

低剂量 CT 在肺癌筛查中的应用研究

毕金玲, 盛茂, 丁露, 黄勇

安徽省合肥市第二人民医院广德路院区肿瘤科, 安徽 合肥 230011

摘要: **目的** 探讨肺部结节随访时低剂量 CT 较常规 CT 在肺癌筛查中的价值。**方法** 21 名测试者分别行低剂量 CT 和常规 CT 检查, 所有测试者的检测图像分别由 5 名专业医师进行独立评估。**结果** 低剂量 CT 和常规 CT 对肺癌的筛查无显著差异。结节病变检出率一致性接近 82% ($P < 0.001$), 病变确诊率一致性超过 96% ($P < 0.001$)。低剂量 CT 的肺部辐射剂量范围为 1.5 ~ 3.6 mSv, 仅为常规 CT 肺部辐射剂量的 1/6 左右。**结论** 在肺部结节随访中, 低剂量 CT 能够作为常规 CT 的有效替代方式, 并可减少诊疗过程中的辐射剂量。

关键词: 肺癌; 低剂量 CT; 结节

中图分类号: R814.42 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2018)04-0327-04

Application of low-dose CT in lung cancer screening

BI Jinling, SHENG Mao, DING Lu, HUANG Yong

Department of Oncology, Guangde Road, Hefei Second People's Hospital, Hefei 230011 China.

Abstract: **Objective** To explore the value of pulmonary nodules in low-dose CT and follow-up standard diagnostic CT for lung cancer screening. **Methods** A total of 21 subjects who have been screened for lung cancer by low-dose CT and follow-up standard diagnostic CT were randomly selected. Both CT image sets for all subjects were independently evaluated by five specialized physicians. **Results** There were no significant differences between low-dose CT screening and follow-up standard diagnostic CT for lung cancer screening. The concordance rate for the diagnoses of nodule disease was approximately 82% ($P < 0.001$) for all categories. Agreement of the evaluation of all categories in the final diagnosis exceeded 96% ($P < 0.001$). With low-dose CT, the effective dose ranged from 1.5 to 3.6 mSv, whereas in the follow-up diagnostic CT, the effective dose ranged from 8.7 to 15.2 mSv. **Conclusion** Low-dose CT can be effectively used as an alternative to standard-dose CT in order to reduce the radiation dose, in the follow-up of pulmonary nodules.

Key words: Lung Cancer; Low-Dose CT; Nodule

肺癌是最常见的恶性肿瘤之一, 目前国内开展常规应用 CT 进行肺癌筛查工作。已有多项研究指出 CT 是检测小肺癌的理想方式, 相比较 X 射线, 经 CT 诊断肺癌并给予及时医疗干预后生存率显著升高^[1-5]。但是肺部小结节的诊断很难确定, 同时考虑到肿瘤的倍增时间, 因此需要对肺部小结节进行定期随访监测。研究指出, 超过 70% 的患者需要定期随访 CT 检查^[6]。但是常规 CT 对人体辐射剂量大, 因此在不影响病变检出的敏感性和特异性的前提下, 选择最佳肺部 CT 扫描方案来降低辐射剂量越来越受到重视。在 2010 年的肺癌筛查研究 (NLST) 发现, 对比 X 射线, 低剂量 CT 对于高龄吸烟的高风险群体的肺癌筛查具有优势, 死亡率降低 20%^[7]。本研究旨在对比低剂量 CT

和常规 CT 图像质量和辐射剂量, 进而评估低剂量 CT 在肺癌筛查中的价值。

1 材料和方法

1.1 一般资料 选取我院 2015 年 3 月 - 2016 年 7 月 CT 平扫提示肺部结节的 21 名患者 (平均年龄 62.2 岁, 47 ~ 80 岁), 男性 11 名 (平均年龄 60.3 岁, 49 ~ 80 岁), 女性 10 名 (平均年龄 55.3 岁, 47 ~ 66 岁)。21 名患者分别行低剂量 CT, 1 个月后再行常规 CT 检查, 获取的图像资料建立数据库, 均随访 4 个月, 扫描结果由 5 名具有 10 年以上放射科工作经验的医师判读。

