

慢性阻塞性肺疾病胸部 CT 检查及评价 中国专家共识

中华医学会放射学分会心胸学组

通信作者: 郑敏文, 空军军医大学西京医院放射诊断科, 西安 710032, Email: zhengmw2007@163.com; 郭佑民, 西安交通大学第一附属医院医学影像科, 西安 710061, Email: cjr.guoyoumin@vip.163.com; 刘士远, 海军军医大学第二附属医院放射诊断科, 上海 200003, Email: cjr.liushiyuan@vip.163.com

【摘要】 慢性阻塞性肺疾病(COPD)是全球关注的重大公共卫生问题,近年来胸部CT评价COPD的研究发展迅速,但缺乏一致性认识。为此,中华医学会放射学分会牵头组织心胸学组专家,参考国际COPD的诊疗现状,结合我国胸部CT临床实践,经反复讨论形成以下共识,包括COPD临床诊断,胸部CT检查前准备及扫描方案,胸部CT定性、定量、功能评价,COPD急性加重及合并症的胸部CT评价以及胸部CT结构化报告。

【关键词】 肺疾病,慢性阻塞性; 体层摄影术,X线计算机; 专家共识

基金项目: 国家自然科学基金(81930049、82171926、81871321); 科技部重点研发计划(2022YFC2010000、2022YFC2010002); 国家卫健委数据库建设项目(YXFSC2022JJSJ002)

Chinese expert consensus on chest CT scanning and evaluation of chronic obstruction pulmonary disease

Cardio-thoracic Group of Chinese Society of Radiology Chinese Medical Association

Corresponding author: Zheng Minwen, Department of Radiology, Xijing Hospital, Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, China, Email: zhengmw2007@163.com; Guo Youmin, Department of Radiology, First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China, Email: cjr.guoyoumin@vip.163.com; Liu Shiyuan, Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200003, China, Email: cjr.liushiyuan@vip.163.com

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstruction pulmonary disease, COPD)是全球关注的重大公共卫生问题,2019年世界卫生组织统计COPD是全球第3大致死疾病。2018年中国国家慢病和非传染性疾病预防控制中心报道,我国COPD患者高达1亿人,每分钟有1.9人死于COPD,2004至2015年发病率增幅为65.9%,40岁以上人群发病率为13.6%^[1-2]。与COPD严峻的诊疗现状相对应的却是我国民众对该病的低知晓率(仅0.9%),这直接导

致了早诊早治的延误,疾病确诊时往往已是进展期,此时治疗效果明显下降。同时,不佳的疗效和迁延不愈的病程,会大大增加患者的医疗费用,造成了严重的医疗资源浪费和社会经济负担^[1]。

肺功能检测(pulmonary function test, PFT)是目前临床诊断COPD的金标准,但早期诊断的灵敏度不高,通常肺结构破坏30%以上,才会出现指标的异常,且不能反映COPD的异质性^[3]。此外PFT的单一阈值诊断标准[使用支气管扩张剂后,第

DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20220929-00785

收稿日期 2022-09-29 本文编辑 史晓娟

引用本文: 中华医学会放射学分会心胸学组. 慢性阻塞性肺疾病胸部CT检查及评价中国专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2023, 57(6): 600-607. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20220929-00785.



1 秒用力呼气容积占用力肺活量的百分比(the ratio of forced expiratory volume in 1 second to forced vital capacity, FEV_1/FVC) <0.70]在老年人中会造成过度诊断,在青年人群中会导致漏诊^[4]。2022 年慢性阻塞性肺疾病全球倡议(global initiative for chronic obstructive lung disease, GOLD)指南指出应该重视 20~50 岁人群 COPD 的患病情况。目前由于对青年人群 COPD 的认知度低,青年 COPD 常被漏诊,故应加强在青年人群中筛查 COPD 及 COPD 前期。COPD 前期是指任何年龄段出现呼吸系统症状,伴或不伴肺结构损伤和(或)肺功能异常,不存在气流受限,但胸部 CT 可能会出现肺气肿表现。因此,国际及国内专家团队呼吁需要重视 COPD 的结构定量和功能影像综合评价 COPD 前期患者,建立更敏感的诊断方法及定量指标^[5-7]。COPD 是一种非均质性的病变,随着病情的进展,可以发生肺小血管和肺小气道的重塑,进而形成肺气肿。胸部 CT 不仅可通过 COPD 患者肺气肿程度、大小气道形态、结构改变评价肺功能受损情况,亦可通过量化肺实质、气道和肺血管改变来评价其严重程度并预测急性加重风险。使用双气相 CT(吸气末和呼气末 CT)检测空气滞留,实现 COPD 的早期诊断及诊疗个性化评价,指导治疗和管理。但目前临床实践在此方面不够重视,胸部 CT 定量分析主要以评价肺结节为主,对肺气肿的分析以主观定性评价为主,对扫描方法和 CT 定量分析还缺乏一致性的认识。因此,中华医学会放射学分会牵头组织心胸学组专家,参考国际 COPD 的诊疗现状及国内胸部 CT 临床实践,讨论编写《慢性阻塞性肺疾病胸部 CT 检查及评价中国专家共识》,旨在指导各级医疗机构规范 COPD 的胸部 CT 扫描方案及基于 CT 的定性及定量评价,提高 COPD 的早期诊断及疗效评价。

一、COPD 的临床诊断

2022 年 GOLD 指南针对 COPD 的诊断仍然是结合临床症状、危险因素进行综合诊断。凡是出现呼吸困难、慢性咳嗽或咳痰或有复发性下呼吸道感染史和(或)有接触该疾病危险因素史的患者均应考虑 COPD 可能;确诊需进行 PFT 检查,当使用支气管扩张剂后 $FEV_1/FVC < 0.70$ 即可明确诊断,进而依据 FEV_1 占预计值百分比($FEV_1\%$ 预计值)进行严重程度分级(表 1)。同时结合临床综合评价量表等进行疗效判断及急性加重风险的预测^[8]。

二、COPD 胸部 CT 检查前准备及扫描方案

1. CT 检查前准备:首先核对受检者个人信息、

表 1 COPD 患者气流受限程度的肺功能分级

GOLD 分级	严重程度	肺功能(基于使用支气管扩张剂后)
I 级	轻度	$FEV_1\%$ 预计值 $\geq 80\%$
II 级	中度	$50\% \leq FEV_1\%$ 预计值 $< 80\%$
III 级	重度	$30\% \leq FEV_1\%$ 预计值 $< 50\%$
IV 级	极重度	$FEV_1\%$ 预计值 $< 30\%$

