

# 计算机辅助检测系统在数字化X线胸片肺结节筛查的临床应用

朱洪章, 冯玉, 杨有优, 范森, 王霁舫, 朱莹, 林润, 杨建勇, 杨艳红  
(中山大学附属第一医院放射科, 广东广州 510080)

**摘要:**【目的】探讨计算机辅助检测(CAD)系统在数字化X线胸片肺结节筛查中对不同年资放射医师的结节检测敏感性及其观察者间变异的影响。【方法】由两名高年资医生筛选经CT证实的100例正常及200例含结节的后前位数字化胸片,并共同制定结节组结节的大小、位置的金标准。由另外的四名高年资及四名低年资医生独立对两组的胸片分别不用及应用CAD辅助阅片并保存结果。使用配对 $t$ 检验评估两组医生在应用CAD辅助阅片之前与之后的平均结节检测敏感性的差异;使用变异系数(CV)对两组医生应用CAD辅助阅片之前与之后的观察者间变异进行评估。【结果】两组医生应用CAD辅助阅片之前及之后平均结节检测敏感性分别为 $(41.1 \pm 2.0)\%$ 、 $(28.0 \pm 2.0)\%$ 及 $(45.0 \pm 1.8)\%$ 、 $(39.2 \pm 0.9)\%$ ,两组医生在应用CAD辅助阅片之前与之后的平均检测敏感性有统计学差异;应用CAD辅助阅片之前及之后所有医师的平均检测敏感性变异系数分别为20.9%及8.1%。【结论】应用CAD能帮助放射科医师提高结节检出率,并能缩小不同年资医师间结节检测能力的差异。

**关键词:**肺结节; X线摄影术; 计算机辅助诊断

中图分类号: R814

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2017)04-0614-04

## Clinical Application of Computer-Aided Detection System for Pulmonary Nodules on Digital Chest Radiography

ZHU Hong-zhang, FENG Yu, YANG You-you, FAN Miao, WANG Ji-fei, ZHU Ying, LIN Run,  
YANG Jian-yong, YANG Yan-hong

(Department of Radiology, The First Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Corresponding to: YANG Yan-hong, E-mail: 15918746963@163.com

**Abstract:** 【Objective】 To observe the effect of computer-aided detection (CAD) system in improving lung nodule detection sensitivity and inter-observer variation. 【Methods】 300 PA digital radiographs including 100 normal cases and 200 cases with pulmonary nodules confirmed by CT were enrolled. Two senior chest radiologists referenced CT images and marked the sizes and locations of all nodules with consensus as the gold standards. Four senior radiologists and four junior radiologists interpreted the digital chest radiographs independently without and with CAD and record their results. Pair  $t$  test and coefficient of variation (CV) was used to compare the difference of lung nodule detection sensitivity and inter-observer variation between without and with CAD. 【Results】 The mean lung nodule detection sensitivity of senior and junior radiologists without and with CAD were  $(41.1 \pm 2.0)\%$ ,  $(28.0 \pm 2.0)\%$  and  $(45.0 \pm 1.8)\%$ ,  $(39.2 \pm 0.9)\%$ , respectively, statistical analysis showed there was statistically significant difference. Moreover, CV of all radiologists without and with CAD were 20.9% and 8.1%. 【Conclusion】 Both lung nodule detection sensitivity and inter-observer variation of senior and junior radiologists can be improved by CAD.

