



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

胸部定量CT在慢性阻塞性肺疾病早期诊断中的应用价值

黄锦贤, 侯东妮, 谢丛意, 陈淑靖, 许诺, 周亚南, 姜红妮, 宋元林

引用本文:

黄锦贤, 侯东妮, 谢丛意, 陈淑靖, 许诺, 周亚南, 姜红妮, 宋元林. 胸部定量CT在慢性阻塞性肺疾病早期诊断中的应用价值[J]. 中国临床医学, 2024, 31(2): 208-214.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2024.20231923>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

慢性阻塞性肺疾病患者血浆Clara细胞分泌蛋白水平的变化及其与动脉血气的相关性

Changes of plasma Clara cell secretory protein level and its relationship with arterial blood gas in patients with chronic obstructive pulmonary disease

中国临床医学. 2021, 28(6): 1011-1015 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202331>

慢性阻塞性肺疾病患者运动能力与生活质量的相关性研究

Correlation between exercise capacity and quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary

中国临床医学. 2020, 27(3): 472-476 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200125>

PPAR γ 激动剂对COPD大鼠炎症及血管重塑指标的影响

Effects of PPAR γ agonists on inflammation and vascular remodeling in COPD rats

中国临床医学. 2020, 27(4): 670-673 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20191756>

PCR检测痰曲霉菌在慢性阻塞性肺疾病合并侵袭性肺曲霉病中的诊断价值

Diagnostic value of PCR detection of phlegm aspergillus in chronic obstructive pulmonary disease combined with invasive pulmonary aspergillosis

中国临床医学. 2019, 26(2): 238-241 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190013>

结节型与团块渗出型肺隐球菌病的临床特征分析

Clinical characteristics of nodular and massive exudative pulmonary cryptococcosis

中国临床医学. 2021, 28(6): 969-973 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20212161>

DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2024.20231923

· 论 著 ·

胸部定量 CT 在慢性阻塞性肺疾病早期诊断中的应用价值

黄锦贤¹, 侯东妮², 谢丛意¹, 陈淑靖², 许 诺², 周亚南², 姜红妮^{1,2}, 宋元林^{1,2*}

1. 复旦大学附属中山医院厦门医院呼吸科, 厦门 361015

2. 复旦大学附属中山医院呼吸科, 上海 200032

[摘要] **目的** 探讨胸部定量 CT 在早期诊断慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2013 年 9 月 20 日至 2014 年 5 月 20 日上海市某社区 COPD 高危人群受访者, 以及复旦大学附属中山医院门诊的 COPD 高危咨询者共 138 例的临床资料。所有高危者在基线及 1 年后均行肺功能及胸部 CT 检查, 将胸部 CT 图像导入定量 CT 分析软件, 收集定量 CT 数据。根据 1 年后的随访肺功能结果分为 COPD 组 ($n=40$) 与非 COPD 组 ($n=98$), 比较 2 组在基线时肺功能、定量 CT 指标的差别。采用二元 logistic 回归分析 COPD 高危者随访 1 年后发生 COPD 的预测指标, 通过 ROC 曲线评估 logistic 回归模型的效能。**结果** 2 组基线时性别、体质指数 (BMI)、第 1 秒用力呼气的容积占预计值的百分比 ($FEV_1\%$ pred)、气道壁面积比值 (WA%)、气道总数 (TAC)、气道壁厚度 (WT) 差异无统计学意义。COPD 组的气道内周长为 10 mm 处气管壁面积的平方根 [$Pi10$; $3.43 (3.30, 3.54)$ vs $3.23 (3.15, 3.36)$, $P<0.001$]、低于 -950 HU 的低衰减区面积百分比 ($LAA\%-950$) [$2.06 (0.32, 6.29)$ vs $0.57 (0.25, 1.89)$, $P=0.015$] 均显著高于非 COPD 组, COPD 组平均肺密度 (MLD) 低于非 COPD 组 [-799.89 ± 35.62 vs -783.60 ± 43.52 , $P=0.038$]。二元 logistic 回归分析显示, 年龄和 $Pi10$ 是患 COPD 的影响因素 ($P<0.05$), ROC 曲线下面积为 0.791 (95%CI 0.714~0.868)。**结论** 在肺功能正常的 COPD 高危人群中, $Pi10$ 、 $LAA\%-950$ 升高的患者 1 年后 COPD 发病率高, 提示胸部定量 CT 的指标如 $Pi10$ 、 $LAA\%-950$ 有助于临床医生识别早期 COPD。