注:COPD 为慢性阻塞性肺疾病;GOLD 为慢性阻塞性肺疾病全球倡议; FEV_1 为第 1 秒用力呼气容积

检查部位及检查目的。在检查前与受检者充分沟通,并对受检者进行吸气末和呼气末屏气训练,保证图像质量;若需同时行增强检查,则评估对比剂使用禁忌证及风险,检查前禁食 4~6 h,建立静脉通道,具体请参照碘对比剂使用指南(第 2 版)^[9]。胸部 CT 扫描应去除胸部的体表异物并采用铅围裙做好非受检部位的辐射防护。

2. CT 扫描方案:为了兼顾主观定性评价和客观定量评价的准确度,保证后续定量 CT 评价的准确性,建议双气相扫描采用一致的扫描方案。

(1)对 COPD 确诊患者,建议使用 16 层或以上多层螺旋 CT 进行扫描,根据不同医院 CT 设备的软硬件实际配置,选择常规剂量或低剂量的双气相胸部 CT 检查。扫描范围为胸廓入口下至双侧肾上腺水平;常规剂量扫描模式为螺旋扫描;管电压 120 kVp;自动管电流调制技术;准直 ≤ 1.25 mm;重建层厚 ≤ 1.25 mm(建议 1 mm 重建层厚);重建间隔:对于层厚 ≤ 0.625 mm,无间隔重建,层厚 0.625~1.25 mm 时,重建间隔建议采用层厚的 80% 重建;扫描矩阵 512 \times 512;重建算法或滤过函数:标准算法和肺算法重建;重建模式:迭代重建;窗设置:肺窗窗位 -600~-650 HU,窗宽 1 500~1 600 HU;纵隔窗窗位 40~50 HU,窗宽 350~380 HU。低剂量扫描模式:若 CT 有迭代重建技术的可使用 100~120 kVp、低于 30 mAs 作为扫描参数,采用迭代重建以提高图像质量;若 CT 没有迭代重建技术可使用 120 kVp、30~50 mAs 的扫描参数^[10]。

(2)对 COPD 疑似但不够诊断标准或高危中老年人群,应采用双气相低剂量胸部 CT 检查进行早期筛查,扫描模式同确诊 COPD 患者的低剂量胸部 CT 扫描方案。研究表明,基于迭代重建算法,低剂量胸部 CT 扫描不影响肺密度的定量分析^[11-12]。

(3)对 20~40 岁,存在早产儿史、儿童期哮喘或儿童期呼吸道感染史、呼吸系统疾病家族史或吸烟、被动吸烟、吸蒸气或电子烟的青年人群,建议行吸气末低剂量胸部 CT 扫描,低剂量方案同上。

推荐意见:为了兼顾主观定性评价和客观定量评价的准确度,对于中老年人群建议双气相扫描采用一致的扫描方案:对于确诊 COPD 患者根据 CT 设备的软硬件实际配置,可选择常规剂量或低剂量的双气相胸部 CT 检查;对于疑似 COPD 但不够诊断标准或 COPD 的高危中老年人群建议进行双气相低剂量胸部 CT 检查。对 20~40 岁,存在早产儿史、儿童期哮喘或儿童期呼吸道感染史、呼吸系统疾病家族史或吸烟、被动吸烟、吸蒸气或电子烟的青年人群^[8],建议进行吸气相低剂量胸部 CT 影像的定量分析以期提高对 COPD 的早期识别。

三、COPD 的胸部 CT 定性评价

COPD 本质是一种呼吸道的慢性炎症反应性疾病,以持续气流受限导致肺通气功能障碍为特征,气流受限不可逆,呈进行性发展。COPD 表型包括慢性支气管炎型和(或)肺气肿型。早期病变局限于细小气道,仅闭合容积增大,动态肺顺应性降低,影像表现为空气潴留征,需使用双气相 CT 才能观察到这一征象。随着病情进展,开始出现典型影像学表现,CT 评价时应注重对肺气肿、气道、肺血管的评价。

应用后处理工作站或 PACS 系统进行图像浏览,采用肺窗(窗位 -600~-650 HU,窗宽 1 500~1 600 HU),同时结合多平面重组及最小密度投影阅片。对 COPD 的 CT 图像定性评价主要包括:有无肺气肿、肺气肿类型及分布、气道和肺血管形态。依据 Fleischner 协会建议书^[13],将肺气肿类型分为小叶中心型(central lobular emphysema, CLE)、全小叶型和间隔旁型三种类型(图 1, 2);其中 CLE 肺气

肿进一步分为轻微 CLE(极小的小叶中心型透亮影,分布小于 0.5% 肺叶)、轻度 CLE(散在的小叶中心型透亮影,周围为正常肺组织,占总肺叶的 0.5%~5%)、中度 CLE(较多的边界清楚的透亮影,超过肺叶的 5%)、融合 CLE(聚集的小叶中心性或肺叶的透亮影,包括多发透亮影占据了多个次级肺小叶,但不包括次级肺小叶的明显膨胀或肺结构扭曲)和进展破坏型(伴有次级肺小叶的膨胀和肺结构扭曲)。全小叶型肺气肿在我国人群中极为罕见。可采用主观视觉 Goddard 评分法评估肺气肿的严重程度^[14](表 2),此方法尤其适用于没有肺气肿定量分析软件的单位。气道形态主要包括肺段及亚段支气管壁的增厚情况,炎症性小气道疾病和阻塞性的小气道疾病,气道内有无黏液栓及其存在的具体气管支气管位置;通过双气相 CT 图像的对照,评价有无空气潴留及累及范围(图 3, 4)。由于 COPD 的影像表型与临床分级、治疗改善具有明确的相关性,因此,确定影像表型尤为重要。常用的影像表型包括以下几种:A 型,无肺气肿或存在轻微的肺气肿,不考虑是否合并支气管管壁增厚;E 型,存在明显的肺气肿,不合并支气管管壁增厚;M 型,同时存在明显的肺气肿和支气管管壁增厚^[15](图 5~7)。肺血管改变主要包括肺血管重塑引起肺动脉高压,最后导致心室重构,出现肺源性心脏病,表现为肺动脉增宽、伴右心房及右心室增大。常通过吸气相 CT 图像上主肺动脉直径及其与同水平升主动脉直径的比值来评价(图 8),如主肺动脉直径 > 29 mm,主肺动脉和同水平升主动脉直径比值 > 1,则提示继发肺动脉高压的可能大。

