

慢性阻塞性肺疾病患者胸部多层螺旋 CT 的气道壁径线与肺功能的关系

杨嘉雯^{1,2}, 陈正贤^{1*}

(1.广东省人民医院//广东省医学科学院 呼吸内科,广东 广州 510080;2.南方医科大学,广东 广州 510515)

摘 要:【目的】探讨应用多层螺旋 CT(MSCT)测量慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者气道壁径线与肺功能的关系。【方法】40 例受试者分为 COPD 组(25 例)和健康对照组(15 例)两组,均进行胸部 64 层螺旋 CT 扫描及肺功能检查。CT 扫描获取右上叶尖段支气管的横截面图像,测量其管壁厚度(T)与体表面积(BSA)平方根的比值($T/\sqrt{BSA}$)、管腔横截面积(A_i)与 BSA 的比值(A_i/BSA),并根据上述指标计算支气管横截面总面积(A_o)与 BSA 的比值(A_o/BSA)、T 与支气管横截面总直径的比值(T/D)、管壁横截面积占 A_o 的百分比(WA%)。分析 COPD 患者气道壁径线与肺功能的相关性。【结果】COPD 组与健康对照组的 $T/\sqrt{BSA}$ [(1.5 ± 0.3) vs (1 ± 0.2) mm/m, $P < 0.01$]、 T/D [(0.3 ± 0.05) vs (0.2 ± 0.02), $P < 0.01$]、 A_i/BSA [(4 ± 1.7) vs (5.6 ± 2) mm²/m², $P = 0.01$]、WA% [(81.1 ± 8.1) vs (72.2 ± 4.1)%, $P < 0.01$]、通气功能($P < 0.05$)、小气道功能($P < 0.01$)、肺总量($P < 0.05$)、残气量($P < 0.01$)、气道阻力($P < 0.01$)和弥散功能($P < 0.01$)差异有统计学意义。 $T/\sqrt{BSA}$ 、 T/D 与通气功能、小气道功能、肺活量(VC)呈负相关($r = -0.724 \sim -0.400$, $P < 0.05$),与残气容积、气道阻力呈正相关($r = -0.378 \sim -0.578$, $P < 0.05$), T/D 还与弥散功能呈负相关($r = -0.485$, $P < 0.05$); A_i/BSA 与通气功能、小气道功能、VC 呈正相关($r = -0.410 \sim -0.625$, $P < 0.05$); A_o/BSA 与通气功能呈负相关($r = -0.425$, $P < 0.05$),与残气量呈正相关($r = -0.497$, $P < 0.05$);WA%与通气功能、小气道功能、VC 呈负相关($r = -0.729 \sim -0.445$, $P < 0.05$),与残气容积、气道阻力呈正相关($r = 0.408 \sim 0.488$, $P < 0.05$)。【结论】MSCT 扫描测量气道壁径线,尤其是 $T/\sqrt{BSA}$ 、 T/D 、 A_i/BSA 、WA%与肺功能有较好的相关关系。MSCT 扫描测量气道壁径线可为评估 COPD 患者气道病变提供大量的信息。

关键词: 体层摄影术,螺旋计算机;肺功能检查;肺疾病,慢性阻塞性;气道重塑

中图分类号: R563

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2011)02-0246-07

Measurements of Airway Dimensions of Multi-slice Spiral CT in Patients with COPD: Relationship with Lung Function

YANG Jia-wen^{1,2}, CHEN Zheng-xian^{1*}

(1.Department of Respiratory Medicine, Guangdong Provincial People Hospital//Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangzhou 510080, China;2.Southern Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: 【Objective】To investigate the relationship of airway dimensions measured by multi-slice spiral CT (MSCT) with lung function in the patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). 【Methods】Forty subjects were divided into two groups: COPD group with 25 patients and control group with 15 healthy subjects. All the subjects underwent 64-slice spiral CT scans at chest and pulmonary function test. The dimensions of apical bronchus of the right upper lobe in the CT images were measured, which included the following parameters: the ratio of airway wall thickness (T) and square root of body surface area ($T/\sqrt{BSA}$), the ratio of airway luminal area (A_i) and BSA (A_i/BSA). The following parameters were calculated by the preceding ones; the ratio of the

收稿日期:2010-12-08

项目基金:广东省科技计划项目(2009B030801246)

