

论 著

COPD患者HRCT肺气肿定量与肺功能指标、病情严重程度的相关性研究*

程星遥 白玉麟 段晓培*
河南科技大学第一附属医院影像中心
(河南 洛阳 471000)

【摘要】目的 探究慢性阻塞性肺病(COPD)患者高分辨率CT(HRCT)肺气肿定量与肺功能指标、病情严重程度的相关性研究。**方法** 纳入从2023年2月至2024年2月收治共计100例COPD患者,根据患者CT表型不同分为无肺气肿组与肺气肿组,纳入同期因胸腔疾病入院接受检查肺功能正常患者作为对照组(n=60)。分析不同CT表型患者CT特征,统计3组基线资料与临床指标,对比2组患者肺气肿定量参数,采用Pearson相关分析法HRCT肺气肿定量参数与肺功能指标、病情严重程度相关性,采用二元logistics方程分析患者HRCT肺气肿定量参数与肺气肿相关性。结果 根据HRCT检查发现,46例患者无肺气肿,54例患者有肺气肿,其中A型(轻度肺气肿)33例,E型(存在明显肺气肿, LAA4~6分,无支气管管壁增厚)15例,M型(存在明显肺气肿, LAA4~6分,存在气管管壁增厚)6例;肺气肿组吸烟史、病程、hs-CRP、GOLD分级显著高于无肺气肿组与对照组(P<0.05),FVC、FEV1、FEV1/FVC显著低于无肺气肿组与对照组(P<0.05);肺气肿组TLV、TEV、EI显著高于无肺气肿组(P<0.05);Pearson相关分析显示,TLV、TEV、EI与GOLD分级呈正相关(P<0.05),与FVC、FEV1、FEV1/FVC呈负相关(P<0.05);TLV、TEV、EI均与肺气肿发生相关(P<0.05)。**结论** HRCT可有效诊断COPD肺气肿,HRCT肺气肿定量指标与患者肺功能、病情严重程度具有相关性。

【关键词】 高分辨率CT;慢性阻塞性肺病;肺气肿定量;肺功能

【中图分类号】 R563

【文献标识码】 A

【基金项目】 2024年度河南省医学科技攻关计划
联合共建项目(LHGJ20240433)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.12.016

Correlation between HRCT Emphysema Quantification and Pulmonary Function Indexes and Disease Severity in COPD Patients*

CHENG Xing-yao, BAI Yu-lin, DUAN Xiao-pei*

Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the correlation of high-resolution CT (HRCT) emphysema quantification with pulmonary function indexes and disease severity in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods** 100 patients with COPD who were admitted from February 2023 to February 2024 were enrolled. According to the different CT phenotypes of patients, they were divided into non-emphysema group and emphysema group. Patients with normal pulmonary function in the hospital due to thoracic diseases during the same period were included in control group (n=60). The CT characteristics of patients with different CT phenotypes were analyzed. The baseline data and clinical indicators in the three groups were counted. The quantitative parameters of emphysema were compared. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between HRCT emphysema quantitative parameters and pulmonary function indicators and disease severity. Using binary logistics equations to analyze the correlation between quantitative parameters of HRCT emphysema and emphysema in patients. **Results** According to HRCT examination, there were 46 patients without emphysema and 54 patients with emphysema, including 33 cases of type A (mild emphysema), 15 cases of type E (obvious emphysema, LAA of 4-6 points, no bronchial wall thickening) and 6 cases of type M (obvious emphysema, LAA of 4-6 points, tracheal wall thickening). The smoking history, disease course, hs-CRP and GOLD grading in emphysema group were significantly higher than those in non-emphysema group and control group (P<0.05) while FVC, FEV1 and FEV1/FVC were significantly lower (P<0.05). TLV, TEV and EI were significantly higher in emphysema group than those in non-emphysema group (P<0.05). Pearson correlation analysis suggested that TLV, TEV and EI were positively correlated with GOLD grading (P<0.05), and were negatively correlated with FVC, FEV1 and FEV1/FVC (P<0.05). TLV, TEV, and EI are all associated with the occurrence of emphysema (P<0.05). **Conclusion** HRCT can effectively diagnose COPD emphysema, and HRCT emphysema quantitative indicators are correlated with pulmonary function and disease severity.

