

吸烟肺的 CT 形态学及功能学研究进展

钟桂棉 综述 赵振军 审校

【中图分类号】R563.9; R814.42 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2011)02-0223-03

吸烟主要造成小气道功能的损害,是引起多种呼吸系统疾病的重要原因。螺旋 CT 薄层扫描或高分辨力 CT(high resolution computed tomography, HRCT)不仅能很好地显示吸烟对肺造成的损害,其肺功能成像技术还能定量评价吸烟早期引起的肺功能损害,并与临床肺功能成像参数有良好相关性。本文着重对吸烟肺的 CT 形态学及功能学研究进展进行综述。

吸烟对肺损害的机制

大量研究已经证实吸烟主要引起肺部分通气功能及小气道功能的损害,尤以小气道功能损害为主。小气道是指内径 <2 mm 的细支气管,其生理解剖特点是内部纤毛上皮细胞少、无分泌腺、气流速度慢以及内径狭窄易于闭塞,因此香烟中烟碱(尼古丁)、烟焦油、亚硝基胺、一氧化碳等多种有害物质易于聚集在支气管内,这些物质可激活肺泡巨噬细胞、T 淋巴细胞(尤其是 $CD8^{+}$)和中性粒细胞,这些被激活的炎症细胞可释放多种介质,破坏肺结构和促进中性粒细胞炎症反应,炎症细胞和细胞因子共同作用引起气道、肺实质和肺血管的慢性炎症^[1]。此外,吸烟能使支气管上皮纤毛变短和不规则,纤毛运动发生障碍,降低局部抵抗力,削弱肺泡吞噬细胞的吞噬、灭菌作用;还能引起支气管痉挛,增加气道阻力;亦可刺激气道感觉神经末梢反射性地增加黏液分泌,从而使气道内分泌物增加。长期的吸烟刺激可造成黏膜下腺体的过度增生和杯状细胞增殖,使黏液分泌增加,潴留于细支气管,引起内膜炎症,同时干扰支气管内膜纤毛柱状细胞的活动,影响黏液的清除,加重支气管内膜炎症^[2],严重者甚至可造成周围气道纤维化和结构重塑,使气流受限变为不可逆。

吸烟肺的 CT 形态学表现

螺旋 CT 薄层扫描或 HRCT 能很好地显示肺小叶结构,故能显示吸烟早期引起的小气道损害的细微征象。王振光等^[3]研究发现无症状长期吸烟者肺小气道损害的特征性 HRCT 表现主要为小叶中心型肺气肿、肺实质微结节、磨玻璃样密度影和空气潴留;而非吸烟组的异常 HRCT 表现远低于吸烟组。杜绪仓等^[4]对老年无症状吸烟者作肺部 HRCT 分析研究也得出类似结果,并且认为一些非吸烟老年人的 HRCT 表现有时也会出现肺实质微结节、肺气肿及支气管壁增厚扩张,但其发生率明显低于吸烟组。张锋英等^[5]的研究也得出类似结果。总的来说,吸烟引起肺的形态学改变可归纳为以下几方面:

1. 磨玻璃样密度影

磨玻璃样密度影是指肺密度轻度增加但肺血管和支气管纹理仍清晰可见的区域。长期吸烟者肺的 HRCT 上可发现弥

漫或局限分布的磨玻璃样密度影,其敏感度为 $12\% \sim 28\%$,各家报道不一。病理上表现为肺泡壁和隔性间质的轻度增厚或肺泡腔内充满巨噬细胞、中性白细胞和液体(反映活动性肺炎)^[6,7]。

2. 肺实质微结节

肺实质微结节即小叶中心微结节,大小 <2 mm,边缘模糊,多位于上肺区。HRCT 检出肺实质微结节敏感度为 $15\% \sim 33\%$ 。Remy-Jardin 等^[6,7]认为其病理基础是细支气管扩张及其周围组织纤维化伴闭塞性细支气管炎,与次级肺小叶没有明确的关系。

