

基于胸部 CT 定量评估 COPD 患者竖脊肌质量与肺气肿严重程度的相关性研究

田喜元, 戴琦, 张景峰

【摘要】目的 基于胸部 CT 定量评估慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者竖脊肌质量与肺气肿严重程度的相关性。**方法** 收集 2023 年 1—12 月宁波市第二医院收治的 COPD 患者 139 例(COPD 组), 根据 COPD 组年龄匹配健康人群 60 例, 设为对照组, 其中男 30 例, 女 30 例。所有研究对象均行薄层胸部 CT 检查、肺功能测定及肺气肿定量分析。基于胸部 CT 测得的 L₁ 椎体水平竖脊肌多维数据, 构建新型竖脊肌质量评价指标。分析 COPD 组与对照组、COPD 组不同慢性阻塞性肺疾病全球倡议(GOLD)分级之间的竖脊肌质量、肺功能及肺气肿定量各项数据的差异。**结果** COPD 组与对照组性别比、身高、体质量、体质量指数(BMI)、第 1 秒用力呼气量(FEV₁)、第 1 秒用力呼气量占用力肺活量的百分比(FEV₁/FVC)、肺活量(VC)、用力肺活量(FVC)、全肺体积、全肺低衰减区域(LAA)体积、全肺 LAA%、全肺 CT 值、全肺第 1 百分位像素指数(PI1)、全肺第 15 百分位像素指数(PI15)、椎体高度、左右竖脊肌面积(CSA)、骨骼肌指数 1 和局部体积×密度/椎体高度值差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。COPD 组不同 GOLD 分级间 BMI、CSA、局部体积、密度、骨骼肌指数 1、局部体积×密度、局部体积×密度/椎体高度、FEV₁、FEV₁/FVC、VC、FVC、全肺体积、全肺 LAA 体积、全肺 LAA%、全肺 CT 值、PI1 及 PI15 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。CT 定量各参数(面积、体积、骨骼肌指数 1、局部体积×密度)与 FEV₁%、LAA% 等指标均具有不同程度的相关性, 并且局部体积×密度/椎体高度、局部体积×密度与肺气肿严重程度各参数相关程度相仿。**结论** 肺气肿的严重程度随竖脊肌质量的下降而加重, 与肌肉体积及脂肪浸润程度无关。

【关键词】 慢性阻塞性肺疾病; 骨骼肌; 计算机断层扫描

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.05.005

【中图分类号】 R563 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)05-0462-05

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstruction pulmonary disease, COPD)是一种不可逆的常见呼吸系统疾病, 临床表现主要为气流受限、持续性呼吸道症状, 目前是全球第 3 大死因^[1]。其并发症主要有心血管疾病、代谢性疾病、骨质疏松症、骨骼肌功能障碍(skeletal muscle dysfunction, SMD)及恶病质等^[2]。15%~25%稳定期 COPD 患者存在 SMD, 且患病率较健康老年人高^[3-5]。CT 检查已被广泛应用于 COPD 患者骨骼肌功能状态的评估, 其对骨骼肌、脂肪等组织分辨率较高, 解剖细节可以被清晰的捕捉, 目前被认为是衡量肌肉质量的最佳方法^[6-7]。本研究拟基于胸部 CT 定量评估 COPD 患者竖脊肌质量与肺气肿

严重程度的相关性, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2023 年 1—12 月宁波市第二医院收治的 COPD 患者 139 例(COPD 组), 纳入标准: (1)符合《慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021 年修订版)》中稳定期 COPD 诊断标准^[1], 疾病严重程度采用慢性阻塞性肺疾病全球倡议(global initiative for chronic obstructive lung disease, GOLD)分级评估; (2)第 1 秒用力呼气量占用力肺活量的百分比(FEV₁/FVC) < 70%; (3)完成薄层胸部 CT 扫描(层厚 ≤ 2 mm); (4)临床资料齐全。排除标准: (1)合并支气管哮喘、间质性肺炎或支气管扩张症者; (2)有胸椎或上腰椎手术史、肺叶手术史者; (3)合并肿瘤、血液病、糖尿病及慢性肝病等代谢性疾病者; (4)身体残疾或合并有神经-肌肉系统疾病者, 如帕金森症、重症肌无力或瘫痪等; (5)临床资料或肺功能检查资

基金项目: 浙江省基础公益研究计划项目(LTGY23H010001); 浙江省中医药科技计划项目(2024ZL929)