[关键词] 慢性阻塞性肺疾病; 胸部定量 CT; 肺功能; 气道壁厚度; 肺密度**[中图分类号]** R 563.3 **[文献标志码]** A

The value of quantitative chest CT in early diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease

HUANG Jinxian¹, HOU Dongni², XIE Congyi¹, CHEN Shujing², XU Nuo², ZHOU Yanan², JIANG Hongni^{1,2}, SONG Yuanlin^{1,2*}

1. Department of Pulmonary Medicine, Zhongshan Hospital (Xiamen Branch), Fudan University, Xiamen 361015, Fujian, China

2. Department of Pulmonary Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective** To explore the value of quantitative chest CT in early diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods** The clinical data of 138 cases of COPD high-risk patients in Shanghai community and COPD high-risk respondents in outpatient clinic of Zhongshan Hospital, Fudan University from September 20, 2013 to May 20, 2014 were retrospectively analyzed. All high-risk participants underwent pulmonary function and chest CT examination at baseline and 1 year later. Chest CT images were imported into quantitative CT analysis software to collect quantitative CT data. These participants were divided into COPD group ($n=40$) and non-COPD group ($n=98$) based on their lung functions after 1 year. The differences in baseline lung function and quantitative CT measurements between the two groups were compared. Binary logistic regression was used to analyze the predictors of COPD in high-risk individuals after 1 year of follow-up, and the efficacy of the logistic regression model was evaluated by ROC curve. **Results** There were no significant differences in gender, body mass index (BMI), the percentage value of forced expiratory volume in 1 second predicted ($FEV_1\%$ pred), airway wall area ratio (WA%), total airway count (TAC), and airway wall thickness (WT) between the two groups at baseline. Compared to the non-COPD group, the square root of the tracheal wall area at 10 mm from the inner circumference of the airway ($Pi10$), ($3.43 [3.30, 3.54]$ vs $3.23 [3.15, 3.36]$, $P<0.001$), and the percentage area of low attenuation regions below -950 HU ($LAA\%-950$), ($2.06 [0.32, 6.29]$ vs $0.57 [0.25, 1.89]$, $P=0.015$) were significantly higher in the COPD group. The mean lung density (MLD) in the COPD group was lower than that in the non-COPD group [-799.89 ± 35.62] vs [-783.60 ± 43.52].

[收稿日期] 2023-11-29 **[接受日期]** 2024-01-08**[基金项目]** 国家重点研发计划 (2020YFC2003700), 厦门市科技计划指导性项目 (3502Z20224ZD1085). Supported by National Key Research and Development Plan (2020YFC2003700), Scientific and Technological Plan Project of Xiamen (3502Z20224ZD1085).**[作者简介]** 黄锦贤, 硕士, 住院医师. E-mail: 540358884@qq.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: ylsong70@163.com

$P=0.038$). Binary logistic regression analysis indicated that age and $Pi10$ were risk factors for COPD ($P<0.05$), with an area under the ROC curve of 0.791 (95% CI 0.714-0.868). **Conclusions** In the COPD high-risk population with normal lung function, patients with elevated $Pi10$ and $LAA\% - 950$ have a higher incidence of COPD one year later, suggesting that quantitative chest CT measurements such as $Pi10$ and $LAA\% - 950$ can assist clinicians in identifying early-stage COPD.

[Key Words] chronic obstructive pulmonary disease; quantitative chest CT; lung function; airway wall thickness; lung density

慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 是一种异质性的肺部疾病, 其特征为持续性气流受限, 患者往往出现长期的呼吸道症状, 如呼吸困难、咳嗽、咳痰以及急性恶化^[1]。随着全球人口老龄化趋势的加速, COPD 的患病率为上升趋势, 世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 报告, 预计到 2060 年, COPD 及其相关疾病导致的死亡人数可能会超过 540 万^[2]。尽管 COPD 患病率居高不下, 对 COPD 患者的诊断却仍存在不足。流行病学调查结果^[3]显示, 我国 COPD 患病率为 8.6%, 但其中有 12% 的患者从未进行肺功能检查, 未被及时诊断出 COPD。在 COPD 前期阶段, 虽然患者缺乏明显的临床症状, 但小气道已存在病变及肺泡破坏, 并且肺功能已有下降趋势^[4]。针对这一时期的早期干预可能带来较大的临床获益, 避免肺功能进一步恶化。目前公认的 COPD 诊断标准是通过肺功能界值结合患者病史来诊断。但研究^[5]表明, 只有当肺气肿面积 $>30\%$ 时, 才能通过 1 s 用力呼吸容积 (forced expiratory volume in one second, FEV_1)/用力肺活量 (forced vital capacity, FVC) <0.7 诊断出气流阻塞。因此, 其在识别早期 COPD 存在局限性。

