

论 著

低剂量螺旋CT征象在孤立性肺结节诊断评估中的应用*

单 卉 郑海军 陈德平*
郴州市第一人民医院影像医学中心
(湖南 郴州 423000)

【摘要】目的 探讨低剂量螺旋电子计算机断层扫描(CT)征象在孤立性肺结节诊断评估中的应用。**方法** 回顾性纳入2022年1月至2025年1月本院孤立性肺结节145例,所有患者均接受标准、低剂量螺旋CT扫描。比较两种螺旋CT扫描质量主观评分、图像噪声、辐射剂量(剂量长度乘积、有效管球剂量、CT容积剂量指数);同时以病理诊断结果为金标准,比较两种螺旋CT扫描鉴别诊断孤立性肺结节良恶性的结果及效能;另外比较良、恶性结节患者不同低剂量螺旋CT征象。**结果** 以病理诊断结果为金标准,结果显示,145例孤立性肺结节患者检出良性结节69个(良性结节组);恶性结节76个(恶性结节组);两种螺旋CT扫描图像噪声、质量主观评分相当($P>0.05$);较标准剂量螺旋CT扫描,低剂量螺旋CT扫描CT容积剂量指数、剂量长度乘积、有效管球剂量更低($P<0.05$);低剂量螺旋CT扫描检查鉴别诊断恶性结节74个(51.03%, 74/145),良性结节71个(48.97%, 71/145);标准剂量螺旋CT扫描检查鉴别诊断恶性结节72个(49.66%, 72/145),良性结节73个(50.34%, 73/145);不同剂量螺旋CT诊断孤立性肺结节良恶性的诊断效能及kappa值比较差异均无统计学意义($P>0.05$);良性结节组纯磨玻璃结节、血管束征占比均低于恶性结节组($P<0.05$)。**结论** 低剂量螺旋CT在显著降低辐射剂量的同时,可维持与常规CT相当的孤立性肺结节良恶性鉴别准确率,支持低剂量CT用于筛查及随访以减少辐射风险;同时混合磨玻璃结节、血管束征可作为恶性结节的辅助影像学指标。

【关键词】 低剂量螺旋计算机断层扫描;
孤立性肺结节;
标准剂量螺旋计算机断层扫描

【中图分类号】R563

【文献标识码】A

【基金项目】湖南省自然科学基金(2023JJ50386)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.12.019

Application of Low Dose Spiral CT Signs in Diagnosis and Evaluation of Isolated Pulmonary Nodules*

SHAN Hui, ZHENG Hai-jun, CHEN De-ping*
Imaging Medical Center, the First People's Hospital of Chenzhou, Chenzhou 423000, Hunan Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the application of low dose spiral computed tomography (CT) in the diagnosis and evaluation of isolated pulmonary nodules. **Methods** From January 2022 to January 2025, 145 patients with solitary pulmonary nodules were retrospectively included in our hospital. All patients received standard and low-dose spiral CT scan. The subjective score of scan quality, image noise, radiation dose (dose length product, effective tubule dose, CT volume dose index) were compared between the two spiral CT scans. At the same time, pathological diagnosis was used as the gold standard to compare the results and efficacy of two spiral CT scans in the differential diagnosis of benign and malignant solitary pulmonary nodules. In addition, different low-dose spiral CT signs of benign and malignant nodules were compared. **Results** Pathological diagnosis was used as the gold standard. The results showed that 69 benign nodules were detected in 145 patients with solitary pulmonary nodules (benign nodules group). There were 76 malignant nodules (malignant nodules group). The subjective scores of noise and quality of the two spiral CT images were similar ($P>0.05$). Compared with standard dose spiral CT scan, CT volume dose index, dose length product and effective tubule dose of low-dose spiral CT scan were lower ($P<0.05$). There were 74 malignant nodules (51.03%, 74/145) and 71 benign nodules (48.97%, 71/145) by low-dose spiral CT. There were 72 malignant nodules (49.66%, 72/145) and 73 benign nodules (50.34%, 73/145) by standard dose spiral CT. There was no significant difference in the diagnostic efficacy and kappa value of spiral CT in the diagnosis of benign and malignant solitary pulmonary nodules ($P>0.05$). The proportion of pure ground glass nodule and vascular cluster in benign nodule group was lower than that in malignant nodule group ($P<0.05$). **Conclusion** Low-dose spiral CT can significantly reduce the radiation dose and maintain the same accuracy in distinguishing benign and malignant isolated pulmonary nodules as conventional CT, which supports the use of low-dose CT for screening and follow-up to reduce the radiation risk. At the same time, pure ground glass nodules and vascular cluster signs can be used as auxiliary imaging indicators of malignant nodules.