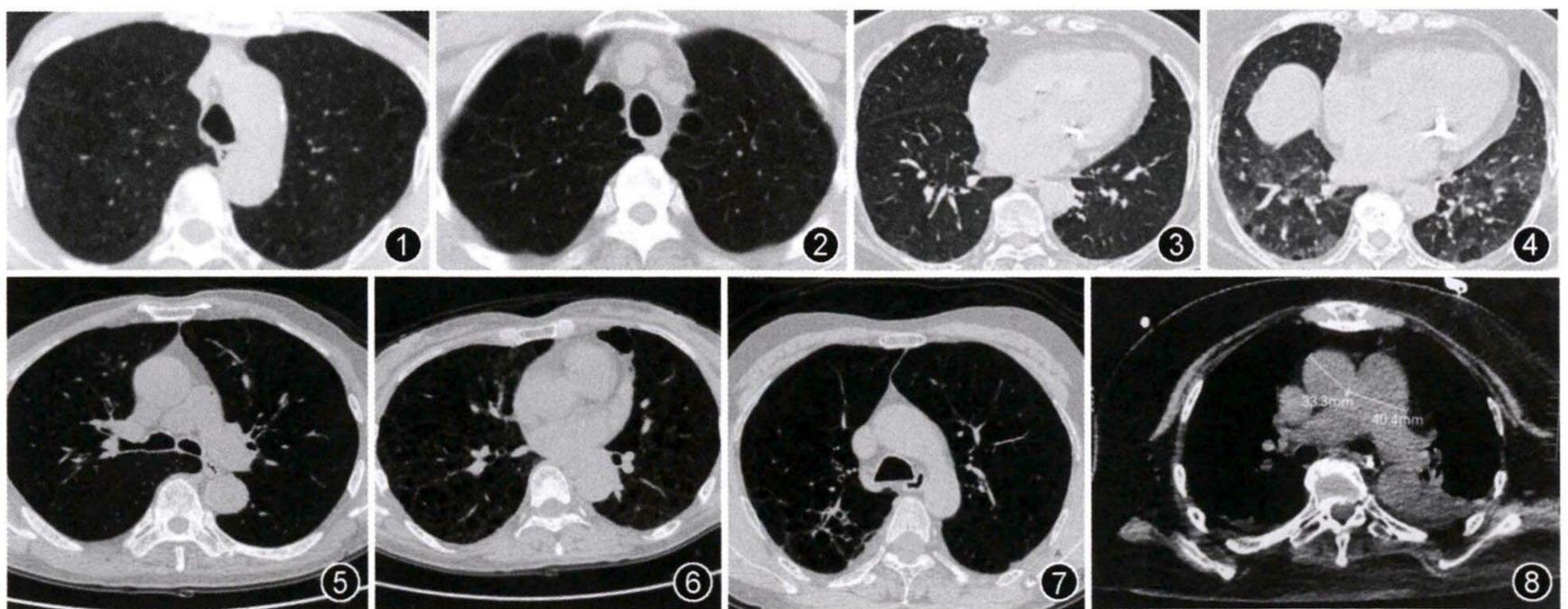


图 1~8 慢性阻塞性肺疾病(COPD)的 CT 图。图 1 肺气肿分型为小叶中心型,图 2 肺气肿分型为间隔旁型;图 3, 4 分别为吸气相、呼气相示双肺下叶空气潴留;图 5~7 为 COPD 的不同影像学表型,图 5 为 A 型,图 6 为 E 型,图 7 为 M 型;图 8 为 COPD 合并肺动脉高压,主肺动脉和同水平升主动脉直径之比大于 1

表 2 肺气肿主观视觉 Goddard 评分法

Goddard 评分	肺气肿占该横断解剖层面的比例(肺气肿%)
0	0
1	0% < 肺气肿% ≤ 25%
2	25% < 肺气肿% ≤ 50%
3	50% < 肺气肿% ≤ 75%
4	75% < 肺气肿% ≤ 100%

注:通常选择双肺上、中、下 3 个横断解剖层面进行评价,上肺水平为主动脉弓水平,中肺水平为隆突水平,下肺水平为右侧膈肌顶部上方约 1 cm 水平^[13];双肺共分为 6 个解剖层面,每个解剖层面 0~4 分,合计总分 0~24 分;轻度,总分 ≤ 8 分;中度,8 分 < 总分 ≤ 16 分;重度,总分 > 16 分

推荐意见:对于肺气肿、气道和血管的情况进行全面的评价,肺气肿建议注明具体类型和严重程度,通过半定量的方式(表 2)进行严重度评价;明确气道内有无黏液栓;有无空气潴留。对于 COPD 确诊者,明确影像表型,提示是否存在肺动脉高压可能性,指导临床治疗。定性评价流程见图 9。

四、COPD 的胸部 CT 定量评价

研究证实,胸部 CT 定量评价在 COPD 的早期诊断、严重度评价、表型分析及肺减容手术靶肺组织的精准识别中具有重要的临床价值^[16-25]。CT 定量评价结合临床基本信息、临床综合评价量表和 PFT 在 COPD 急性加重评价和预测、再入院预测、肺功能快速下降预测、生存预测及预后分析、合并症预测等方面均具有较大的潜力,定量评价对于 COPD 的不良事件预测非常重要。研究证实,部分

肉眼观察正常的胸部 CT,借助 CT 肺密度定量评价可以早期诊断肺气肿,如上海地区肺癌筛查中 60 岁以上人群主观评价正常者,经过 CT 定量评价发现 8.3% 存在肺气肿^[26]。因此,开展 COPD 的 CT 定量评价具有重要的临床价值。

胸部 CT 定量评价包括肺容积、肺气肿、气道和肺小血管的定量评价。进行胸部 CT 定量评价时,首先需要自动或手动地进行左右肺分割,目前部分软件通过人工智能算法建模后可以 5 个肺叶的自动分割;然后,医师对于分割结果进行逐层审核,审核完成后进入定量评价,输出全肺、左肺、右肺或者各个肺叶平均肺密度、肺气肿体积及占比、肺密度区域性差异;最后,判定有无肺气肿及其严重程度和分布情况。在吸气相胸部 CT 上,CT 值低于 -950 HU 的肺组织体积占全肺体积的百分比定义为肺低衰减区域占比 (low attenuation area, LAA%) 或肺气肿指数 (emphysema index, EI),依据 Fleischner 建议书, EI ≥ 6% 定义为肺气肿^[13]。直径 < 2 mm 的小气道狭窄是 COPD 气流受限的主要原因,但因其直径过小,大部分常规 CT 上无法成像或通过肉眼难以识别,因此常以空气潴留程度间接反映小气道狭窄程度。呼气末 CT 是评价 COPD 空气潴留的最好方法,大多数研究通过评价 -856 HU 或 -850 HU (LAA_{exp}-856 或 LAA_{exp}-850) 阈值下的 LAA% 来定量评价气体潴留(图 10)。