1.2 CT 扫描方法 所有 CT 检查均采用多排螺旋 CT (MDCT) 扫描, 低剂量 CT 技术参数为: 120 kV, 30 ~

基金项目: 合肥市卫生计生委 2017 年应用医学研究项目 (hwk2017zd010)

作者简介: 毕金玲 (1984 -), 女, 安徽合肥人, 在读博士, 主治医师, 从事肿瘤放疗工作。

通讯作者: 黄勇, E-mail: hy670716@163.com

50 mA, 探头厚度 1 mm, X 射线管转速 0.75 s, 准直器宽 1 mm × 16 mm, 屏气周期中螺旋因子 1.438 mm, 重建层厚 3 mm, 断层间隔 3 mm。常规 CT 技术参数为: 120 kV, 150 mA, 探头厚度 1 mm, X 射线管转速 0.75 s, 准直器宽 1 mm × 16 mm, 屏气周期中螺旋因子 1.188 mm, 重建层厚 1 mm, 断层间隔 1 mm。低剂量 CT 和常规 CT 均采用正面扫描图。低剂量 CT 和常规 CT 扫描与重建信息见于表 1。

表 1 MDCT 扫描和图像重建参数

	低剂量 CT	常规 CT
探头数量	16	16
kV	120	120
mA	30 ~ 50	150
秒/转速	0.75	0.75
螺旋因子	1.438	1.188
准直器宽	1 mm × 16	1 mm × 16
重建厚度		
层厚(mm)	3	1
断层间距(mm)	3	1
肺野	1 600/-600	1 600/-600
纵隔	400/35	400/35
功能	FC52	FC53

1.3 评判标准 低剂量 CT 和常规 CT 所获取的图像分别由 5 名专业医师进行评估判读, 图像 CT 值在 1 600 ~ 600 HU 之间。评判标准为恶性肿瘤相关指标, 包括病灶大小 ($S < 5$, $5 \leq S < 10$, $10 \leq S < 20$, $S \geq 20$), 典型肿瘤形态(实质性结节, 磨玻璃样变(GGO)和实质性结节混合状态, 纯 GGO 以及空洞), 钙化形式(存在钙化, 可能存在, 不存在), 界限分类(不规则伴有毛刺征, 较不规则伴轻度毛刺征, 较光滑, 光滑), 胸膜征以及空气支气管征(存在, 可能存在, 不存在)。低剂量 CT 和常规 CT 的综合诊断结果评分如下: 1 分, 建议每年例行低剂量 CT 随访; 2 分, 考虑非癌性病灶建议在同一医院行 CT 随访; 3 分, 肺癌可疑; 4 分, 高度怀疑肺癌。

1.4 剂量估算方法 低剂量 CT 和常规 CT 的组织剂量和有效辐射剂量经由 WAZA - ARI, ImPACT 和 CT - EXPO v1.7.1 电子计算测定软件进行评估。在 WAZA - ARI 软件中剂量估算采用日本体素模型计算。运用粒子和重离子传输系统进行蒙特卡罗模拟计算。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 19.0 统计软件进行分析, 连续变量表示为均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 的形式, 计数资料采用百分比表示, 率的比较采用卡方检验。 $P <$

0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 低剂量 CT 和常规 CT 对肺癌的检出情况 21 名测试者中, 3 名诊断为恶性结节(男性 2 名, 女性 1 名, 平均年龄 55.2 岁), 19 名诊断为良性或良性可能结节(男性 9 名, 女性 9 名, 平均年龄 62.3 岁)。恶性结节直径平均值为 15.2 mm (14 ~ 17 mm), 良性和良性可能的结节直径平均值为 6.5 mm (4 ~ 15 mm)。恶性结节直径平均值大于良性结节直径平均值, 见表 2。

