

论 著 · 骨肌

CT定量椎体骨密度与慢性阻塞性肺病病情严重程度及预后的相关性研究*

周璇 仇馨悦 王江宾
康晶*新疆医科大学附属中医医院医学影像科
(新疆 乌鲁木齐 830054)

【摘要】目的 探究CT定量椎体骨密度与慢性阻塞性肺病(COPD)病情严重程度及预后的相关性研究。方法 纳入2023年9月到2024年8月接收的98例COPD患者,均采用定量CT测量腰椎骨密度。根据指南对COPD严重程度的划分标准将患者分为轻度组(n=27)、中度组(n=38)、重度组(n=19)、极重度组(n=14),对比4组患者腰椎骨密度;采用二元logistics方程分析CT定量骨密度与COPD严重程度相关性;采用ROC曲线分析CT定量骨密度对COPD严重程度的诊断价值。根据患者出院随访2年内死亡情况将患者分为存活组(n=82)与死亡组(n=16),对比2组患者腰椎骨密度临床指标及腰椎骨密度;采用Person分析腰椎骨密度与临床指标相关性;采用二元logistics方程分析CT定量骨密度与COPD预后相关性;采用ROC曲线分析CT定量骨密度对COPD预后的预测价值。结果 轻度组L₁、L₂、L₃高于中度组,中度组高于重度组,重度组高于极重度组,4组间腰椎骨密度对比差异均有统计学意义(P<0.05);腰椎骨密度L₁、L₂、L₃均与COPD严重程度相关(P<0.05);腰椎骨密度L₁、L₂、L₃预测COPD患者COPD病情严重程度AUC分别为0.768、0.848、0.768;死亡组腰椎骨密度L₁、L₂、L₃、血红蛋白、白蛋白、血钙、血磷水平均显著低于存活组(P<0.05),而中性粒细胞、白细胞计数显著高于存活组(P<0.05);腰椎骨密度L₁、L₂、L₃与血钙、血磷水平呈显著正相关(P<0.05);腰椎骨密度L₁、L₂、L₃均与COPD患者死亡相关(P<0.05);腰椎骨密度L₁、L₂、L₃预测COPD患者死亡AUC分别为0.788、0.846、0.772。结论 COPD重症及预后不良患者表现为低水平腰椎骨密度的特征,腰椎骨密度L₁、L₂、L₃与COPD病情严重程度及预后具有一定相关性,临床可应用定量CT诊断预测。

【关键词】慢性阻塞性肺病; CT; 腰椎骨密度; 骨质疏松; 预后; 预测价值

【中图分类号】R563

【文献标识码】A

【基金项目】新疆呼吸病研究重点实验室

开放课题项目合同书(ZZYHX202302)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.047

Correlation between CT Quantitative Vertebral Bone Mineral Density and Disease Severity and Prognosis of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*