作者单位: 315211 宁波, 宁波大学医学部(田喜元); 宁波市第二人民医院(戴琦、张景峰)

通信作者: 张景峰, Email: jingfengzhang73@163.com

料不全者。本研究获得宁波市第二医院人体研究伦理委员会批准,所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

根据COPD组年龄匹配健康人群60例,设为对照组,其中男30例,女30例。

1.2 方法 (1)记录两组患者性别、年龄、身高、体质量及体质量指数(BMI)。(2)记录两组患者肺功能检查指标,包括FEV1/FVC、第1秒用力呼气量占预计值的百分比(FEV1 predicted, FEV1%)、肺活量(vital capacity, VC)及用力肺活量(forced vital capacity, FVC),采用德国康讯公司PowerCube-body肺功能仪检测。(3)行薄层胸部CT检查,采用美国GE公司16排螺旋CT成像系统,扫描参数:层厚5mm,重建厚度1.25mm,床速35mm/s,管电压120kV,自动管电流,螺距1.75:1。检查方法:①在CT矢状位图像上测量L₁椎体高度。在横断位进行肌肉分割,阈值为-29~150HU,手动勾画L₁下终板水平左右竖脊肌面积(cross sectional area, CSA),再次勾画上终板水平左右竖脊肌轮廓,识别局部竖脊肌体积,得出相应的密度,见图1。计算骨骼肌指数1(CSA/身高²)、骨骼肌指数2(CSA/BMI)、体积×密度及体积×密度/椎体高度值。②利用医智源软件进行肺气肿自动定量分析,以-950HU作为阈值,计算肺低衰减区域占比(low attenuation areas, LAA%)、全肺低衰减区域(LAA)体积、全肺第1百分位像素指数(the 1st percentile of the lung pixel index, PI1)及全肺第15百分位像素指数(the 15th percentile of the lung pixel index, PI15)等。

1.3 统计方法 数据采用SPSS 27.0软件分析,计量资料符合正态分布的以均数±标准差表示,采用t检验;计数资料采用χ²检验。相关性采用Pearson分析。P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 COPD组与对照组参数比较 两组性别比、身高、体质量、BMI、FEV1、FEV1/FVC、VC、FVC、全肺体积、全肺LAA体积、全肺LAA%、全肺CT值、PI1、PI15、椎体高度、CSA、骨骼肌指数1和局部体积×密度/椎体高度值差异均有统计学意义(均P<0.05),见表1。

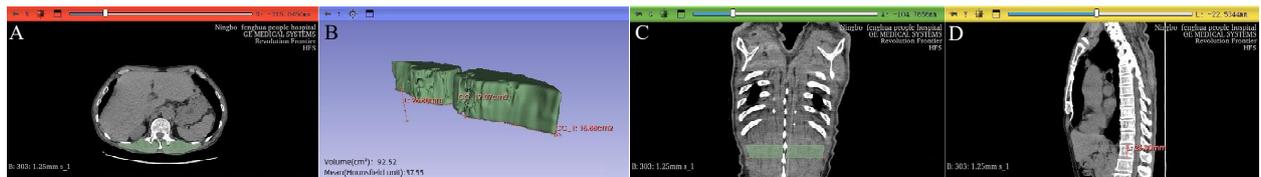
2.2 COPD组不同GOLD分级间参数比较 COPD组不同GOLD分级间BMI、CSA、局部体积、密度、骨骼肌指数1、局部体积×密度、局部体积×密度/椎体高度、FEV1、FEV1/FVC、VC、FVC、全肺体积、全肺LAA体积、全肺LAA%、全肺CT值、PI1及PI15差异均有统计学意义(均P<0.05),见表2。

2.3 CT各参数与肺功能检查及肺气肿各指标相关性分析 CSA与VC、FVC、全肺体积、全肺CT值、PI1及PI15均呈低正相关性($r \leq 0.377$, 均P<0.05),与全肺LAA体积及全肺LAA%均呈低负正相关性($r = -0.267, -0.323$, 均P<0.05),局部体积与VC、FVC、全肺体积、PI1及PI15均呈低正相关性($r \leq 0.448$, 均P<0.05),与全肺LAA体积及全肺LAA%均呈低负正相关性($r = -0.223, -0.270$, 均P<0.05)。骨骼肌指数1与FEV1%、VC、FVC、全肺LAA体积、全肺LAA%、全肺CT值、PI1及PI15均呈低相关性(均P<0.05)。局部体积×密度、局部体积×密度/椎体高度与FEV1%、VC、FVC、全肺体积、全肺LAA体积、全肺LAA%、PI1及PI15呈低中度相关性(均P<0.05),见表3。