**Key word:** pulmonary nodule; radiography; computer-aided diagnosis

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2017, 38(4): 614-617]

由于数字化胸片的密度分辨率较低,肺部结节常与正常解剖结构重叠,胸片对直径小于1 cm的肺

结节的敏感性较低<sup>[1]</sup>,而且放射科医师繁重的阅片工作任务会导致视觉疲劳,进一步提高了肺结节的

收稿日期: 2017-03-05

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(8161792)

作者简介: 朱洪章, 医学硕士, 研究方向: 胸部疾病诊断与磁共振成像检查技术, E-mail: zh0407@163.com; 杨艳红, 通信作者, E-mail: 15918746963@163.com

误诊率, Yamashita等<sup>[2]</sup>的研究表明,放射科医师对肺癌的误诊率为25%~90%。国内外多个研究均显示了计算机辅助检测(computer-aided detection, CAD)胸片解读分析系统能帮助提高医师的病灶检出率和工作效率,降低肺结节误诊率及漏诊率<sup>[3-7]</sup>。CAD可对可疑结节区域进行增强显示,使一些隐匿的肺部可疑结节从重叠的解剖组织区域凸显出来,可降低肺结节的漏诊率,并减小高、低年资医生间的观测差异。本研究通过采用较大样本数字化X线胸片的试验,评估CAD对高、低年资医生肺的结节检测敏感性及其观察者间变异的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

收集中山大学附属第一医院自2010年1月至2016年12月经CT证实双肺正常的100例及肺内有结节影的200例后前位DR胸片,其中男性276名,女性124名,年龄27~71岁,年龄 $(56.2 \pm 13.6)$ 岁。经患者知情同意并经本院伦理委员会批复。

数字化X线胸片病例纳入标准:曾在一个月内行数字化X线胸片及胸部CT检查的患者,并经胸部CT证实双肺正常及肺内有结节影,结节数 $< 6$ 个,最大结节直径 $\leq 15$  mm。双肺肺野及纹理大致清晰,无间质性 or 实质性弥漫性肺部疾病。

### 1.2 设备

所有DR胸片图像均由Siemens TX和Ysio两种型号的X线数字化摄片机获得。CAD软件为IQQA胸片解读分析系统(IQQA-Chest, EDDA Technology, Princeton Junction, NJ, USA),其能通过智能实时并且智能交互的辅助诊断工作方式,辅助诊断医生对DR胸片的可疑结节进行显示、辨认、分析及汇总诊断报告。

### 1.3 研究方法

研究步骤分为两个阶段。

第一阶段:首先由两名有15年以上胸部放射诊断经验的高年资医生分别应用CAD对正常胸片组进行自动智能结节检测并记录每张胸片可疑结节的位置及数量。然后他们共同对比肺结节组的胸片及相应的CT图像,并利用结节智能检测及结节区域增强显示功能在胸片上标记出经CT确认的、直径 $\leq 15$  mm的肺结节直径、位置,并分割结节区域后保存结果,如果两人有不同的意见,则

经共同商讨取得一致。两名参与制作金标准的医生不参与下一阶段实验。

第二阶段:共4名有10年以上胸部放射诊断经验的高年资医师及4名有3~5年胸部放射诊断经验的低年资医师参与该阶段实验。将300例正常及含结节的胸片共随机抽签分为10组,每组30例,要求每位医生使用CAD系统独立解读胸片。对于每组病例,要求参与实验的每一位医生完成以下实验:第一步,在保持在日常工作中的读片速度( $< 45$  s)先用预设显示及视窗调整来判读并标记结节位置,并保存诊断报告;第二步,再选用结节智能检测和结节区域增强显示功能,对第一步所标记的可疑结节再次进行评估,最后确定是否修改诊断意见。

### 1.4 统计学方法

采用SPSS 13.0统计软件进行统计学分析,应用配对 $t$ 检验评估高年资及低年资两组医生在应用CAD辅助阅片之前与之后所标记的结节检测敏感性的差异,取检验水平 $\alpha = 0.05$ ;使用变异系数(CV)对应用CAD系统辅助阅片之前与之后两组医生的观察者间变异进行评估。