近年来, 快速发展的胸部定量 CT 技术通过分析软件对胸部 CT 图像进行重建并计算, 能够提供丰富的解剖信息和组织学特征。COPD 的疾病进展过程出现持续性气流受限主要是由于气道的结构重塑和肺气肿引发肺实质破坏^[6]。定量 CT 可量化 COPD 疾病进展中的结构破坏, 为 COPD 早期识别和诊断提供了新的方法。胸部定量 CT 在识别 COPD 早期病变方面具有潜力^[7], CT 定量指标对于进展为 COPD 的人群具有预测价值^[8]。因此, 本研究对高危人群进行为期 1 年的随访, 对随访中患 COPD 人群的定量 CT 指标与未患 COPD 人群的相应指标进行比较, 探讨定量 CT 在早期诊断 COPD 中的应用价值, 以期临床实践提供更科学

的依据和方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 共纳入 2013 年 9 月 20 日到 2014 年 5 月 20 日参与上海某社区 COPD 流行病学研究的居民, 以及同期来本院门诊就诊的患者中筛选出有 COPD 高危因素、但未达到 COPD 诊断标准的受试者 138 例。根据第 2 年肺功能吸入支气管舒张剂后 FEV_1/FVC 是否小于 70% 分为 COPD 组 ($n=40$) 和非 COPD 组 ($n=98$)。COPD 组男性 28 例、女性 12 例, 平均年龄 (63.78 ± 9.21) 岁。非 COPD 组男性 66 例、女性 32 例, 平均年龄 (58.96 ± 8.11) 岁。纳入标准: (1) 40~80 岁; (2) 有 COPD 高危因素, 包括吸烟史或接触二手烟史 10 年及以上; (3) 基线 $FEV_1/FVC > 0.70$; (4) 有基线和 1 年后随访的肺功能及胸部 CT 影像资料。排除标准: 支气管扩张、精神疾病、认知障碍、恶性肿瘤、严重的肾脏或肝脏功能障碍、通气功能受限。本研究经复旦大学附属中山医院伦理委员会批准 (B2021-884R)。

1.2 CT 扫描检查 采用 64 排 128 层胸部 CT 扫描仪 (SOMATOM Definition AS, 西门子公司 或 LightSpeed VCT XT, GE 公司) 进行扫描。参与者处于仰卧位, 检查前对受试者进行呼吸训练, 练习吸气末屏气, 受试者平躺于检测区, 双上肢举过头顶, 吸气后屏气, 进行胸部 CT 平扫。标准扫描参数如下: 切片厚度为 1 mm, 增量为 0.5 mm, 管电流为 200 mAs, 管电压为 120 kV, GE 机器的肺窗算法为 “lung”, 西门子机器的肺窗算法为 “kernel”。

1.3 CT 定量参数测量 将胸部 CT 图像导入 FACT 医学影像量化诊断系统, 系统自动进行图像三维重建, 自动分割肺叶、肺段、支气管及肺小血管, 自动测算气道壁厚度、气管壁总面积 (total airway area, A_0)、气管腔内面积 (inner area, A_i)、气道总数 (total airway count, TAC)、平

均肺密度 (mean lung density, MLD)、低衰减区面积百分比 (low attenuation area percentage, LAA%), 并通过计算得出气道壁横截面积比值 (wall area ratio, WA%), 各指标关系如图 1。同时计算假设气道周长 10 mm 时的管壁面积平方根 (square root of wall area of a hypothetical airway with an internal perimeter of 10 mm, Pi10), 见图 2。