仅以男性患者为研究对象时,CT各定量参数与FEV1%、全肺LAA%均呈低相关(均P<0.05),见表4。

3 讨论

SMD表现为肌肉萎缩、肌力下降和运动耐力下



注:运用3D slicer-5.6.1软件,测算出左右竖脊肌面积(A)、竖脊肌局部体积(B)及L1椎体的高度(D)

图1 在CT矢状位图像上测量L₁椎体高度

表1 COPD组与对照组参数比较

参数	COPD组(n=139)	对照组(n=60)	t(χ²)值	P值
性别(男/女,例)	121/18	30/30	(31.43)	< 0.05
年龄(岁)	70.7±8.7	69.5±8.0	0.89	> 0.05
身高(cm)	164.94±7.53	160.85±7.89	3.46	< 0.05
体质量(kg)	57.96±9.91	61.53±10.61	2.28	< 0.05
体质量指数(kg/m²)	21.24±3.01	23.66±3.05	5.18	< 0.05
椎体高度(cm)	2.48±0.17	2.34±0.18	5.40	< 0.05
CSA(cm²)	36.31±6.98	39.95±8.69	2.87	< 0.05
局部体积(cm³)	85.94±21.14	90.05±23.87	1.21	> 0.05
密度(HU)	40.18±8.70	41.15±7.76	0.78	> 0.05
骨骼肌指数1(cm²/m²)	13.33±2.39	15.33±2.53	5.29	< 0.05
骨骼肌指数2(cm²/BMI)	1.73±0.32	1.69±0.33	0.62	> 0.05
局部体积×密度(cm³·HU)	3 571.74±1394.05	3 759.23±1 352.52	0.87	> 0.05
局部体积×密度/椎体高度(cm³·HU/cm)	1 419.28±540.33	1 591.65±514.83	2.09	< 0.05
FEV1%(%)	60.26±27.30	121.95±20.33	17.62	< 0.05
FEV1/FVC(%)	55.07±11.38	77.82±4.63	20.03	< 0.05
肺活量(L)	2.54±0.87	3.05±0.68	4.05	< 0.05
用力肺活量(L)	2.46±0.91	3.05±0.68	4.53	< 0.05
全肺体积(ml)	4 996.09±1 200.29	3 730.59±1 090.11	7.01	< 0.05
全肺LAA体积(ml)	585.57±734.08	59.59±100.86	8.26	< 0.05
全肺LAA%(%)	11.05±11.37	1.34±1.92	9.75	< 0.05
全肺CT值(HU)	-840.51±34.59	-806.47±40.84	6.02	< 0.05
PI1(HU)	-979.41±24.46	-943±19.63	11.11	< 0.05
PI15(HU)	-931.1±29.03	-895.38±23.82	8.38	< 0.05

注:COPD为慢性阻塞性肺疾病,CSA为脊肌面积,FEV1/FVC为第1秒用力呼气量占用力肺活量的百分比,FEV1%为第1秒用力呼气量占预计值的百分比,LAA为肺低衰减区域,LAA%为肺低衰减区域占比,PI1为全肺第1百分位像素指数,PI15为全肺第15百分位像素指数

