重复多次扫描以明确穿刺路径、观察病变等,导致患者所受辐射剂量增加。因此,在保证穿刺成功率的前提下,降低辐射剂量尤为重要^[2]。本文探讨超低辐射扫描方案进行 CT 引导下经皮肺穿刺活检的可行性。

材料与方法

1. 患者选择

选取 2018 年 1—6 月在天津市胸科医院行 CT 引导下肺穿刺活检的 90 例患者(男 53 例,女 37 例),平均年龄(57.54 ± 14.5)岁。所有患者均告知穿刺活检的风险并签署知情同意书。排除标准:咳嗽/给予止咳药后仍不能控制咳嗽;存在出血倾向;穿刺路径中有肺大泡、大血管而无法避开;严重肺动脉高压;拟穿刺病变对侧肺切除或为无功能肺;肺内病变疑似血管源性病变(如肺动-静脉瘘);心/肺功能衰竭;不能配合穿刺部位采用不同体位扫描者。

2. CT 扫描

采用 Siemens Somatom Sensation 16 层螺旋 CT 扫描仪。根据扫描参数的不同,将患者随机分为 A、B、C 三组。A 组:管电压 80 kV,管电流 55 mA;B 组:管电压 110 kV,管电流 55 mA;C 组:管电压 120 kV,管电流为自动 mAs。图像重建层厚为 1.5 mm,层间隔为 1 mm。重建算法为软组织算法。纵隔窗:窗宽 250 HU,窗位 40 HU。肺窗:窗宽 1600 HU,窗位 -600 HU。为消除穿刺针金属伪影适当调整窗宽及窗位以观察穿刺针位置。

3. 穿刺方法

选用 Precisa 18G 活检针,长度为 10 或 15 cm。根据病灶所在位置选择相应的体位(平卧、俯卧或侧卧位)。选择最佳穿刺层面及穿刺点,测定进针点与病变的长度和角度,选择合适的穿刺针。消毒、铺巾后于穿刺点处行皮肤下局部浸润麻醉,麻醉针以不超过胸膜为界。根据先前设定的穿刺进针点和角度,缓慢进针至胸膜,嘱患者屏气后进针至病灶内。以穿刺针为中

心进行 3~5 cm 小范围扫描,调整穿刺针方向、档位后进行穿刺取材,将标本以 10% 甲醛固定,抽吸后涂片送检。同时将敷贴粘贴于进针处皮肤并按压。5~15 min 后,以超过病灶上下界 1 cm 为扫描野进行 CT 扫描,观察患者穿针后是否出现出血、气胸、胸腔积液等并发症。

4. 图像质量的评价

客观评价:测量并计算图像信号噪声比(SNR)和对比度噪声比(CNR)。具体方法为:测量病灶中心层面的降主动脉兴趣区大小为(100 ± 5) mm² 的 CT 值;测量同层面脊柱旁肌和胸前空气兴趣区大小为(100 ± 5) mm² 的 CT 值;降主动脉血管内的 CT 值作为信号强度,胸前空气的噪声标准差作为背景噪声。测量连续的 3 个层面,并取其平均值。SNR=信号强度/背景噪声;CNR=(信号强度-脊柱旁肌 CT 值)/背景噪声。分别计算 3 组受检者图像的 SNR、CNR。

主观评价:采用双盲法,分别由 1 名 CT 操作定位医师和 1 名穿刺术者共同对图像质量进行评分,以两者协商意见为最终评分结果。图像质量评分分 5 个等级:5 分为图像质量高,无伪影,病变及其周围结构显示非常清晰,能明确显示穿刺的路径和针尖位置;4 分为图像质量较好,伴轻度伪影,病变及其周围结构显示清晰,能选择合适的穿刺针路径,能显示针尖与病灶关系;3 分为图像质量中等,伪影或噪声较明显,病变及周围结构稍模糊,能选择穿刺针路径,针尖位置模糊;2 分为图像质量较差,伪影较重,病变及周围结构显示较模糊,但能够选择穿刺路径,尚能判断穿刺针尖的位置;1 分为病变及周围结构显示不清,不能选择合适的穿刺路径。评分为 2 分及以上为满足穿刺要求。