2.2 低剂量 CT 和常规 CT 对结节诊断一致性比较

5 名专业医师分别对 21 名测试者在低剂量 CT 和常规 CT 检查中发现的 37 枚结节进行独立分析。依据评判标准, 低剂量 CT 和常规 CT 在肺癌筛查中无显著差异。结节病变检出率一致性接近 82% ($P < 0.001$), 病变确诊率一致性超过 96% ($P < 0.001$), 见表 3。结节的评估结果与最终的诊断相一致。所有医师诊断 3 名测试者中的 4 枚结节均为恶性, 包括肺腺癌伴空洞形成, 肺腺癌胸膜转移以及 1 例细支气管肺泡癌(图 1)。2 名患者确诊时可予以手术治疗, 1 名患者确诊时无手术适应症。

2.3 低剂量 CT 和常规 CT 辐射剂量估算 通过 WAZA - ARI 软件计算自动曝光控制(AEC)环境下脏器的辐射剂量。经 WAZA - ARI、ImPACT 和 CT - EXPO 测定肺部 CT 辐射剂量进而获取容积 CT 剂量指数(CTDIvol), 见于表 4。30 mA 低剂量 CT 分别对于 3 名男性测试者和 3 名女性测试者进行检测, 其平均剂量长度乘积(DLP)为 59.8 mGy · cm, 50 mA 低剂量 CT 分别对于 8 名男性测试者和 7 名女性测试者进行检测, 其平均 DLP 为 99.7 mGy · cm。经 WAZA - ARI 计算, 低剂量 CT 对于肺部检测的剂量范围为 2.7 ~ 5.2 mGy, 而有效剂量范围为 1.5 ~ 2.8 mSv, 常规 CT 对于肺部检测的剂量范围为 15.1 ~ 25.2 mGy, 而有效剂量范围为 9.4 ~ 13.8 mSv(国际放射防护委员会(ICRP)103)。经 ImPACT 计算, 低剂量 CT 肺部检测剂量为 5.8 mGy, 而有效剂量为 3.4 mSv(ICRP130), 常规 CT 肺部检测剂量为 23 mGy, 而有效剂量为 14.0 mSv(ICRP103)。经 CT - EXPO 计算, 低剂量 CT 肺部检测剂量为 5.3 mGy, 而有效剂量为 2.8 ~ 3.3 mSv, 常规 CT 肺部检测剂量为 21 ~ 21.2 mGy, 而有效剂量为 11 ~ 13 mSv(ICRP60)。

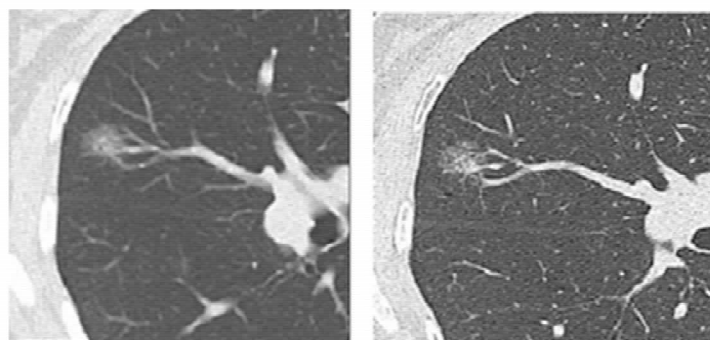
表 2 低剂量 CT 和常规 CT 肺癌诊断数据信息

编号	年龄	性别	结节数量	结节直径	结节直径	诊断
				(低剂量 CT, mm)	(常规 CT, mm)	
1	57	M	1	15	15	恶性(腺癌, GGO 伴多发囊性病灶)
2	46	M	1	14	14	恶性(腺癌胸膜转移, 实质性结节伴毛刺征)
3	60	F	2	16 ~ 17	16 ~ 17	恶性(细支气管肺泡癌)
4	66	F	7	4 ~ 7	4 ~ 7	良性
5	70	M	3	6	6	良性
6	60	M	4	3 ~ 8	4 ~ 8	良性
7	61	F	1	6	6	良性
8	59	F	4	4 ~ 7	4 ~ 8	良性可能
9	82	M	2	14 ~ 17	13 ~ 15	良性
10	53	F	1	12	10	良性可能
11	65	F	1	11	10	良性
12	47	F	1	6	5	良性
13	77	M	1	9	8	良性
14	60	M	2	4 ~ 7	4 ~ 8	良性
15	59	F	2	4 ~ 7	4 ~ 6	良性
16	61	F	1	7	7	良性
17	49	M	1	6	8	良性
18	64	M	1	9	8	良性
19	57	F	1	9	9	良性可能
20	52	M	3	4 ~ 6	4 ~ 6	良性
21	55	M	1	8	9	良性

