

## MSCT in measurement of pulmonary trapping volume below different CT threshold in patients with chronic obstructive pulmonary disease

WANG Xiao-hua<sup>1</sup>, DUAN Jiang-hui<sup>1</sup>, DU Yi-peng<sup>2</sup>,  
SHEN Ning<sup>2</sup>, HE Bei<sup>2</sup>, YUAN Hui-shu<sup>1\*</sup>

(1. Department of Radiology, 2. Department of Respiration, Peking University  
Third Hospital, Beijing 100191, China)

**[Abstract]** **Objective** To measure the pulmonary trapping volume below different CT threshold with MSCT in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods** Twenty-eight COPD patients underwent 64-slice MSCT scanning in both inspiratory and expiratory phase. CT thresholds was set as  $-950$  HU in inspiration phase and  $-950$ ,  $-930$ ,  $-910$ ,  $-890$ ,  $-870$ ,  $-850$  HU in expiration phase to measure the trapping volume using Emphysema software. In addition, volume at the end of the inspiratory phases ( $V_{in}$ ) and volume at the end of the expiratory phases ( $V_{ex}$ ) were also measured. Trapping volume percentage ( $V_{trap}\%$ ) below different CT thresholds in the expiratory phase and inspiratory phase were compared, and the correlation of  $V_{trap}\%$ ,  $V_{in}$  and  $V_{ex}$  with lung function were analyzed. **Results** There were differences of  $V_{trap}\%$  between different phases and different CT thresholds.  $V_{trap}\%$  below  $-930$  HU in the expiratory phase and  $-950$  HU in the inspiratory phase were similar without statistic difference (all  $P > 0.05$ ).  $V_{trap}\%$  below  $-950$  HU in the inspiratory phase and below different CT threshold in the expiratory phase negatively correlated with the ratio of forced expiratory volume in one second to forced vital capacity. In addition, there were positive correlation between  $V_{in}$  and total lung capacity as well as  $V_{ex}$  and residual volume. **Conclusion** The value of trapping volume below different CT threshold measured with MSCT is different in patients with COPD, and  $-930$  HU in the expiratory phase is the optimum threshold under the giving conditions.

**[Key words]** Tomography, X-ray computed; Volume measurement; Pulmonary disease, chronic obstructive

## MSCT 测量不同 CT 阈值下慢性阻塞性肺疾病患者肺潴留体积

王晓华<sup>1</sup>, 段江晖<sup>1</sup>, 杜毅鹏<sup>2</sup>, 沈宁<sup>2</sup>, 贺蓓<sup>2</sup>, 袁慧书<sup>1\*</sup>

(1. 北京大学第三医院放射科, 2. 呼吸内科, 北京 100191)

**[摘要]** **目的** 采用 MSCT 测量慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者不同 CT 阈值下肺潴留体积。**方法** 对 28 例 COPD 患者行 64 排 CT 吸气及呼气双相扫描, 应用 Emphysema 软件测量不同 CT 阈值下(吸气相  $-950$  HU、呼气相  $-950$ 、 $-930$ 、 $-910$ 、 $-890$ 、 $-870$ 、 $-850$  HU)的肺潴留体积, 同时测量吸气末全肺容积( $V_{in}$ )及呼气末全肺容积( $V_{ex}$ )。比较吸气相  $-950$  HU 与呼气相不同 CT 阈值下肺体积占肺总体积的百分比( $V_{trap}\%$ ), 分析  $V_{trap}\%$ 、 $V_{in}$  和  $V_{ex}$  与肺功能参数的相关性。**结果** 不同时相及不同 CT 阈值下  $V_{trap}\%$  测值不同, 呼气相  $-930$  HU 下与吸气相  $-950$  HU 下  $V_{trap}\%$  最

**[基金项目]** 北京大学 985 课题(BMU20110176)。

**[作者简介]** 王晓华(1975—), 女, 河北宁津人, 博士, 副主任医师。研究方向: 胸部疾病的影像诊断。E-mail: tensh.med@163.com

**[通讯作者]** 袁慧书, 北京大学第三医院放射科, 100191。E-mail: huishuy@sina.com

**[收稿日期]** 2013-04-18 **[修回日期]** 2013-07-06

接近,差异均无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。吸气相 $-950$  HU 以下和呼气相不同 CT 阈值下  $V_{trap}\%$ 与第 1 秒用力肺活量与用力肺活量的比值呈负相关; $V_{in}$ 与肺总量、 $V_{ex}$ 与残气量之间呈正相关。**结论** MSCT 测量不同 CT 阈值下肺滞留体积不同,本研究条件下 $-930$  HU 为呼气相测量 COPD 患者肺滞留体积的最佳阈值。