作者简介:杨嘉雯,硕士研究生,研究方向:慢性阻塞性肺疾病的诊治,E-mail:36820996@qq.com; * 通信作者:陈正贤,医学硕士,教授,E-mail:zxchen709@msn.com

outer area of the bronchus (Ao) and BSA (Ao/BSA), the ratio of T and the total diameter of the bronchus (T/D), the percentage of airway wall area to Ao (WA%). The relationship between airway dimensions and lung functions in COPD patients were analyzed. 【Results】 There were significant differences between COPD group and control group in $T/\sqrt{BSA}$ [(1.5±0.3) vs (1±0.2) mm/m, $P < 0.01$], T/D [(0.3±0.05) vs (0.2±0.02), $P < 0.01$], Ai/BSA [(4±1.7) vs (5.6±2) mm²/m², $P = 0.01$], WA% [(81.1±8.1) vs (72.2±4.1)%, $P < 0.01$], ventilation function ($P < 0.05$), small airway function ($P \leq 0.001$), total lung capacity ($P < 0.05$), residual volume ($P < 0.01$), airway resistance ($P < 0.01$) and diffusion function ($P < 0.01$). T/and T/D correlated negatively with ventilation function, small airway function, vital capacity (VC) ($r = -0.724 \sim -0.400$, $P < 0.05$) and positively with residual volume and airway resistance ($r = -0.378 \sim -0.578$, $P < 0.05$). T/D also correlated negatively with diffusion function ($r = -0.485$, $P < 0.05$). Ai/BSA correlated positively with ventilation function, small airway function and VC ($r = -0.410 \sim -0.625$, $P < 0.05$). Ao/BSA correlated negatively with ventilation function ($r = -0.425$, $P < 0.05$) and positively with residual volume ($r = -0.497$, $P < 0.05$). WA% correlated negatively with ventilation function, small airway function and VC ($r = -0.729 \sim -0.445$, $P < 0.05$) and positively with residual volume and airway resistance ($r = 0.408 \sim 0.488$, $P < 0.05$). 【Conclusion】 Airway dimensions measured by MSCT, among which the $T/\sqrt{BSA}$, T/D, Ai/BSA and WA% correlated strongly with lung functions, provided large amount of information about the airway abnormality in COPD.

Key words: tomography, spiral computed; respiratory function test; pulmonary disease, chronic obstructive; airway remodeling

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2011, 32(2): 246-252]

慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 的气流受阻由小气道炎症 (慢性支气管炎) 和肺实质的破坏 (肺气肿) 造成^[1], 患者的小气道 (直径 < 2 mm 的气道) 存在着气道重塑, 导致气流受限, 并形成肺气肿, 引起肺泡破坏, 换气功能异常^[2]。COPD 患者气道重塑的过程中, 膜性细支气管中性粒细胞浸润, 释放炎症介质、多种蛋白酶^[3], 气道黏液过度分泌、纤维化导致了患者的管腔狭窄^[4-5], 这些病理改变的加重与 COPD 患者的 FEV₁ 和 FEV₁/FVC 下降呈相关关系^[6]。如今关于气道重塑的干预治疗日益受到重视, 故寻求有效的方法检测气道重塑并为气流受限的研究提供更多的信息非常重要。肺功能检查是检测气流受限最常用的功能性检查方法, 也为 COPD 的诊断和病情分级提供了金标准。对于气道重塑形态的直接检测, 现主要有组织病理学检查、CT 和气道内超声^[7]。组织病理学检查及气道内超声可分辨气道壁的分层结构, 但是均为有创性检查^[8]。而应用 CT 扫描图像可无创、直观、精确地测量气道径线, 评估气道壁厚度、有效通气管腔面积, 从而反映患者的气道的形态改变。研究表明, 用 CT 测量支气管哮喘患者的支气管壁厚度与病情严重程度呈正相关^[9-11], 应用 CT 检测 COPD 患者气道重塑的方法也渐受关注。COPD 患者气道重塑的部位为直径 < 2 mm 的小气道^[12-13], 而在 CT 图像上所能测量的最小气道直径为 1.5 ~ 2.0 mm^[14-15], 故应用 CT 直

接测量小气道的径线很困难。然而 Nakano 等^[16]发现直径大于 0.75 cm 的较大气道的管壁厚度与小气道的管壁厚度有很强的相关性, 故较大气道的形态异常可反映小气道重塑引起的形态、功能异常由于第 3 级支气管右尖段支气管 (B1) 的走行大致与人体纵轴平行, 在 CT 扫描图像上便于选取其横截面, 且其径线、面积大小可进行较精确的测量, 故本研究应用多层螺旋 CT (multislice spiral CT, MSCT) 扫描图像测量右 B1 的气道壁径线, 分析气道壁径线与肺功能的相关关系, 探讨 COPD 患者气道形态改变与肺功能异常的关系, 为研究、检测 COPD 患者的气道重塑提供更多的信息。