5. 辐射剂量

由 CT 机自动记录每例患者的扫描长度(L)和容积 CT 剂量指数(CT dose index-volume, CTDIvol)。根据以下公式计算每例患者的剂量长度乘积(dose length product, DLP)、有效剂量(effective dose, ED)、标准化 DLP(DLP_{标准化});分别取管电压为 80、110、120 kV 时 CTDIvol 值,得到单次不同管电压、相同扫描长度的标准化 ED(ED_{标准化})。DLP(mGy·cm)=

$L(cm) \times CTDIvol(mGy); ED(mSv) = k(mSv/mGy \cdot cm) \times DLP(mGy \cdot cm); DLP_{\text{标准化}}(mGy \cdot cm) = 5cm \times CTDIvol(mGy); ED_{\text{标准化}}(mSv) = k(mSv/mGy \cdot cm) \times DLP_{\text{标准化}}(mGy \cdot cm)$, 其中 k 取值 0.014。

6. 统计学分析

采用 SPSS 16.0 统计学分析软件。率的比较采用 χ^2 检验。A、B、C 三组患者的年龄、BMI、DLP、ED、 $ED_{\text{标准化}}$ 、信号强度、噪声、SNR 和 CNR 的差异采用方差分析,具有统计学差异的再进行组间两两比较(LSD 检验)。三组的图像质量主观评分采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 认为具有统计学意义。

结 果

1. 一般资料的比较

A、B、C 三组患者均成功接受 CT 引导下经皮肺穿刺活检检查(图 1)。三组受检者的性别、年龄、体质指数(BMI)差异均无统计学意义(P 均 > 0.05 , 表 1)。A、B、C 三组扫描条件均能正确引导穿刺活检针经设定的穿刺点、穿刺路径到达病灶内部。

2. 图像质量的比较

A、B、C 三组患者的图像质量均达到穿刺需求(主观评分 ≥ 2 分,表 2),均未出现无法评价穿刺针位置的图像。三组的图像质量主观评分差异无统计学意义($\chi^2 = 2.56, P = 0.235$)。A 组的图像 SNR 及 CNR 均低于 B、C 组(P 均 < 0.05 ,表 3)。

3. 辐射剂量的比较

A、B、C 三组的扫描长度无统计学差异($P = 0.560$)。三组间 DLP、ED、 $ED_{\text{标准化}}$ 及 mAs 差异均具有

统计学意义(P 均 < 0.001)。相对于 B 组,A 组的 DLP、ED 和 $ED_{\text{标准化}}$ 分别降低约 44.16%、44.13%、39.29%;相对于 C 组分别降低约 78.52%、76.31%、73.02%。A、B 组患者的 DLP、ED、 $ED_{\text{标准化}}$ 及 mAs 均小于 C 组(P 均 < 0.05 ,表 4)。

表 2 三组患者的图像质量主观评价比较

评分	A 组	B 组	C 组
5	4(13.33%)	6(20.00%)	12(40.00%)
4	12(40.00%)	16(53.33%)	13(43.33%)
3	9(30.00%)	5(16.67%)	4(13.33%)
2	5(16.67%)	3(10.00%)	1(3.33%)
1	0(0%)	0(0%)	0(0%)

注: χ^2 检验, $P > 0.05$,无统计学差异。

讨 论

CT 引导下的经皮肺穿刺活检需对病灶及穿刺针的位置进行多次扫描定位,导致患者所受辐射剂量增加^[2,3]。在保证穿刺引导顺利完成的同时,尽可能的降低患者所受辐射剂量,是 CT 引导下穿刺术必须重视的问题^[4-6]。

1. 降低辐射剂量的方法

CT 扫描过程中,多种因素可改变患者所受辐射剂量。常用方法包括降低管电压、管电流、增加螺距等,其中降低管电压、管电流最为有效^[7]。迭代重建结合低管电压扫描技术能在获得较高图像质量的同时,进一步降低辐射剂量,但重建时间较长限制了该技术的应用。在穿刺术中,CT 主要作用是定位、设计进针路径和穿刺过程中穿刺针尖和病变关系的显示,并不需要高质量的影像作出诊断,所以在穿刺过程中可选

表 1 三组患者的一般资料比较

	A 组	B 组	C 组	F/ χ^2	P
性别(男/女)	18/12	17/13	18/12	0.092*	0.955
年龄(岁)	57.76 ± 14.87	57.63 ± 14.69	57.24 ± 14.22	0.013	0.987
BMI(kg/m ²)	60.42 ± 6.39	59.97 ± 6.53	61.13 ± 6.42	0.246	0.783

