

## 论 著

## 计算机辅助检测系统在CT筛查肺结节中的应用研究

1. 新疆医科大学第二附属医院影像中心 (新疆 乌鲁木齐 830063)

2. 中科院上海临床中心/上海市徐汇区中心医院 (上海 200031)

滕雅琴<sup>1</sup> 贾文霄<sup>1</sup> 王云玲<sup>1</sup>  
杨利霞<sup>2</sup> 王 红<sup>1</sup>

**【摘要】目的** 通过比较CAD、医生双阅片、医生结合CAD阅片三种CT筛查肺结节方式, 评价计算机辅助检测系统(CAD)在CT筛查肺结节中的应用价值。**方法** 从CT扫描的无症状体检者中, 应用随机抽样方法抽取60例肺结节患者。分别使用3种方式阅读图像, 方法A: 应用CAD软件对图像进行自动诊断; 方法B: 由2名放射科医生共同阅读图像并以一致意见作为诊断; 方法C: 由另外1名同等年资的放射科医生结合CAD软件阅读图像并做出诊断。结节参照标准由3位主任医生共同拟定。应用 $\chi^2$ 检验分析三种阅读方式灵敏度是否存在差异,  $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。**结果** CAD、医生双阅片、医生结合CAD三种方式肺结节检出灵敏度分别为75.1%、73.8%、87.3%。医生结合CAD方式肺结节检出灵敏度显著高于CAD、医生双阅片方式( $P=0.001, P=0.0003$ )。CAD与医生双阅片方式之间肺结节检出灵敏度没有显著差异( $P=0.74$ )。**结论** CAD系统可以提高放射科医生肺结节检出能力, 且医生结合CAD诊断方式优于同年资医生双阅片方式。

**【关键词】** X线计算机; 肺结节; 计算机辅助检测**【中图分类号】** R322.3+5**【文献标识码】** A**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.05.011

通讯作者: 贾文霄

## Application of Computer-aided Detection System for Pulmonary Nodules in CT Screening

TENG Ya-qin, JIA Wen-xiao, WANG Yun-ling, et al., Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital, Xinjiang Medical University, Xinjiang Urumqi 830063, P.R.China

**[Abstract] Objective** By comparing three reading methods of CT screening for lung nodules: CAD, double reading and the radiologist combined with CAD. To evaluation the application of computer aided testing system (CAD) in CT screening for lung nodules. **Methods** 60 subjects diagnosed with lung nodules undergoing the routine-dose screening CT examination were random selected. Three methods were used, Method A: using CAD system to identify the image automatically. Methods B: two radiologists reading all images, record the results and with 2 agreement as the final diagnosis; Method C: by another radiologist as the same work experience with CAD system, recorded the detection as the final diagnosis. The reference standard was determined by three radiologists.  $\chi^2$  test was performed to test whether there is significant difference between sensitivities of three reading modes, and statistical significances were defined as  $P < 0.05$ .

**Results** CAD system, double reading, the radiologist with CAD method of pulmonary nodules detection sensitivity was 75.1%, 73.8% and 87.3% respectively. The sensitivities of pulmonary nodule detection of the radiologist combined with CAD was significantly higher than CAD and double reading methods ( $P=0.001, P=0.0003$ ). There were no significant sensitivity difference between CAD and double reading method ( $P=0.74$ ).

**Conclusion** The CAD system can improve the ability of detection pulmonary nodules of the radiologist, and radiologists in combination with CAD diagnosis method is better than double reading method with same work experience.

**[Key words]** X-ray Computed; Computer-aided Detection; Pulmonary Nodule

肺结节的筛查对于肺癌的早期检出及治疗有着重要的意义, 使用CT监测、随访性质不明确、直径小于8mm或者更小的肺结节已经成为常用的影像学检查方法<sup>[1]</sup>。然而面对大量的就诊人数及多层螺旋CT(multidetector-row computed tomography, MDCT)图像, 如何高效的阅读影像图像成为大家日益关注的问题。笔者通过比较CAD、医生双阅片以及医生结合CAD阅片三种方式之间肺结节检出能力的差异, 旨在评价CAD在CT筛查肺结节中的应用价值, 为临床的使用提供参考意见。