对于双气相 CT 图像,左右肺分割完成后,可进行空气潴留量化分析,相关参数包括全肺、左右肺,甚至是 5 个肺叶水平的吸气-呼气肺体积比、吸气-呼气肺衰减比值、衰减在 -860 HU 和 -950 HU 之间的体素的吸气-呼气相对体积变化。或者进行参数反应图 (parameter response map, PRM) 分析,评价功能小气道疾病情况,具体参数包括 PRM_{正常}、PRM_{肺气肿}、PRM_{功能小气道疾病} 的体积及其百分比(图 11)^[27-29]。功能小气道疾病是正常肺实质向肺气肿的过渡阶段,早期发现、早期干预可以逆转 COPD^[30]。对于单一吸气相的图像,推荐至少进行全肺肺密度的定量评价,肺叶水平的定量分析视各单位后处理软件的具体配置而定。对于双气相的图像,推荐进行空气潴留

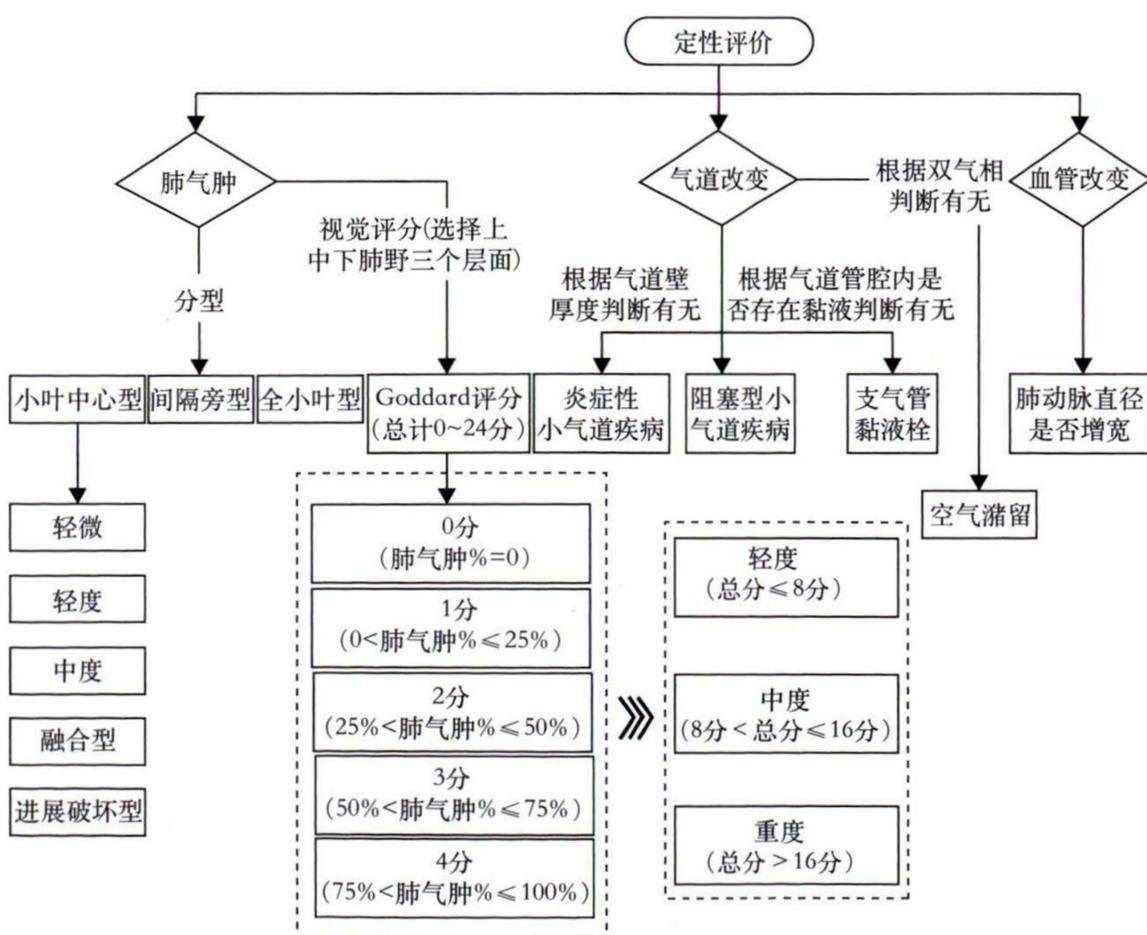


图 9 慢性阻塞性肺疾病胸部 CT 定性评价的流程图

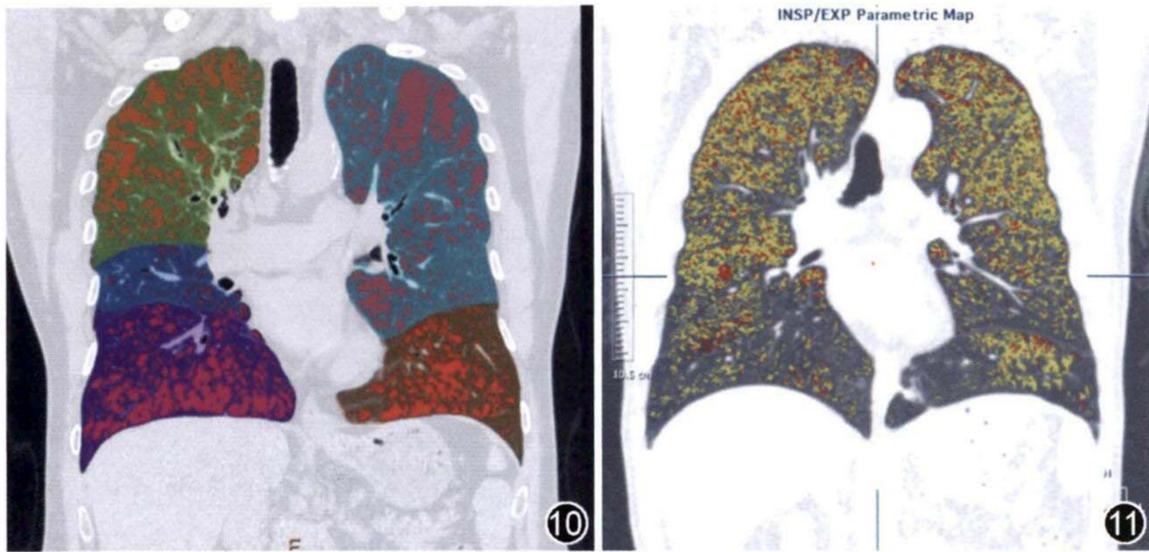


图 10,11 慢性阻塞性肺疾病患者肺气肿及空气滞留的定量分析。图 10 为吸气相肺气肿不同肺叶显示,绿色、深蓝色、紫色、浅蓝色、橙色分别代表右肺上叶、右肺中叶、右肺下叶、左肺上叶及左肺下叶的正常肺组织,红色代表肺气肿;图 11 为双气相参数反应图,红色代表肺气肿,黄色代表功能小气道疾病区域,黑色代表正常肺组织