1 材料与方法

1.1 研究对象

1.1.1 研究分组 研究分 COPD 组和健康对照组两组, 所有受试者均签署知情同意书后进行肺功能检查和胸部 MSCT 扫描。

1.1.2 COPD 组 收集 2009 年 5 月-2010 年 10 月在广东省人民医院住院的 COPD 患者 25 例, 其中轻度 COPD 患者 5 例, 中度 COPD 患者 14 例, 重度 COPD 患者 5 例, 极重度 1 例; 男性 22 例, 女性 3 例。COPD 患者诊断及分级按照 2007 年慢性阻塞性肺病全球倡议^[1]标准, 并排除肺大疱、支气管哮喘、支气管扩张、肺结核、支气管肺癌等肺部

及气管-支气管疾病。

1.1.3 健康对照组 选择健康对照者 15 例,其中男性 13 例,女性 2 例,年龄与 COPD 组匹配。健康对照者均无心肺疾病。

1.2 方 法

1.2.1 MSCT 扫描 使用 64 层螺旋 CT (GE Medical Systems, Lightspeed Ultra), 受试者采取深吸气仰卧位进行全肺扫描。扫描参数:120 kV, 240

mA, 螺距 0.875, 视野 38 cm × 38 cm, 矩阵 512 × 512, 窗位 -600 U, 窗宽 1 600 U, 层厚 1.25 mm。扫描图像放大 4 ~ 8 倍后,测量右 B1 的气道壁径线,测量参数包括:管壁厚度(T, mm)及管腔面积(Ai, mm²),测量方法见图 1。若右 B1 的扫描层面数大于 1,则取各层面测量结果的平均值。以上测量由 2 名资深影像科医师用盲法完成,最后结果取 2 名影像科医师测量的平均值。

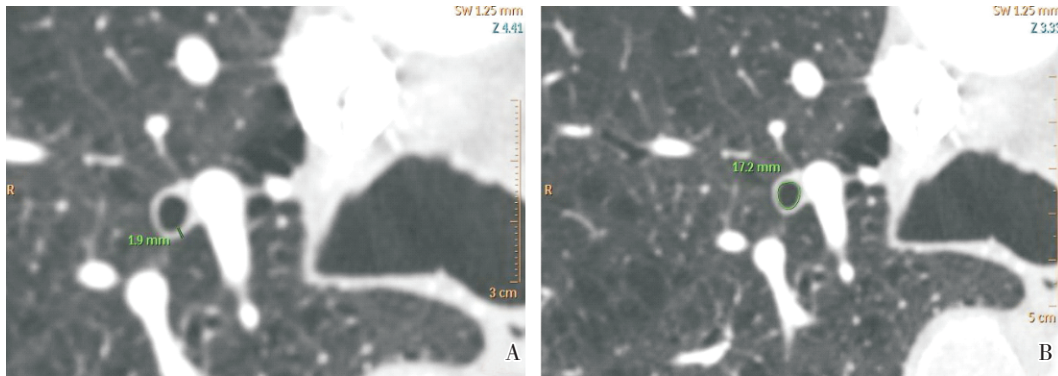


图 1 CT 图像上右上叶尖段支气管气道壁径线测量示意图

Fig.1 Measurement of airway dimensions of apical bronchi of the right upper lobe

A: Measurement of airway wall thickness (T) of apical bronchi of the right upper lobe; B: Measurement of airway luminal area (Ai) of apical bronchi of the right upper lobe.

支气管横截面总直径(D, mm)按以下公式计算: $D=2\sqrt{Ai/\pi}+2T$; 支气管横截面总面积 (Ao, mm²)按以下公式计算: $Ao=\pi(D/2)^2$; 支气管横截面积(WA, mm²)按以下公式计算: $WA=Ao-Ai$; 支气管横截面积占支气管横截面总面积的比值(WA%, %) 按以下公式计算: $WA\%=(WA/Ao)\times 100\%$;气道壁径线示意图见图 2。