Keywords: Low-dose Spiral Computed Tomography; Solitary Pulmonary Nodules; Standard Dose Spiral Computed Tomography

孤立性肺结节是指肺部直径小于3cm的类圆形或圆形病灶,常被正常含气肺组织包绕,边界清晰且不伴肺不张等继发表现^[1-2]。孤立性肺结节分良、恶性,恶性以肺癌为主,良性则包括炎性肉芽肿、错构瘤、结核瘤及硬化性血管瘤等。由于该疾病治疗方案及预后差异显著,相关调查显示,早期肺癌患者5年生存率可达70%~90%,而晚期则降至5%~15%,因此精准诊断是改善肺癌患者预后的关键^[3-4]。目前,电子计算机断层扫描(CT)是临床用于鉴别诊断孤立性肺结节性质的主要手段,但标准剂量螺旋CT扫描辐射剂量较大,可能增加患者患癌等疾病发生风险^[5]。近年来,低剂量螺旋CT被逐渐用于肺癌筛查、诊断中,其不仅具有快速扫描等优点,还可避免伪影干扰,图像分辨率高,且该检查方式将辐射剂量降至标准剂量螺旋CT的20%~30%,可显著降低长期患者多次检查的潜在致癌风险^[6]。本研究探讨低剂量螺旋CT征象诊断孤立性肺结节的价值,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性纳入2022年1月至2025年1月本院孤立性肺结节145例。其中男、女分别为75、70例;年龄32~77岁,平均(59.56±3.58)岁;结节直径0.8~3.0cm,平均(2.19±0.35)cm。

纳入标准:符合孤立性肺结节相关共识^[7];经穿刺活检、手术切除获得病理组织,经病理诊断检查确诊为孤立性肺结节;肺结节直径<3.0cm;均行标准剂量及低剂量螺旋CT扫描检查。排除标准:既往有肿瘤病史者;存在放疗、化疗史者;存在螺旋CT扫描禁忌证;病灶向肺内、纵隔等部位转移者;存在凝血、免疫功能严重障碍者;存在心、脑、肾等脏器障碍者。

1.2 方法 (1)标准剂量螺旋CT扫描检查:使用64排128层螺旋CT(日本佳能TSX-303A)扫描从头至足侧,肺尖至纵隔底(包括胸壁、腋窝),于吸气末,患者扫描时嘱屏气。应用容积数据扫描,设参数:螺距1.0,管电压120kV,管电流150mA,重建层厚、层距均0.5mm。(2)低剂量螺旋CT扫描检查:使用128层螺旋CT扫描从头至足侧,肺尖至纵隔底(包括胸壁、腋窝),于吸气末,患者扫描时嘱屏气。应用容积数据扫描,设参数:螺距1.0,管电压120kV,管电流50mA,重建层厚、层距均2或1.25mm。所有图像数据经

【第一作者】单 卉,女,副主任医师,主要研究方向:呼吸系统影像诊断。E-mail: shczhn2022@163.com

【通讯作者】陈德平,男,副主任医师,主要研究方向:呼吸系统影像诊断。E-mail: sscdp00@163.com

GEAW 4.7工作站处理, 计算CT容积剂量指数、剂量长度乘积、有效管球剂量。由资深影像科医师至少2名独立阅片, 意见分歧时协商统一诊断。评估图像质量采取双盲法: 主观评分(0~3分)评估图像噪声、清晰度、伪影程度; 客观噪声测量选择肺实质均匀区域为ROI, 保持范围、位置一致, 计算CT值标准差为噪声指标。