## 1 材料与方法

**1.1 研究对象** 从2014年7月到2014年12月行16层螺旋CT扫描的无症状体检者中, 应用随机抽样方法抽取60例肺结节患者, 其中男42, 女18, 年龄45~75岁, 平均年龄62岁。

**1.2 CT扫描方法** 采用上海联影科技有限公司16层螺旋CT(uCT510)扫描机, 肺结节评估软件版本SW001.001。扫描范围从肺尖扫至肺底, 最大吸气末单次屏气完成扫描。CT扫描参数: 管电压120kV, 管电流150mAs, 螺距1, 机架旋转时间0.8s/周, 准直宽度16mm×1.2mm。图像重建层厚1.5mm、层间距1.5mm, 重建矩阵512×512。

**1.3 研究方法** 将60例图像传至联影16层螺旋CT专用工作站。分别使用3种方式阅读图像,方法A:应用CAD肺结节评估软件对图像进行自动识别、标记和诊断;方法B:由2名放射科医生(工作经验分别为3年和5年)在不知道CAD结果的情况下阅读所有图像,记录结果并以2人一致意见作为最终诊断;方法C:由另外1名同年资的放射科医生(工作经验为4年)结合CAD软件阅读图像,排除CAD标记的假阳性,记录检出结果并作为最终诊断。肺结节检出结果记录的内容包括结节大小、位置和密度。

**1.4 结节参考标准** 由3位主任医生共同评价以上三种方式检出的所有可疑结节,也可使用分析工具(MIP)辨别其它可疑结节,将3人一致意见作为参考标准。真阳性结节:只有当3位主任医生都认为是结节者;假阳性结节:有 $\geq 2$ 位医生认为不是结节者;假阴性结节:3种阅读方式漏检的真阳性结节。

**1.5 结节分类标准** 排除钙化结节,按照结节的最长横径分3类<sup>[2]</sup>:4mm<, 4-10mm及>10mm。按照结节分布的位置分为4类<sup>[2]</sup>:①胸膜下结节(结节与胸膜相连);②周围性结节(距离胸膜2cm内的结节且与胸膜不相连);③肺门区结节(距离肺门2cm内的结节);④中央性结节(位于肺门区与周围性之间的结节)。在CT图像中依据能否完全遮盖肺实质将肺结节分为实性结节和亚实性结

节,其中亚实性结节又分为纯磨玻璃结节(非实性结节)和混合性磨玻璃结节(部分实性结节)<sup>[3]</sup>。

**1.6 统计学方法** 应用SPSS17.0统计学软件进行资料的录入、整理和统计分析。分别计算出三种方式肺结节检出的假阳性率和假阴性率。应用 $\chi^2$ 检验分析三种阅读方式灵敏度是否存在差异, $P<0.05$ 为差异有统计学差异。

## 2 结果

60例肺结节患者中,根据参照标准共检出221个结节,直径为2.3mm~21mm,其中单发结节32例,多发结节28例(2-15个结节不等,平均6.8个/例)。A、B、C三种方式肺结节检出灵敏度分别为75.1%、73.8%、87.3%(表1)。C方式肺结节检出灵敏度显著高于A( $\chi^2=10.814$ ,  $P=0.001$ )、B( $\chi^2=12.993$ ,  $P=0.0003$ )方式,且差异均有统计学意义。A方式与B方式之间肺结节检出灵敏度没有显著差异,且差异不具有统计学意义( $\chi^2=0.107$ ,  $P=0.74$ )。

A、B、C三种方式分别漏检结节55、58、28个。漏检的结节主要与胸膜相连、最大横径较小(<4mm)以及与周围血管相连有关。少数结节漏检原因不明,A、B、C三种方式分别为5、3、3个。另外,①A方式漏检的结节中2个位于血管分叉处,5个密度较低(磨玻璃结节)(图1),2个为部分实性结节(图2),2个密度混杂(既

有实性成分又有非实性成分);②B方式漏检的结节中17个与周围血管(图3)相连,比A、C(7、12个)方式多,3个位于血管分叉处,5个与邻近血管走行一致,1个密度混杂(图4);③C方式漏检的结节中2个位于血管分叉处,2个与邻近血管走行一致,1个密度混杂。