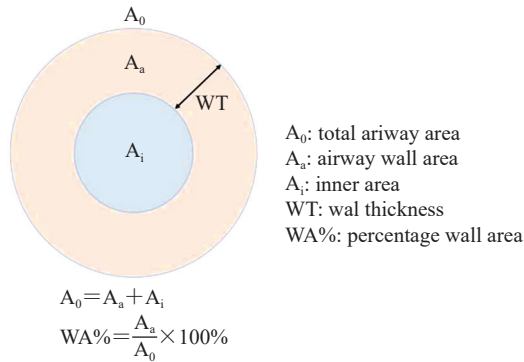


图 1 气道壁定量 CT 指标

Figure 1 Airway wall quantitative CT indicators

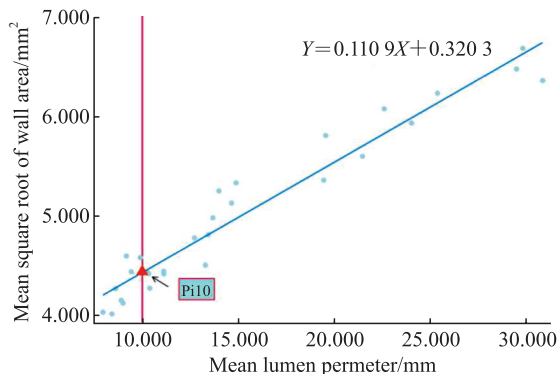


图 2 Pi10 计算过程

Figure 2 Calculation of Pi10

1.4 肺功能检测 检查仪器为 MasterScreen IOS 肺功能检测仪 (德国耶格公司), 检查前先校正仪器。检查者安静休息 15 min, 采取端坐位, 也可采用站立位, 仔细听从并配合操作技师的要求, 用尽力气吸气至肺总量的位置, 然后全力并以最快的速度呼气至残气容积位置, 同步记录呼出的气量与流速, 即可绘制成最大呼气流速随肺容积变化而变化的相关曲线, 得出 FVE₁、FVE₁ 占预计值百分比 (FEV₁%pred)、FVC、FEV₁/FVC。同时患者吸入 200 μg 沙丁胺醇喷雾剂, 等待 15 min, 再次进行 1 次肺功能检测, 即舒张试验的测定。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 26.0 统计学软件及 GraphPad prism 进行分析。性别等分类资料采取 χ^2 检验, 用 $n(\%)$ 来表示。年龄等符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 2 组间数据比较采用独立样本 t 检验。对与 COPD 发生可能的相关因素进行单因素分析, 将结果有统计学意义及感兴趣的变量进行多因素 logistic 分析, 以明确 COPD 发生的预测因素, 同时采用 ROC 曲线评估多因素 logistic 回归模型的性能。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 一般资料分析 结果 (表 1) 显示: 患 COPD 组与非 COPD 组 2 组性别、BMI、FEV₁%pred 差异无统计学意义。COPD 组吸气容量百分比 (percentage of inspiratory capacity, IC%)、肺活量百分比 (percentage of vital capacity, VC%) 较非 COPD 组比例显著升高 ($P < 0.05$)。COPD 组 Pi10、肺密度绝对值、LAA% - 950 较非 COPD 组显著升高 ($P < 0.05$)。

表 1 COPD 高危人群基本情况及肺功能、CT 定量指标基线特征

Table 1 Baseline characteristics of lung function and CT quantitative indicators of COPD high-risk population

Index	COPD group ($n=40$)	Non-COPD group ($n=98$)	$t/z/\chi^2$	P value
Age/year	63.78 ± 9.21	58.96 ± 8.11	- 2.857	0.003
Male $n(\%)$	28 (70.00)	66 (67.35)	0.092	0.762
Smoker $n(\%)$	22 (55.00)	39 (39.80)	2.662	0.103
Height/cm	162.55 ± 8.46	164.41 ± 7.62	1.259	0.210
Weight/kg	65.68 ± 9.16	68.14 ± 10.86	1.265	0.208
BMI/(kg·m ⁻²)	24.88 ± 3.16	25.15 ± 3.19	0.462	0.645
FEV ₁ %pred	88.00 (84.25, 96.50)	91.00 (88.00, 94.00)	- 1.088	0.277
IC/%	112.43 ± 22.69	104.66 ± 24.14	- 1.743	0.084
VC/%	109.55 ± 13.13	103.24 ± 11.26	- 2.663	0.010
TAC	55.53 ± 28.75	63.81 ± 28.63	1.540	0.126
WT	1.13 ± 0.13	1.11 ± 0.19	- 0.738	0.462

Continued Table 1

Index	COPD group (n=40)	Non-COPD group (n=98)	$t/z/\chi^2$	P value
WA%	23.00±2.00	22.00±2.00	- 1.681	0.095
Pi10/mm	3.43 (3.30,3.54)	3.23 (3.15,3.36)	- 4.679	<0.001
lung density/HU	- 799.89±35.62	- 783.60±43.52	2.097	0.038
LAA% - 950	2.06 (0.32,6.29)	0.57 (0.25,1.89)	- 2.426	0.015

BMI: body mass index; FEV₁: forced expiratory volume in second; IC: inspiratory capacity; VC:vital capacity; TAC: total airway count; WT:airway wall thickness; WA%: wall area ratio; LAA% - 950: percentage of low-attenuation areas less than - 950 Hounsfield units; Pi10: square root of wall area of a hypothetical airway with an internal perimeter of 10 mm.

