

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2018.04.010

低剂量螺旋 CT 扫描在肺癌高危人群筛查中的价值^{*}

游兴攀,官 彬[△],陈德全,沈国洪
(重庆市合川区人民医院放射科 401520)

[摘要] **目的** 探讨低剂量螺旋 CT(LDCT)扫描在肺癌高危人群筛查中的应用价值。**方法** 选择 2015 年 10 月至 2017 年 5 月运用 LDCT 扫描肺部者 1071 例(观察组)和常规剂量 CT 肺部扫描者 350 例(对照组),比较两组平均辐射 CT 剂量指数(CT-DI)、病灶发现率、诊断准确性等。**结果** 观察组平均辐射 CTDI 为(0.74±0.28)mSv;图像质量优秀率 95.42%;阳性检出率 43.60%(467/1071),病理证实为肺癌 13 例(1.21%)。对照组平均辐射剂量 CTDI 为(14.46±4.21)mSv;图像质量优秀率 98.85%;阳性检出率 45.14%(158/350),病理证实为肺癌 5 例(1.43%)。两组对象平均受照射剂量和图像质量比较差异有统计学意义($P<0.05$);阳性检出率和肺癌诊断率比较无统计学差异($P>0.05$)。**结论** LDCT 扫描图像质量好,能使受检者辐射剂量明显降低,不影响肺部病灶检出及肺癌发现率。

[关键词] 肺肿瘤;筛查;低剂量螺旋 CT;图像

[中图分类号] R814.42

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2018)04-0467-03

Value of low-dose spiral CT scanning in high-risk population screening of lung cancer^{*}

YOU Xinpan, GUAN Bin[△], CHEN Dequan, SHENG Guohong

(Department of Radiology, Hechuan District People's Hospital, Chongqing 401520, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the application value of low-dose spiral CT(LDCT) scanning in high-risk population screening of lung cancer. **Methods** A total of 1 071 cases of LDCT lung scanning(observation group) and 350 cases of conventional dose CT lung scanning dose(control group) from October 2015 to May 2017 were performed the comparison on mean irradiation dose, lesion occurrence rate and diagnostic accuracy. **Results** The computed tomographic dose index(CTDI) in the observation group was(0.74±0.28)mSv;the excellent image quality rate was 95.42%;the positive detection rate was 43.60%(467/1071);13 cases(1.21%)were confirmed as lung cancer by pathology. The average CTDI in the control group was(14.46±4.21)mSv;the excellent image quality rate was 98.85%;the positive detection rate was 45.14%(158/350);5 cases(1.43%) were confirmed as lung cancer by pathology. The average radiation dose and image quality showed statistically significant difference between the two groups ($P<0.05$),and the positive detection rate and diagnostic rate of lung cancer had no statistical difference between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** LDCT scan has good image quality,can significantly reduce the subject's irradiation dose without affecting the detection of lung lesions and lung cancer occurrence rate.

[Key words] lung cancer;screening;low dose spiral CT;image

肺癌发病率、死亡率均居我国恶性肿瘤的第一位^[1],早发现、早诊断、早治疗是提高疗效及生存率之关键。肺小结节的 X 线胸片漏诊率为 54%~90%^[2],多排螺旋 CT(multi-detector row helical CT, MDCT)虽具有很高的发现率及定性诊断价值,但辐射剂量较大而很少用于大规模人群普查。20 世纪 90 年代以来胸部低剂量螺旋 CT(low-dose spiral CT, LDCT)扫描技术因辐射剂量降低、诊断少受影响而逐渐用于肺癌筛查,有望提高肺癌的诊疗水平及改善预后。现将本院 1 071 例应用 LDCT 进行肺部筛查的结果分析、总结如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2015 年 10 月至 2017 年 5 月本院健康体检中心因符合肺癌高危人群的标准而进行胸部 LDCT 筛查的 1 071 例受检者(观察组),其中男 541 例,女 530 例;年龄 30~90 岁,平均(54.80±13.00)岁。对照组为曾经进行过常规剂量 CT 胸部扫描检查者 350 例,其中男 187 例,女 163 例;年龄 31~87 岁,平均(52.40±14.00)岁。LDCT 筛查前均签署知情同意书,并填写包括年龄、性别和吸烟年限(如已戒烟则填写戒烟年限和既往吸烟情况)等基本信息。根据 2015 年中华医学会放射学分会心胸学组在《中华放射学杂志》上发表的