1.3 诊断标准 螺旋CT诊断标准^[8]: 包括毛刺征、空泡征、分叶征、胸膜凹陷征、血管束束征等, 上述2项及以上阳性定义为恶性结节; 存在包括卫星灶、长毛刺、钙化灶等, 上述1项阳性定义为良性结节。

1.4 观察指标 比较两种螺旋CT扫描质量主观评分、图像噪声、辐射剂量(剂量长度乘积、有效管球剂量、CT容积剂量指数); 同时以病理诊断结果为金标准, 比较两种CT扫描鉴别诊断孤立性肺结节良恶性的结果及效能; 另外比较良、恶性结节患者不同低剂量螺旋CT征象。

1.5 统计学分析 选用SPSS 22.0统计学软件处理数据, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 行t检验; 计数资料以例(%)表示, 行 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病理诊断结果 以病理诊断结果为金标准, 结果显示, 145例孤立性肺结节患者检出良性结节69个(47.59%, 69/145), 恶性结节76个(52.41%, 76/145)。

2.2 两种螺旋CT扫描图像质量主观评分、噪声及辐射剂量比较 两种螺旋CT扫描图像噪声、质量主观评分相当($P > 0.05$); 较标准剂量螺旋CT扫描, 低剂量螺旋CT扫描CT容积剂量指数、剂量长度乘积、有效管球剂量更低($P < 0.05$), 见表1。

2.3 两种螺旋CT扫描鉴别诊断孤立性肺结节性质的结果比较 低剂量螺旋CT扫描检查鉴别诊断恶性结节74个(51.03%, 74/145), 良性结节71个(48.97%, 71/145); 标准剂量螺旋CT扫描检查鉴别诊断恶性结节72个(49.66%, 72/145), 良性结节73个(50.34%, 73/145), 见表2、图1~2。

2.4 两种螺旋CT扫描鉴别诊断孤立性肺结节性质的效能比较 不同剂量螺旋CT诊断孤立性肺结节良恶性的诊断效能及kappa值比较差异均无统计学意义($P > 0.05$), 见表3。见图1~3。

2.5 良、恶性结节患者不同低剂量螺旋CT征象比较 良性结节组纯磨玻璃结节、血管束束征占比均低于恶性结节组($P < 0.05$), 见表4。

表1 两种螺旋CT扫描图像质量主观评分、噪声及辐射剂量比较

CT扫描	图像质量主观评分(分)	图像噪声(HU)	剂量长度乘积(mGy cm)	CT容积剂量指数(mGy)	有效管球剂量(mAs)
低剂量螺旋CT扫描(n=145)	2.68±0.65	18.35±3.17	182.85±25.16	5.86±1.04	56.29±19.24
标准剂量螺旋CT扫描(n=145)	2.59±0.23	17.98±2.76	310.65±39.17	9.83±1.14	108.06±27.73
t值	1.572	1.060	33.186	30.980	18.470
P值	0.117	0.290	0.000	0.000	0.000