2.2 COPD 的危险因素分析 通过对 COPD 危险因素进行单因素分析（表 2），得出年龄、VC%、Pi10、肺密度、LAA% - 950 提示有统计学意义（ $P<0.05$ ），进一步进行多因素逐步回归（表 3）发现，VC%、肺密度、LAA% - 950 与 COPD 的发生无显著相关性，年龄与 Pi10 是 COPD 发生的独立危险因素（ $P<0.05$ ），ROC 曲线分析中（图 3），曲线下面积为 0.791（95%CI 0.714~0.868）。

表 2 COPD 发生危险因素单因素分析

Table 2 Univariate analysis of risk factors for COPD

Index	B	SE	Wald	P	OR	95%CI
Age	0.066	0.023	8.313	0.004	1.069	1.021-1.118
Gender	- 0.123	0.407	0.092	0.762	0.884	0.398-1.962
Smoke	0.615	0.379	2.631	0.105	1.849	0.880-3.886
BMI	- 0.028	0.060	0.216	0.642	0.972	0.864-1.094
FEV ₁ %pred	0.001	0.018	0.001	0.979	1.000	0.965-1.037
IC%	0.014	0.008	2.946	0.086	1.014	0.998-1.030
VC%	0.044	0.016	7.304	0.007	1.045	1.012-1.078
TAC	- 0.011	0.007	2.316	0.128	0.989	0.975-1.003
WT	0.742	1.019	0.531	0.466	2.101	0.285-15.474
WA%	0.097	0.032	2.756	0.097	1.161	0.973-1.385
Pi10	2.634	0.949	7.703	0.006	13.928	2.168-89.476
Lung density	- 0.010	0.005	4.042	0.044	0.990	0.981-1.000
LAA% - 950	0.053	0.026	4.196	0.041	1.054	1.002-1.109

BMI: body mass index; FEV₁: forced expiratory volume in second; IC: inspiratory capacity; VC: vital capacity; TAC: total airway count; WT: airway wall thickness; WA: wall area; LAA% - 950: percentage of low-attenuation areas less than - 950 hounsfield units.

表 3 COPD 的多因素逐步回归分析

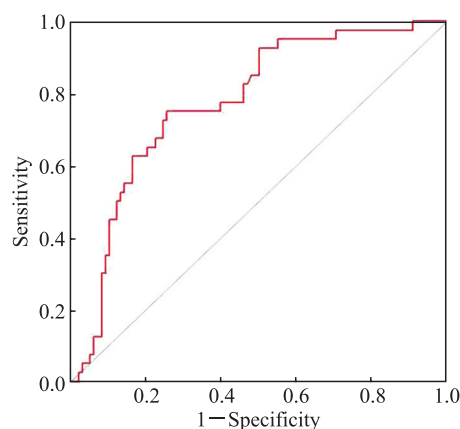
Table 3 Multi-factor stepwise regression analysis of COPD occurrence

Index	B	SE	Wald	P	OR	95%CI
Age	0.060	0.025	5.906	0.015	1.062	1.012-1.115
VC%	0.04	0.017	5.680	0.017	1.007	1.007-1.076
Pi10	2.555	0.966	6.994	0.008	1.937	1.937-85.442

VC: vital capacity; Pi10: square root of wall area of a hypothetical airway with an internal perimeter of 10 mm.