**[关键词]** 体层摄影术, X 线计算机; 体积测量; 肺疾病, 慢性阻塞性

**[中图分类号]** R563; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2013)10-1649-04

自从阻塞性肺病全球计划提出以来,慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 引起了各国政府和卫生部门的广泛关注。COPD 为呼气受限性疾病,已有测量 CT 吸气和呼气双相肺体积的相关研究<sup>[1]</sup>,但尚无统一的量化标准。另外,双相评估 COPD 肺滞留体积时,如何选择呼气相肺 CT 阈值亦值得商榷。本研究测量呼气相不同 CT 阈值下肺滞留体积,旨在选择呼气相评估肺滞留体积的最佳 CT 阈值。

### 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2012 年 3 月—12 月我院呼吸内科 COPD 患者 28 例,男 22 例,女 6 例,年龄 56~78 岁,平均 $(61.2 \pm 9.5)$ 岁,吸烟指数 $(32.5 \pm 15.2)$ 包/年。依据美国胸科协会指南标准<sup>[2]</sup>诊断 COPD,排除其他慢性心肺疾病、胸膜疾病和胸廓畸形等影响肺功能的疾病。对所有患者行 64 排螺旋 CT 扫描及肺功能试验(pulmonary function test, PFT),两项检查间隔时间 $\leq 1$ 周。本研究得到伦理委员会批准;患者均知情同意。

#### 1.2 仪器与方法

1.2.1 CT 检查 采用 GE LightSpeed 64 排螺旋 CT 机,由同一技师进行操作。嘱患者仰卧,双手抱头,扫描前训练患者完成呼吸指令,分别于平静吸气末及呼气末自肺尖至肺底进行扫描。采用低剂量扫描模式,管电压 120 kVp,管电流 30、40 mAs(30 mAs 用于呼气相及对体质量指数 $\leq 24$  kg/m<sup>2</sup>或体质量 $\leq 80$  kg 患者的吸气相扫描,余扫描采用 40 mAs);以薄层骨算法重建图像,层厚 0.625 mm。将双相 CT 扫描图像数据以 DICOM 格式传至 AW 4.5 工作站,采用 GE Thoracic VCAR 定量软件 Emphysema 自动分辨肺组织,在 CT 值 $-1024 \sim 3071$  HU 范围内以表面遮盖技术建立三维肺脏模型;将吸气相阈值设为 $-950$  HU,呼气相阈值设为 $-950$ 、 $-930$ 、 $-910$ 、 $-890$ 、 $-870$ 、 $-850$  HU,软件自动计算左右肺及全肺设定阈值以下(即 $-1024$  HU~设定阈值)肺体积占肺总体积的百分比(trapping volume percentage,  $V_{trap}\%$ ),同时测量吸气末全肺容积(volume at the end of the inspiratory

phases,  $V_{in}$ )及呼气末全肺容积(volume at the end of the expiratory phases,  $V_{ex}$ )。

1.2.2 肺功能测定 采用 Elite Series DL 肺功能测量仪(MedGraphics)。嘱患者取坐位,检测指标包括第 1 秒用力肺活量实测值与预测值百分比(ratio of forced expiratory volume in one second to predicted,  $FEV_1\%$ )、第 1 秒用力肺活量与用力肺活量的比值(ratio of forced expiratory volume in one second to forced vital capacity,  $FEV_1/FVC$ )、残气量(residual volume, RV)和肺总量(total lung capacity, TLC)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 13.0 软件进行分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。以配对  $t$  检验比较呼气相各阈值以下及吸气相  $V_{trap}\%$  差异,以 Pearson 分析检验双相  $V_{trap}\%$ 、 $V_{in}$  和  $V_{ex}$  与 PFT 指标的相关性, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