表2 COPD组不同GOLD分级间参数比较

参数	GOLD 1级(n=32)	GOLD 2级(n=52)	GOLD 3级(n=38)	GOLD 4级(n=17)	F(χ²)值	P值
性别(男/女,例)	25/7	45/7	35/3	16/1	(3.15)	> 0.05
年龄(岁)	67.8±10.0	70.3±8.9	72.3±7.5	73.5±6.9	2.30	< 0.05
身高(cm)	163.81±8.99	164.33±7.50	166.55±6.40	165.35±7.00	0.95	> 0.05
体质量(kg)	58.34±10.43	59.08±9.47	58.66±10.04	52.24±8.80	2.24	> 0.05
体质量指数(kg/m²)	21.66±3.06	21.83±2.95	21.05±2.70	19.09±3.00 ^{ab}	4.05	< 0.05
椎体高度(cm)	2.48±0.16	2.5±0.17	2.48±0.18	2.44±0.13	0.60	> 0.05
脊肌面积(cm²)	36.83±7.16	38.27±7.13	35.66±5.98	30.82±5.41 ^{ab}	5.54	< 0.05
局部体积(cm³)	87.78±20.94	91.94±22.64	82.77±18.55	71.23±14.09 ^{ab}	4.88	< 0.05
密度(HU)	43.55±9.37	40.24±8.59	39.27±8.12	35.68±7.05 ^a	3.41	< 0.05
骨骼肌指数1(cm²/m²)	13.71±2.47	14.15±2.43	12.82±1.81 ^b	11.27±1.94 ^{ab}	8.16	< 0.05
骨骼肌指数2(cm²/BMI)	1.72±0.35	1.78±0.36	1.7±0.25	1.63±0.25	1.01	> 0.05
局部体积×密度(cm³·HU)	3 962.18±1 452.62	3 832.81±1 492.37	3 325.55±1 162.61	2 588.56±866.57 ^{ab}	5.21	< 0.05
局部体积×密度/椎体高度(cm³·HU/cm)	1 585.89±555.33	1 524.26±562.22	1 293.11±475.93	1 066.53±357.70 ^{ab}	4.81	< 0.05
FEV1%(%)	101.78±15.46	60.81±7.61 ^a	40.16±5.16 ^{ab}	25.35±3.84 ^{abc}	354.78	< 0.05
FEV1/FVC(%)	66.38±2.86	55.48±9.16 ^a	50.37±10.14 ^a	43.06±11.56 ^{ab}	31.75	< 0.05
肺活量(L)	3.4±0.95	2.64±0.62 ^a	2.12±0.43 ^{ab}	1.59±0.41 ^{abc}	36.55	< 0.05
用力肺活量(L)	3.4±0.95	2.55±0.63 ^a	1.98±0.45 ^{ab}	1.47±0.48 ^{ab}	40.86	< 0.05
全肺体积(ml)	4 567.67±1 000.19	4 826.17±1163.72	5 172.19±1109.70	5 791.24±1 467.68 ^{ab}	4.81	< 0.05
全肺低衰减区域体积(ml)	200.99±255.59	419.69±430.23 ^a	714.77±723.93 ^a	1 565.33±1 129.14 ^{ab}	20.29	< 0.05
全肺低衰减区域占比(%)	3.85±5.68	9.06±5.68 ^a	14.15±11.35 ^a	25.83±14.54 ^{abc}	20.88	< 0.05
全肺CT值(HU)	-824.71±29.81	-835.76±35.37	-849.11±26.27 ^a	-865.89±40.53 ^{ab}	7.20	< 0.05
PI1(HU)	-964.55±20.69	-975.93±25.29	-987.62±19.48 ^a	-1 001.13±16.89 ^{ab}	12.75	< 0.05
PI15(HU)	-910.58±19.89	-926.92±26.21 ^a	-941.74±23.20 ^{ab}	-960.3±31.10 ^{ab}	18.05	< 0.05

注:a为与GOLD 1级比较,b为与2级比较,c为与3级比较,均P<0.05。COPD为慢性阻塞性肺疾病,FEV1/FVC为第1秒用力呼气量占用力肺活量的百分比,FEV1%为第1秒用力呼气量占预计值的百分比,PI1为全肺第1百分位像素指数,PI15为全肺第15百分位像素指数

表3 CT各定量参数与肺功能、肺气肿各参数的相关性分析

参数		FEV1%	FEV1/FVC%	VC	FVC	全肺	全肺LAA	全肺	全肺	PII	PI15
						体积	体积	LAA%	CT值		
CSA(cm ²)	r值	0.144	0.080	0.377	0.374	0.168	-0.267	-0.323	0.175	0.264	0.251
	P值	> 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
局部体积(cm ³)	r值	0.146	0.078	0.448	0.439	0.232	-0.223	-0.270	0.089	0.226	0.204
	P值	> 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05
骨骼肌指数1(cm ² /m ²)	r值	0.217	0.120	0.217	0.227	-0.110	-0.346	-0.379	0.325	0.291	0.343
	P值	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
局部体积×密度(cm ³ ·HU)	r值	0.222	0.089	0.525	0.516	0.267	-0.203	-0.252	0.032	0.226	0.190
	P值	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05
局部体积×密度/椎体高度(cm ³ ·HU/cm)	r值	0.240	0.067	0.515	0.507	0.238	-0.181	-0.225	0.023	0.208	0.170
	P值	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.05