3. 肺气肿

肺气肿指吸气末肺野内大小不等、常为无壁的低密度区,可分为小叶中心型、全小叶型和间隔旁型。Remy-Jardin 等^[6,7]认为 HRCT 检出肺气肿的敏感度为 91% ,特异度为 100% 。Wright 等^[8,9]的动物实验证明吸烟导致的呼吸性细支气管炎、小气道狭窄、肺泡接触段的破坏及小气道的反应性增高都可引起不同类型的肺气肿。Muller 等^[10]的研究发现 82 例吸烟者中小叶中心型肺气肿占 44% ,全小叶型占 36% ,间隔旁型占 20% 。马鸿达等^[11,12]研究 36 例吸烟者的肺病理切片发现小叶中心型肺气肿的小气道管壁增厚和扭曲变形、肺泡接触段破坏以及小气道炎症、平滑肌肥大和纤维化等病变程度均比全小叶型和无肺气肿者严重,故推测小叶中心型肺气肿的发生与小气道的形态异常有关,全小叶型可能与肺弹性回缩力的降低或丧失有关,而与小气道异常的关系不明显。

4. 支气管的异常

吸烟者的支气管异常包括中央支气管和周围支气管的异常。前者是指支气管管壁至少呈正常厚度的两倍增厚;后者包括细支气管管壁增厚和细支气管扩张。CT 病理对照研究显示细支气管管壁增厚主要是由于管壁的炎症反应及水肿、平滑肌肌束的增生和色素沉积;支气管周围和外膜的改变主要是轻微纤维化、淋巴样增生和色素沉着的浸润。Remy-Jardin 等^[7,8]报道吸烟者和非吸烟者支气管管壁增厚分别为 33% 和 18% ;对于组织病理学确诊的肺泡和细支气管的异常,HRCT 的敏感度分别为 28% 和 10% ,特异度为 100% 。

5. 空气潴留

空气潴留是指过多的气体在呼气的任一阶段存留于部分或全肺组织内,HRCT 表现为呼气末密度不能升高的肺组织。根据其形态及面积特点可分为 3 型:①小叶型,少于 3 个相邻的次级肺小叶;②肺段型,在 3 个次级肺小叶和一个肺段面积间;③肺叶型,大于一个肺段的范围。Lee 等^[13]认为 50% 左右的无症状者可出现空气潴留现象,其发生率随年龄的增加而升高;严重程度则与年龄和吸烟呈正相关。Mastora 等^[14]认为重度吸烟者的肺段型空气潴留显著高于轻度吸烟者,肺叶型空气潴留仅见于重度吸烟者,故应该重视空气潴留的形式,而不仅

作者单位:510080 广州,广东省人民医院放射科
作者简介:钟桂棉(1985—),女,广东增城人,硕士研究生,主要从事胸部影像学诊断工作。

仅关注其出现概率。

由于小气道阻力仅占呼吸道全部阻力 2% 左右^[15], 因此早期常规肺功能检查可无异常。研究表明^[16]肺组织破坏达 30% 以上才会有肺功能的异常, 而肺功能正常的研究对象中 40%~69% 在 HRCT 上有肺气肿表现。另据文献报道如仅有小气道功能改变, 戒烟后由吸烟引起的气道阻力增加有可能逆转, 使受损的肺功能得以恢复和改善^[17]。故早期发现吸烟肺的损害尤为重要。