LDCT 肺癌筛查专家共识^[3],制订本研究肺癌高危人群要求:(1)年龄在 50 岁以上。(2)年龄大于 45 岁,长期吸烟,吸烟数大于或等于 20 包/年(400 支/年);吸二手烟大于或等于 20 年;或吸烟大于或等于 400 支/年、戒烟大于或等于 15 年。(3)有多吸烟史,并咳嗽、咳痰,或咯血病状者,年龄放宽至 30 岁。(4)长期工作在密闭的环境中,长期接触粉尘颗粒较多的环境中。排除标准:体质量大于 130 kg;5 年内有恶性肿瘤病史。实施前已报请本院伦理委员会审查、批准。

1.2 方法

1.2.1 设备与检查方法 飞利浦 Brilliance 256 层 iCT,星云工作站,华海医学影像存档与通信系统(picture archiving and communication systems, PACS)系统存储,医用巨鲨 3M 专业显示器阅片。观察组 LDCT 扫描参数:管电压 120 kV,管电流根据男女性别、体质量适当增减为 20~40 mAs;随访者基线 LDCT 复查用同样 CT 扫描参数。对照组常规 CT 扫描参数:管电压 120 kV,管电流 200~380 mAs。探测器组合:16×1.50 mm+16×0.75 mm,球管旋转时间 0.50 s,螺距 0.813;扫描采样时间小于或等于 10 s,呼吸时相为深吸气末。容积扫描,薄层后处理重建。采用标准算法重建图像,重建矩阵 512×

^{*} 基金项目:重庆市合川区科委科技计划项目(合川-2015-39)。
[△] 通信作者, E-mail:guanbin736261@163.com。

作者简介:游兴攀(1975—),副主任医师,本科,主要从事医学影像诊断研究。

512,层厚 5.00 mm,间距 5.00 mm,重建层厚 0.80~1.00 mm,间隔 0.40 mm。图像传入 PACS 内存档。在工作站医用专业显示器上观察 CT 图像,并进行横、矢、冠状位重建,发现病灶行多平面重组(multiplanar reconstruction,MPR)、曲面重建(curved planar reconstruction,CPR)、最大密度重建(maximal intensity projection,MIP)等图像后处理。

1.2.2 影像学评估 两位有经验的胸部放射诊断医师(副主任医师及以上)进行诊断标准一致性训练后在医用显示器上阅片。记录病灶所在部位、大小、密度、钙化、形状、边缘、支气管征、血管聚集征、胸膜凹陷征等征象,标注结节所在图层编号。同时观察支气管壁有无结节、管壁是否增厚及管腔是否狭窄。

1.2.3 评价标准 (1)图像质量评价标准:无伪影为优秀;有少量伪影,不影响观察病灶为良好;出现明显伪影,干扰对病灶的观察为不佳。(2)肺结节分析:根据密度分为实性结节、部分实性部分磨玻璃结节和磨玻璃结节。将结节的分叶、毛刺、棘状突起、空泡、支气管征、血管聚集征、胸膜凹陷征、密度不均匀、磨玻璃结节等细节征象设定为危险因素。①偏良性结节,直径小于或等于 8.00 mm;年龄小于 40 岁;边缘光滑,中心性钙化。②偏恶性结节,直径大于或等于 8.00 mm;年龄 40~65 岁;吸烟大于或等于 400 支/年;吸二手烟大于或等于 20 年;吸烟大于或等于 400 支/年,戒烟大于或等于 15 年;边缘不光整,有毛刺、分叶、空泡、血管聚集通入,胸膜牵拉凹陷等危险征象,实性结节或混杂性结节、磨玻璃结节。(3)比较两组对象平均辐射 CT 剂量(CTDI)和平均剂量长度乘积(DLP)。