## 3 讨论

唐威<sup>[4]</sup>等的研究中,CAD肺结节检出率为91.1%,放射科医生双阅片结节检出率为59.1%,CAD检出肺结节的能力明显高于医生双阅片。而本研究结果显示,CAD和医生双阅片两种方式肺结节检出灵敏度没有显著差异,但两种方式在肺结节检出方面各有优势:医生擅长发现胸膜下结节, Lee等<sup>[5]</sup>认为,与血管或胸膜相连的肺结节,放射科医生的敏感性要远高于CAD系统,医生双阅片方式检出12个CAD漏检的胸膜下结节,胸膜下结节检出灵敏度医生双阅片方式(20/35, 57.1%)高于CAD方式(13/35, 37.1%);CAD对中央性结节较敏感,中央性结节检出灵敏度CAD方式(47/59, 79.7%)高于医生双阅片方式(39/59, 66.1%),这与Yuan等<sup>[2]</sup>的观点基本一致。另外,2个肺门区结节CAD系统均检出,因结节数量太少无法进行具体评价,但以往的报道显示CAD对肺门区结节检出率可达到100%<sup>[4,6]</sup>。

Yuan<sup>[2]</sup>等研究发现,CAD对胸

表1 三种方式肺结节检出结果

| 方式  | 结节最大横径(mm) |      |     | 结节位置 |     |     |     | 结节密度 |     |      | 灵敏度(%) | 假阴性率(%) |
|-----|------------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|--------|---------|
|     | <4         | 4-10 | >10 | 胸膜下  | 周围性 | 中央性 | 肺门区 | 实性   | 非实性 | 部分实性 |        |         |
| 标准  | 40         | 153  | 28  | 35   | 125 | 59  | 2   | 208  | 7   | 6    | -      | -       |
| 方式A | 26         | 114  | 26  | 13   | 104 | 47  | 2   | 160  | 2   | 4    | 75.1   | 24.9    |
| 方式B | 23         | 112  | 28  | 20   | 103 | 39  | 1   | 153  | 5   | 5    | 73.8   | 26.2    |
| 方式C | 35         | 130  | 28  | 30   | 109 | 52  | 2   | 182  | 6   | 5    | 87.3   | 12.7    |

注:方式A:计算机辅助检测系统肺结节评估软件;方式B:同年资医生双阅片;方式C:医生结合CAD共同阅读图像

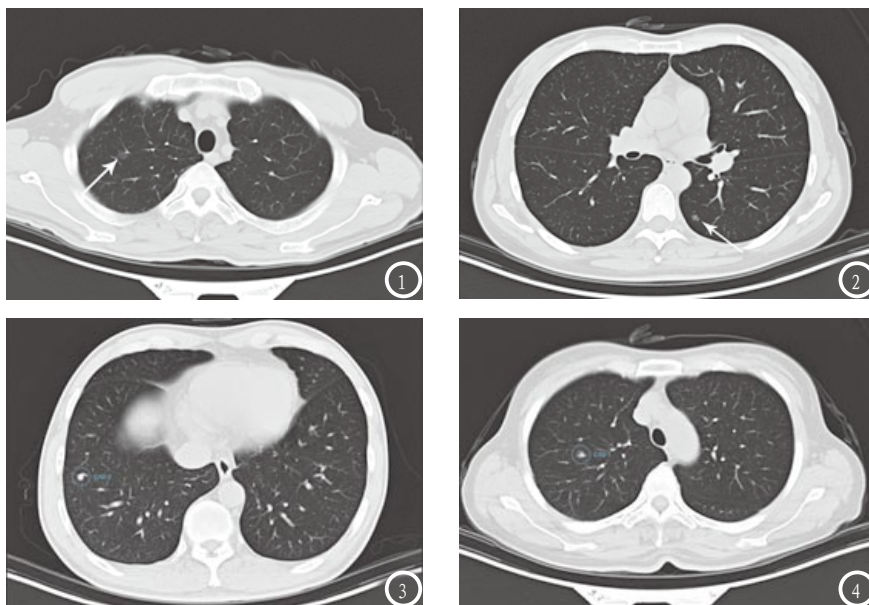


图1 右肺上叶非实性、中央性结节(箭头所示), CAD漏检。图2 左肺下叶部分实性、周围性结节(箭头所示), CAD漏检。图3 右肺下叶实性、周围性结节, 医生双阅片漏检。图4 右肺上叶中间实性周围非实性成分、中央性结节, 医生双阅片漏检。