ZHOU Xuan, QIU Xin-yue, WANG Jiang-bin, KANG Jing*

Department of Medical Imaging, the Affiliated Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To investigate the correlation between CT quantitative vertebral bone mineral density and disease severity and prognosis of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods** 98 patients with COPD who were received from September 2023 to August 2024 were enrolled. Quantitative CT was used to measure lumbar vertebrae bone mineral density. The patients were divided into mild group (n=27), moderate group (n=38), severe group (n=19) and extremely severe group (n=14) according to the classification criteria of COPD severity in the guidelines. The bone mineral density of lumbar vertebrae was compared among the four groups. The correlation between CT quantitative bone mineral density and severity of COPD was analyzed by binary logistics equation. ROC curve was used to analyze the diagnostic value of CT quantitative bone mineral density on the severity of COPD. The patients were classified into survival group (n=82) and death group (n=16) according to the death status within 2 years of follow-up after discharge. The clinical indicators and bone mineral density of lumbar vertebrae were compared between the two groups. Person analysis was used to analyze the correlation between lumbar vertebrae bone mineral density and clinical indicators. The correlation between CT quantitative bone mineral density and prognosis of COPD was explored by binary logistics equation, and the predictive value of CT quantitative bone mineral density on the prognosis of COPD was adopted by ROC curve. **Results** The L₁, L₂ and L₃ were higher in mild group than those in moderate group, and were higher in moderate group than those in severe group, and were higher in severe group than those in extremely severe group. There was a statistical significance in bone mineral density of lumbar vertebrae among the four groups (P<0.05). Lumbar bone mineral density L₁, L₂ and L₃ were associated with the severity of COPD (P<0.05). The AUCs of L₁, L₂ and L₃ in predicting the severity of COPD in COPD patients were 0.768, 0.848 and 0.768 respectively. The lumbar vertebrae bone mineral density L₁, L₂ and L₃, hemoglobin, albumin, serum calcium and phosphorus in death group were significantly lower than those in survival group (P<0.05) while the neutrophil and white blood cell count were significantly higher than those in survival group (P<0.05). The lumbar vertebrae bone mineral density L₁, L₂ and L₃ were positively correlated with serum calcium and phosphorus (P<0.05), and L₁, L₂ and L₃ were associated with death in patients with COPD (P<0.05). The AUCs of L₁, L₂ and L₃ in predicting death of COPD patients were 0.788, 0.846 and 0.772 respectively. **Conclusion** Patients with severe COPD and poor prognosis are characterized by low lumbar vertebrae bone mineral density. Lumbar vertebrae bone mineral density L₁, L₂ and L₃ have certain correlation with severity and prognosis of COPD. Quantitative CT can be used for clinical diagnosis and prediction.

Keywords: Chronic Obstructive Pulmonary Disease; CT; Lumbar Vertebrae Bone Mineral Density; Osteoporosis; Prognosis; Predictive Value

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)作为全球第三大死因,其发病机制及临床诊断已成为研究热点^[1]。研究发现,全球近70% COPD患者存在影响骨代谢的因素,骨质疏松导致的椎体骨折不仅会使COPD患者急性加重风险增高2~3倍,还会提高其住院死亡率,因此椎体骨密度分析成为COPD诊疗的新兴研究方向^[2]。近年来,低剂量CT在COPD诊疗中的价值逐渐显现,有研究称,腰椎作为人体最大的松质骨储备区,其骨密度变化可能比胸椎更早反映代谢性骨病的进展,腰椎骨密度每降低1个标准差, COPD患者5年全因死亡率增加19%,这种相关性可能与COPD诱发的炎症反应、氧化应激等过程影响机体骨吸收、骨形成有关,但有关骨密度与COPD表型及预后的关联证据仍不充分^[3-4]。基于此,本研究采用定量CT技术常规扫描测量椎体骨密度,探究COPD严重程度及随访2年内预后的相关性,为临床做好COPD风险分级管理、建立COPD多器官共病预警体系提供新证据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入2023年9月到2024年8月接收的98例COPD患者,男63例,女35例;年龄在57~84岁之间,平均(70.13±6.48)岁。

纳入标准:符合《慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021年修订版)》^[5]诊断标准,确诊COPD;第1秒用力呼气容积/用力肺活量<70%;符合CT检查指征;临床资料完整;签署知情同意书。排除标准:椎体骨折;除骨质疏松外影响脊柱的疾病;既往胸腰椎手术史;临床资料缺失;不配合随访。本研究经伦理委员会审核批准。