## 2 结果

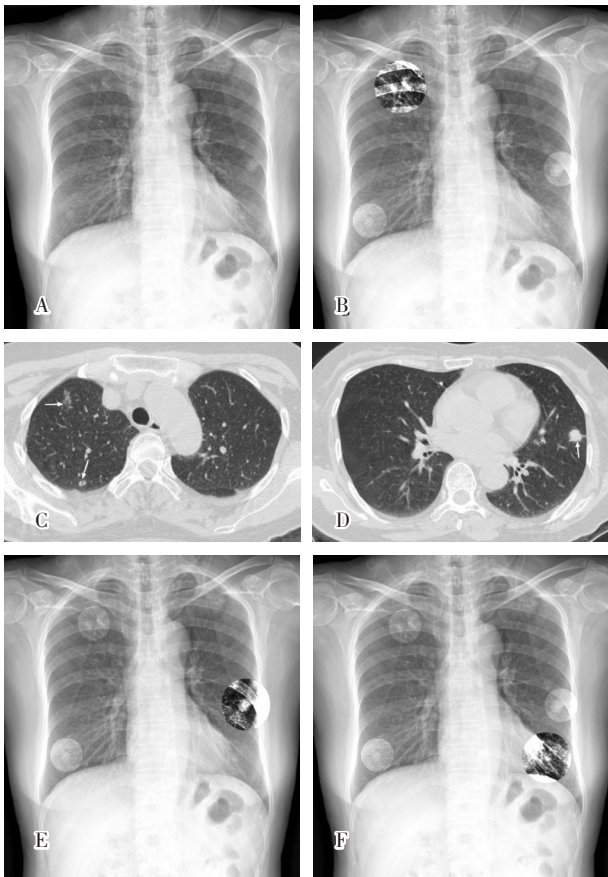
### 2.1 第一阶段实验结果

两名高年资医师在不同一天里分别对经CT证实肺部无异常的胸片独立地应用CAD进行结节自动智能检测,系统两次检测到的结节数量、位置均完全一致,100例正常胸片共检测出211个可疑结节,平均每张胸片假阳性结节数为2.1个,其中清晰肺野区86个,部分与肋骨重叠区48个,完全肋骨重叠区42个,肩胛骨区14个,肺门、心影、膈下区21个,提示了CAD良好的重复性。

200例结节组胸片经CT证实肺内含有结节共有281个,CAD共自动智能探测出可疑结节364个(图1),探测位置正确106个,检测敏感性为37.2%(106/281)。

### 2.2 第二阶段实验结果

4名高年资医师A-D及4名低年资医师E-H的不用及用CAD肺结节检测敏感性如表1所示。高年资与低年资医师在应用CAD之前及之后的肺结节平均检测敏感性分别是 $(41.1 \pm 2.0)\%$ 、 $(28.0 \pm 2.0)\%$ 及 $(45.0 \pm 1.8)\%$ 、 $(39.2 \pm 0.9)\%$ ,根据 $\alpha=0.05$ 的检验标准,两组医师在应用CAD之前



A 63-year-old woman with a history of hepatocellular carcinoma (HCC) took a digital chest radiography. (A) Chest radiography indicated multiple nodules on bilateral lung fields. The CDA detected automatically 3 nodules on the chest radiography. 2 nodules with coarse margin on left upper lung field (B) and 1 nodule with smooth margin on left lower lung field (E) was confirmed as fibroplastic proliferation (C) and pulmonary metastasis (D) by CT image (white arrow head). (F) All senior and junior radiologists could not found the nodule beside left heart edge without CAD, but made a definitive diagnosis with CAD.