注:低剂量 CT 和常规 CT 的组织剂量和有效剂量经由 WAZA - ARI, ImPACT 和 CT - EXPO v1.7.1 电子计算测定软件进行评估。剂量计算采用体素体模利于蒙特卡罗运算体系的运作。

表 3 低剂量 CT 和常规 CT 诊断病变一致性对比

指标	评估者					一致性	P 值
	A	B	C	D	E		
结节(mm)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	<0.001
形态	92%	84%	78%	73%	84%	82%	<0.001
钙化	100%	100%	100%	100%	95%	99%	<0.001
界限	95%	95%	76%	95%	84%	89%	<0.001
毛刺征	84%	95%	97%	76%	97%	90%	<0.001
胸膜征	92%	84%	95%	73%	89%	87%	<0.001
空气支气管征	86%	73%	84%	100%	70%	83%	<0.001
确诊	97%	97%	95%	84%	95%	94%	<0.001



注:右肺中叶可见 GGO 和实质性结节混合状态,病理分期显示 T1N0M0。低剂量 CT 图像层厚以及断层间隔均为 3 mm,常规 CT 图像层厚以及断层间隔均为 1 mm。

图 1 女性,60 岁,细支气管肺泡细胞癌(原位癌)

表 4 肺部 CT 和容积 CT 剂量指数 (CTDIvol) 辐射剂量估算

低剂量 CT 扫描						低剂量 CT 扫描					
CT 类型	WAZA – ARI		ImPACT	CT – EXPO		CT 类型	WAZA – ARI		ImPACT	CT – EXPO	
	无 AEC 限制		无 AEC 限制	无 AEC 限制			无 AEC 限制		无 AEC 限制	无 AEC 限制	
性别	男性	女性	成人均值	男性	女性	性别	男性	女性	成人均值	男性	女性
mA	22.5 ~ 37.5	22.5 ~ 37.5	37.5	37.5	37.5	150	150	150	150	150	
肺部 (mGy)	2.7 ~ 4.6	3.1 ~ 5.2	5.8	5.3	5.3	肺部 (mGy)	15.1 ~ 22.1	17.9 ~ 25.2	23.0	21.0	21.2
ICRP103 (mSv)	1.7 ~ 2.8	1.5 ~ 2.5	3.4	–	–	ICRP103 (mSv)	11.1 ~ 13.8	9.4 ~ 12.1	14.0	–	–
ICRP60 (mSv)	1.5 ~ 2.5	1.3 ~ 2.2	2.9	2.8	3.3	ICRP60 (mSv)	10.3 ~ 12.5	8.5 ~ 10.6	12.0	11	13
DLP (mGy · cm)	84 ~ 140	71 ~ 119	168	203	203	DLP (mGy · cm)	545 ~ 679	455 ~ 574	673	810	810
CTDIvol (mGy)	2.1 ~ 3.5	2.1 ~ 3.5	3.5	3.3	3.3	CTDIvol (mGy)	13.5 ~ 16.8	13.3 ~ 16.8	13.9	13.3	13.3
MDCT 的 DLP	59.8 (n = 4) ~ 99.7 (n = 15)					MDCT 的 DLP	474.7 (n = 19)				
均值 (mGy · cm)											