表2 两种螺旋CT扫描鉴别诊断孤立性肺结节性质的结果比较

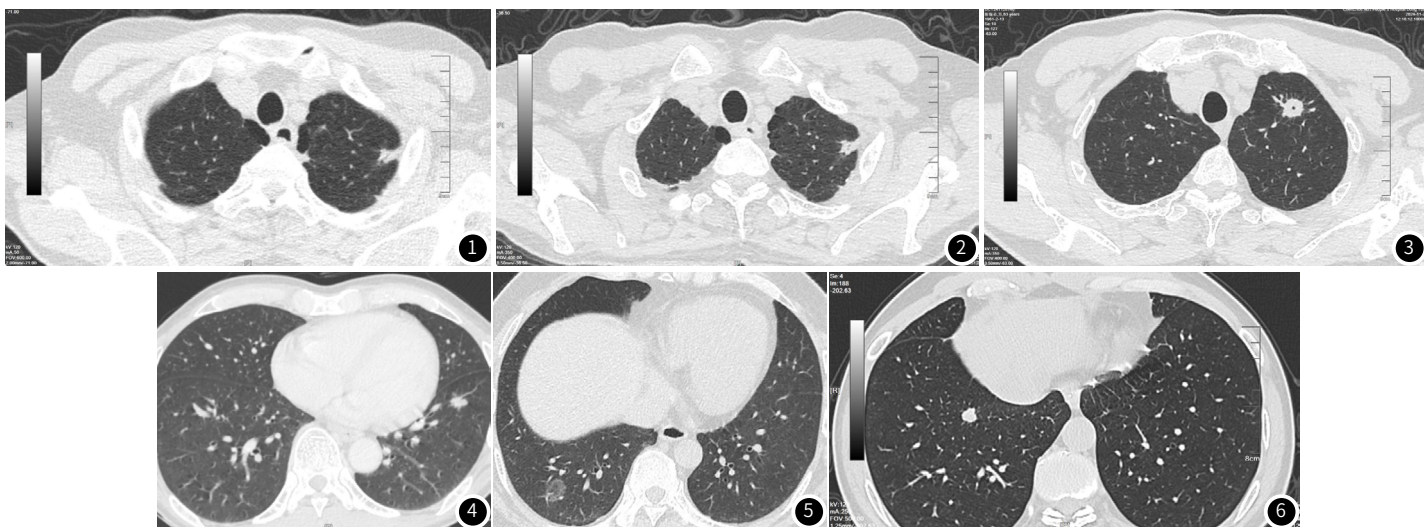
检查方式	病理诊断		合计
	恶性	良性	
低剂量螺旋CT扫描检查	-	-	-
恶性	70	4	74
良性	6	65	71
标准剂量螺旋CT扫描检查			
恶性	65	7	72
良性	11	62	73
合计	76	69	145

表4 良、恶性结节患者不同低剂量螺旋CT征象比较[n(%)]

低剂量螺旋CT征象	良性结节组 (n=69)	恶性结节组 (n=76)	χ^2 值	P值
纯磨玻璃结节	6(8.70)	37(48.68)	27.723	<0.01
混合磨玻璃结节	19(27.54)	26(34.21)	0.753	0.386
毛刺征	5(7.25)	10(13.16)	1.363	0.243
分叶征	20(28.99)	29(38.16)	1.360	0.244
空泡及支气管征	5(7.25)	12(15.79)	2.550	0.110
胸膜牵拉征	6(8.70)	11(14.47)	1.167	0.280
胸膜凹陷征	21(30.43)	33(43.42)	2.610	0.106
血管束束征	22(31.88)	57(75.00)	27.110	<0.01

表3 两种螺旋CT扫描鉴别诊断孤立性肺结节性质的效能比较(%)

诊断方式	准确率	敏感性	特异性	阳性预测值	阴性预测值	kappa值
低剂量螺旋CT扫描检查	93.10(135/145)	92.11(70/76)	94.20(65/69)	94.59(70/74)	91.55(65/71)	0.862
标准剂量螺旋CT扫描检查	87.59(127/145)	85.53(65/76)	89.86(62/69)	90.28(65/72)	84.93(62/73)	0.752
χ^2 值	2.530	1.656	0.889	0.976	1.514	-
P值	0.112	0.198	0.346	0.323	0.219	-



病例1, 图1 低剂量螺旋CT, 男, 70岁, 左上叶尖后段结节, 手术病理, 良性结节, 未见肿瘤性病变。
 病例1, 图2 标准剂量螺旋CT, 同一患者。
 病例2, 图3 标准剂量螺旋CT, 男, 63岁, 左上叶尖后段结节, 手术病理结核瘤。
 病例3, 图4 标准剂量螺旋CT, 男, 59岁, 左肺下叶前内基底段结节, 手术病理: 细支气管腺瘤。
 病例4, 图5 标准剂量螺旋CT, 男, 50岁, 右肺下叶外基底段结节, 手术病理: 浸润性腺癌。
 病例5, 图6 标准剂量螺旋CT, 男, 50岁, 右肺下叶外基底段结节, 手术病理: 浸润性腺癌。