图1 双肺多发结节在数字胸片上被CAD检出并在CT图像被确认

Fig.1 Multiple nodules on bilateral lung fields was detected on digital chest radiograph and confirmed by CT image

与之后的平均检测敏感性有统计学差异,如表2所示。应用CAD辅助阅片之后高、低年资医师的平均检测敏感性较应用之前分别提高了3.9%及11.2%,低年资医师组的平均检测敏感性提升幅度高于高年资医生组,提示了CAD对高、低年资医师在肺结节检测上均有帮助,但是低年资医师的获益更大。在应用CAD辅助阅片之前及之后,所

有医师的平均检测敏感性为 $(34.6 \pm 7.2)\%$ 及 $(42.1 \pm 3.4)\%$ ,变异系数CV分别为20.9%及8.1%,应用CAD辅助阅片之后较之前两组间观察者间变异缩小,提示CAD在缩短不同年资医师间的诊断水平差异上发挥了积极作用。

表1 高低年资组医生应用CAD辅助阅片之前及之后检测281个结节的敏感性

Table 1 The detection sensitivity of senior and junior radiologists without and with CAD [detected(%)]

Observer	Without CAD	With CAD	Difference
A	119(42.4)	132(47.0)	13(4.6)
B	121(43.1)	129(45.9)	8(2.8)
C	109(38.8)	121(43.1)	12(4.3)
D	113(40.2)	125(44.5)	12(4.3)
E	81(28.8)	113(40.2)	33(11.4)
F	72(25.6)	109(38.8)	37(13.2)
G	77(27.4)	107(38.1)	30(9.7)
H	85(30.3)	111(39.5)	26(9.4)

表2 高低年资组医生应用CAD之前与之后对281个肺结节检测敏感性均值比较

Table 2 The comparison of detection sensitivity mean value without and with CAD between senior and junior radiologists group (%)

Group	Without CAD	With CAD	t value	P value
Senior	41.1 ± 2.0	45.0 ± 1.8	-10.2	0.002
Junior	28.0 ± 2.0	39.2 ± 0.9	-13.7	0.001

### 3 讨论

计算机辅助诊断(Computer-Aided Diagnosis, CAD)被称为放射科医生的“第二双眼睛”。CAD的作用可归纳为:①提高病灶的检出率,②改良诊断的再现性<sup>[8]</sup>。

国内外多项研究显示,应用CAD辅助阅片后肺结节检测敏感性提高<sup>[9-12]</sup>。本研究也观察到,CAD的结节检测敏感性介乎于高年资医生组与低年资医生之间,而且更接近于高年资医生组。应用CAD辅助阅片后,高年资与低年资医师的结节检测敏感性均有提高,由于高年资医师有相对丰富的诊断经验,因此CAD对低年资医师帮助更大,而且,应用CAD辅助阅片之后,两组间的变异系数较之前缩小,提示CAD示能有效地缩小因诊

断经验不同所造成的不同年资医师在结节检测能力上的差异,尤其是对低年资医师的帮助更大。

但同时我们注意,CAD的结节自动智能检测存在较高的假阳性。De Hoop等<sup>[13]</sup>认为,尽管CAD的结节检测敏感性接近于高年资医生,但是CAD系统并没改善肺癌结节的检测率尤其是微小结节,观察者并不能成功区分真阳性与假阳性结节。CAD的假阳性主要是由一些解剖结构引起,如肋骨交叉、肺血管横断面、肋骨与血管相交等<sup>[14]</sup>。此外还有良性病变如纤维增殖灶、钙化灶等难以与恶性结节相鉴别。虽然CAD的结节自动智能检测存在较高的假阳性,但对于影像诊断医师而言,最需要的是CAD能检测并显示可疑结节区域,从而提示医师注意隐匿可疑结节区域从而减少误诊、漏诊的几率,这对低年资的医生的帮助更为显著。此外,徐岩等<sup>[7]</sup>的研究表明,CAD和放射科医师两者都不能够完全发现所有的结节。由于良好的视野及对比度,医师对周围性及胸膜下结节的发现与诊断较为敏感,而那些在中心区难与肺门大血管相鉴别的结节,则容易误认为是血管截面而漏诊,其肺结节检测敏感性反而不如CAD。联合应用CAD可对可疑结节区域进行对比增强显示,使一些隐匿的肺部可疑结节从重叠的解剖组织区域凸显出来,从而提高了医师对结节的识别度。