1.2.4 对疑似肺癌小结节建立随访档案和计划 根据 Fleischner 学会的推荐,对疑是肺癌小结节,使用基线 LDCT 进行随访复查,随访时间根据结节的大小和密度而定。(1)具有 1 个以上肺癌危险因素的肺小结节的随访计划:①<5.00 mm 实性结节或小于 8.00 mm 非实性结节或混杂磨玻璃影或小于 10.00 mm 的单纯磨玻璃影,每隔 1 年随访 1 次;②5.00~14.00 mm 实性或部分实性结节及 8.00~14.00 mm 非实性结节或纯磨玻璃结节,每隔 3 月随访 1 次;③≥15.00 mm 肺内结

节,无论实性或非实性,间隔 1 个月进行基线 LDCT 复查,若无变化,则由副高级以上职称放射科医师判断是否进入临床干预,若结节部分吸收则间隔 3 个月再行复查。(2)基线 LDCT 复查:比基线直径增大 15%,原纯磨玻璃影密度增加或出现实性成分或原混杂密度结节中实性成分增多,均提示结节生长。

1.3 统计学处理 数据采用 SSPS19.0 统计软件进行分析,计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 检验和确切概率法进行分析,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组对象扫描图像及结果比较 观察组 LDCT 图像质量除部分稍胖者图像噪声有所增大,但获得的影像信息和图像质量经过重建后处理,完全能满足影像诊断要求。两组对象 CT 扫描图像质量对肺部病灶的显示率比较,差异有统计学意义($\chi^2=6.86,P<0.05$),见表 1。

2.2 两组对象病灶检出情况比较 观察组检出病灶阳性率为 43.60%(467/1 071),发现肺部病变 561 个,其中 149 个肺结节中疑似恶性结节 35 个,为重点随访对象,占受检总数的 3.27%(35/1 071);偏良性结节 114 个,病理证实为肺癌 13 例,I a 期 12 例、Ⅲ a 期 1 例,肺癌发现率 1.21%(13/1 071)。对照组检出病灶阳性率为 45.14%(158/350),发现肺部病变 168 个,其中 43 个结节中疑似恶性结节 11 个,占受检总数的 3.14%(11/350),其中肺癌 5 例,占有受检者的 1.43%(5/350)。两组对象其他病灶情况(A:肺结节;B:炎性病灶;C:陈旧性结核、钙化、纤维化、胸膜增厚;D:慢支炎、肺气肿、肺大泡;E:纵隔淋巴结;F:纵膈结节;G:阴性)检出比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 2。

表 1 两组对象扫描图像及结果比较[n(%)]

组别	优秀	良好	不佳	检出结节	χ^2	P
观察组	1 022(95.42)	46(4.95)	3(0.28)	149(13.91)	6.86	<0.05
对照组	346(98.85)	4(1.14)	0	43(12.28)		

表 2 两组对象筛查检出病灶情况比较[个(%)]

组别	n	A	B	C	D	E	F	G
观察组	1 071	149(13.91)	95(8.87)	178(16.62)	132(12.32)	6(0.56)	1(0.09)	604(56.39)
对照组	350	43(12.29)	26(7.43)	59(16.86)	39(11.14)	1(0.28)	0	192(54.86)