3 讨论

目前，COPD 是全球人群三大死亡原因之一^[9]，由于持续暴露于 COPD 危险因素^[10-11]以及世界人口老龄化，预计未来十几年 COPD 的患病率及负担将持续增加^[12]。



Area under the ROC curve

Area	SE	P	95%CI lower	95% CI upper
0.791	0.039	<0.01	0.714	0.868

图 3 年龄与 Pi10 联合诊断慢阻肺的 ROC 曲线
Figure 3 ROC curve of age and Pi10 in joint diagnosis of COPD

尽管肺功能检测是目前诊断 COPD 的主要手段,但是肺功能检测仅能反映气流受限情况,无法检测 COPD 早期肺部结构变化,导致 COPD 早期病变无法识别,延误诊治。CT 技术的应用使得胸部内部结构的无创可视化成为可能。尽管常规胸部 CT 存在主观报告的差异,但随着定量 CT 技术的发展,对于胸部影像的自动定量或可消除这种主观差异,定量分析技术能够将肺组织自动分割,重建肺部三维结构,量化分析肺部结构病变,可以更加精准、客观地评估肺部疾病^[13]。因此,本研究通过定量 CT 分析的方法,对肺功能正常的 COPD 高危人群进行影像学及临床资料分析,以期能早期识别出可能发展为 COPD 人群的影像学指标。

本研究在随访观察中发现,部分人群在 1 年后肺功能下降,根据 COPD 诊断标准将其分为 COPD 组和非 COPD 组,对 2 组的基线临床指标及胸部 CT 定量参数进行分析。结果显示,在基线时,COPD 组和非 COPD 组的定量 CT 指标(包括 Pi10、肺密度、LAA%-950)差异有统计学意义。在随访期间,COPD 组的肺功能指标 IC%、VC% 大于非 COPD 组。这表明在 1 年后发展为 COPD 组的高危人群中,气道壁及肺实质已经发生改变,在胸部定量 CT 上表现为 Pi10、LAA%-950 的增大,肺密度的减小。因此,定量 CT 分析可以发现在肺功能正常的 COPD 高危人群中的气道壁和肺实质改变,有助于临床医生早期识别潜在 COPD 患者。这在既往研究中也有所体现,Ostridge 等^[14]对肺功能正常的受试者进行定量 CT 分析,发现肺功能正常的人群也可能出现肺气肿,这可以作为早期发现 COPD 的影像标志。Karimi 等^[15]也发现,肺功能正常的吸烟者无论是否有呼吸道症状,CT 扫描均显示存在肺气肿和空气潴留。在 COPD 队列研究^[16]中,有 33 例肺功能正常的吸烟者,其中 42% 的患者胸部 CT 提示肺气肿或气道壁增厚。这些结果表明,肺功能检测无法满足早期 COPD 的诊断要求,胸部定量 CT 的应用有利于早期发现吸烟者的肺部结构改变,有助于早期识别 COPD。但在本研究中,COPD 组和非 COPD 组的年龄存在差异,性别、BMI、2 组吸烟者比例差异无统计学意义。年龄可能是影响肺功能下降的因素。本研究 COPD

组年龄比非 COPD 组大,可能由于本研究纳入的受试者人数偏少,故未进行匹配受试者后再比较,以后需增大样本量,匹配年龄后再进一步探究。

随访 1 年后进展为 COPD 的受试者与未进展为 COPD 的受试者部分基线定量 CT 参数差异有统计学意义。为了进一步研究这些定量 CT 指标是否对 COPD 的发生具有影响,本研究进一步做了单因素分析和多因素分析,发现年龄、VC%、Pi10 是 COPD 的独立影响因子。有研究^[17]显示年龄是 COPD 的危险因素,年龄越大,COPD 的患病率越高,与本研究结果相符。在本研究中 Pi10 是一个标准参数,是通过绘制多组气道内周长及相应的壁面积平方根数据得到内周长与壁面积平方根回归线,再根据回归线公式计算出内周长为 10 mm 的理论气道壁面积的平方根,能够反映整个气道壁厚的整体情况。Pi10 主要优点是提供了将整个气道树中的管腔周长和气道壁面积总结为单个数字的指数评分,通过 1 个指标可以在受试者之间直接比较气道壁的厚度情况。Pi10 可能常规用于肺癌筛查的受试者,并且还可能用于治疗吸烟相关气道疾病的临床试验。比如,Mets 等^[18]在肺癌筛查的队列中发现,Pi10 是 COPD 的独立预测因子,与本研究的研究结果一致,提示气道壁厚度参数在 COPD 的发展预测中存在重要作用。在吸烟者中,Pi10 可以随着吸烟者的吸烟状态而变化,提示可能可以作为吸烟者相关损伤的标志物^[19]。而本研究虽然未对患者进行戒烟干预,但是经 1 年的随访,Pi10 出现显著升高,也说明了吸烟对气道壁厚度的影响。这也与 COPD 气道重构的发病机制相符合。