Keywords: High-resolution CT; Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Emphysema Quantification; Pulmonary Function

慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是临床常见呼吸系统慢性疾病,该疾病易引发多种并发症,且拥有较高的致残致死率^[1]。COPD早期无典型症状,当肺实质出现30%以上破坏后,患者才会表现临床症状或检查异常,其中肺气肿是COPD主要病理表现之一,气道阻力增加、空气滞留引发呼吸道可逆性炎症是COPD不可逆性肺气肿的主要诱因,目前,COPD肺气肿的病理机制尚未完全明确,临床针对该疾病的诊断与治疗仍在持续探索中^[2]。肺功能检查是呼吸科应用广泛的检查手段,其可判断全肺病变情况,但由于肺组织通常具有较强代偿功能,临床仅凭肺功能检查了解肺组织破坏与起到基本在气流受限中的作用^[3]。随着影像学技术的开发与应用,高分辨率CT(high resolution CT, HRCT)应运而生,该技术是一种针对肺部疾病进行检查的医学影像技术,它具有比传统CT更高的分辨率,能够以极高清晰度展示肺组织的细微结构,据Tanabe等^[4]报道,HRCT可直接评估气道阻塞、肺功能下降等情况,对小气道疾病、COPD进展及肺气肿发生具有一定预测价值。本文现探究COPD患者HRCT肺气肿定量与肺功能指标、病情严重程度的相关性,以期临床实践提供思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入从2023年2月至2024年2月呼吸与危重症医学中心收治的共计100例COPD患者。

纳入标准:符合《慢性阻塞性肺疾病基层诊疗指南(2018年)》^[5]诊断标准标准,确诊COPD;处于稳定期;临床资料完整;配合检查;签署知情同意书;排除标准:合并肺癌;合并胸廓畸形;HRCT禁忌证;合并心脑血管疾病;妊娠或哺乳期女性;精神异常或不配合检查。纳入同期因胸腔疾病入院接受检查肺功能正常患者作为对照组(n=60)。

1.2 方法 COPD患者均接受HRCT检查:选择Revolution系列256排螺旋CT(GE)进行HRCT扫描,扫描前指导患者屏气练习,扫描时取仰卧位,患者双手抱头,分别于吸气末与呼气末2个时相扫描,扫描从肺底直至肺尖,扫描设定参数:管电压120kV,管电

【第一作者】程星遥,女,主治医师,主要研究方向:中枢神经系统、AI影像诊断技术。E-mail: 19837928695@163.com

【通讯作者】段晓培,男,主治医师,主要研究方向:胸部影像诊断、AI影像诊断技术。E-mail: dxp98@qq.com

流50mAs, 螺距1.5, FOV为300×300, 层厚设定为0.75mm。选择GE AW4.7后处理工作站, 使用Thoracic VCAR软件定量分析, 记录全肺体积(total lung volume, TLV)、肺气肿容积(total emphysema volume, TEV), 肺气肿指数(emphysema index, EI), 计算各肺野低密度衰减区域(LAA)面积, LAA<5%记为0分, 5%≤LAA<25%记为1分, 25%≤LAA<50%记为2分, 50%≤LAA<75%记为3分, 75%≤LAA记为4分。HRCT表型分类标准依据相关资料定义^[6]: 轻度肺气肿, LAA≤3分定义为A型, 存在肺气肿, 不合并支气管管壁增厚, LAA为4~6分定义为E型; 存在肺气肿, 且存在1级以上支气管管壁增厚(支气管管壁厚度/相邻肺动脉直径≥30%), LAA为4~6分定义为M型。采用LA103肺功能仪(粤械注准20202070330, 深圳市美好创亿医疗科技股份有限公司)检测患者肺功能, 包括用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第1s用力肺活量(forced expiratory volume in 1s, FEV1); 采用酶联免疫吸附法检测血清超敏C反应蛋白(hypersensitive C-reactive protein, hs-CRP)。

1.3 观测指标 ①不同CT表型患者HRCT特征; ②无肺气肿组、肺气肿组以及对照组患者的一般资料与临床指标; ③对比无肺气肿组与肺气肿组患者肺气肿定量参数; ④HRCT肺气肿定量参数与肺功能指标、病情严重程度相关性; ⑤采用二元logistics方程分析患者HRCT肺气肿定量参数与肺气肿相关性。