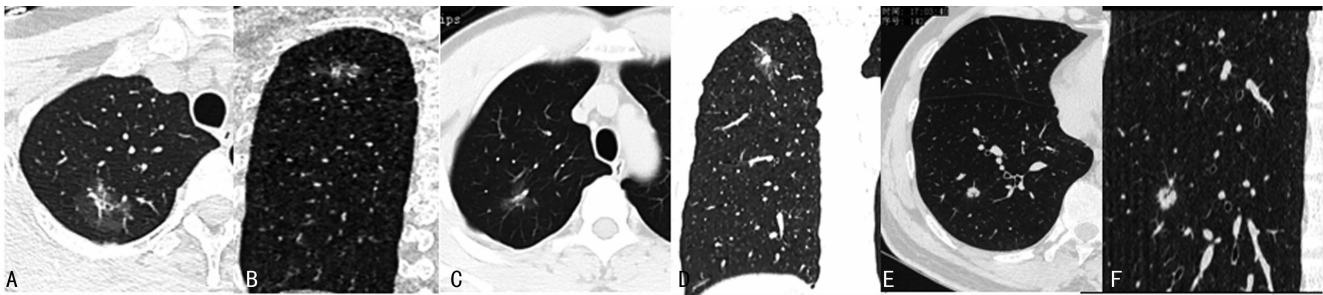
表 3 随访病例及手术病例的影像征象比较[n(%)]

征象	随访偏恶性肺结节		其中手术肺结节	
	观察组(n=35)	对照组(n=11)	观察组(n=13)	对照组(n=5)
分叶征	14(40.00)	4(36.36)	6(46.15)	2(40.00)
毛刺征	13(37.14)	3(27.27)	7(53.85)	3(60.00)
空泡征	19(54.28)	6(54.54)	9(69.23)	3(60.00)
支气管通入	13(37.14)	2(18.18)	7(53.85)	2(40.00)
血管聚集或进入结节	30(85.71)	4(36.36)	11(84.62)	5(100.00)
胸膜牵拉凹陷征	11(31.42)	4(36.36)	6(46.15)	4(80.00)

2.3 两组对象肺内结节及影像征象比较 观察组 LDCT 扫描检出结节直径为 3.50~32.50 mm;对照组检出结节直径为 3.00~35.00 mm。观察组随访的 35 个高危病例有实性结节 19 例(54.28%),全磨玻璃结节 7 例(20.00%),中央实性周围磨玻璃结节 9 例(25.71%);对照组随访的 11 例高危病例有实性结节 6 例(54.54%),全磨玻璃结节 2 例(18.18%),中央实性周围磨玻璃结节 3 例(27.27%)。两组对象结节病灶的影像

征象比较,见表 3。

2.4 两组对象检出结节随访及性质情况 观察组中 35 个偏疑似恶性结节随访 3~9 个月,有 4 例结节随访 3~6 月基线 LDCT 复查病灶基本吸收,其中 1 例为部分磨玻璃结节,均考虑为炎性。随访 1~3 个月后有 16 例取得病理检查结果,其中 3 例经皮肺穿刺活检(2 例病理为炎性,1 例为腺癌);13 例行胸腔镜微创手术切除,最小肺结节 6.50 mm×7.50 mm,最大 23.00 mm×32.50 mm,



A、C、E:横轴位;B、D、F:冠状位

图 1 典型早期肺癌病例 LDCT 图像

病理诊断 1 例为炎性结节,12 例为浸润性腺癌,其中 1 例为左肺下叶腺癌,含黏液腺癌成分,T_{2a}N₂M₀Ⅲa 期,其余均为浸润性腺癌,T_{1a}N₀M₀Ⅰa 期;其余 15 例仍在随访中。病理确诊的 13 例肺癌患者,占有受检者的 1.21%(13/1 071),其中全磨玻璃结节 3 例(23.07%),中央实性周围磨玻璃结节 5 例(38.46%),实性结节 5 例(38.46%)。对照组 11 例随访 1~3 个月,有 5 例行胸腔镜微创手术切除,占有受检者的 1.43%(5/350),病理证实均为浸润性腺癌,3 例 T_{1a}N₀M₀Ⅰa 期,2 例 T_{1b}N₀M₀Ⅰb 期。