由于气道壁径线受身高、体质量的影响,本研究用体表面积(BSA)及其平方根($\sqrt{BSA}$)校正气道壁径线。由于 BSA 的单位(m²)与 Ai、Ao 的单位(mm²)平行,故用 Ai、Ao 与 BSA 的比值(Ai/BSA、Ao/BSA, mm²/m²) 评估管腔横截面积及支气管横截面总面积;由于 $\sqrt{BSA}$ 的单位(m)与 T $\sqrt{BSA}$ 的单位(mm)平行,故用 T 与 $\sqrt{BSA}$ 的比值(T/ $\sqrt{BSA}$, mm/m)评估气道壁厚度。

1.2.2 肺功能检查 受试者安静休息,吸入支气管舒张剂沙丁胺醇 200 μg, 10 min 后用肺功能检测仪(Sensors Medics, Vmax 622),按照美国胸科协会/欧洲呼吸协会肺功能仪质控标准,测定通气功能、小气道功能、肺容积、气道阻力和弥散功能。通

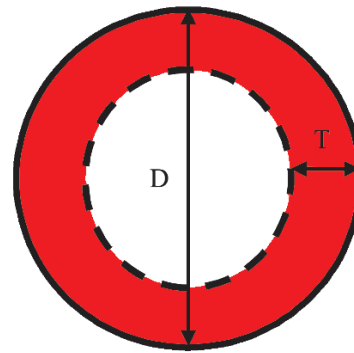


图 2 气道壁径线示意图

Fig.2 General view of airway dimensions

The area in - - - is Ai.
The area in — is Ao.
The area between — and - - - is WA.

气功能指标包括用力肺活量(forced vital capacity, FVC)与预计值的比值(FVC%, %)、第一秒用力呼气容积 (forced expiratory volume in one second, FEV₁)与预计值的比值(FEV₁%, %)、FEV₁与 FVC 的比值(FEV₁/FVC, %);小气道功能指标包括用力

呼气中期平均流速 (maximal mid expiratory flow, MMEF)与预计值的比值(MMEF%,%)、用力呼气 50% 流速 (forced expiratory flow after 50% of the FVC has been exhaled, FEF₅₀) 与预计值的比值 (FEF₅₀%,%)、用力呼气 75%流速(forced expiratory flow after 75% of the FVC has been exhaled, FEF₇₅) 与预计值的比值(FEF₇₅%,%)、呼气峰流量(peak expiratory flow, PEF)与预计值的比值(PEF%,%);肺容积指标包括肺活量(vital capacity, VC)与预计值的比值 (VC%,%)、深吸气量(inspiratory capacity,IC) 与预计值的比值 (IC%,%)、肺总量(total lung capacity, TLC) 与预计值的比值 (TLC%,%);残气容积指标包括残气量(residual volume,RV)与预计值的比值(RV%,%)、RV 与 TLC 的比值(RV/TLC,%);气道阻力指标为气道阻力(resistance of airway, Raw) 与预计值的比值 (Raw%,%);弥散功能指标为一氧化碳弥散量(carbon monoxide diffusion capacity, D_LCO)与预计值的比值(D_LCO%,%)。

1.3 统计学分析

应用 SPSS13.0 统计软件包进行统计学分析。两组间年龄、身高、体质量、BSA、√BSA、气道壁径线和肺功能比较用两个独立样本比较的 *t* 检验,两组间性别比较用两个独立样本率比较的 χ^2 检验,COPD 患者气道壁径线和肺功能的相关性分析用 Pearson 相关性分析。检验水准为 0.05。

2 结 果

2.1 COPD 患者与健康人一般情况

COPD 患者与健康对照组的性别、年龄、身高、体质量、BSA、√BSA 差异无统计学意义(表 1)。

2.2 COPD 患者与健康人气道壁径线比较

COPD 患者与健康人气道壁径线的比较见表2。两组的 T/√BSA、T/D、Ai/BSA、WA%差异有统计学意义。COPD 患者的 T/√BSA、T/D 较健康人增大,提示 COPD 患者的气道壁明显增厚;COPD 患者的 Ai/BSA、WA%明显增加,提示患者的有效通气管腔面积明显减小。两组的 Ao/BSA 无统计学差异。

2.3 COPD 患者与健康人肺功能比较

COPD 患者与健康人肺功能指标的比较见表3。两组的通气功能指标差异有统计学意义,COPD 组的 FVC%、FEV₁%、FEV₁/FVC 降低,提示 COPD 患