CT 肺功能成像技术与应用

随着 CT 技术及计算机软件不断发展, 现代 CT 不仅显示肺部细微结构的能力大幅度提高, 而且可通过其定量指标来反映肺功能状况。其研究包括以下 4 个方面。

1. 肺容积测定

目前多采用螺旋 CT 分别在呼、吸气相对全肺进行连续扫描, 扫描技术多采用层厚 8~10 mm, 螺距 1.0~1.5, 然后用自动化评估软件勾画肺轮廓, 测算肺容积的各项指标。研究结果显示, 经此方法所测得的肺活量 (VC)、肺总量 (TLC)、残气量 (RV) 与同期肺功能测定的相应数值呈显著相关性^[18,19]。张伟宏等^[20]研究认为吸气末 CT 测得的肺体积 (Vin) 与临床肺功能 (PFT) 的肺总量 (TLC) 存在明显相关性 ($r=0.866$), 呼气末 CT 测得的肺体积 (Vex) 与残气量 (RV) 有相关性 ($r=0.833$), 呼吸比 (Vex/Vin) 与 RV/TLC 有相关性 ($r=0.590$)。葛毓俊等^[21]研究得出深吸气末肺容积 (Vin) 与 PFT 的肺总量 (TLC) 的相关性最佳 ($r=0.961$); 深呼气末肺容积 (Vex) 与残气量 (RV)、容积差 (Vin-Vex) 与最大肺活量 (MVC)、容积比 (Vex/Vin) 与残气量与肺总量比 (RV/TLC) 亦存在较好相关性 ($r=0.899, 0.772, 0.614$)。而阻塞性肺通气功能障碍者 Vin、Vex、Vex/Vin 均显著升高, 与 PFT 相一致。李爽等^[22]研究也得到类似结果。

2. 像素指数及像素分布直方图

CT 图像中每一个像素代表一个 CT 值, 通过确定 CT 值范围可统计出这一范围内像素所占的面积, 再与全肺面积比较得出像素指数 (PI), 将其制成直方图, 便能总体了解各像素在不同 CT 值范围内所占的比例和通气功能状况。正常人群的像素直方图呈左侧偏态分布, 其峰度相对尖锐, 波峰在 -900~-800 HU 之间。曲线左移提示阻塞性通气障碍; 右移伴波峰降低、波幅增宽提示限制性通气障碍^[23]。目前像素指数主要应用于肺气肿的评价, 多以 -910 HU 作为阈值, 将肺组织分为 4 个区间, A: -1024~-910 HU, 第 1 秒用力呼气量 (FEV1)/最大肺活量 (FVC) 与该区间像素指数呈负相关, 代表呼气受阻部分的肺实质; B: -900~-801 HU, 肺活量占其预计值的百分比 (VC%) 与该区间的像素指数呈正相关, 代表正常通气的肺实质部分; C: -800~-701 HU; D: >-700 HU, VC% 与该区间的像素指数呈负相关, 代表吸气减少的肺实质部分。张伟宏等^[20]研究认为像素指数 (PI) = -910~-950 HU 与第 1 秒用力呼气量 (FEV1)、1 秒率 (FEV1%)、用力肺活量占预计值百分比 (FVC%) 均存在相关性, 其中与 FEV1/FVC 的相关性最好 ($r=0.747\sim0.772$)。葛毓俊等^[24]研究认为 MSCT 各呼吸相 PI 与 PFT 存在相关性, 其中以 PI-910 HU 的呼吸两项指数比与常规肺功能指标中的 FEV1/FVC 相关性最佳 ($r=-0.901$)。

3. 肺密度测定

近年来, 有学者通过对肺气肿患者的 CT 肺密度测量法进行的纵向研究证实, 肺密度测量法对评估肺气肿的进展比 FEV1 更敏感^[25,26], 但是 FEV1 的年下降率与肺密度的年下降率没有相关性。Mamadou 等^[27]研究显示在通常情况下肺气肿肺的质量与正常肺的质量没有区别, 仅密度是降低的, 而且从肺尖到肺底的密度梯度也明显低于正常人; 一旦肺气肿患者出现肺质量减低, 说明肺功能的损害较严重。

4. 动态肺密度测定

动态肺密度测定是指在平静呼吸状态下, 对一个固定层面进行连续扫描, 整个扫描过程在 2~3 个呼吸周期内完成, 所得图像可以采用电影形式记录, 经专门软件处理后可以显示出肺密度动态曲线。目前主要以主动脉弓平面、隆突平面和隆突下 5 cm 3 个平面代表全肺上、中、下肺野。Suga 等^[28]研究显示正常人的肺密度曲线为一个正弦曲线, 且从腹侧到背侧呈明显的梯度改变, 并同步变化; 阻塞性通气障碍者肺密度动态曲线平坦、不规则, 各区域变化不同步, 甚至呈反向运动。