1.4 统计学分析 应用SPSS 24.0分析数据, 计数资料以n(%)形式进行描述性分析, 通过 χ^2 检验进行数据比较; HRCT等定量指

标以($\bar{x} \pm s$)形式表示, 通过t检验或单因素方差分析进行比较; Pearson相关分析法用于HRCT肺气肿定量参数与肺功能指标、病情严重程度相关性检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同CT表型患者HRCT特征 根据HRCT检查发现, 46例患者无肺气肿, 54例患者有肺气肿, 其中A型(轻度肺气肿)33例, LAA(1.83 ± 0.42)分; E型(存在明显肺气肿, 无支气管管壁增厚)15例, LAA(4.61 ± 0.72)分; M型(存在明显肺气肿, 存在支气管管壁增厚)6例, LAA(4.85 ± 0.55)分, 见图1。

2.2 无肺气肿组、肺气肿组以及对照组基线资料与临床指标对比 肺气肿组吸烟史、病程、hs-CRP、GOLD分级显著高于无肺气肿组与对照组($P < 0.05$), FVC、FEV1、FEV1/FVC显著低于无肺气肿组与对照组($P < 0.05$), 见表1。

2.3 无肺气肿组与肺气肿组患者肺气肿定量参数对比 肺气肿组TLV、TEV、EI显著高于无肺气肿组($P < 0.05$), 见表2。

2.4 HRCT肺气肿定量参数与肺功能指标、病情严重程度相关性分析 Pearson相关分析显示, TLV、TEV、EI与GOLD分级呈正相关($P < 0.05$), 与FVC、FEV1、FEV1/FVC呈负相关($P < 0.05$), 见表3。