2.5 典型病例 LDCT 图像 患者 1,女,53 岁,被动吸烟 30 年,右肺上叶尖段 20.00 mm×27.00 mm 磨玻璃病灶,中央少许实性,见空泡征(图 1A、B),手术病理:浸润性腺癌(T_{1b}N₀M₀)。患者 2,男,52 岁,吸烟,右肺上叶尖段中央实性周围磨玻璃结节,实性部分 8.70 mm×6.50 mm,周围磨玻璃 19.00 mm×19.60 mm×32.40 mm,边缘不规则,血管聚集增粗穿过(图 1C、D),病理:微小浸润性腺癌(T_{1a}N₀M₀)。患者 3,男,36 岁,右肺下叶后基底段实性结节,6.50 mm×9.60 mm,见分叶、毛刺、空泡、支气管通入,血管聚集通入征象(图 1E、F),手术病理:微小浸润性腺癌(T_{1a}N₀M₀)。

2.6 两组对象辐射剂量比较 对照组单次扫描的平均 DLP 为(1 033±135)mGy/cm,平均辐射 CTDI 为(14.46±4.21)mSv;观察组单次扫描的平均 DLP 为(52.82±20)mGy/cm,平均辐射剂量 CTDI 为(0.74±0.28)mSv,两组对象辐射剂量比较差异有统计学意义($P<0.01$),见表 4。

表 4 两组对象辐射剂量比较

组别	平均 DLP(mGy/cm)	平均辐射剂量(mSv)
对照组	1 033.00±135.00	14.46±4.21
观察组	52.82±20.00 ^a	0.74±0.28 ^a

^a: $P<0.01$,与对照组比较

3 讨 论

因就医习惯和体检意识不强,我国 80% 以上肺癌患者往往在有明显的症状才去医院就诊,5 年生存率仍不足 15%^[4]。国际早期肺癌行动计划结果表明,Ⅰ期肺癌 10 年总体生存率达 88%,Ⅰ期肺癌根治术后之 10 年生存率高达 92%^[5],早诊早治是降低肺癌病死率的关键所在。2011 年美国国家综合癌症网络(National Comprehensive Cancer Network,NCCN)率先发布了肺癌筛查指南推荐在高危人群中采用 LDCT 进行肺癌筛查^[6]。采用 LDCT 能检出直径小于 1 cm 的小肺癌,其中早期肺癌高达 80%,并且 80%~90% 可通过微创手术根治,术后也不进行放疗和化疗,可使肺癌死亡率下降至 20%^[7]。因此,LDCT 筛查有助于肺癌的早期发现、早期诊断和治疗,从而提高肺癌患者的生存率。

尽可能减少 CT 辐射剂量一直是 LDCT 筛查的研究重点

和热点。本文观察组使用管电压 120 kV,管电流 20 mAs,平均辐射 CTDI 为(0.74±0.28)mSv,对照组平均辐射 CTDI 为(14.46±4.21)mSv,两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。以往研究表明,30~50 mAs 是最合适的低剂量,可显示 2.5 mm 以上的低密度结节,可为筛查肺部小病灶提供科学安全的技术支持^[4,8]。国内张军等^[9]16 层螺旋 CT 肺部筛查可低至 10~20 mAs,而辐射剂量较常规 CT 剂量降低 75%~90%,与本研究结果类似。并且本研究显示采用常规剂量扫描和低剂量扫描对肺部病灶的显示率比较差异无统计学意义($P>0.05$),LDCT 图像质量完全能满足诊断需要。