的定量评价,PRM 的定量分析视各单位后处理软件的具体配置而定。

大气道改变也是 COPD 表型之一,主要是气道管壁增厚和管腔变窄。对气道和肺血管进行定量评价,首先要在吸气相上对气管支气管束进行分割提取,至少达到支气管树 6 级水平,然后评价气道定量参数,包括支气管壁厚度、支气管壁截面积、支气管腔面积、支气管腔直径、支气管壁面积百分比(%WA)和管径周长为 10 mm 支气管壁截面积平方根(Pi10)(图 12)。肺血管变化与 COPD 急性加重密切相关,肺动脉直径在 COPD 急性加重时明显增大。基于 CT 平扫的肺血管量化参数包括主肺动脉直径,主肺动脉直径与同水平升主动脉直径比及全肺、左右肺甚至 5 个肺叶水平的肺血管数量,肺血管横截面积(cross sectional area, CSA), CSA<5 mm² 百分比,肺血管表面积,平均血管直径等^[31](图 13)。

推荐意见:对于双气相扫描,推荐至少进行肺气肿、大气道、空气滞留、主肺动脉直径及同水平升主动脉直径的定量评价。对于功能小气道及血管定量评价视各单位后处理软件的功能情况,条件允许的鼓励开展。定量评价流程见图 14。

五、COPD 的胸部 CT 功能评价

肺通气、肺灌注成像在 COPD 的早期诊断、严重度分级、表型分析中具有重要的价值,随着能量 CT 的

出现,使得肺通气和灌注成像更加便捷^[32-34]。能量 CT 增强扫描可获得碘密度图等反映肺实质灌注的信息,这对于评价 COPD 血流灌注的异质性和疗效具有重要参考意义^[35]。此外,利用氩气作为对比剂吸入后进行能量 CT 成像,可以用于评价 COPD 患者的通气功能^[35]。

推荐意见:具备能量 CT 的单位建议开展 COPD 功能影像学检查研究,为 COPD 诊疗提供更多参考信息和循证医学依据。

六、COPD 急性加重及合并症的胸部 CT 评价

感染是导致 COPD 急性加重的重要因素。COPD 的合并症主要包括心血管疾病(缺血性心脏病、肺源性心脏病、心力衰竭等),呼吸系统疾病(肺癌、肺动脉高压、感染),骨骼肌肉系统疾病(骨质疏松、肌少症)等^[8, 36-38]。COPD 急性加重及合并症不仅降低患者的生活质量,增加死亡率,还给学生带来沉重的经济负担。常规胸部 CT 所测的冠状动脉钙化积分有助于早期诊断 COPD 相关冠状动脉病变的合并症。经胸部 CT 测量主肺动脉直径与同水平升主动脉直径之比可以间接反映肺动脉压力。骨质疏松是 COPD 患者常见的肺外合并症。定量