综上所述, 螺旋 CT 薄层扫描或 HRCT 能从形态学及功能学早期发现及评估吸烟对肺造成的损害, 以便及时干预 (戒烟), 避免造成不可逆的肺损伤。然而, CT 肺功能测定还存在一定的局限性, 其研究目前尚处于不成熟阶段, 尤其是如何更好地使用 CT 来量化肺气肿等问题还没有解决, 但相信随着软件和硬件技术的不断改进, CT 肺功能成像技术将对吸烟肺早期损害提供更有价值的帮助。

参考文献:

- [1] 蔡柏蔷. COPD 发病机制的新进展[J]. 中华内科杂志, 2000, 3(9): 204-205.
- [2] Reid CJ, Gould S, Harris A. Developmental expression of mucin genes in the human respiratory tract[J]. Am J Respir Cell Mol Biol, 1997, 17(5): 592-598.
- [3] 王振光, 路晓东, 孔令琦. 长期无症状吸烟者肺小气道损害的 HRCT 表现[J]. 中国医学影像学, 2002, 18(1): 15-17.
- [4] 杜绪仓, 陈妙霞, 王秀君, 等. 老年无症状吸烟者肺部 HRCT 分析[J]. 中国现代医药杂志, 2007, 9(3): 5-7.
- [5] 张锋英, 葛毓俊, 杭晶卿, 等. 高分辨 CT 评价肺功能正常吸烟者肺组织早期损害[J]. Diagn Concepts Pract, 2009, 8(3): 314-316.
- [6] Remy-Jardin M, Remy J, Boulenguez C, et al. Morphologic effects of cigarette smoking on airways and pulmonary parenchyma in healthy adult volunteers: CT evaluation and correlation with pulmonary function tests[J]. Radiology, 1993, 186(1): 107-115.
- [7] Remy-Jardin M, Remy J, Gosselin B, et al. Lung parenchymal changes secondary to cigarette smoking: pathologic-CT correlations [J]. Radiology, 1993, 186(3): 643-651.
- [8] Wright JL, Sun JP, Churg A. Cigarette smoke exposure causes constriction of rat lung[J]. Eur Respir J, 1999, 14(10): 1095-1099.
- [9] Wright JL, Churg A. Cigarette smoke causes physiologic and morphologic changes of emphysema in the guinea pig[J]. Am Rev Respir Dis, 1990, 142(6): 1422-1428.
- [10] Muller-Leisse C, Otto A, Berger F, et al. The recording of parenchymal lung changes in smokers by high-resolution computed tomography[J]. Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr, 1997, 166(2): 108-114.