膜下、周围性结节不敏感, 同时对 $<4\text{mm}$ 及 $>10\text{mm}$ 的结节敏感性也较低, 这可能是受到分割算法的限制, CAD在分割过程中未考虑结节与胸膜的相连的情况而将结节误认为是胸膜的一部分。对于 $<4\text{mm}$ 的结节通常小于灰阶阈值而被滤除,  $>10\text{mm}$ 的结节有时会被误认为是肺内正常解剖结构的一部分而不被识别, 从而造成假阴性。本研究中, CAD的假阴性率为24.9%, 漏检的结节绝大多数由于分割算法、结节较小或密度较低所致。放射科医生双阅片假阴性率为26.2%, 漏诊的结节除与结节较小有关外, 还主要因为结节与周围血管、支气管相连或者走行一致, 致使医生在阅读图像时难以辨别。另外长时间的阅读产生的疲劳感也是漏诊的原因之一, 而CAD的可重复性强、操作简便可以帮助医生解决这一问题。

磨玻璃结节不论在临床治疗还是在影像诊断中都是一个较大的挑战, 主要是因为磨玻璃结节与实性结节不同, 它们生长缓慢、常多发并且恶变率很高<sup>[7]</sup>。Mylene<sup>[8]</sup>认为长期存在的部分实性结节为恶性的可能性大, 特别

是原发性肺腺癌。尽管磨玻璃结节有较大的临床意义, 但检出磨玻璃结节并不容易, 主要因为相对于肺实质磨玻璃结节的对比低所致。另外, CAD在早期研究阶段主要关注实性结节的检出, 很少有关于磨玻璃结节检出的研究。以上两方面因素是CAD磨玻璃结节假阴性率高的主要原因。本研究中共发现7个磨玻璃结节, CAD、医生双阅片、医生结合CAD分别发现2、5、6个。Yanagawa<sup>[9]</sup>的研究表明, 放射科医生对磨玻璃结节检出的灵敏度60%~80%远高于CAD系统21%, 可见放射科医生对磨玻璃结节的检出相对较敏感。因此, 在磨玻璃结节检出方面, CAD仍需要不断改进和完善, 提高检出率。

综上所述, 医生双重阅片可以在一定程度上提高肺结节的检出率, 但有限的医疗人力资源, 使之行使较困难。放射科医生与CAD相结合可以充分的发挥二者的优势, 较大程度的提高肺结节的检出率。在临床工作中, CAD可以作为放射科医生的首选辅助方式。

## 参考文献

- [1] Mac Mahon H, Austin JH, Gamsu G, et al. Guidelines for management of small pulmonary nodules detected on CT scans: a statement from the Fleischner Society[J]. Radiology 2005, 237: 395-400.
- [2] Yuan R, Vos PM, Cooperberg PL. Computer-aided detection in screening CT for pulmonary nodules. [J]. AJR, 2006, 186 (5): 1280-1287.
- [3] 张菁, 马靖, 王广发. 实性和亚实性肺结节临床处理-ACCP最新肺结节诊疗指南简介[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2014, 37: 202-205.
- [4] 唐威, 王建卫, 吴宁, 等. 计算机辅助检测系统在低剂量肺癌筛查结节检出中的应用价值[J]. 中华放射学杂志, 2012, 46: 619-623.
- [5] Lee JW, Goo JM, Lee HJ, et al. The potential contribution of a computer-aided detection system for lung nodule detection in multidetector row computed tomography[J]. Invest Radiol 2004, 39: 649-655.
- [6] Wornlan D, Fiebich M, Saidi M, et al. Automatic detection of pulmonary nodules at spiral CT: clinical application of a computer-aided diagnosis system[J]. Eur Radial, 2002, 12: 1052-1057.
- [7] Henschke CI, Yankelevitz DF, Mirtcheva R, et al. CT screening for lung cancer: frequency and significance of part-solid and nonsolid nodules[J]. AJR 2002, 178: 1053-1057.
- [8] Mylene T. Truong, Jane P. Ko, Santiago E. Rossi, et al. Update in the Evaluation of the Solitary Pulmonary Nodule[J]. RadioGraphics 2014, 34: 1658-1679.
- [9] Yanagawa M, Honda O, Yoshida S, et al. Commercially available computer-aided detection system for pulmonary nodules on thin section images using 64 detectors row CT: preliminary study of 48 cases[J]. Acad Radiol, 2009, 16: 924-933.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2016-03-30