2.5 HRCT肺气肿定量参数与肺气肿的相关性分析 校正基线资料后进行logistics回归分析(因变量赋值肺气肿组=1, 无肺气肿组=0)显示, TLV、TEV、EI均与肺气肿发生相关($P < 0.05$), 见表4。

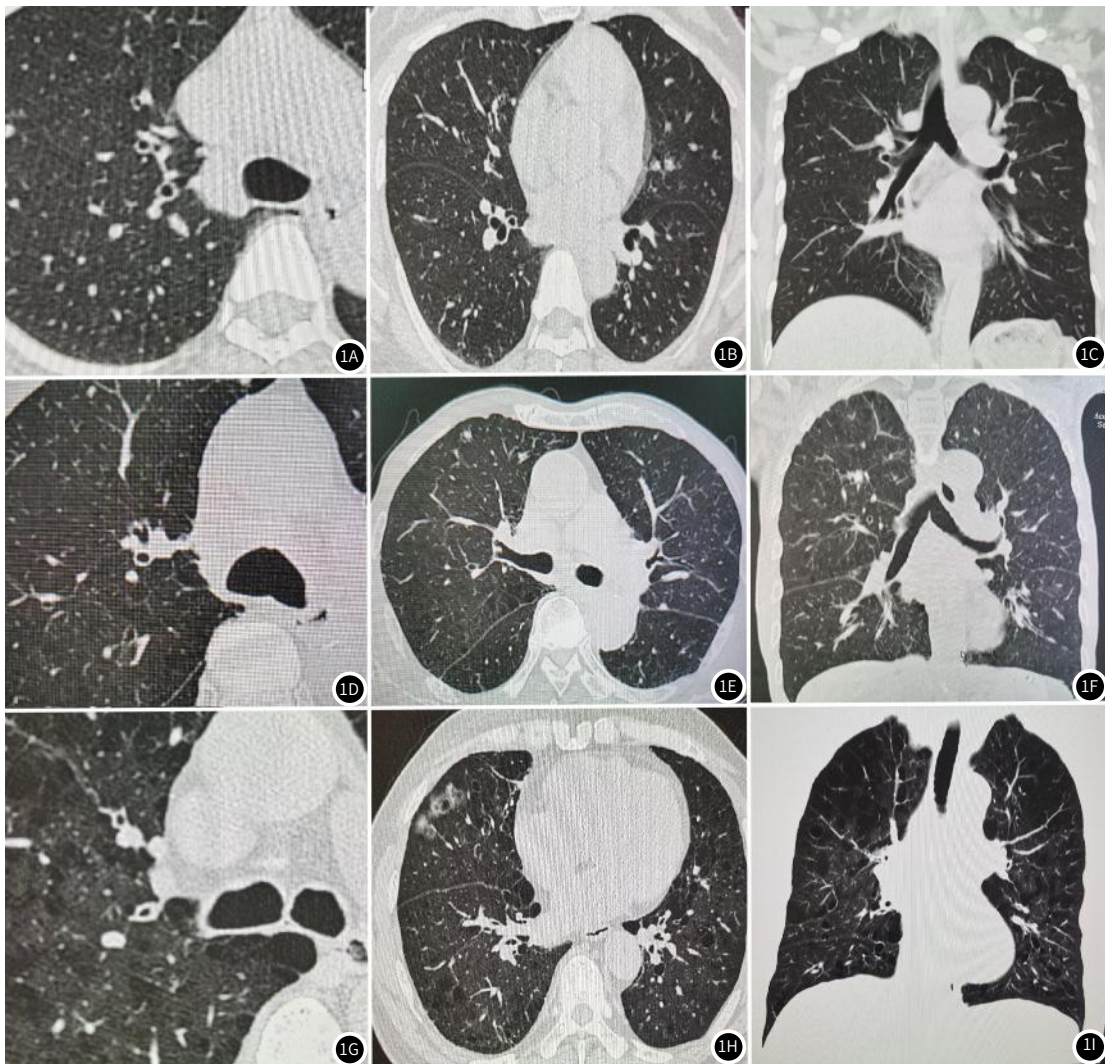


图1 不同CT表型患者HRCT特征注: 1A~1C: 患者男, 56岁, HRCT分型A型, 轻度肺水肿, 右上肺尖段支气管管壁增厚程度为0级; 1D~1F: 患者男, 60岁, HRCT分型E型, 中度肺水肿, 右上肺尖段支气管管壁增厚程度为0级; 1G~1I: 患者男, 63岁, HRCT分型M型, 中度肺水肿, 右上肺尖段支气管管壁增厚程度为1级。

表1 无肺气肿组、肺气肿组以及对照组一般资料与临床指标对比[n, (%)]

项目	肺气肿组(n=54)	无肺气肿组(n=46)	对照组(n=60)	$\chi^2/F/t$	P
性别(%)					
男	28(51.85)	27(58.70)	35(58.33)	0.642	0.725
女	26(48.15)	19(41.30)	25(41.67)		
年龄(岁)	52.38±10.24	51.25±10.06	50.88±9.83	0.336	0.715
BMI(kg/m ²)	22.17±2.38	22.64±2.05	22.40±2.51	0.501	0.607
吸烟史(%)	33(61.11) ^{ab}	18(39.13) ^a	11(18.33)	21.917	<0.001
病程(年)	10.74±2.31	8.72±1.86	/	4.759	<0.001
GOLD分级(级)	1.66±0.47	2.50±0.58	/	7.999	<0.001
hs-CRP(mg/L)	12.32±2.19 ^{ab}	5.28±0.84 ^a	0.87±0.16	1026.733	<0.001
FVC(L)	1.76±0.25 ^{ab}	2.63±0.44 ^a	3.32±0.60	163.407	<0.001
FEV1(L)	0.88±0.12 ^{ab}	1.17±0.23 ^a	2.04±0.53	165.667	<0.001
FEV1/FVC(%)	54.84±7.58 ^{ab}	68.78±9.05 ^a	85.71±6.03	241.074	<0.001

注：与对照组比较，^aP<0.05；与无肺气肿组比较，^bP<0.05。

表2 无肺气肿组与肺气肿组患者肺气肿定量参数对比

组别	n	TLV(L)	TEV(L)	EI(%)
肺气肿组	54	5.75±0.50	0.88±0.07	14.83±2.04
无肺气肿组	46	4.25±0.38	0.59±0.05	8.69±1.27
t		16.654	23.453	17.694
P		<0.001	<0.001	<0.001