由于气道壁厚度大小气道不一,可能不具有可比性。而 WA% 是总气道面积减去管腔面积除以总气道面积的比值,消除了不同气道壁的误差,更具有可比性。WA% 对早期 COPD 的诊断效能有一些研究中得到了验证。比如 Nambu 等^[20]研究轻度肺气肿的患者,发现 WA% 与患者生理指标的相关性最好。但是也有研究^[21]表明,当 COPD 患者的气道壁和管腔尺寸均减小,管腔的减少比例更大时会导致 WA% 更大,同时关于 WA% 的诊断界值并未统一。本研究收集段及亚段气道(3~4 级别气道)的 WA%,未发现与 COPD 发生的预测相关。

因此,对于WA%对COPD发生的预测价值,有待进一步研究验证。

COPD肺功能气流受限是COPD的主要生理学表现^[22],关于造成COPD的阻塞病理机制既往认为与肺气肿相关,但是在Micro-CT对于离体肺的观察^[23]中发现,在发生肺气肿前,终末细支气管就已大量破坏。同样,Kirby等^[24]发现,通过Micro-CT三维重建及定量分析技术,发现体内远端气道数减少,并且与肺功能下降独立相关,而Micro-CT能够以1~2 μm的空间分辨率扫描组织样品,可以对小气道进行三维形态学分析^[25]。本研究也对TAC进行统计分析,但结果与既往研究不尽相同,可能与本研究中并非测量终末细支气管,近端气道数量指标无法代表远端气道破坏情况。今后进一步对小气道进行测量来研究终末气道与肺功能指标的关系,或者寻找其他定量CT参数进一步分析。

本研究关于气道壁的定量CT指标可能存在局限性,比如WA%可能会受到气道管腔狭窄的影响,Pi10无法体现支气管壁厚度空间分布情况,对于每个级别的气道测量目前定量CT技术上暂时无法实现所有级别的测量。

综上所述,在肺功能正常的COPD高危人群中,Pi10、LAA%-950升高的患者1年后COPD发病率高,提示定量胸部CT的指标如Pi10、LAA%-950有助于临床医生识别早期COPD。

伦理声明 本研究经复旦大学附属中山医院伦理委员会批准(B2021-884R)。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 黄锦贤:病例收集,胸部CT图像定量分析处理、数据分析和撰稿;侯东妮、谢丛意、周亚南:数据分析与文章修改;许诺、姜红妮:文章思路及框架修改;宋元林:资金支持、课题思路指导。

参考文献

- [1] VOGELMEIER C F, ROMÁN-RODRÍGUEZ M, SINGH D, et al. Goals of COPD treatment: focus on symptoms and exacerbations[J]. *Respir Med*, 2020, 166: 105938.
- [2] LOPEZ A D, SHIBUYA K, RAO C, et al. Chronic obstructive pulmonary disease: current burden and future projections[J]. *Eur Respir J*, 2006, 27(2): 397-412.
- [3] WANG C, XU J Y, YANG L, et al. Prevalence and risk factors of chronic obstructive pulmonary disease in China (the China Pulmonary Health[CPH]study): a national cross-sectional study[J]. *Lancet*, 2018, 391(10131): 1706-1717.
- [4] WOODRUFF P G, BARR R G, BLEECKER E, et al. Clinical significance of symptoms in smokers with preserved pulmonary function[J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(19): 1811-1821.
- [5] PRATT P C, KILBURN K H. A modern concept of the emphysemas based on correlations of structure and function[J]. *Hum Pathol*, 1970, 1(3): 443-463.
- [6] Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2023 report [EB/OL]. (2023-12-11) [2023-12-25]. <https://goldcopd.org/2023-gold-report/>.
- [7] KOO H K, VASILESCU D M, BOOTH S, et al. Small airways disease in mild and moderate chronic obstructive pulmonary disease: a cross-sectional study [J]. *Lancet Respir Med*, 2018, 6(8): 591-602.
- [8] PISTENMAA C L, NARDELLI P, ASH S Y, et al. Pulmonary arterial pruning and longitudinal change in percent emphysema and lung function: the genetic epidemiology of COPD study[J]. *Chest*, 2021, 160(2): 470-480.
- [9] CELLI B, FABBRI L, CRINER G, et al. Definition and nomenclature of chronic obstructive pulmonary disease: time for its revision[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2022, 206(11): 1317-1325.
- [10] 郭蓉蓉,杨娟利,刘玲莉,等.慢性阻塞性肺疾病及其严重程度相关的危险因素分析[J].*空军军医大学学报*,2023,44(1):87-91,96.
GUO R R, YANG J L, LIU L L, et al. Analysis of risk factors related to chronic obstructive pulmonary disease and its severity[J]. *Journal of Air Force Medical University*, 2023, 44(1): 87-91, 96.
- [11] 熊伟,彭俊男,王勤,等.慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者住院时间延长的危险因素分析[J].*临床内科杂志*, 2023, 40(9): 603-607.
XIONG W, PENG J N, WANG Q, et al. Risk factors for length of hospital stay in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *J Clin Intern Med*, 2023, 40(9): 603-607.
- [12] MATHERS C D, LONCAR D. Projections of global