2.1 各相  $V_{trap}\%$  不同时相及不同 CT 阈值以下  $V_{trap}\%$  测值不同;吸气相 $-950$  HU 以下右肺、左肺及双肺  $V_{trap}\%$  分别为 $(11.78 \pm 6.10)\%$ 、 $(13.24 \pm 6.22)\%$ 和 $(12.41 \pm 5.88)\%$ ,呼气相 $-930$  HU 以下  $V_{trap}\%$  与之最接近,分别为 $(11.45 \pm 9.53)\%$ 、 $(12.60 \pm 9.50)\%$ 和 $(11.88 \pm 9.10)\%$ ,差异均无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ );其余呼气相阈值以下  $V_{trap}\%$  与吸气相 $-950$  HU 以下  $V_{trap}\%$  差异均有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ ,表 1)。

表 1 呼气相不同 CT 阈值以下与吸气相 $-950$  HU 以下  $V_{trap}\%$  比较( $\%$ ,  $\bar{x} \pm s$ ,  $n=28$ )

| CT 阈值(HU)  | 右肺                  | 左肺                  | 全肺                  |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 呼气相 $-950$ | $6.22 \pm 6.30^*$   | $6.91 \pm 6.08^*$   | $6.48 \pm 5.91^*$   |
| 呼气相 $-930$ | $11.45 \pm 9.53$    | $12.60 \pm 9.50$    | $11.88 \pm 9.10$    |
| 呼气相 $-910$ | $17.08 \pm 11.84^*$ | $18.50 \pm 12.26^*$ | $17.67 \pm 11.67^*$ |
| 呼气相 $-890$ | $24.07 \pm 13.91^*$ | $25.56 \pm 14.99^*$ | $24.71 \pm 14.07^*$ |
| 呼气相 $-870$ | $31.99 \pm 15.53^*$ | $33.15 \pm 17.18^*$ | $32.49 \pm 16.01^*$ |
| 呼气相 $-850$ | $40.03 \pm 16.18^*$ | $40.58 \pm 18.27^*$ | $40.28 \pm 16.91^*$ |
| 吸气相 $-950$ | $11.78 \pm 6.10$    | $13.24 \pm 6.22$    | $12.41 \pm 5.88$    |

注: \* :与吸气相 $-950$  HU 比较,  $P < 0.05$

#### 2.2 $V_{trap}\%$ 、 $V_{in}$ 和 $V_{ex}$ 与 PFT 指标的相关性 吸

气相 -950 HU 以下和呼气相各阈值以下  $V_{trap}\%$  与  $FEV_1/FVC$  均呈负相关; 吸气相 -950 HU 以下  $V_{trap}\%$  与  $FEV_1\%$  无相关性 ( $P > 0.05$ ), 呼气相 -950 ~ -890 HU 以下  $V_{trap}\%$  与  $FEV_1\%$  呈负相关 (表 2);  $V_{in}$ 、 $V_{ex}$  分别为  $(5.71 \pm 1.19)L$  和  $(3.92 \pm 1.31)L$ ,  $TLC$  和  $RV$  分别为  $(6.01 \pm 1.06)L$  和  $(3.26 \pm 1.05)L$ ,  $V_{in}$  与  $TLC$ 、 $V_{ex}$  与  $RV$  之间呈正相关 ( $r = 0.593$ 、 $r = 0.362$ ,  $P < 0.01$ 、 $P < 0.05$ ; 图 1)。

### 3 讨论

目前临床主要通过综合分析高危因素病史 (如吸烟)、慢性咳嗽和咳痰等临床症状和体征及 PFT 结果诊断 COPD, 其中不完全可逆性气流受限是诊断的必要条件。在 PFT 参数中,  $FEV_1$  是诊断 COPD 并对其严重程度进行分级的良好指标, 但为非特异性指标, 具有力量和年龄依赖性, 不能完全反映 COPD 患者的临床状况, 尤其对不均匀分布的肺气肿, 评估局限肺功能损害程度存在明显局限性<sup>[3]</sup>。MSCT 可显示肺部细微结构, 早期诊断 COPD, 并定量评估 COPD 病变程度及进展<sup>[1,3-7]</sup>。与 PFT 相比, MSCT 兼顾肺形态和功能, 可测量单肺或局部肺叶体积, 对测量 COPD 肺滞留体积及明确肺减容术“靶区”具有重要价值<sup>[8]</sup>。