表3 HRCT肺气肿定量参数与肺功能指标、病情严重程度相关性分析

项目	GOLD分级	FVC	FEV1	FEV1/FVC
TLV	0.515*	-0.698**	-0.629**	-0.567*
TEV	0.640**	-0.638**	-0.650**	-0.718**
EI	0.584*	-0.592*	-0.614**	-0.620**

表4 患者营养状态与肌少症相关性分析

指标	β值	SE	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
TLV	0.149	0.044	11.567	1.161(1.065~1.265)	<0.001
TEV	0.291	0.061	22.903	1.338(1.187~1.508)	<0.001
EI	0.126	0.019	45.987	1.134(1.093~1.177)	<0.001

3 讨论

COPD病理变化以气道与肺实质炎性浸润为主要特征，肺实质破坏可通过影像学检查显像观察^[7]。HRCT作为一种先进医学影像技术，采用薄层扫描、骨算法重建以及缩小视野等技术手段，以增加图像的清晰度，能够准确检测呼吸道疾病症状，根据Sumedha等^[8]研究显示，HRCT独立预测肺活量性阻塞、肺气肿严重程度、恶化风险和死亡率，其在研究和临床实践中都有潜在的适用性，提示HRCT结果预测呼吸道相关疾病的参考价值。即便如此，COPD患者开展HRCT检查也需要结合临床症状、实验室指标、病史与肺功能等资料综合评估，基于此本文探究100例

COPD患者HRCT肺气肿参数与临床指标，显示TLV、TEV、EI均与肺功能、疾病分级等存在相关性，与张凤等^[9]结论类似。

本研究应用HRCT检查发现，54例COPD患者存在不同程度肺气肿，发生率为54.00%，其中A型较多，E、M型较少，且A型LAA分数显著低于E、M型，本研究肺气肿患者普遍以轻度肺气肿为主，其肺部HRCT存在小面积低密度衰减。HRCT作为高分辨率CT检测工具，可以精准成像肺部病变情况，其中LAA为肺部可见低密度阴影样病变，多见于囊肿、空洞等^[10]，根据Kentarō等^[11]一项回顾性研究显示，应用HRCT评估肺气肿变化的LAA与肺叶切

除术后呼吸系统并发症相关性发现,合并肺气肿的患者,LAA显著升高,提示HRCT的LAA对临床评估肺气肿病变程度具有一定参考价值,与本文结论类似。

本文对比研究发现肺气肿组吸烟史、病程、hs-CRP、GOLD分级显著高于无肺气肿组与对照组,FVC、FEV1、FEV1/FVC显著低于无肺气肿组与对照组,提示COPD肺气肿患者多为有吸烟史、病程较长、疾病分级较高,且临床主要表现为hs-CRP异常升高、肺功能下降。肺气肿是慢阻肺的病理生理学特征之一,主要是因为慢性炎症导致肺小气道弹性减退和过度膨胀,使气体潴留,进而引起肺泡结构改变和肺容积增大,该类患者通常存在肺组织弹性降低,肺泡持续扩大,回缩障碍等临床表现,这会导致其出现较为严重的肺功能损伤^[12];肺气肿在胸部CT结果上可以分为全小叶型肺气肿、小叶中央型肺气肿,还有介于两者之间的混合性肺气肿,形成这个的原因可能与患者长期吸烟、长期接触污染的大气等,因此肺气肿患者普遍吸烟率更高,且肺功能指标较差^[13]。根据Mairi等^[14]研究,COPD患者由于呼吸系统存在严重炎症感染,因此其会出现hs-CRP等炎症因子水平异常升高,且COPD肺气肿患者表现更为显著,与本文结论类似。