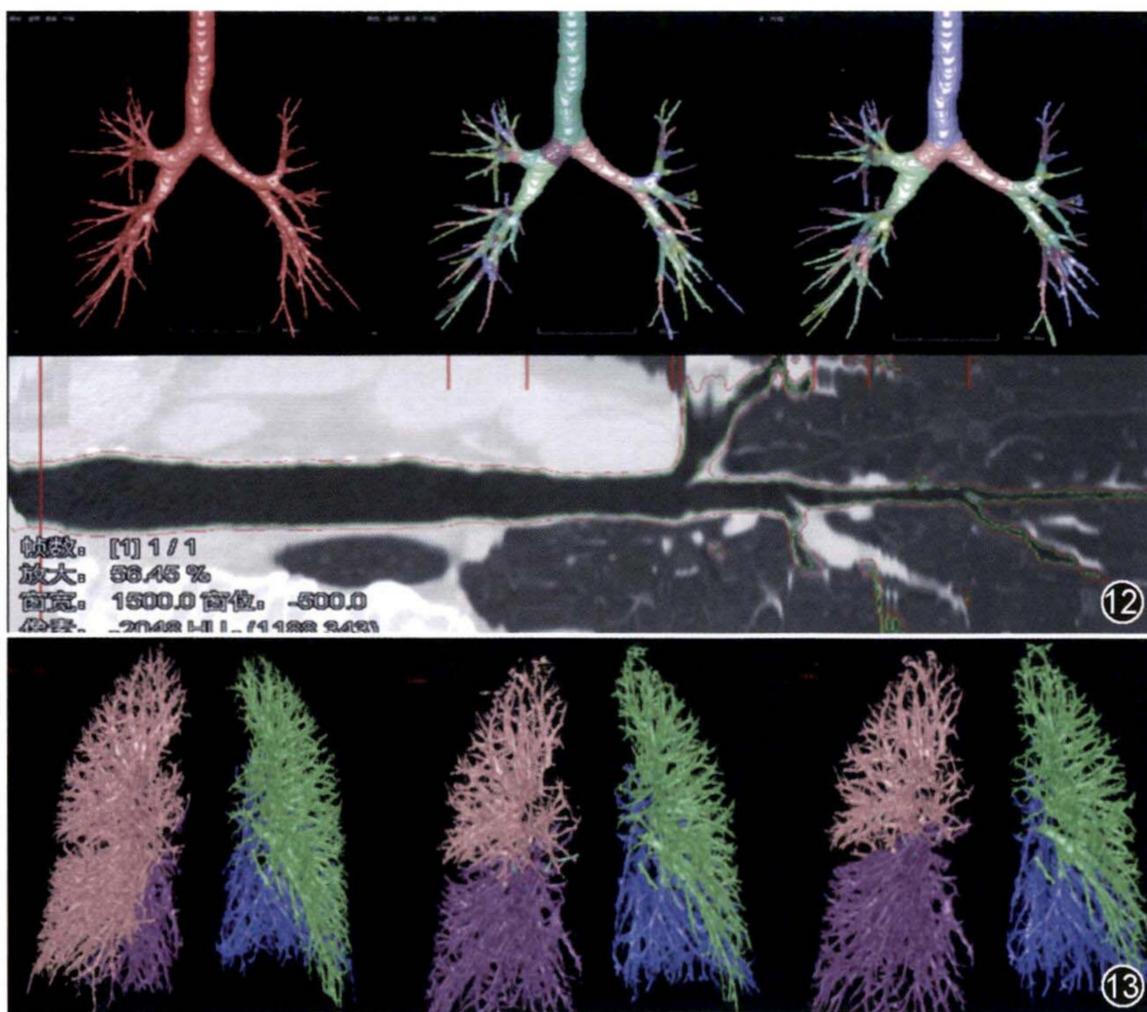


图 12 基于胸部 CT 平扫的气道定量分析 图 13 基于胸部 CT 平扫的肺血管重建

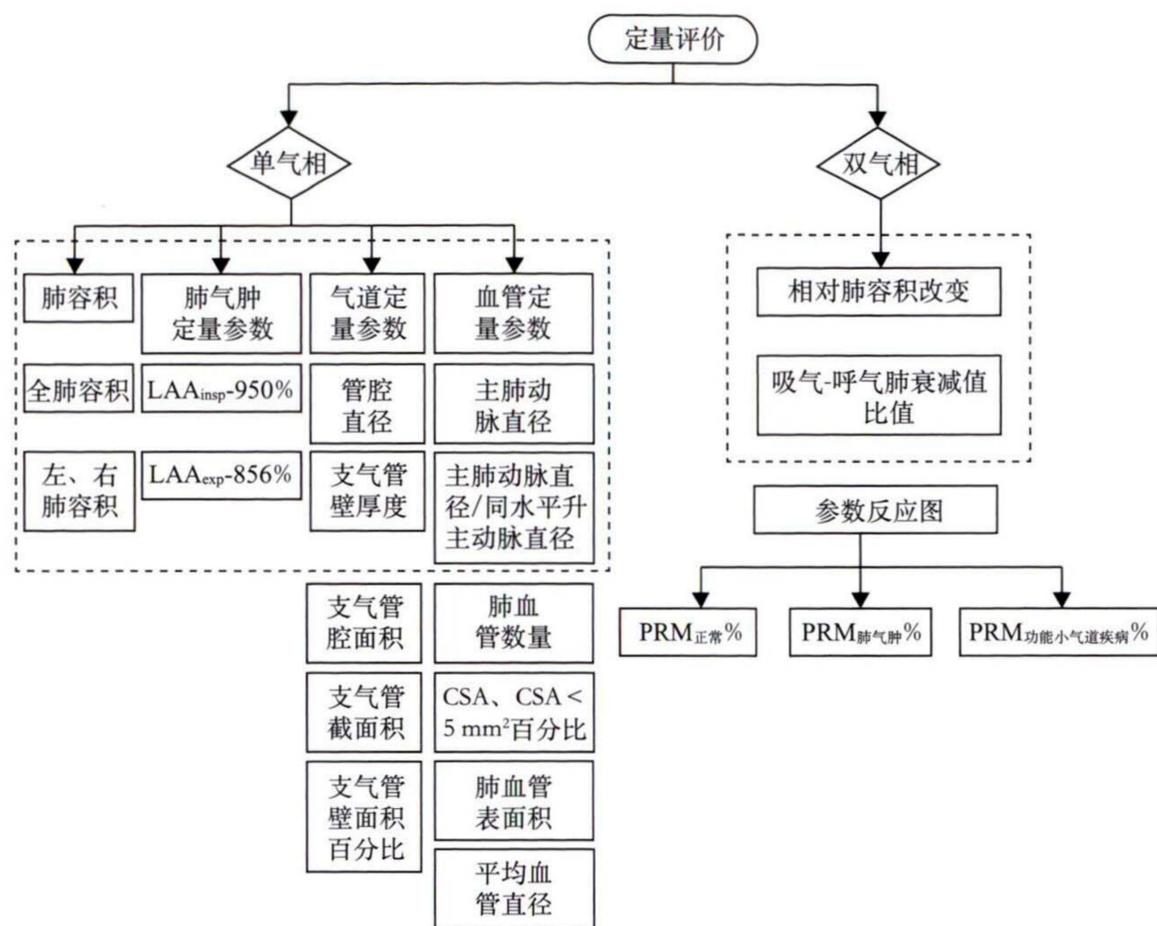


图 14 慢性阻塞性肺疾病胸部 CT 定量评价流程图。LAA_{insp}-950% 为吸气相 CT 值低于 -950 HU 的肺衰减区域体积占全肺体积的百分比；LAA_{exp}-856% 为呼气相 CT 值低于 -856 HU 的肺衰减区域体积占全肺体积的百分比；CSA 为肺血管横截面积；CSA < 5 mm² 百分比为肺血管截面积小于 5 mm² 百分比；PRM_{正常}% 为参数反应图中正常肺组织百分比；PRM_{肺气肿}% 为参数反应图中肺气肿区域百分比；PRM_{功能小气道疾病}% 为参数反应图中功能小气道疾病百分比。红框中的参数为推荐测量的最少参数

CT 骨密度测定是在临床 CT 基础上加定量 CT 分析软件对人体骨密度进行测量，COPD 患者接受常规 CT 检查更为普遍，通过常规胸部 CT 测量胸腰椎 (T6~L1) 的 CT 值可辅助诊断骨质疏松。

推荐意见：胸部 CT 扫描在定性、定量评价 COPD 同时，建议开展冠状动脉钙化积分、主肺动脉及同水平主动脉直径、感染病灶、骨密度等的定量评价，实现“一站式”多器官的精准评价。

七、COPD 的胸部 CT 结构化报告

随着对疾病定量评价、临床诊疗规范化和科学研究的进一步提升，结构化报告是目前发展的趋势，通过人工智能算法提取肺密度、气道和小血管的量化指标，形成的定量、可视化的结构化报告，可以提供给临床更全面的定量数据，指导临床治疗和随访管理的策略。目前，国内已陆续开展 COPD 肺部 CT 定量分析结构化报告的研究。COPD 结构化报告推行将有助于临床辅助 COPD 的精准评价。