表4 男性患者CT定量参数与FEV1及全肺LAA相关性分析

参数		FEV1%	全肺LAA%
CSA(cm ²)	r值	0.299	-0.463
	P值	< 0.05	< 0.05
局部体积(cm ³)	r值	0.301	-0.390
	P值	< 0.05	< 0.05
密度(HU)	r值	0.400	-0.195
	P值	< 0.05	< 0.05
骨骼肌指数1(cm ² /m ²)	r值	0.301	-0.454
	P值	< 0.05	< 0.05
局部体积×密度(cm ³ ·HU)	r值	0.393	-0.359
	P值	< 0.05	< 0.05
局部体积×密度/椎体高度(cm ³ ·HU/cm)	r值	0.409	-0.326
	P值	< 0.05	< 0.05

降,甚至死亡率增加。其发病机制包括一些内在因素,如氧化应激、激素失衡、炎症、高碳酸血症、基因遗传及缺氧等,也包括一些外在因素,如营养不良、烟草暴露、体能失调等,这些因素共同导致了骨骼肌适应性改变,如肌肉体积减小及肌纤维类型和横切面的改变等^[8-10]。目前对SMD的研究主要是基于呼吸肌(膈肌、肋间肌、胸大肌)进行的^[11-15],少部分研究是基于外周肌肉及抗重力肌进行的^[16-20]。胸大肌受双上肢活动频率以及个人锻炼程度等多种因素的影响,从而导致其质量和形态存在较大的个体差异。肋间肌相对固定,但是体积较小,不易测量。膈肌形态较复杂,受呼吸运动影响,测量评估时存在一定难度。竖脊肌则形态相对固定,易于测量。

既往对于SMD抗重力肌相关研究都是通过T₁₂~L₃平面躯干肌肉或背侧肌肉进行测量的。基于肌少症^[21]的研究方法,对其评估以L₃水平最佳,但胸部CT扫描范围有限,本研究需要在胸部CT上找到合适的可替代测量的肌肉平面。根据Derstine等^[22]的

研究,当L₃不可用时,优先替代顺序为L₂、L₄、L₅、L₁、T₁₂、T₁₁和T₁₀,因此本研究选择L₁水平进行测量。最后,通过运用胸部CTL₁水平测得的各定量参数,构建了不同的竖脊肌质量评价指标。

本研究结果显示,COPD组与对照组FEV1%、全肺LAA%、CSA、骨骼肌指数1、局部体积×密度/椎体高度等参数差异均有统计学意义(均P<0.05),与以往研究结果保持一致^[23-24]。但本研究发现,COPD组与对照组在局部体积、密度、骨骼肌指数2、局部体积×密度间差异均无统计学意义(均P>0.05),与其他研究结果存在争议。COPD组内比较时发现,GOLD分级越高,肺气肿情况越严重,并且在相关性分析中,面积、体积、骨骼肌指数1、局部体积×密度、局部体积×密度/椎体高度与肺功能、肺气肿定量各参数大部分呈低相关性,少数呈中相关性,原因可能也是受女性患者影响。然而,同样仅以男性患者为研究对象时,CT各定量参数与FEV1%、全肺LAA%等重要参数相关程度更高。

综上所述,通过胸部CT可定量评估COPD患者竖脊肌质量及肺气肿严重程度,并且随着竖脊肌的质量的下降,肺气肿严重程度各指标也随之加重,两者存在相关性。本研究还发现局部体积×密度/椎体高度作为局部体积×密度的替代指标,可以忽略性别的影响进行竖脊肌质量的评价,其结果可能更加可靠。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 田喜元:实验操作、论文撰写;田喜元、戴琦:数据整理、统计学分析;戴琦、张景峰:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