3 讨论

肺癌的早期手术干预可显著改善预后, 但多数患者因缺乏典型症状, 确诊时已进展至中晚期^[9-10]。研究表明^[11-12], 早期肺癌常以孤立性肺结节形式隐匿存在, 而孤立性肺结节病因复杂, 既可能是恶性, 也可能是肺错构瘤、肺结核球、炎性肉芽肿等良性病变。低剂量螺旋CT是筛查肺癌的首选影像学手段, 其将辐射剂量降低至标准剂量螺旋CT的20%~30%, 同时保持对亚厘米结节的检出敏感性, 结合分叶征、毛刺征、血管束束征等影像征象可辅助鉴别良恶性^[13-14]。

本研究结果显示, 两种螺旋CT扫描图像噪声、质量主观评分相当; 较标准剂量螺旋CT扫描, 低剂量螺旋CT扫描CT容积剂量指数、剂量长度乘积、有效管球剂量更低, 提示低剂量螺旋CT可显著降低辐射剂量, 与李伟等^[15]研究结果一致。本研究结果显示, 145例孤立性肺结节中良性结节69个, 恶性结节76个(52.41%, 76/145); 低剂量螺旋CT扫描检查鉴别诊断恶性结节74个, 良性结节71个; 标准剂量螺旋CT扫描检查鉴别诊断恶性结节72个, 良性结节73个; 低剂量螺旋CT、标准剂量螺旋CT扫描对孤立性肺结节良恶性的诊断效能及kappa值比较无差异, 提示低剂量螺旋CT与标准剂量螺旋CT诊断孤立性肺结节良恶性的效能相当, 可用于替代标准剂量螺旋CT用于孤立性肺结节的筛查及随访, 减少患者累积辐射暴露风险。分析原因为, 低剂量螺旋CT扫描中, 适度降低管电流是实现辐射剂量减少的有效方式。虽管电流降低可能会对图像对比分辨率造成影响, 但对肺部等高对比度组织成像质量影响较小。这是因肺部病变检出更依赖病灶与正常肺组织之间的密度差异, 以及图像噪声控制水平。现有研究表明, 在一定范围内调整管电流参数, 对肺部病变的检出能力不会产生显著影响^[16-17]。因此, 低剂量螺旋CT扫描检查对诊断孤立性肺结节良恶性的效能影响甚微。

有研究表示^[18], 良、恶性孤立性肺结节的CT征象有显著差异, 但本研究两组大多征象表现无显著差异, 考虑与本组纳入的良性结节患者中间质纤维化或肺气肿等基础病变可导致假性毛刺

征或胸膜牵拉征, 干扰影像判读; 样本量较小, 统计效力不足; 部分炎性肉芽肿因机化增生可能出现类似恶性的形态学特征。本研究还发现, 良性结节组混合磨玻璃结节、血管束束征占比均低于恶性结节组, 提示混合磨玻璃结节、血管束束征与恶性孤立性肺结节联系密切, 可能可作为恶性结节的关键影像学标志。分析原因为, 纯磨玻璃结节病理基础为肺泡上皮非典型增生, 当结节内实性成分直径>5mm时, 恶性风险显著增加。而血管束束征在螺旋CT图像表现为病灶周围血管增粗、扭曲并向结节聚集, 可能与周围血管血供增粗、扭曲等有关, 属于恶性的主要特征^[19-20]。尤培林等^[21]研究显示, 血管束束征提示病灶血供丰富, 可能提示恶性结节。

综上, 低剂量螺旋CT在显著降低辐射剂量的同时, 可维持与常规CT相当的孤立性肺结节良恶性鉴别准确率, 支持低剂量CT用于筛查及随访以减少辐射风险; 同时混合磨玻璃结节、血管束束征可作为恶性结节的辅助影像学指标。