目前已有许多关于量化 COPD 严重程度的研究。Wakayama 等<sup>[9]</sup>采用以主观视觉为基础的半定量评估法, 利用少数层面从程度和累及范围对肺气肿进行分级, 但存在片面性。另有研究<sup>[10]</sup>基于计算机辅助方法客观、全面地定量评价肺气肿肺滞留体积, 发现吸气相 -950 HU 可作为肺气肿肺滞留体积的测量阈值。然而 COPD 主要表现为呼气时气流受限, 从理论上讲, 测量

表 2 不同 CT 阈值以下  $V_{trap}\%$  与  $FEV_1/FVC$  和  $FEV_1\%$  相关系数

| 变量          | 吸气相      |          | 呼气相 (HU) |          |          |          |          |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|             | -950HU   | -950     | -930     | -910     | -890     | -870     | -850     |
| $FEV_1/FVC$ | -0.721** | -0.656** | -0.646** | -0.647** | -0.651** | -0.627** | -0.600** |
| $FEV_1\%$   | -0.401   | -0.475*  | -0.454*  | -0.442*  | -0.437*  | -0.406   | -0.373   |

注: 经 Pearson 相关分析, \* :  $P < 0.05$ , \*\* :  $P < 0.01$

呼气相 CT 肺体积能更真实地反映肺滞留的范围及程度。本研究比较吸气相 -950 HU 和呼气相不同 CT 阈值下滞留肺体积, 结果显示呼气相 -930 HU 与吸气相 -950 HU 以下  $V_{trap}\%$  最接近, 差异无统计学意义。另外, 本研究中呼气相 -930 HU 以下  $V_{trap}\%$  与  $FEV_1/FVC$  和  $FEV_1\%$  均呈负相关, 但其与  $FEV_1/FVC$  的相关系数 ( $r = -0.646$ ) 较吸气相 -950 以下  $V_{trap}\%$  与  $FEV_1/FVC$  的相关系数 ( $r = -0.721$ ) 未见提高, 可能原因如下: ①深呼气后屏气状态不易控制, 难以达到最大呼气状态, 因此检查前需对患者进行呼吸训练, 以达到最佳效果; ②纳入病例数较少, 尚需进行更大样本量研究。本研究中  $V_{in}$  与  $TLC$  及  $V_{ex}$  与  $RV$  之间呈正相关, 提示吸气相 CT 肺容量可反映 PFT 中的肺总量, 呼气相 CT 肺容量可反映 PFT 的残气量, 表明 CT 容积测量可在一定程度上反映 PFT 指标。

如临床采用肺滞留体积作为 COPD 诊断指标, 测量软件必须精确、可重复。本研究采用 Thoracic VCAR 软件, 可测量不同 CT 阈值以下的单侧肺、甚至肺叶的滞留体积, 对于外科肺减容术、肺叶或单肺切除术及肺移植术都会提供一定帮助。

肺是辐射致癌的最敏感器官之一<sup>[11-12]</sup>, 临床研究中应尽可能降低 CT 辐射剂量, 以满足“剂量最优化”原则。既往研究<sup>[13-14]</sup>报道降低辐射剂量对肺气肿肺体积测量影响较小, 本研究即采用了低剂量扫描模式。

总之, 应用 MSCT 定量评估 COPD 肺滞留体积无创、准确、可重复, 呼气相不同 CT 阈值下肺滞留体积测量结果不同, -930 HU 为呼气相测量肺滞留体积的最佳阈值。

### [参考文献]

[1] Murphy K, Pluim JP, Rikxoort EM, et al. Toward automatic regional analysis of pulmonary function using inspiration and expiration thoracic CT.