本文进一步对比COPD患者HRCT参数显示,肺气肿组TLV、TEV、EI显著高于无肺气肿组,提示肺气肿患者HRCT肺气肿参数异常升高。相关研究已证实HRCT对评估COPD患者气流受限有重要的参考价值,根据张虎等^[15]研究,COPD患者全肺、左肺、右肺以及双肺各肺叶肺气肿程度随GOLD级别增加而加重,且严重肺气肿患者气流受限、气道流速容量相关指标明显异常,进一步根据Pearson分析显示,各肺及肺叶LAA与肺功能指标呈显著相关性,提示肺气肿患者肺功能受损程度更为严重,本文通过Pearson相关分析显示,TLV、TEV、EI与GOLD分级呈正相关,与FVC、FEV1、FEV1/FVC呈负相关;校正基线资料后进行logistics回归分析显示,TLV、TEV、EI均与肺气肿发生相关,结论类似。对于TLV、TEV、EI等肺气肿参数,周红等^[16]认为,HRCT容积成像清晰度较高,能够准确评估COPD患者肺实质破坏程度,其定量参数与肺功能指标具有较高的相关性,且不同级别的COPD患者肺气肿参数、肺容积参数与肺功能均差异显著,提示HRCT定量容积量化指标对评估COPD不同严重程度及诊断肺气肿具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 刘羽佳,孙永昌.《慢性阻塞性肺疾病全球倡议(2024版)》解读:慢性阻塞性肺疾病合并肺间质异常临床评估、危险分层以及预后[J].国际呼吸杂志,2024,44(6):630-636.
- [2] 沙正凯,李林静,张祥杰,等.慢阻肺疾病合并肺癌患者的辅助性T细胞水平与疾病发生的关系[J].临床肺科杂志,2020,25(7):977-982.
- [3] 赵琳,金晨望,曹宪宪,等.慢性阻塞性肺疾病患者肺气肿严重程度与肺功能指标的相关性[J].实用放射学杂志,2022,38(3):385-388.
- [4] Tanabe N,Hirai T.Recent advances in airway imaging using micro-computed tomography and computed tomography for chronic obstructive pulmonary disease[J].Korean J Intern Med,2021,36(6):1294-1304.
- [5] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.慢性阻塞性肺疾病基层诊疗指南(2018年)[J].中华全科医师杂志,2018,17(11):856-870.
- [6] 史维雅,杭晶卿,张志勇,等.呼吸气双相HRCT成像对不同COPD表型的定量评估[J].中国临床医学影像杂志,2018,29(5):329-332.
- [7] 戴钢,邓克学,胡瑞雪.定量CT联合超声心动图评价不同程度肺动脉高压慢阻肺患者小气道病变[J].临床肺科杂志,2023,28(1):21-24,29.
- [8] Singla S,Gong M,Riley C,et al.Improving clinical disease subtyping and future events prediction through a chest CT-based deep learning approach[J].Med Phys,2021,48(3):1168-1181.
- [9] 张凤,方著,袁艺,等.慢性阻塞性肺疾病患者HRCT定量指标与肺功能的相关性研究[J].天津医药,2023,51(3):320-325.
- [10] 赵琳,金晨望,曹宪宪,等.慢性阻塞性肺疾病患者肺气肿严重程度与肺功能指标的相关性[J].实用放射学杂志,2022,38(3):385-388.
- [11] Miura K,Ide S,Minamisawa M,et al.Sublobar resection or lobectomy and postoperative respiratory complications in emphysematous lungs[J].Eur J Cardiothorac Surg,2024,65(3):61-70.
- [12] 徐双兰,陈子,杨姣,等.气道上皮细胞Src同源区2蛋白酪氨酸磷酸酶1基因敲除对慢性阻塞性肺疾病肺气肿表型的影响[J].中华结核和呼吸杂志,2024,47(4):339-345.
- [13] 黄晓旗,牛媛,雷禹,等.基于CT双气相定量研究吸烟合并慢性阻塞性肺疾病患者的肺叶小气道病变及肺气肿损伤程度[J].中华放射学杂志,2022,56(5):536-541.
- [14] MacLeod M,Papi A,Contoli M,et al.Chronic obstructive pulmonary disease exacerbation fundamentals:Diagnosis,treatment,prevention and disease impact[J].Respirology,2021,26(6):532-551.
- [15] 张虎,高文鑫,刘华琼,等.慢性阻塞性肺疾病患者HRCT定量参数与肺功能的相关性[J].吉林医学,2024,45(1):41-44.
- [16] 周红,高亚洲.探究慢性阻塞性肺疾病患者HRCT容积成像征象及与肺功能相关性[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(3):40-42.

(收稿日期:2025-02-20)

(校对编辑:韩敏求)