总而言之,CAD可帮助影像诊断医师提高检测和诊断胸片肺结节的水平,在繁重的影像诊断工作中,对减少漏诊率和误诊率、提高工作效率有一定临床价值。随着计算机科学及人工智能的进一步发展,CAD可以成为影像诊断医师的重要助手。

#### 参考文献:

- [1] Samei E, Flynn MJ, Peterson E, et al. Subtle lung nodules: influence of local anatomic variations on detection [J]. *Radiology*, 2003, 228(1): 76-84.
- [2] Yamashita K, Matsunobe S, Tsuda T, et al. Solitary pulmonary nodule: preliminary study of evaluation with incremental dynamic CT [J]. *Radiology*, 1995, 194(2): 399-405.
- [3] Lee KH, Goo JM, Park CM, et al. Computer-aided detection of malignant lung nodules on chest radiographs: effect on observers' performance [J]. *Korean J Radiol*, 2012, 13(5): 564-571.
- [4] Xu Y, Ma D, He W. Assessing the use of digital radiography and a real-time interactive pulmonary nodule analysis system for large population lung cancer screening [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(4): e451-456.
- [5] Moore W, Ripton-Snyder J, Wu G, et al. Sensitivity and specificity of a CAD solution for lung nodule detection on chest radiograph with CTA correlation [J]. *J Digit Imag*, 2011, 24(3): 405-410.
- [6] VanBeek EJ, Mullan B, Thompson BT. Evaluation of a real-time interactive pulmonary nodule analysis system on chest digital radiographic images: a prospective study [J]. *Acad Radiol*, 2008, 15(5): 571-575.
- [7] 徐岩, 马大庆, 贺文, 等. 计算机辅助检测系统在数字化胸片肺结节检出中的应用价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2007, 41(11): 1169-1173.
- [8] Xu Y, Ma DQ, He W, et al. Feasibility of computer-aided nodule detection system in digital chest radiographs [J]. *Chin J Radiol*, 2007, 41(11): 1169-1173.
- [8] 费军, 黄海滨, 张朝利, 等. 数字化X线胸片计算机辅助检测对肺结节检出率的影响 [J]. *中国医学影像技术*, 2009, 25(3): 509-511.
- [8] Fei J, Huang HB, Zhang CL, et al. Effect of computer-aided detection in digital radiograph on the diagnosis of pulmonary nodules: a simulation study [J]. *Chin J Med Imaging Technol*, 2009, 25(3): 509-511.
- [9] White CS, Flukinger T, Jeudy J, et al. Use of a computer-aided detection system to detect missed lung cancer at chest radiography [J]. *Radiology*, 2009, 252(1): 273-281.
- [10] De Boo DW, Prokop M, Uffmann MM, et al. Computer-aided detection (CAD) of lung nodules and small tumours on chest radiographs [J]. *Eur J Radiol*, 2009, 72(2): 218-225.
- [11] Li F, Engelmann R, Metz CE, et al. Lung cancers missed on chest radiographs: results obtained with a commercial computer-aided detection program [J]. *Radiology*, 2008, 246(1): 273-280.
- [12] Bley TA, Baumann T, Saueressig U, et al. Comparison of radiologist and CAD performance in the detection of CT-confirmed subtle pulmonary nodules on digital chest radiographs [J]. *Invest Radiol*, 2008, 43(6): 343-348.
- [13] De Hoop B, De Boo DW, Gietema HA, et al. Computer-aided detection of lung cancer on chest radiographs: effect on observer performance [J]. *Radiology*, 2010, 257(2): 532-540.
- [14] Meziane M, Mazzone P, Novak E, et al. A comparison of four versions of a computer-aided detection system for pulmonary nodules on chest radiographs [J]. *J Thorac Imag*, 2012, 27(1): 58-64.

(编辑 王晓鹰)