- mortality and burden of disease from 2002 to 2030[J]. PLoS Med, 2006, 3(11): e442.
- [13] KOYAMA H, OHNO Y, NISHIO M, et al. Three-dimensional airway lumen volumetry: comparison with bronchial wall area and parenchymal densitometry in assessment of airway obstruction in pulmonary emphysema[J]. Br J Radiol, 2012, 85(1020): 1525-1532.
- [14] OSTRIDGE K, WILKINSON T M A. Present and future utility of computed tomography scanning in the assessment and management of COPD[J]. Eur Respir J, 2016, 48(1): 216-228.
- [15] KARIMI R, TORNLING G, FORSSLUND H, et al. Differences in regional air trapping in current smokers with normal spirometry[J]. Eur Respir J, 2017, 49(1): 1600345.
- [16] REGAN E A, LYNCH D A, CURRAN-EVERETT D, et al. Clinical and radiologic disease in smokers with normal spirometry[J]. JAMA Intern Med, 2015, 175(9): 1539-1549.
- [17] VARMAGHANI M, DEHGHANI M, HEIDARI E, et al. Global prevalence of chronic obstructive pulmonary disease: systematic review and meta-analysis[J]. Al Majallah Al Sihhiyah Li Sharq Al Mutawassit, 2019, 25(1): 47-57.
- [18] METS O M, SCHMIDT M, BUCKENS C F, et al. Diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease in lung cancer screening Computed Tomography scans: independent contribution of emphysema, air trapping and bronchial wall thickening[J]. Respir Res, 2013, 14(1): 59.
- [19] HAN M K, TAYOB N, MURRAY S, et al. Association between emphysema and chronic obstructive pulmonary disease outcomes in the COPDGene and SPIROMICS cohorts: a post hoc analysis of two clinical trials[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2018, 198(2): 265-267.
- [20] NAMBU A, ZACH J, SCHROEDER J, et al. Quantitative computed tomography measurements to evaluate airway disease in chronic obstructive pulmonary disease: relationship to physiological measurements, clinical index and visual assessment of airway disease[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(11): 2144-2151.
- [21] SMITH B M, HOFFMAN E A, RABINOWITZ D, et al. Comparison of spatially matched airways reveals thinner airway walls in COPD. The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) COPD Study and the Subpopulations and Intermediate Outcomes in COPD Study (SPIROMICS)[J]. Thorax, 2014, 69(11): 987-996.
- [22] VOGELMEIER C F, CRINER G J, MARTÍNEZ F J, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease 2017 report: gold executive summary[J]. Arch Bronconeumol, 2017, 53(3): 128-149.
- [23] MCDONOUGH J E, YUAN R, SUZUKI M, et al. Small-airway obstruction and emphysema in chronic obstructive pulmonary disease[J]. N Engl J Med, 2011, 365(17): 1567-1575.
- [24] KIRBY M, TANABE N, TAN W C, et al. Total airway count on computed tomography and the risk of chronic obstructive pulmonary disease progression. findings from a population-based study[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2018, 197(1): 56-65.
- [25] BERGHEN N, DEKOSTER K, MARIEN E, et al. Radiosafe micro-computed tomography for longitudinal evaluation of murine disease models[J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 17598.

[本文编辑] 王 迪

引用本文

黄锦贤, 侯东妮, 谢丛意, 等. 胸部定量 CT 在慢性阻塞性肺疾病早期诊断中的应用价值[J]. 中国临床医学, 2024, 31(2): 208-214.

HUANG J X, HOU D N, XIE C Y, et al. The value of quantitative chest CT in early diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease[J]. Chin J Clin Med, 2024, 31(2): 208-214.