3 讨论

肺部小结节的检测是改善肺癌生存率的重要环节。早期研究表明,对于早期检测小结节的临床意义已经予以充分肯定^[8]。近期研究显示低剂量 CT 扫描可以提高球管的使用率,对肺部结节的检出率及显示细节征象上与常规剂量 CT 扫描无显著差异,可用于高危人群肺癌筛查^[9]。越来越多的研究指出,临床诊疗过程中,肺结节患者采用低剂量螺旋 CT 扫描与常规剂量 CT 扫描对肺结节的诊断效果无差异,低剂量螺旋 CT 是一种安全、可靠的筛查肺内结节病变的检查方法,是开展高危人群肺癌筛查最实用的方法^[10-12]。本研究中,低剂量 CT 与常规 CT 对比显示,低剂量 CT 所提供的诊断信息与常规 CT 相类似,无误诊病例出现,表明低剂量 CT 扫描的图像质量能够作为肺癌筛查诊疗的理想方案。

有研究发现,数字模拟 X 射线系统的检测效率非常低^[13]。目前的 CT 设置中,10 mm 层厚和 1 mm 层厚的有效剂量相同。根据联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) 的报告,自然背景下有效辐射剂量为 2.4 mSv^[14]。在仿真人体模型的研究中,肺部辐射剂量为 8.71 mGy,有效辐射剂量范围为 3.61 ~ 3.64 mSv (ICRP 60)^[15]。低剂量 CT 在成像质量方面略差与常规剂量 CT,因此临床工作中为了提高病灶检出率,仍应用常规剂量 CT 做为肺癌高危人群的筛查手段。但近年来多项临床研究表明,对于肺部结节患者,和常规剂量 CT 扫描相比,低剂量 CT 扫描同样可以有效保证诊断的准确性,同时低剂量螺旋 CT 扫描明显降低了 X 线辐射剂量,安全可靠,值得临床推广^[16-19]。本研究显示,低剂量 CT 的有效辐射剂量范

围为 1.5 ~ 3.6 mSv,仅约为常规 CT 的 1/6,可以显著降低人体辐射剂量。

由于肺部小结节在鉴定方面存在极大难度,因此对于肺部结节患者,尤其有吸烟史的肺癌高危群体,综合考虑 CT 扫描的图像质量和辐射剂量,低剂量 CT 具有有效、低成本,更加安全等优势,能够取代常规 CT 成为肺癌筛查的有效方式。

参考文献

- [1] Bach PB, Jett JR, Pastorino U, et al. Computed tomography screening and lung cancer outcomes [J]. JAMA, 2007, 297:953-961.
- [2] Bach PB, Mirkin JN, Oliver TK, et al. Benefits and harms of CT screening for lung cancer: a systematic review [J]. JAMA, 2012, 307:2418-2429.
- [3] Croswell JM, Baker SG, Marcus PM, et al. cumulative incidence of false positive test results in lung cancer screening: a randomized trial [J]. Ann Intern Med, 2010, 152:505-512.
- [4] Wielpütz MO, Wroblewski J, Lederlin M, et al. Computer-aided detection of artificial pulmonary nodules using an ex vivo lung phantom: Influence of exposure parameters and iterative reconstruction [J]. Eur J Radiol, 2015, 84:1005-1011.
- [5] Marasinghe JC, Ohkubo M, Kobayashi H, et al. Feasible method to assess the performance of a lung cancer CT screening CAD system in clinical practice: dependence on nodule size and density [J]. International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology, 2014, 3:107-116.
- [6] Imai T, Nakata H, Watanabe H, et al. Evolution of peripheral lung adenocarcinomas: CT findings correlated with histology and tumor doubling time [J]. AJR Am J Roentgenol, 2000, 174:763-768.
- [7] Naidich DP, Bankier AA, MacMahon H, et al. Recommendations for the management of subsolid pulmonary nodules detected at CT: a statement from the Fleischner Society [J]. Radiology, 2013, 266:304-317.