表 1 COPD 患者与健康对照组一般情况

Clinical characteristics	control group		$\bar{x} \pm s$	
	Study group	Control group	<i>t</i> or χ^2	<i>P</i>
Sex, <i>n</i> (M/FM)	25(22/3)	15(13/2)	0.015	0.902
Age/year	65 ± 9	61 ± 11	1.327	0.192
Height/cm	165.2 ± 7	165.1 ± 7	-0.029	0.977
Weight/kg	61 ± 11	61 ± 9	0.144	0.887
BSA/m ²	2 ± 0.14	2 ± 0.13	0.451	0.654
√BSA /m	1.3 ± 0.06	1.3 ± 0.05	0.441	0.662

表 2 COPD 患者与健康人气道壁径线

Airway dimension	group		$\bar{x} \pm s$	
	Study group	Control group	<i>t</i>	<i>P</i>
T/√BSA /(mm/m)	1.5 ± 0.3	1.2 ± 0.2	2.784	0.008
T/D	0.3 ± 0.05	0.2 ± 0.02	4.657	0.000
Ai/BSA/(mm ² /m ²)	4 ± 1.7	5.6 ± 2	-2.719	0.010
Ao/BSA/(mm ² /m ²)	22 ± 5.2	20 ± 3.8	1.269	0.212
WA%/%	81.1 ± 8.1	72.2 ± 4.1	3.976	0.000

者存在阻塞性通气功能减退;两组的小气道功能指标差异有统计学意义,COPD 组的 MMEF%、FEF₅₀%、FEF₇₅%、PEF%降低,提示 COPD 患者存在小气道功能异常;两组的肺总量和残气容积差异有统计学意义,COPD 组的 TLC%、RV%、RV/TLC

表 3 COPD 患者与健康人肺功能结果

Lung function	group		$\bar{x} \pm s, \%$	
	Study group	Control group	<i>t</i>	<i>P</i>
FVC%	87 ± 21	100 ± 10	-2.101	0.043
FEV1%	64 ± 23	101 ± 13	-5.475	0.000
FEV1/FVC	56 ± 12	79 ± 5	-7.943	0.000
MMEF%	41 ± 21	105 ± 26	-8.169	0.000
FEF ₅₀ %	33 ± 19	89.2 ± 19	-8.800	0.000
FEF ₇₅ %	41 ± 28	108 ± 60	-3.951	0.001
PEF%	46 ± 20	82 ± 20	-5.481	0.000
VC%	94 ± 29	100 ± 11	-0.945	0.352
IC%	58 ± 19	63 ± 19	-0.776	0.443
TLC%	106 ± 16	94 ± 13	2.413	0.021
RV%	128 ± 40	89 ± 9	4.691	0.000
RV/TLC	47 ± 14	34 ± 7	4.022	0.000
Raw%	186 ± 54	115 ± 24	4.617	0.000
D _L CO%	77 ± 25	103 ± 17	-3.403	0.002

增加,提示 COPD 患者存在肺气肿;两组的 Raw%、D_LCO%差异有统计学意义,COPD 患者的 Raw%升高、D_LCO%降低,分别提示 COPD 患者存在气道阻力增大和弥散功能降低。两组的肺容积指标 VC%、IC%差异无统计学意义。

2.4 气道壁径线与肺功能的相关关系

气道壁径线与肺功能的相关关系见表 4 及图 3。T/√BSA 与 FVC%、FEV₁%、FEV₁/FVC、MMEF%、FEF₅₀%、PEF%、VC%、D_LCO%呈负相关,与 RV%、RV/TLC、Raw%呈正相关;T/D 与 FVC%、FEV₁%、FEV₁/FVC、MMEF%、FEF₅₀%、FEF₇₅%、VC%、D_LCO%呈负相关,与 RV/TLC、Raw%呈正相关,提示气道壁增厚与通气功能的减退、小气道功能的异常、有效肺容积的减小、残气容积的增加、气道阻力的增大有相关关系。Ai/BSA 与 FVC%、FEV₁%、FEV₁/FVC、MMEF%、FEF₅₀%、FEF₇₅%、VC%呈正相关,提示气道管腔横截面积减小与阻塞性通气功能减