【第一作者】周璇,女,主治医师,主要研究方向:肺部CT影像诊断。E-mail: zhouxuan112@sina.com

【通讯作者】康晶,女,副主任医师,主要研究方向:肺部CT影像诊断。E-mail: 47117006@qq.com

1.2 方法 患者入院后均开展腰椎骨密度定量CT检查：采用双源CT(西门子)以及QCT-5000骨密度仪标准参考体模进行骨密度检测。设置扫描电压120kV，电流240mA，层厚10mm。FOV 320mm×320mm，时间2s，重建算法std。扫描完成后将数据传入工作站，用QCT-5000测量腰椎骨密度，单位mg/cm³。根据指南对COPD严重程度的划分标准将患者分为轻度组(用力肺活量≥80%预测值，n=27)、中度组(用力肺活量在50%~79%预测值，n=38)、重度组(用力肺活量在30%~49%预测值，n=19)、极重度组(用力肺活量<30%预测值，n=14)；根据患者出院随访2年内死亡情况将患者分为存活组(n=82)与死亡组(n=16)。统计患者血液生化指标，包括中性粒细胞、白细胞计数、血红蛋白、白蛋白，通过抽取患者外周血10mL，并采用全自动生化分析检测仪检测；血钙、血磷采用电解质六项分析仪检测。

1.3 观测指标 对比轻度组、中度组、重度组、极重度组患者腰椎骨密度；采用二元logistics方程分析CT定量骨密度与COPD严重程度相关性；采用ROC曲线分析CT定量骨密度对COPD严重程度的诊断价值；对比存活组与死亡组患者临床指标及腰椎骨密度；采用Person分析腰椎骨密度与临床指标相关性；采用二元logistics方程分析CT定量骨密度与COPD预后相关性；采用ROC曲线分析CT定量骨密度对COPD预后的预测价值。

1.4 统计学分析 采用SPSS 22.0进行统计学分析。计数资料以n(%)形式表示，进行 χ^2 检验；计量资料符合正态分布，以($\bar{x} \pm s$)形式表示，进行t检验或单因素方差分析；采用Person分

析腰椎骨密度与临床指标相关性；采用二元logistics方程分析CT定量骨密度与COPD严重程度、COPD预后相关性；采用ROC曲线分析CT定量骨密度对COPD严重程度、COPD预后的预测价值。以P<0.05代表差异有统计学意义。

2 结果

2.1 轻度组、中度组、重度组、极重度组患者腰椎骨密度对比 轻度组L1、L2、L3高于中度组，中度组高于重度组，重度组高于极重度组，4组间腰椎骨密度对比差异均有统计学意义(P<0.05)，见表1。

2.2 CT定量骨密度与COPD严重程度相关性分析 校正基线资料后进行二元logistics回归分析(因变量赋值轻度组=3，中度组=2，重度组=1，极重度组=0)显示，腰椎骨密度L₁、L₂、L₃均与COPD严重程度相关(P<0.05)，见表2。

2.3 CT定量骨密度对COPD严重程度的诊断价值 以COPD患者严重程度为状态变量，以腰椎骨密度L₁、L₂、L₃为检验变量，ROC曲线结果显示，其预测COPD患者COPD病情严重程度AUC分别为0.768、0.848、0.768，见表3。

2.4 存活组与死亡组患者临床指标及腰椎骨密度对比 死亡组腰椎骨密度L₁、L₂、L₃、血红蛋白、白蛋白、血钙、血磷水平均显著低于存活组(P<0.05)，而中性粒细胞、白细胞计数显著高于存活组(P<0.05)，见表4。

表1 轻度组、中度组、重度组、极重度组患者腰椎骨密度对比(mg/cm³)

组别	n	L ₁	L ₂	L ₃
轻度组	27	173.32±17.41 ^{abc}	170.46±20.17 ^{abc}	161.21±20.38 ^{abc}
中度组	38	160.38±19.20 ^{bc}	154.84±20.95 ^{bc}	151.48±18.33 ^{bc}
重度组	19	139.58±18.64 ^c	136.43±19.15 ^c	131.53±20.15 ^c
极重度组	14	104.28±20.98	100.28±20.04	93.67±19.92
F		46.539	40.399	42.274
P		<0.001	<0.001	<0.001