参考文献

- [1] Smith Z, Barnett SA, Gorelik A, et al. Strategies for the management of solitary pulmonary nodules: a survey of patient preferences [J]. Ann Thorac Surg, 2022, 113 (5): 1670-1675.
- [2] Erdogdu E, Ozkan B, Duman S, et al. Predictors of malignancy in patients with solitary pulmonary nodules undergoing pulmonary resection [J]. Clin Respir J, 2022, 16 (5): 361-368.
- [3] 祝筱苗. 孤立性肺结节预测因素及预测模型的研究进展 [J]. 重庆医学, 2022, 51 (18): 3212-3216.
- [4] Madariaga ML, Lennes IT, Best T, et al. Multidisciplinary selection of pulmonary nodules for surgical resection: Diagnostic results and long-term outcomes [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 159 (4): 1558-1566.
- [5] 陈国强, 苏福, 王卫星, 等. 18F-FDG PET/CT联合薄层螺旋CT三维重建诊断孤立性肺结节 [J]. 中国医学影像技术, 2020, 36 (1): 86-90.
- [6] 付丽, 徐岩, 李丽, 等. 低剂量CT动态监测孤立性肺结节调查研究 [J]. 临床和实验医学杂志, 2020, 19 (2): 212-215.
- [7] 中华医学会呼吸病学分会肺癌学组, 中国肺癌防治联盟专家组. 肺结节诊治中国专家共识 (2018年版) [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41 (10): 763-771.
- [8] 中国人体健康科技促进会呼吸介入专业委员会. 锥形束电子计算机断层扫描引导下

肺结节诊断、定位及治疗技术专家共识[J]. 癌症, 2024, 43(3): 89-105.

[9] Pinsky P, Miller E, Faris N, Osarogiagbon R. Pulmonary nodules, lung cancer screening, and lung cancer in the medicare population[J]. Chest, 2023, 163(5): 1304-1313.

[10] 徐泽璇, 侯代伦. 孤立性肺结节的影像学诊断进展及随访策略[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(8): 1461-1464.

[11] 张巨才, 李海文, 杨金永, 等. 探讨胸部低剂量CT在老年体检人群肺癌早期筛查中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(8): 32-34.

[12] 冯洋洋, 徐兴祥. 孤立性肺结节诊断模型研究进展[J]. 现代肿瘤医学, 2020, 28(11): 1989-1993.

[13] 张志刚, 郭莹, 吴艳, 等. 低剂量螺旋CT征象联合MDSCs对良恶性孤立性肺结节的鉴别诊断价值[J]. 临床误诊误治, 2023, 36(4): 36-41.

[14] 范真真, 高鹏, 董志辉. 320排螺旋CT低剂量扫描对孤立性肺结节的诊断价值及恶性结节危险因素分析[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(5): 875-878.

[15] 李伟, 樊泉, 王冬梅. 低剂量CT扫描在孤立性肺结节定性诊断中的应用价值[J]. 贵州医药, 2023, 47(5): 786-787.

[16] 裴东方, 陈少武, 李静. 低剂量螺旋CT联合肿瘤标志物CEA, SCC-Ag, ProGRP, NSE对良恶性孤立性肺结节的鉴别诊断价值[J]. 实用癌症杂志, 2021, 36(4): 614-617.

[17] 许小伍, 朱林, 王鹏. 低剂量CT扫描在孤立性肺结节定性诊断中的应用及影像学特征分析[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(2): 217-221.

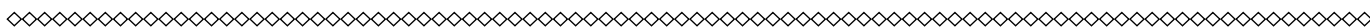
[18] 王涛, 胡广新. 孤立性肺结节患者随访中X线摄影与低剂量CT的比较研究[J]. 贵州医药, 2023, 47(2): 290-291.

[19] 荆利民, 李东, 李振强, 等. 低剂量CT联合血清肿瘤标志物诊断肺结节的临床价值[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(3): 504-507.

[20] 李志娟, 董红, 田涛, 等. 低剂量CT结合SHOX2、RASSF1A甲基化在肺癌早期预警中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(2): 73-76.

[21] 尤培林, 丁运, 郭天兴, 等. 循环肿瘤细胞联合低剂量螺旋CT对恶性孤立性肺结节病理浸润的预测价值[J]. 中华实验外科杂志, 2021, 38(2): 360-363.