退、小气道功能异常、有效肺容积减小有相关关系,Ao/BSA 与 FVC%、FEV₁/FVC 呈负相关,提示气道横截面总面积的增大与通气功能减退存在相关关系,但是其与 COPD 病情分级的主要指标 FEV₁%没有相关性;Ao/BSA 与 FEV₁/FVC、RV%呈正相关,提示气道横截面总面积的增大与阻塞性通气功能减退及残气容积的增加有相关关系;但是 Ai/BSA 与其他肺功能指标没有相关性,其与肺功能的相关关系较弱。WA%与 FVC%、FEV₁%、FEV₁/FVC 呈负相关,提示管壁厚度比例的增加与通气功能减退有相关关系;WA%与 MMEF%、FEF₅₀%、FEF₇₅%呈负相关,提示管壁厚度比例的增加亦与小气道功能异常存在相关关系;此外,WA%与 VC%呈负相关,与 RV%、RV/TLC、Raw%呈正相关,提示管壁厚度比例的增加与有效通气容积的减小、残气容积的增加和气道阻力的增大有相关关系。

表 4 气道壁径线与肺功能的相关关系
Table 4 Correlation coefficients for airway dimensions with lung function (r/P)

Lung function	T/√ABC	T/D	Ai/BSA	Ao/BSA	WA%
FVC%	-0.426/0.034	-0.419/0.037	0.382/0.060	-0.088/0.675	-0.445/0.026
FEV ₁ %	-0.719/0.000	-0.706/0.000	0.547/0.005	-0.298/0.148	-0.706/0.000
FEV ₁ /FVC	-0.722/0.000	-0.651/0.000	0.410/0.042	-0.425/0.034	-0.602/0.001
MMEF%	-0.520/0.008	-0.607/0.001	0.602/0.001	-0.028/0.893	-0.609/0.001
FEF ₅₀ %	-0.708/0.000	-0.724/0.000	0.625/0.001	-0.256/0.216	-0.729/0.000
FEF ₇₅ %	-0.246/0.236	-0.491/0.013	0.575/0.003	-0.093/0.658	-0.514/0.009
PEF%	-0.400/0.048	-0.353/0.083	0.299/0.146	-0.195/0.350	-0.371/0.068
VC%	-0.421/0.036	-0.508/0.010	0.534/0.006	-0.002/0.992	-0.527/0.007
IC%	-0.029/0.889	-0.057/0.783	-0.021/0.920	-0.146/0.487	-0.060/0.777
TLC%	0.052/0.803	0.053/0.801	0.038/0.858	-0.116/0.580	0.132/0.529
RV%	0.578/0.002	0.134/0.524	0.145/0.489	0.497/0.011	0.408/0.043
RV/TLC	0.484/0.014	0.401/0.047	0.302/0.142	0.263/0.205	0.488/0.013
Raw%	0.378/0.043	0.411/0.041	-0.328/0.110	0.145/0.488	0.460/0.021
D _L CO%	-0.345/0.091	-0.485/0.014	-0.248/0.233	-0.078/0.712	-0.286/0.166

3 讨 论

COPD患者的段支气管及亚段支气管管壁明显增厚^[17],且其段支气管的管壁厚度与 FEV₁ 呈负相关^[17-18]。但由于应用 CT 检测 COPD 气道重塑仍处于起步阶段,气道壁径线与肺功能的相关性分

析仍不够全面和深入。本研究应用 MSCT 扫描图像测量段支气管右 B1 的气道壁径线,测量、计算 T/√BSA、T/D 评估气道壁厚度;Ao/BSA、Ai/BSA、WA%评价有效通气管腔面积。不仅分析气道壁径线与通气功能的相关关系,亦全面分析了气道壁径线与小气道功能、弥散功能、肺容积、气道阻力和弥散功能的相关关系。

COPD患者的 $T/\sqrt{BSA}$ 、 T/D 、 Ai/BSA 、 $WA\%$ 较健康对照组增大,表明COPD患者的气道壁较健康人明显增厚,有效通气管腔面积减小,其可能的机制是导致小气道管壁增厚、气道阻塞的病理变化,亦可发生在较大气道,故较大气道也表现类似的管壁增厚^[19]。

COPD患者 $FVC\%$ 、 $FEV_1\%$ 、 FEV_1/FVC 、 $MMEF\%$ 、 $FEF_{50}\%$ 、 $FEF_{75}\%$ 、 $PEF\%$ 、 $D_LCO\%$ 较健康对照组减小, $RV\%$ 、 RV/TLC 、 $Raw\%$ 较健康对照组增大,提示COPD患者的通气功能、小气道功能、残气容积、气道阻力和弥散功能均有异常。随着COPD病情发展,患者外周气道病变的加重导致气流受限、肺过度充气从而形成肺气肿;而肺气肿时大量肺泡周围的毛细血管受膨胀肺泡的挤压而退化和大量减少,从而导致通气/血流比例失调,弥散功能降低^[1]。故COPD患者与健康人比较在肺功能上表现明显的阻塞性通气功能减退、小气道功能异常、残气量和肺总量增加、气道阻力增大及弥散功能异常。COPD患者由于气流受限,残气量增加,可出现 VC 、 IC 减少,而 TLC 增加^[20]。本研究中COPD患者的 $TLC\%$ 显著增大,但是两组的 $VC\%$ 和 $IC\%$ 差异未达到统计学意义,可能与本研究的样本量较小有关。