注: * 代表 χ^2 值。

表 3 三组患者的图像质量客观评价比较

指标	A 组	B 组	C 组	F	P
SNR	22.17 ± 14.21	38.48 ± 8.12 ^a	43.34 ± 7.82 ^a	33.638	0.000
CNR	20.58 ± 13.94	35.22 ± 8.11 ^a	41.67 ± 7.94 ^{ab}	32.54	0.000

注: 方差分析显示具有统计学差异时,两两间比较采用 LSD 检验,^a与 A 组相比, $P < 0.05$;^b与 B 组相比, $P < 0.05$ 。

表 4 三组患者的辐射剂量比较

指标	A 组	B 组	C 组	F	P
扫描长度(cm)	11.32 ± 2.94	10.75 ± 2.91	10.54 ± 2.87	0.583	0.560
DLP(mGy · cm)	126.01 ± 11.48	225.67 ± 16.24 ^a	586.74 ± 24.64 ^{ab}	5.27	0.000
ED(mSv)	1.76 ± 0.38	3.15 ± 0.72 ^a	7.43 ± 1.12 ^{ab}	408.224	0.000
mAs	106.45 ± 7.34	110.67 ± 8.97	206.54 ± 9.76 ^{ab}	125.7	0.000
ED _{标准化} (mSv)	0.34 ± 0.07	0.56 ± 0.11 ^a	1.26 ± 0.42 ^{ab}	110.17	0.000

注: 方差分析显示具有统计学差异时,两两间比较采用 LSD 检验,^a与 A 组相比, $P < 0.05$;^b与 B 组相比, $P < 0.05$ 。

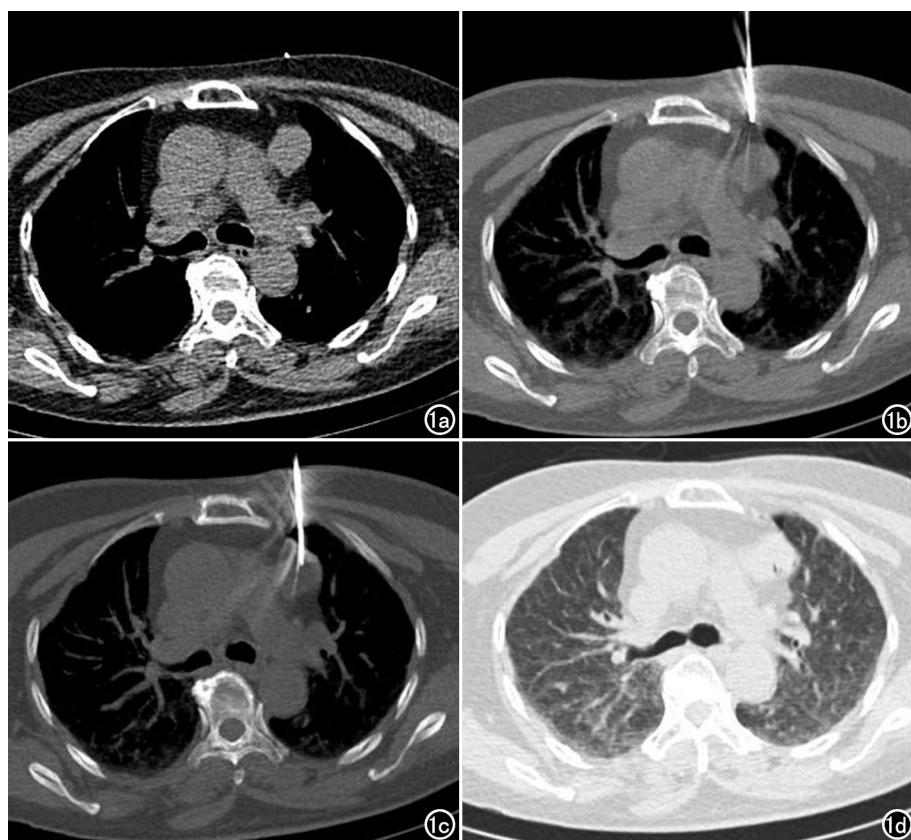


图 1 男,47岁,左前纵隔占位,采用80kV超低剂量扫描。a)患者穿刺点的设定;b)穿刺针至胸膜但未达到病变;c)穿刺针已到达病变内部,可行穿刺术;d)穿刺手术完成后CT扫描显示病变中心呈空洞样改变,左前纵隔旁胸腔内少量气胸。