(收稿日期: 2025-04-25)
(校对编辑: 翁佳鸿)



(上接第66页)

②本研究中COPD患者中大部分为男性, 这可能是由于我国男性吸烟人群占比更高导致; ③我们纳入的患者均为医院住院收治的COPD急性发作期, 对于稳定期的COPD患者还需进一步研究其HRCT影像特征、支气管壁厚度改变及与肺功能的关系; ④HRCT检测以及影像特征、支气管壁厚度改变评估依赖于仪器质量与医师水平, 不同仪器与不同标准医师可能导致结果存在差异; ⑤我们采取回顾性研究方法, 这导致研究的随机性不足。

综上所述, 相较于健康人COPD患者伴有明显肺气肿与支气管壁增厚且COPD患者肺气肿病情严重程度、支气管壁厚度增厚均与患者肺功能呈负相关, 通过HRCT检测可对COPD患者进行肺功能整体评估。

参考文献

[1] 侯珊珊, 施劲东, 尹欣, 等. 1990-2019年中国慢性阻塞性肺疾病的疾病负担情况分析[J]. 中华流行病学杂志, 2022, 43(10): 1554-1561.

[2] Klont F, Horvatovich P, Bowler RP, et al. Plasma sRAGE levels strongly associate with centrilobular emphysema assessed by HRCT scans[J]. Respir Res, 2022, 23(1): 15.

[3] 付小银, 曾晓丽, 包海荣, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者不同超声肺动脉收缩压与高分辨率CT肺动脉宽度的相关性研究[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2021, 20(11): 768-773.

[4] 黄倩, 李梅华, 汤晓静, 等. 慢阻肺患者肺功能与HRCT支气管壁厚度的相关性[J]. 昆明医科大学学报, 2022, 43(2): 118-121.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2013年修订版)[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2014, (2): 67-79, 80.

[8] 杨勋, 杨刚, 陈贝贝. COPD HRCT影像学表型与肺功能的相关性分析[J]. 临床肺科杂志, 2013, 18(10): 1768-1769.

[9] Roberts HR, Wells AU, Milne DG, et al. Airflow obstruction in bronchiectasis: correlation between computed tomography features and pulmonary function tests[J]. Thorax, 2000, 55(3): 198-204.

[10] Pino Peña I, Cheplygina V, Paschaloudi S, et al. Automatic emphysema detection using weakly labeled HRCT lung images. PLoS One. 2018 Oct 15; 13(10): e0205397.

[11] 王强, 罗勇. 不同HRCT表型慢性阻塞性肺疾病患者呼吸功能和HRCT定量指标的对比研究[J]. 中国现代医学杂志, 2020, 30(13): 62-66.

[12] 冯海军, 贺航咏, 练越阳, 等. 胸部高分辨率CT结合肺功能最大中期呼气流量/用力肺活量比值、呼出气一氧化氮水平对慢性阻塞性肺疾病风险人群的预测价值[J]. 中国医刊, 2024, 59(3): 265-270.

[13] 韩晓斌, 金霞云, 曹丽华. 慢性阻塞性肺疾病高分辨率CT分型与气道炎症之间的关系[J]. 大连医科大学学报, 2020, 42(1): 27-31.

[14] 张梅, 马燕, 康淑琴, 等. COPD患者高分辨率CT分型与气道炎症、免疫功能和临床疗效的关系研究[J]. 现代生物医学进展, 2024, 24(16): 3123-3127.

[15] 郭卫东, 付云, 高尚兰, 等. 胸部高分辨率CT在慢性阻塞性肺疾病肺气肿患者中的临床应用[J]. 海南医学, 2021, 32(4): 453-455.

[16] Park J, Kim EK, Lee SH, et al. Phenotyping COPD patients with emphysema distribution using quantitative ct measurement; more severe airway involvement in lower dominant emphysema[J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2022, 17: 2013-2025.

[17] 鲁雪红, 康淑琴, 栾丽. 肺高分辨率CT测定支气管壁增厚与慢性阻塞性肺疾病病情严重程度及其疗效的关系[J]. 中国医学装备, 2024, 21(9): 38-41.

[18] 刘阿茹, 魏华, 邓永红. HRCT肺气肿定量分析与COPD患者疾病相关性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(8): 74-76.

[19] 王强, 罗勇, 李君. 慢性阻塞性肺疾病患者胸部高分辨率计算机断层成像肺气肿定量指标、气道壁定量指标与肺功能的相关性研究[J]. 上海医学, 2020, 43(12): 734-739.

(收稿日期: 2024-11-05)
(校对编辑: 翁佳鸿)