$T/\sqrt{BSA}$ 、 T/D 、 Ai/BSA 、 $WA\%$ 与肺功能指标有较强相关关系, $T/\sqrt{BSA}$ 、 $WA\%$ 与反映通气功能的 $FVC\%$ 、 $FEV_1\%$ 、 FEV_1/FVC 呈负相关($r = -0.419 \sim -0.722, P \leq 0.037$); Ai/BSA 与 $FVC\%$ 、 $FEV_1\%$ 、 FEV_1/FVC 呈正相关($r = 0.382 \sim 0.547, P \leq 0.042$),表明气道壁增厚、有效通气管腔面积减小与气流受限有较强关系,与文献报道的一致^[16]。 T/D 、 $WA\%$ 与反映小气道功能的 $MMEF\%$ 、 $FEF_{50}\%$ 、 $FEF_{75}\%$ 呈负相关($r = -0.491 \sim -0.729, P \leq 0.013$), $T/$ 与 $MMEF\%$ 、 $FEF_{50}\%$ 、 $PEF\%$ 呈负相关($r = -0.400 \sim -0.708, P \leq 0.048$);而 Ai/BSA 与 $MMEF\%$ 、 $FEF_{50}\%$ 、 $FEF_{75}\%$ 呈正相关($r = 0.575 \sim 0.625, P \leq 0.003$),与表明较大气道的管壁增厚和管腔减小与小气道功能异常密切相关。但是我们发现,除了 $T/\sqrt{BSA}$,其他气道壁径线指标与 $PEF\%$ 均无相关关系,说明COPD气道结构改变涉及较大气道时,这种结构改变与 PEF 的降低并不平衡,其可能原因为 PEF 的测定值高度依赖于肺容量^[21],且人

群中 PEF 的变异相当大,故除了气道管腔大小, PEF 还很大程度上受其他因素的影响,导致了气道壁径线的异常与 PEF 降低不成正比。随着COPD病情发展,周围气道的呼气性气流受阻日益加重,导致肺泡气量增加,肺气肿形成^[1]。本研究中, $T/\sqrt{BSA}$ 、 T/D 、 $WA\%$ 与肺容积指标 $VC\%$ 呈负相关($r = -0.421 \sim -0.527, P \leq 0.036$),与残气容积指标 $RV\%$ 、 RV/TLC 和气道阻力指标 $Raw\%$ 呈负相关($r = -0.378 \sim -0.578, P \leq 0.047$);而 Ai/BSA 与 $VC\%$ 呈正相($r = 0.534, P = 0.006$),表明关表明气道壁增厚、有效通气管腔减小与上述肺气肿形成机制并存。 Ao/BSA 与肺功能结果的相关关系较弱, Ao/BSA 仅与反映通气功能的 FEV_1/FVC 和反映残气容积的 $RV\%$ 相关,表明气道横截面总面积的增加与气流受限、残气容积增加有一定相关性,但是其与反应气流受限严重程度的主要指标 $FEV_1\%$ 无相关性。

反映气道壁厚度的 $T/\sqrt{BSA}$ 、 T/D 以及反映有效通气管腔面积的 Ai/BSA 、 $WA\%$ 能较好的解释COPD患者的阻塞性通气功能减退、小气道功能异常、残气容积增加、有效肺容量减少和气道阻力的增加。而 Ao/BSA 与肺功能结果的相关程度不如 Ai/BSA 和 $WA\%$,说明单独评估气道横截面的总面积不能较全面地解释COPD的肺功能改变,而 Ai/BSA 和 $WA\%$ 分别反映气道管腔及气道壁横截面积,能更直接地评估气道壁增厚和有效通气管腔面积的减小。