择多种方法来降低辐射剂量^[8]。既往研究采用的扫描条件均不相同^[2,7-9]。本文中的A组患者采用较低的80 kV管电压,低于常规的110 kV,故称为“超低剂量”;B组采用110 kV管电压扫描方案;C组为常规的扫描方案。本文结果显示A、B组患者的辐射剂量均明显低于C组;A组的DLP、ED相对于B组分别降低约44.16%、44.13%,相对于C组分别降低约78.52%、76.31%。对于某些特殊部位的病变,需要反复扫描以达到精确定位。为消除扫描次数对辐射剂量的影响,本文对ED进行标准化计算,结果显示A组患者的ED_{标准化}显著低于B、C组,分别降低约39.29%、73.02%。ED_{标准化}降低百分比略低于ED,这可能与不同患者的扫描次数、扫描长度不同,而同一患者的多次扫描长度亦不完全相同有关。

2. 图像质量对穿刺活检的影响

胸部CT扫描时,扫描野内组织密度对比明显,具有良好的天然对比,穿刺活检针为高密度金属结构,扫描时具有极高的CT值,与胸壁软组织、肋骨及肺内病灶密度差异大,在影像上非常容易区分^[10]。利用窗宽、窗位调节技术,可以适当消除金属伪影。通过调整

窗宽、窗位可以观察和明确穿刺点、穿刺针和病变位置,保证穿刺术的顺利完成。另外,穿刺术中,通过观察之前的影像资料,可以确定病变位置和病变内实性成分的部位,能够避开穿刺路径中的重要结构,如裂胸膜、肺内大血管、病变内血管、病变周围及穿刺路径中的肺气囊和肺大泡,避免穿刺过程中出现气胸和肺出血^[11,12]。

本文三组图像质量的主观评分均在2分以上,均能达到穿刺需要的图像质量,且无统计学差异;但三组受检者的评分以3、4分为主且A组中2分的图像数明显多于B、C组,说明采用80 kV扫描时图像质量有所降低。A组的图像质量客观评价指标SNR、CNR明显低于B、C组。图像主、客观评价结果不同,可能原因是:主观评价关注的是穿刺点和穿刺针的位置,而穿刺点的设定和穿刺针均有金属成分,在CT扫描图像上显示明确,即使图像质量很差,通过调节窗宽和窗位,仍能清楚显示穿刺针,对穿刺过程的影响较低^[13];

而客观评价是通过测量图像的噪声、设定部分的CT值及标准差等客观指标来比较^[14]。适当的降低图像质量,能清楚显示病变位置、穿刺针进针路径和穿刺针尖与病变关系,从而满足穿刺要求^[15],本文的三组图像均满足该要求。

本研究存在一定的不足。①本文仅根据管电压将患者分为三组,管电流分组不够详尽,采用完善的扫描协议,同时降低管电压和管电流可进一步降低辐射剂量;②各组病例数较少,需进一步分组细化,区分病变位置,如上肺和下肺、外周和中心病灶;③三组患者均采用16层螺旋CT扫描仪,管电压及管电流的选择范围较少,多种管电压、管电流的组合方式有限;④本文仅关注穿刺定位的判断,没有进行穿刺并发症的分析统计,因CT引导下穿刺活检的并发症影响因素较多且发生率较低^[16]。

综上,超低辐射剂量CT扫描方案虽然会降低图像质量,但通过主观评价能够完成CT引导下的穿刺定位、路径选择和病变的观察,在实际工作中具有重要的临床应用价值。

参考文献:

- [1] Han Y, Kim HJ, Kong KA, et al. Diagnosis of small pulmonary lesions by transbronchial lung biopsy with radial endobronchial ultrasound and virtual bronchoscopic navigation versus CT-guided transthoracic needle biopsy: A systematic review and meta-analysis[J]. PLoS One, 2018, 13(1): e0191590.
- [2] 孙满意, 吴仕波, 王波. 低剂量扫描在 CT 引导下经皮肺穿刺活检术中的应用[J]. 现代实用医学, 2018, 30(12): 1638-1639.
- [3] 张波, 尹波, 孙华平, 等. 低剂量小范围 CT 引导下经皮肺穿刺活检小结节的临床应用[J]. 实用医学杂志, 2016, 32(21): 3589-3592.
- [4] Yamakawa H, Oda T, Baba T, et al. Pleuroparenchymal fibroelastosis with positive MPO-ANCA diagnosed with a CT-guided percutaneous needle biopsy[J]. BMJ Case Rep, 2018. pii: bcr-2017-223287. DOI: 10.1136/bcr-2017-223287.
- [5] 张秋丽, 毕然, 斯甜, 等. CT 引导经皮穿刺活检技术在肺部微结节诊断中的价值[J]. 放射学实践, 2015, 30(10): 1019-1022.
- [6] Lee HN, Lee SM, Choe J, et al. Diagnostic performance of CT-guided percutaneous transthoracic core needle biopsy using low tube voltage (100kVp): comparison with conventional tube voltage (120kVp) [J]. Acta Radiol, 2018, 59(4): 425-433.
- [7] 袁刚, 王江涛, 陈鹏. 低剂量 CT 引导经皮肺穿刺活检术联合肿瘤标志物对肺癌的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(11): 2102-2105.
- [8] Bhatt KM, Tandon YK, Graham R, et al. Electromagnetic navigational bronchoscopy versus CT-guided percutaneous sampling of peripheral indeterminate pulmonary nodules: a cohort study[J]. Radiology, 2018, 286(3): 1052-1061.
- [9] Fontaine-Delaruelle C, Souquet PJ, Gamondes D, et al. Predictive factors of complications during CT-guided transthoracic biopsy [J]. Rev Pneumol Clin, 2017, 73(2): 61-67.
- [10] De Roza MA, Quah KH, Tay CK, et al. Diagnosis of peripheral lung lesions via conventional flexible bronchoscopy with multiplanar CT planning[J]. Pulm Med, 2016, 2016: 5048961. Epub 2016 Nov 13.
- [11] 刘斌, 张洪, 李月川. 增强 CT 引导下经皮肺穿刺活检术的应用研究[J]. 天津医药, 2015, 43(4): 429-431.
- [12] Yang W, Sun W, Li Q, et al. Diagnostic accuracy of CT-guided transthoracic needle biopsy for solitary pulmonary nodules[J]. PLoS One, 2015, 10(6): e0131373.
- [13] Petranovic M, Gilman MD, Muniappan A, et al. Diagnostic yield of CT-guided percutaneous transthoracic needle biopsy for diagnosis of anterior mediastinal masses[J]. AJR, 2015, 205(4): 774-779.
- [14] Chami HA, Faraj W, Yehia ZA, et al. Predictors of pneumothorax after CT-guided transthoracic needle lung biopsy: the role of quantitative CT[J]. Clin Radiol, 2015, 70(12): 1382-1387.
- [15] 吴昊, 汪明全, 曾文兵, 等. 低剂量多层螺旋 CT 引导下经皮肺穿刺活检的应用研究[J]. 放射学实践, 2014, 29(11): 1334-1337.
- [16] Jiao DC, Li ZM, Yuan HF, et al. Flat detector C-arm CT-guidance system in performing percutaneous transthoracic needle biopsy of small ($\leq 3\text{cm}$) pulmonary lesions[J]. Acta Radiol, 2016, 57(6): 677-683.

(收稿日期: 2019-03-27 修回日期: 2019-06-20)

下期要目

新型冠状病毒肺炎(COVID-19)专题

孤立性肺结节良恶性预测模型的建立及验证

腰椎体模 X 线摄影距离对图像质量及辐射剂量的影响

能谱 CT 虚拟平扫评估肺纯磨玻璃结节的可行性研究
基于低辐射剂量全模型迭代 CTP 的颅脑侧支循环研究

ADC 灰度直方图鉴别中枢神经细胞瘤和室管膜瘤的价值

无先兆偏头痛脑灰质结构改变及认知功能下降的相关性研究

基于胸部 CT 影像组学的 Lung-RADS 3 类肺结节变化情况预测

扩散加权成像联合外周循环肿瘤细胞对食管鳞癌病理分级的预测价值

基于定量 CT 对不同性别、年龄人群血尿酸与腰椎骨密度的相关性分析