LDCT 能发现 2.5 mm 以上结节灶,判断结节灶性质需要依据结节的大小和影像形态学特征^[4];本研究中通过 LDCT 扫描后 1.00 mm 薄层重建结合 MPR、CPR、MIP 等多种后处理技术,能清晰显示小病灶的细微征象。LDCT 检出的肺癌具有体积小、影像表现多样的特点^[10],病灶的形态(分叶、毛刺、棘状突起、血管聚集征、胸膜凹陷征)和密度(空泡、支气管征、磨玻璃/实性结节)分析是定性诊断的重要依据。本研究发现肺小结节具有血管聚集或血管通入结节内征象最多,其后依次是空泡征、毛刺征、支气管通入征、分叶征和胸膜牵拉凹陷征。磨玻璃结节尤其是完全磨玻璃结节和部分实性磨玻璃结节的恶性发病率高,主要是原位腺癌或微浸润性腺癌,如果完全切除 5 年无病生存率达 100%^[7]。本研究组 13 例手术病例中有 3 例全磨玻璃结节,5 例中央实性周围磨玻璃结节,术后均病理证实为微腺癌,占本组 1 071 个筛查者中的 1.21%,与国内外报道 LDCT 的肺癌检出率为 0.2%~2.2%^[11-12]类似。LDCT 筛查出的结节病灶,应建立随访档案,观察结节体积、形态和密度的变化,以减少假阳性率及过度诊断问题^[13-14]。美国国立肺癌筛查研究(NLST)数据显示,LDCT 筛查后随访或经有创检查后,96% 的结节为假阳性^[12]。因此需有专科医师进行鉴别诊断或制订随访策略,对高度可疑肺癌病例立即建议临床医师会诊干预,降低因随访而带来的额外花费、射线暴露,使患者得到及时有效的治疗^[15]。

本研究样本较小,影响其准确性,并且如何提高 LDCT 筛查的准确率、降低假阳性率;如何根据结节的形态学特征判断其性质等,都有待于随机大样本的研究证实。

综上所述,LDCT 能有效降低肺部 CT 筛查的辐射剂量,并且图像质量满足诊断要求,并不影响肺内病变及早期肺癌的检出,值得推广成为胸部健康体检和筛查早期肺癌的首选影像学检查方法。

参考文献

[1] 陈万青,郑荣寿,张思维,等. 2013 年中国恶性肿瘤发病和死亡分析[J]中国肿瘤,2017,26(1):1-7.
[2] 苏士成,蔡敏,屠建春,等. 低剂量 CT 对(下转第 472 页)

标记为 SN 的检测方法,对 EGC 患者淋巴结转移进行预测,从而为后续缩小淋巴结清扫术的开展提供理论和实践基础。

参考文献

- [1] ASSOCIATION J G. Japanese classification of gastric carcinoma-2nd english edition[J]. *Gastric Cancer*, 2011, 14(2):101-112.
- [2] KITAGAWA Y, FUJII H, MUKAI M, et al. The role of the sentinel lymph node in gastrointestinal cancer[J]. *Surg Clin North Am*, 2000, 80(6):1799-1809.
- [3] YANAGITA S, UENOSONO Y, ARIGAMI T, et al. The clinical usefulness of the intraoperative detection of sentinel lymph node metastases by a rapid RT-PCR system in patients with gastric cancer[J]. *Cancer*, 2016, 122(3):386-392.
- [4] EMMETT M S, SYMONDS K E, RIGBY H, et al. Prediction of melanoma metastasis by the Shields index based on lymphatic vessel density[J]. *BMC Cancer*, 2010, 10(1):1-8.
- [5] KAZUYOSHI S, YAMAMOTO S, TANGOKU A, et al. Breast sentinel lymph node navigation with three-dimensional interstitial multidetector-row computed tomographic lymphography[J]. *Invest Radiol*, 2005, 40(6):336-342.
- [6] KAMIYA S, TAKEUCHI H, NAKAHARA T, et al. Auxiliary diagnosis of lymph node metastasis in early gastric cancer using quantitative evaluation of sentinel node radioactivity[J]. *Gastric Cancer*, 2016, 19(4):1080-1087.
- [7] MIYASHIRO I, HIRATSUKA M, KISHI K, et al. Intraoperative diagnosis using sentinel node biopsy with indocyanine green dye in gastric cancer surgery: an institutional trial by experienced surgeons[J]. *Ann Surg Oncol*,

2013, 20(2):542-546.