- [11] 马鸿达,张乃鑫,赵天如,等.吸烟者肺泡接触段破坏及其与小气道形态异常的关系[J].中华病理学杂志,1996,25(4):216-219.
- [12] 马鸿达,张乃鑫,祝尔诚.吸烟肺小气道形态计量学及其与肺气肿类型的关系[J].天津医药,1995,23(8):451-455.
- [13] Lee KW, Chung SY, Yang I, et al. Correlation of aging and smoking with air trapping at thin-section CT of the lung in asymptomatic subjects[J]. Radiology, 2000, 214(3):831.
- [14] Mastora I, Remy-Jardin M, Sobaszek A, et al. Thin-section CT findings in 250 volunteers; assessment of the relationship of CT findings with smoking history and pulmonary function test results[J]. Radiology, 2001, 218(3):695.
- [15] Bohadana A, Teculescu D, Martinet Y. Mechanisms of chronic airway obstruction in smokers[J]. Respir Med, 2004, 98(2):139-151.
- [16] Haraguchi M, Shimura S, Hida W, et al. Pulmonary function and regional distribution of emphysema as determined by high-resolution computed tomography[J]. Respiration, 1998, 65(2):125-129.
- [17] Bosse R, Sparrow D, Rose CL, et al. Longitudinal effect of age and smoking cessation on pulmonary function[J]. Am Rev Respir, 1981, 123(4):378-381.
- [18] Kohz P, Stabler A, Beinert T, et al. Reproducibility of quantitative, spirometrically controlled CT[J]. Radiology, 1995, 197(2):539-542.
- [19] Bae KT, Slone RM, Gierada DS, et al. Patients with emphysema: quantitative CT analysis before and after lung volume reduction surgery. Work in progress[J]. Radiology, 1997, 203(2):705-714.
- [20] 张伟宏,刘玉清,牟文斌,等. CT 肺功能成像技术研究[J]. 中华放射学杂志, 2001, 35(11):832-836.
- [21] 葛斌俊,张国桢,滑炎卿,等. 多层螺旋 CT 肺容积测定与肺功能的对照研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2005, 3(1):30-32.
- [22] 李爽,陈亮,杜继民,等. MSCT 肺容积测定在 COPD 患者肺功能评价中的应用[J]. 吉林大学学报(医学版), 2009, 35(6):1167-1171.
- [23] Best AC, Lynch AM, Bozic CM, et al. Quantitative CT indexes in idiopathic pulmonary fibrosis; relationship with physiologic impairment[J]. Radiology, 2003, 228(2):407-414.
- [24] 葛斌俊,张国桢,毛定彪,等. 多层螺旋 CT 肺像素指数与肺功能的相关性[J]. 中国医学科学院学报, 2006, 28(1):61-63.
- [25] Dowson LJ, Guest PJ, Stockley RA. Longitudinal changes in physiological, radiological, and health status measurements in alpha (1)-antitrypsin deficiency and factors associated with decline[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2001, 164(10):1805-1809.
- [26] Stolk J, Ng WH, Bakker ME, et al. Correlation between annual change in health status and computer tomography derived lung density in subjects with alpha 1-antitrypsin deficiency[J]. Thorax, 2003, 58(12):1027-1030.
- [27] Mamadou HHD, Hervé G, François L, et al. Distribution of lung density and mass in patients with emphysema as assessed by quantitative analysis of CT[J]. Chest, 2000, 118(6):1566-1575.
- [28] Suga K, Nishigauchi K, Kume N, et al. Ventilation abnormalities in obstructive airways disorder; detection with pulmonary dynamic densitometry by means of spiral CT versus dynamic Xe2133 SPECT[J]. Radiology, 1997, 202(3):855-862.

(收稿日期:2010-08-17 修回日期:2010-09-30)

• 外刊摘要 •

在 CT 透视引导下介入时用铅放射保护层减少放射剂量的评估

Haupt F, Kirsch M, Hosten N

目的:评估 CT 透视引导下介入时用一可移动的铅放射保护层减少放射剂量。**方法:**开始用蒙特卡罗模拟系统来评估铅层降低放射剂量的可能性。然后用奥尔德森幻像和电离化室的放射剂量测量来探测用铅板是否可以降低病人的散射剂量。最后,测定用放射保护层或者不用放射保护层的放射剂量。**结果:**病人身上的铅板可以减少散射剂量(平均屏蔽系数 3.3, 中间值 3.3, 标准差 1.1/平均减少剂量 67%, 中间值 69%, 标准差 10%)。除此之外,运用铅放射保护层可以进一步减少放射

剂量(平均屏蔽系数 10.9, 中间值 7.7, 标准差 8.7/平均减少剂量 84%, 中间值 86%, 标准差 11%)。**结论:**除已知防护措施减少放射剂量外(X 线保护衣, 铅板, 仪器的设置, 计算机控制导航系统, 持针钳等), 在 CT 透视引导下介入时安置铅放射保护层能减少病人的放射暴露。

华中科技大学同济医学院附属同济医院 裴贻刚 译 胡道予 校
摘自 Fortschr Röntgenstr, 2010, 182(6): 512-517.