本研究采用MSCT对COPD患者和健康人的气道壁径线进行测量,较直观、准确的评估气道壁厚度、有效通气管腔面积,并与肺功能检查结果进行较全面的相关性分析,发现测量气道壁径线,尤其是 $T/\sqrt{BSA}$ 、 T/D 、 Ai/BSA 、 $WA\%$ 与通气功能、小气道功能、有效通气容积、残气容积和气道阻力等肺功能指标有较好的相关关系。MSCT扫描可无创、准确、有效地测量气道壁径线,为评估COPD患者的气道病变提供大量的信息,在研究COPD患者疾病机制和发展进程以及病情监测有较广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, et al. Global strategy for

- the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2007, 176(6): 532-555.
- [2] Hogg JC, Timens W. The pathology of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Annu Rev Pathol*, 2009, 4(1):435-445.
- [3] 曾勉,刘凌云,曾式鸿,等.各期慢性阻塞性肺疾病患者诱导痰成分与肺功能的关系[J]. *中山大学学报:医学科学版*, 2007, 28(4):422-425.
- [4] Hogg JC, Chu F, Utokaparch S, et al. The nature of small-airway obstruction in chronic obstructive pulmonary disease [J]. *N Engl J Med*, 2004, 350(26): 2645-2653.
- [5] Matsuba K, Ikeda T, Shirakusa T. The changes in airway structure associated with reduced FEV₁ [J]. *Rinsho Byori*, 1990, 38(4): 411-414.
- [6] Haraguchi, M, Shimura S, Shirato K. Morphometric analysis of bronchial cartilage in chronic obstructive pulmonary disease and bronchial asthma [J]. *Am J Respir Crit Care Med* 1999, 159(3): 1005-1013.
- [7] Bergeron C, Tulic MK, Hamid Q. Tools used to measure airway remodelling in research [J]. *Eur Respir J*, 2007, 29(10): 596-604.
- [8] Jerzy S, Piotr G, Krzysztof S, et al. The use of endobronchial ultrasonography in assessment of bronchial wall remodeling in patients with asthma [J]. *Chest*, 2009, 136(10):797-804.
- [9] Awadh N, Müller N, Park CS, et al. Airway wall thickness in patients with near fatal asthma and control groups: assessment with high resolution computed tomographic scanning [J]. *Thorax*, 1998, 53(4): 248-253.
- [10] Harmanei E, Kebapci M, Metint M, et al. High resolution computed tomography findings are correlated with disease severity in asthma [J]. *Respiration*, 2002, 69(5):420-426.
- [11] Litter SA, Sproule MW, Cowan MD, et al. High resolution computed tomographic assessment of airway wall thickness in chronic asthma: reproducibility and relationship with lung function and severity [J]. *Thorax*, 2002, 57(3): 247-253.
- [12] Yanai M, Sekizawa K, Ohnui T, et al. Site of airway obstruction in pulmonary disease: direct measurement of intrabronchial pressure [J]. *J Appl Physiol*, 1992, 72(3):1016-1023.
- [13] Hogg JC, Macdonough JE, Gosselink JV, et al. What drives the peripheral lung-remodeling process in chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Proc Am Thorac Soc*, 2009, 6(8): 668-672.
- [14] King GG, Müller NL, Paré PD. Evaluation of airways in obstructive pulmonary disease using high-resolution computed tomography [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 159(3): 992-1004.
- [15] Harvey OC. Quantitative Computed Tomography Assessment of Airway Wall Dimensions [J]. *Proc Am Thorac Soc*, 2008, 5(10): 940-945.
- [16] Nakano Y, Wong JC, de Jong PA, et al. The prediction of small airway dimensions using computed tomography [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2005, 171(1): 142-146.
- [17] Deveci F, Murat A, Turgut T, et al. Airway wall thickness in patients with COPD and healthy current smokers and healthy non-smokers: assessment with high resolution computed tomographic scanning [J]. *Respiration*, 2004, 71(6):602-610.
- [18] Nakano Y, Muro S, Sakai H, et al. Computed tomographic measurements of airway dimensions and emphysema in smokers. Correlation with lung functions [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2000, 162(3):1102-1108.
- [19] Tiddens HA, Pare PD, Hogg JC, et al. Cartilaginous airway dimensions and airflow obstruction in human lungs [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1995, 152(1): 260-266.
- [20] 郑劲平,陈荣昌,钟南山.肺功能学[M]. 2版.广州:广东科技出版社, 2007: 374.
- [21] Aggarwal AN, Gupta D, Jindal SK. The relationship between FEV₁ and peak expiratory flow in patients with airways obstruction is poor [J]. *Chest*, 2006, 130(5): 1454-1461.

(编辑 孙慧兰)