- [8] YAGUCHI Y, ICHIKURA T, ONO S, et al. How should tracers be injected to detect for sentinel nodes in gastric cancer--submucosally from inside or subserosally from outside of the stomach? [J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2008, 27(79):1-5.
- [9] LEE J H, RYU K W, KIM C G, et al. Comparative study of the subserosal versus submucosal dye injection method for sentinel node biopsy in gastric cancer[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2005, 31(9):965-968.
- [10] RABIN I, CHIKMAN B, LAVY R, et al. The accuracy of sentinel node mapping according to T stage in patients with gastric cancer[J]. *Gastric Cancer*, 2010, 13(1):30-35.
- [11] LIU N Q, NIU Z C, NIU W, et al. Intraoperative sentinel lymph node mapping guides laparoscopic-assisted distal gastrectomy for distal gastric cancer[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(4):5760-5766.
- [12] MIYASHIRO I, HIRATSUKA M, SASAKO M, et al. High false-negative proportion of intraoperative histological examination as a serious problem for clinical application of sentinel node biopsy for early gastric cancer: final results of the Japan Clinical Oncology Group multicenter trial JCOG0302 [J]. *Gastric Cancer*, 2014, 17(2):316-323.
- [13] LEE J H, RYU K W, NAM B H, et al. Factors associated with detection failure and false-negative sentinel node biopsy findings in gastric cancer: results of prospective single center trials[J]. *J Surg Oncol*, 2009, 99(3):137-142.

(收稿日期:2017-07-09 修回日期:2017-09-18)

(上接第 469 页)

- 肺癌早期筛查的研究[J]. *临床肺科杂志*, 2012, 17(12):2227-2229.
- [3] 中华医学会放射学分会心胸学组. 低剂量螺旋 CT 肺癌筛查专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(5):328-335.
- [4] 叶剑定. 低剂量 CT 在早期肺癌筛查中的意义[J]. *上海医药*, 2013, 34(10):12-14.
- [5] HENSCHKE C I, BOFFETTA P, GORLOVAD O, et al. Assessment of lung-cancer mortality reduction from CT Screening[J]. *Lung Cancer*, 2011, 71(3):328-332.
- [6] 周莹, 刘士远. 美国国立综合癌症网肺癌筛查指南解读(2012)[J]. *肿瘤影像学*, 2013, 22(4):331-335.
- [7] ABERLE D R, ADAMS A M, BERG C D, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomography screening[J]. *N Engl J Med*, 2011, 365(5):395-409.
- [8] 江一峰, 叶剑定, 陈群慧, 等. 多层螺旋 CT 低剂量扫描筛查及定性诊断肺微小结节的临床应用[J]. *诊断学理论与实践*, 2010, 9(2):141-145.
- [9] 张军, 肖湘生, 刘士远, 等. 16 层 CT 肺部筛查低剂量技术研究[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2006, 12(3):175-178.

- [10] 王建卫, 吴宁, 唐威, 等. 低剂量 CT 肺癌筛查检出肺癌的影像特征[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(5):336-339.
- [11] BACH P B, MIRKIN J N, OLIVER T K, et al. Benefits and harms of CT screening for lung cancer: a systematic review[J]. *JAMA*, 2012, 307(22):2418-2429.
- [12] 唐威, 吴宁, 黄遥, 等. 4 690 例无症状健康体检者低剂量 CT 早期肺癌筛查研究[J]. *中华肿瘤杂志*, 2014, 36(7):549-554.
- [13] FIELD J K, SMITH R A, ABERLE D R, et al. International association for the study of lung cancer computed tomography screening workshop 2011 report[J]. *J Thorac Oncol*, 2012, 7(1):10-19.
- [14] CHRISTE A, SZUCS-FARKAS Z, HUBER A, et al. Optimal dose levels in screening chest CT for unimpaired detection and volumetry of lung nodules, with and without computer-assisted detection at minimal patient radiation[J]. *PLoS One*, 2013, 8(12):e82919.
- [15] 罗晓阳, 刘权, 王升平, 等. 基于社区的早期肺癌低剂量螺旋 CT 扫描筛查上海实践初探[J]. *中国癌症杂志*, 2016, 26(12):996-1003.

(收稿日期:2017-06-18 修回日期:2017-10-26)