[1] 王凤燕,张冬莹,梁振宇,等.面向全科医生的《慢性阻塞性肺疾病

- 诊治指南(2021年修订版)》解读[J].中国全科医学,2021,24(29): 3660-3663,3677.
- [2] TER HAARE A MD, SLEBOS D J, KLOOSTER K, et al. Comorbidities reduce survival and quality of life in COPD with severe lung hyperinflation[J]. ERJ Open Res, 2024, 10(6): 268-2024.
- [3] SEPILVEDA-LOYOLA W, OSADNIK C, PHU S, et al. Diagnosis, prevalence, and clinical impact of sarcopenia in COPD: A systematic review and meta-analysis[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2020, 11(5): 1164-1176.
- [4] KALUZNIAK-SZYMANOWSKA A, KRZYMIŃSKA-SIEMASZKO R, DESKUR-SMIELECKA E, et al. Malnutrition, sarcopenia, and malnutrition-sarcopenia syndrome in older adults with COPD[J]. Nutrients, 2021, 14(1): 44.
- [5] JONES S E, MADDOCKS M, KON S S C, et al. Sarcopenia in COPD: Prevalence, clinical correlates and response to pulmonary rehabilitation[J]. Thorax, 2015, 70(3): 213-218.
- [6] 齐萌,张思伟,刘波.肌少症的CT、MR诊断及临床意义[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(11):1530-1534.
- [7] AMINI B, BOYLE S P, BOUTIN R D, et al. Approaches to assessment of muscle mass and myosteatosis on computed tomography: A systematic review[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2019, 74(10): 1671-1678.
- [8] HENROT P, DUPIN I, SCHILFARTH P, et al. Main pathogenic mechanisms and recent advances in COPD peripheral skeletal muscle wasting[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(7): 6454.
- [9] YAMAZAKI A, KINOSE D, KAWASHIMA S, et al. Predictors of longitudinal changes in body weight, muscle and fat in patients with and ever-smokers at risk of COPD[J]. Respirology, 2023, 28(9): 851-859.
- [10] CHILES J W 3rd, WILSON A C, TINDAL R, et al. Differentially co-expressed myofibre transcripts associated with abnormal myofibre proportion in chronic obstructive pulmonary disease[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2024, 15(3): 1016-1029.
- [11] WILSON A C, BON J M, MASON S, et al. Increased chest CT derived bone and muscle measures capture markers of improved morbidity and mortality in COPD[J]. Respir Res, 2022, 23(1): 311.
- [12] MASON S E, MORETA-MARTINEZ R, LABAKI W W, et al. Respiratory exacerbations are associated with muscle loss in current and former smokers[J]. Thorax, 2021, 76(6): 554-560.
- [13] PARK M J, CHO J M, JEON K N, et al. Mass and fat infiltration of intercostal muscles measured by CT histogram analysis and their correlations with COPD severity[J]. Acad Radiol, 2014, 21(6): 711-717.
- [14] CHANG Y J, BAE J, KIM N, et al. Three-dimensional quadratic modeling and quantitative evaluation of the diaphragm on a volumetric CT scan in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Med Phys, 2016, 43(7): 4273.
- [15] KANG J H, CHOI J, CHAE K J, et al. CT-derived 3D-diaphragm motion in emphysema and IPF compared to normal subjects[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 14923.
- [16] MURAKAMI Y, YASUI H, SATO J, et al. Predictors of poor clinical outcomes including in-hospital death and low ability to perform activities of daily living at discharge in hospitalized patients with chronic obstructive pulmonary disease exacerbation[J]. Ther Adv Respir Dis, 2023, 17: 17534666231172924.
- [17] TANIMURA K, SATO S, FUSEYA Y, et al. Quantitative assessment of erector spinae muscles in patients with chronic obstructive pulmonary disease. novel chest computed tomography-derived index for prognosis[J]. Ann Am Thorac Soc, 2016, 13(3): 334-341.
- [18] ZOU R H, MEHDI NOURAIIE S, KAROLESKI C, et al. Incident low muscle mass is associated with greater lung disease and lower circulating leptin in a tobacco-exposed longitudinal cohort[J]. Respir Res, 2023, 24(1): 224.
- [19] TANABE N, SATO S, TANIMURA K, et al. Associations of CT evaluations of antigravity muscles, emphysema and airway disease with longitudinal outcomes in patients with COPD[J]. Thorax, 2021, 76(3): 295-297.
- [20] EZPONDA A, CASANOVA C, CABRERA C, et al. Psoas muscle density evaluated by chest CT and long-term mortality in COPD patients[J]. Arch Bronconeumol, 2021, 57(8): 533-539.
- [21] TAGLIAFICO A S, BIGNOTTI B, TORRI L, et al. Sarcopenia: How to measure, when and why[J]. La Radiol Med, 2022, 127(3): 228-237.
- [22] DERSTINE B A, HOLCOMBE S A, WANG N C, et al. Relative muscle indices and healthy reference values for sarcopenia assessment using T10 through L5 computed tomography skeletal muscle area[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 21799.
- [23] WASCHKI B, KIRSTEN A M, HOLZ O, et al. Disease progression and changes in physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2015, 192(3): 295-306.
- [24] WASCHKI B, KIRSTEN A, HOLZ O, et al. Physical activity is the strongest predictor of all-cause mortality in patients with COPD: A prospective cohort study[J]. Chest, 2011, 140(2): 331-342.

收稿日期:2025-01-03
(本文编辑:钟美春)