(下转第 335 页)

- [20] Fujii S, Iwata N, Inoue C, et al. Volume Measurement by Diffusion – Weighted Imaging in Cervical Cancer [J]. Yonago Acta Med, 2017, 60(2):113–118.
- [21] Reymen B, van Loon J, van Baardwijk A, et al. Total gross tumor volume is an independent prognostic factor in patients treated with selective nodal irradiation for stage I to III small cell lung cancer [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2013, 85(5):1319–1324.
- [22] Chen Y, Zhang Z, Jiang G, et al. Gross tumor volume is the prognostic factor for squamous cell esophageal cancer patient treated with definitive radiotherapy [J]. Thorac Dis, 2016, 8(6):1155–1161.
- [23] 万欣, 乔学英, 王雅棣, 等. 131 例食管鳞癌三维适形放疗预后因素分析 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2011, 20(3):202–204.
- [24] Vlacich G, Samson PP, Perkins SM, et al. Treatment utilization and outcomes in elderly patients with locally advanced esophageal carcinoma: a review of the National Cancer Database [J]. Cancer Med, 2017, 6(12):2886–2896.
- [25] Smith GL, Smith BD, Buchholz TA, et al. Patterns of care and locoregional treatment outcomes in older esophageal cancer patients: The SEER – Medicare Cohort [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 74(2):482–489.
- [26] Lu X, Wu H, Wang J, et al. Factors affecting long – term survival in elderly patients undergoing radiotherapy for esophageal carcinoma [J]. Mol Clin Oncol, 2014, 2:571–574.
- [27] Xu HY, Du ZD, Zhou L, et al. Safety and efficacy of radiation and chemoradiation in patients over 70 years old with inoperable esophageal squamous cell carcinoma [J]. Oncol Lett, 2014, 7:260–266.
- [28] Lv S, Fang M, Yang J, et al. Long – term results of definitive concurrent chemoradiotherapy using S – 1 in the treatment of geriatric patients with esophageal cancer [J]. Onco Targets Ther, 2016, 9:5389–5397.

收稿日期:2018–03–04

(上接第 330 页)

- [8] Horeweg N, Scholten ET, de Jong PA, et al. Detection of lung cancer through low – dose CT screening (NELSON): a prespecified analysis of screening test performance and interval cancers [J]. The Lancet Oncology, 2014, 15:1342–1350.
- [9] 蒋其兵. 螺旋 CT 常规剂量与低剂量扫描检出肺结节的对比研究 [J]. 中国现代手术学杂志, 2013, 17(04):313–316.
- [10] 朱天照, 唐光健, 蒋学祥. 低剂量螺旋 CT 肺结节扫描与常规剂量 CT 的对照研究 [J]. 中华放射学杂志, 2004(04):92–95.
- [11] 王凤. 螺旋 CT 低剂量与常规剂量扫描对肺结节显示率的对比分析 [A] // 中国中药杂志 2015/ 专集: 基层医疗机构从业人员科技论文写作培训会议论文集 [C]. 2016:1.
- [12] 李鸾昊, 刘翰林. 低剂量螺旋 CT 扫描与常规剂量扫描在肺结节诊断中的对比研究 [J]. 现代医用影像学, 2017, 26(06):1542–1544.
- [13] Woolf SH, Harris RP, Campos – Outcalt D. Low – dose computed tomography screening for lung cancer: how strong is the evidence [J]. JAMA Intern Med, 2014, 174:2019–2022.
- [14] Patz EF, Pinsky P, Gatsonis C, et al. Overdiagnosis in low – dose computed tomography screening for lung cancer [J]. JAMA Intern Med, 2014, 174:269–274.
- [15] Gould MK. Clinical practice. Lung – cancer screening with low – dose computed tomography [J]. The New England journal of medicine, 2014, 371(19):1813–1820.
- [16] 蒋颖, 蒋岳, 高红. 多层螺旋 CT 低剂量扫描诊断肺结节的价值 [J]. 中国医学影像学杂志, 2007(05):373–374.
- [17] 郭剑波, 李玉林. 常规剂量与低剂量 CT 扫描诊断在肺结节中的价值探讨 [J]. 中国现代药物应用, 2017, 11(11):7–9.
- [18] 魏东勇. 常规剂量和低剂量 CT 扫描对肺结节的诊断结果对比分析 [J]. 河南外科学杂志, 2016, 22(04):134–135.
- [19] 陈丽. 常规剂量 CT 扫描和低剂量 CT 扫描诊断肺结节的诊断结果研究 [J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2(05):46–47.

收稿日期:2018–03–03