综上所述，伴随着 CT 技术的发展及人工智能算法的进步，使得 COPD 的 CT 定量评价在临床中的应用成为可能。随着国家卫生健康委能力建设和继续教育中心对放射影像数据库建设项目的发布，关于 COPD 的 CT 标准化多中心数据库构建正

在有序开展中，本共识将会随着 CT 硬件、后处理软件的升级，高质量多中心临床科研成果的发布而逐步更新，逐步建立成更为科学合理的专家共识，使之成为我国广大放射工作人员及临床医务人员开展 COPD 定量 CT 研究和临床应用的重要参考和依据。本共识确立了 COPD 患者不同临床场景的扫描方案，胸部 CT 对肺密度、气道和小血管的定性、定量评价，及条件允许的单位同步进行肺通气/灌注等功能 CT 评价，对指导 COPD 的早期诊断、严重程度评价和疗效评价均具有重要的意义。加强对 COPD 的影像学评价，提高对 COPD 的认识水平，能够降低社会经济负担，为健康中国、精准诊疗做出重要贡献。

执笔者：范丽(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、刘敏(中日友好医院放射诊断科)、金晨望(西安交通大学第一附属医院医学影像科)

共识专家组成员(按姓氏拼音排列)：陈起航(北京

医院放射科)、陈月芹(济宁医学院附属医院医学影像科)、范兵(江西省人民医院影像科)、范丽(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、葛艳明(潍坊医学院医学影像学院 潍坊医学院附属医院影像中心)、管宇(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、郭佑民(西安交通大学第一附属医院医学影像科)、侯阳(中国医科大学附属盛京医院放射科)、胡红杰(浙江大学医学院附属邵逸夫医院放射科)、胡嘉航(牡丹江医学院附属红旗医院影像科)、金晨望(西安交通大学第一附属医院医学影像科)、林红雨(青岛市中心医院放射科)、刘敏(中日友好医院放射诊断科)、刘士远(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、刘再毅(广东省人民医院放射科)、马燕青(杭州医学院附属浙江省人民医院放射科)、毛亮(济宁医学院附属医院医学影像科)、倪炯(同济大学附属同济医院放射科)、彭德昌(南昌大学医学院影像科)、秦健(山东第一医科大学第二附属医院影像中心)、史景云(上海肺科医院影像科)、史晓娟(中华放射学杂志编辑部)、苏伟(胜利油田中心医院影像科)、唐昊(海军军医大学第二附属医院呼吸与危重症医学科)、汪建华(宁波大学医学院附属医院影像诊断科)、王建卫(中国医学科学院肿瘤医院影像诊断科)、王丽华(浙江大学医学院附属第二医院放射科)、王仁贵(首都医科大学附属北京世纪坛医院放射科)、王锡明(山东第一医科大学附属省立医院医学影像科)、吴华伟(上海交通大学医学院附属仁济医院放射科)、吴宁(中国医学科学院肿瘤医院影像诊断科)、伍建林(大连大学附属中山医院医学影像科)、夏艺(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、萧毅(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、辛小燕(南京大学医学院附属鼓楼医院医学影像科)、邢伟(常州市第一人民医院医学影像科)、熊曾(中南大学湘雅医院放射科)、徐妍妍(中日友好医院放射诊断科)、许茂盛(浙江省

中医院医学影像科)、杨文洁(上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科)、于红(上海交通大学附属胸科医院放射科)、于晶(大连大学附属中山医院医学影像科)、曾庆思(广州医科大学附属第一医院放射科)、张洪(天津市胸科医院影像科)、张景峰(中国科学院大学宁波华美医院医学影像科)、张琳琳(中华放射学杂志编辑部)、张龙江(南京大学医学院附属金陵医院医学影像科)、赵绍宏(解放军总医院第一医学中心放射科)、赵振军(广东省人民医院放射科)、郑敏文(空军军医大学第一附属医院放射诊断科)、周敏(上海交通大学医学院附属瑞金医院呼吸内科)、周秀秀(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、朱力(宁夏医科大学总医院放射科)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] Fang L, Gao P, Bao H, et al. Chronic obstructive pulmonary disease in China: a nationwide prevalence study[J]. *Lancet Respir Med*, 2018, 6(6): 421-430. DOI: 10.1016/S2213-2600(18)30103-6.
- [2] Wang C, Xu J, 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. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30841-9.
- [3] Agusti A, Calverley PM, Celli B, et al. Characterisation of COPD heterogeneity in the ECLIPSE cohort[J]. *Respir Res*, 2010, 11(1):122. DOI: 10.1186/1465-9921-11-122.
- [4] Miller MR, Levy ML. Chronic obstructive pulmonary disease: missed diagnosis versus misdiagnosis[J]. *BMJ*, 2015, 351:h3021. DOI: 10.1136/bmj.h3021.
- [5] Tanday S. Rethinking COPD diagnosis: imaging and GOLD criteria[J]. *Lancet Respir Med*, 2015, 3(8): 605. DOI: 10.1016/S2213-2600(15)00293-3.
- [6] Keener A. Redefining the diagnostic criteria for COPD[J]. *Nature*, 2020, 581(7807): S4-S4. DOI: 10.1038/d41586-020-01373-x.
- [7] Fan L, Xia Y, Guan Y, et al. Capability of differentiating smokers with normal pulmonary function from COPD patients: a comparison of CT pulmonary volume analysis and MR perfusion imaging[J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(5): 1234-1241. DOI: 10.1007/s00330-012-2729-2.
- [8] Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease 2017 report. GOLD Executive Summary[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195(5): 557-582. DOI: 10.1164/rccm.201701-0218PP.
- [9] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘对比剂使用指南(第2版)[J]. *中华放射学杂志*, 2013, 47(10): 869-872. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.10.001.
- [10] 中华医学会放射学分会心胸学组. 低剂量螺旋CT肺癌筛查专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(5):328-335. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.05.003.
- [11] 张丽, 于红, 刘士远, 等. 迭代重建技术对低剂量肺部平扫CT图像质量的影响[J]. *中华放射学杂志*, 2013, 47(4): 316-320. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.04.006.
- [12] Cao X, Jin C, Tan T, et al. Optimal threshold in low-dose CT quantification of emphysema[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 129: 109094. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109094.
- [13] Lynch DA, Austin JH, Hogg JC, et al. CT-definable subtypes of chronic obstructive pulmonary disease: a statement of the Fleischner Society[J]. *Radiology*, 2015, 277(1): 192-205. DOI: 10.1148/radiol.2015141579.
- [14] Schiska A. The role of computed tomography in the diagnosis and treatment of emphysema[J]. *Radiol Technol*, 2016, 87(3):340-343.
- [15] Fan L, Xia Y, Guan Y, et al. Characteristic features of pulmonary function test, CT volume analysis and MR perfusion imaging in COPD patients with different HRCT phenotypes[J]. *Clin Respir J*, 2014, 8(1): 45-54. DOI: 10.1111/crj.12033.
- [16] Hasenstab KA, Yuan N, Retson T, et al. Automated CT staging of chronic obstructive pulmonary disease severity for predicting disease progression and mortality with a deep learning convolutional neural network[J]. *Radiol Cardiothorac Imaging*, 2021, 3(2): e200477. DOI: 10.1148/ryct.2021200477.
- [17] Humphries SM, Notary AM, Centeno JP, et al. Deep learning enables automatic classification of emphysema pattern at CT[J]. *Radiology*, 2020, 294(2): 434-444. DOI: 10.1148/radiol.2019191022.
- [18] Lor KL, Liu CP, Chang YC, et al. Predictive modelling of lung function using emphysematous density distribution [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 19763. DOI: 10.1038/s41598-019-56351-9.
- [19] Ying J, Dutta J, Guo N, et al. Classification of exacerbation frequency in the COPD Gene cohort using deep learning with deep belief networks[J]. *IEEE J Biomed Health Inform*, 2020, 24(6): 1805-1813. DOI: 10.1109/JBHI.2016.2642944.
- [20] Cho YH, Seo JB, Lee SM, et al. Radiomics approach for survival prediction in chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(10): 7316-7324. DOI: 10.1007/s00330-021-07747-7.
- [21] Yun J, Cho YH, Lee SM, et al. Deep radiomics-based survival prediction in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 15144. DOI: 10.1038/s41598-021-94535-4.
- [22] Suzuki Y, Kitaguchi Y, Ueno F, et al. Associations between morphological phenotypes of COPD and clinical characteristics in surgically resected patients with COPD and concomitant lung cancer[J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2022, 17: 1443-1452. DOI: 10.2147/COPD.S366265.
- [23] Nikolaou V, Massaro S, Garn W, et al. The cardiovascular phenotype of chronic obstructive pulmonary disease (COPD): applying machine learning to the prediction of cardiovascular comorbidities[J]. *Respir Med*, 2021, 186: 106528. DOI: 10.1016/j.rmed.2021.106528.
- [24] Shimizu K, Tanabe N, Tho NV, et al. Per cent low attenuation volume and fractal dimension of low attenuation clusters on CT predict different long-term outcomes in COPD[J]. *Thorax*, 2020, 75(2): 116-122. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2019-213525.
- [25] Makino Y, Shimada Y, Hagiwara M, et al. Assessment of emphysema severity as measured on three-dimensional computed tomography images for predicting respiratory complications after lung surgery[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2018, 54(4):671-676. DOI: 10.1093/ejcts/ezy112.
- [26] Li Z, Xia Y, Fang Y, et al. The importance of CT quantitative evaluation of emphysema in lung cancer screening cohort