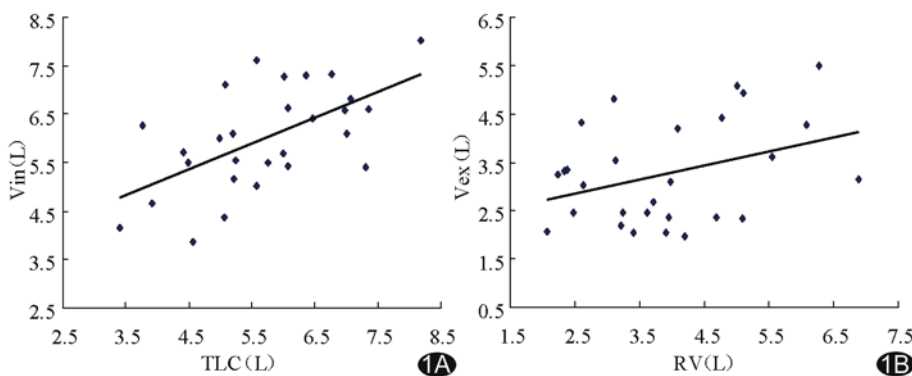


图 1 各指标间相关性散点图 A.  $V_{in}$  与  $TLC$ ; B.  $V_{ex}$  与  $RV$

- Med Phys, 2012, 39(3):1650-1662.
- [2] Celli BR, Macnee W, ATS/ERS Task force. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: A summary of the ATS/ERS position paper. Eur Respir J, 2004, 23(6):932-946.
- [3] Stoel BC, Stolk J. Optimization and standardization of lung densitometry in the assessment of pulmonary emphysema. Invest Radiol, 2004, 39(11):681-688.
- [4] Mets OM, Murphy K, Zanen P, et al. The relationship between lung function impairment and quantitative computed tomography in chronic obstructive pulmonary disease. Eur Radiol, 2012, 22(1):120-128.
- [5] Mets OM, de Jong PA, van Ginneken B, et al. Quantitative computed tomography in COPD: Possibilities and limitations. Lung, 2012, 190(2):133-145.
- [6] Van Tho N, Wada H, Ogawa E, et al. Recent findings in chronic obstructive pulmonary disease by using quantitative computed tomography. Respir Investig, 2012, 50(3):78-87.
- [7] Matsuoka S, Yamashiro T, Washko GR, et al. Quantitative CT assessment of chronic obstructive pulmonary disease. Radiographics, 2010, 30(1):55-66.
- [8] Gierada DS, Yusef RD, Villanueva IA, et al. Patient selection for lung volume reduction surgery: An objective model based on prior clinical decisions and quantitative CT analysis. Chest, 2000, 117(4):991-998.
- [9] Wakayama K, Kurihara N, Fujimoto S, et al. Relationship between excise capacity and the severity of emphysema as determined by high resolution CT. Eur Respir J, 1993, 6(9):1362-1367.
- [10] Gevenois PA, De Vuyst P, de Maertelaer V, et al. Comparison of computed density and microscopic morphometry in pulmonary emphysema. Am J Respir Crit Care Med, 1996, 154(1):187-192.
- [11] Brenner DJ. Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer. Radiology, 2004, 231(2):440-445.
- [12] Brenner DJ, Elliston CD. Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. Radiology, 2004, 232(3):735-738.
- [13] Madani A, De Maertelaer V, Zanen J, et al. Pulmonary emphysema: Radiation dose and section thickness at multidetector CT quantification-comparison with macroscopic and microscopic morphometry. Radiology, 2007, 243(1):250-257.
- [14] Gierada DS, Pilgram TK, Whiting BR, et al. Comparison of standard- and low-radiation-dose CT for quantification of emphysema. AJR Am J Roentgenol, 2007, 188(1):42-47.

## 《新编胸腹部能谱 CT 临床影像学——病案分析图解》已出版

能谱 CT 作为一项新颖的影像学技术,打破了传统 CT 的成像模式,实现以多参数成像为基础的综合诊断模式,对被检组织的性质和功能状态进行多方位的评价。但是这项技术目前尚未被放射学者所熟识,临床上也缺乏专门介绍其应用原理及作用价值的专著。由高剑波教授所主编的《新编胸腹部能谱 CT 临床影像学——病案分析图解》,由郑州大学出版社于 2012 年 10 月出版发行。全书约 45 万字,197 页,16 开,精装铜版,定价 120 元;全书分为四章,分别介绍了能谱 CT 的原理以及其在胸部、腹部及心血管方面的应用价值及作用原理,图文并茂,将理论与实践相结合,深入浅出,适合高等院校影像专业学生、影像科医师以及其他相关科室的临床医师使用。

各地新华书店、医学书店以及当当网、卓越网等网上书店有售。也可来函向我院购买。联系人:吕培杰。地址:郑州建设东路 1 号,郑州大学第一附属医院门诊负一楼 CT 室,邮编:450002。联系电话:0371-67966809。邮箱:lvpeijie2@163.com