- with negative findings by visual evaluation[J]. Clin Respir J, 2019, 13(12):741-750. DOI: 10.1111/crj.13084.
- [27] 金晨望, 梁志冉, 段海峰, 等. 基于体素的空气滞留定量测量方法的建立及初步临床应用[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(1): 21-25. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.01.006.
- [28] 周秀秀, 蒲瑜, 张迪, 等. 基于参数响应图参数的随机森林模型预测胸部疾病患者的肺功能[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(9): 1001-1008. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20210907-00829.
- [29] 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. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20210428-00418.
- [30] Koo HK, Vasilescu DM, 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. DOI: 10.1016/S2213-2600(18)30196-6.
- [31] Cao X, Gao X, Yu N, et al. Potential value of expiratory CT in quantitative assessment of pulmonary vessels in COPD[J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8:761804. DOI: 10.3389/fmed.2021.761804.
- [32] Xia Y, Guan Y, Fan L, et al. Dynamic contrast enhanced magnetic resonance perfusion imaging in high-risk smokers and smoking-related COPD: correlations with pulmonary function tests and quantitative computed tomography[J]. COPD, 2014, 11(5): 510-520. DOI: 10.3109/15412555.2014.948990.
- [33] Guan Y, Xia Y, Fan L, et al. Quantitative assessment of pulmonary perfusion using dynamic contrast-enhanced CT in patients with chronic obstructive pulmonary disease: correlations with pulmonary function test and CT volumetric parameters[J]. Acta Radiol, 2015, 56(5): 573-580. DOI: 10.1177/0284185114535208.
- [34] Kim M, Doganay O, Hwang HJ, et al. Lobar ventilation in patients with COPD assessed with the full-scale airway network flow model and xenon-enhanced dual-energy CT[J]. Radiology, 2021, 298(1): 201-209. DOI: 10.1148/radiol.20202485.
- [35] 中华医学会放射学分会, 中国医师协会放射医师分会, 安徽省影像临床医学研究中心. 能量 CT 临床应用中国专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(5):12. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20220118-00051.
- [36] 刘文燕, 武志峰. CT 评估慢性阻塞性肺疾病患者胸部骨骼肌功能障碍的研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(3): 321-324. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20210421-00394.
- [37] Mouronte-Roibás C, Leiro-Fernández V, Fernández-Villar A, et al. COPD, emphysema and the onset of lung cancer. A systematic review[J]. Cancer Lett, 2016, 382(2): 240-244. DOI: 10.1016/j.canlet.2016.09.002.
- [38] Stolz D, Mkorombindo T, Schumann DM, et al. Towards the elimination of chronic obstructive pulmonary disease: a Lancet Commission[J]. Lancet, 2022, 400(10356): 921-972. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)01273-9.

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊地址和通讯方式

《中华放射学杂志》编辑部

通信地址:北京市西城区东河沿街 69 号 505 室
 邮政编码:100052

编辑部工作人员及联系方式

张琳琳, 编辑部主任

联系电话:010-51322326

Email:zhanglinlin@cmaph.org

分管专业:心血管放射学、介入放射学、影像技术学

胡凌, 编辑

联系电话:010-51322325

Email:huling@cmaph.org

分管专业:头颈部放射学、腹部放射学、骨骼肌肉系统放射学、儿童放射学

联系电话:010-51322321

Email:cjr@cmaph.org

史晓娟, 编辑

联系电话:010-51322329

Email:shixiaojuan@cmaph.org

分管专业:中枢神经系统放射学、胸部放射学、
 乳腺放射学

李毅, 编务

联系电话:010-51322321

Email:liy@cmaph.org

(本刊编辑部)