注：与中度组相比，^aP<0.05；与重度组相比，^bP<0.05；与极重度组相比，^cP<0.05。

表2 采用二元logistics方程分析CT定量骨密度与COPD严重程度相关性

指标	β值	SE	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
L ₁	1.740	0.842	1.943	5.697(1.094~29.675)	0.039
L ₂	0.979	0.438	1.307	2.662(1.128~6.281)	0.026
L ₃	2.388	1.053	1.915	10.892(1.383~85.788)	0.024

表3 CT定量骨密度对COPD严重程度的诊断价值

指标	AUC	SE	P	95%CI	
				下限	上限
腰椎骨密度L1	0.768	0.047	<0.001	0.676	0.860
腰椎骨密度L2	0.848	0.041	<0.001	0.767	0.928
腰椎骨密度L3	0.768	0.056	<0.001	0.660	0.877

表4 存活组与死亡组患者临床指标 及腰椎骨密度对比

组别	n	L ₁ (mg/cm³)	L ₂ (mg/cm³)	L ₃ (mg/cm³)	中性粒细胞(%)	白细胞计数	血红蛋白(g/L)	白蛋白(g/L)	血钙(mmol/L)	血磷(mmol/L)
存活组	16	164.63±19.84	166.95±19.47	160.12±18.40	0.75±0.10	6.93±1.21	127.83±19.20	35.84±3.29	2.28±0.21	1.26±0.23
死亡组	82	149.41±17.62	144.04±16.28	138.51±17.63	0.89±0.12	9.42±1.47	113.58±18.43	27.58±4.18	2.10±0.33	1.12±0.25
t		3.096	4.985	4.454	4.374	6.360	2.810	7.455	2.096	2.074
P		0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	0.039	0.041

2.5 腰椎骨密度与COPD患者临床指标相关性分析 Pearson分析发现，腰椎骨密度L₁、L₂、L₃与血钙、血磷水平平均呈显著正相关(P<0.05)，见表5。

2.6 CT定量骨密度与COPD预后相关性分析 校正基线资料后进行二元logistics回归分析(因变量赋值死亡组=1，存活组=0)显示，腰

椎骨密度L₁、L₂、L₃均与COPD患者死亡相关(P<0.05)，见表6。

2.7 CT定量骨密度对COPD预后的预测价值 以COPD患者是否死亡为状态变量，以腰椎骨密度L₁、L₂、L₃为检验变量，ROC曲线结果显示，指标临界值分别为158.87、153.57、142.48时，其预测COPD患者死亡AUC分别为0.788、0.846、0.772。见表7、图2。

表5 腰椎骨密度与COPD患者临床指标相关性分析

指标	中性粒细胞	白细胞计数	血红蛋白	白蛋白	血钙	血磷
腰椎骨密度L ₁	-0.415	-0.325	0.408	0.428	0.522*	0.499*
腰椎骨密度L ₂	-0.362	-0.348	0.316	0.264	0.667**	0.486*
腰椎骨密度L ₃	-0.267	-0.395	0.288	0.207	0.570**	0.536*

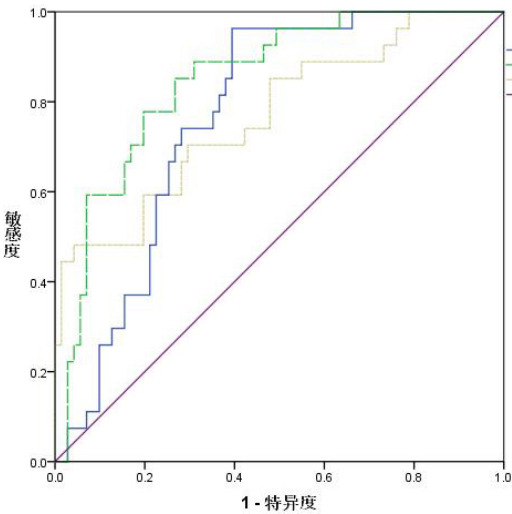
注：*表示P<0.05；**表示P<0.01。

表6 CT定量骨密度与COPD预后相关性分析

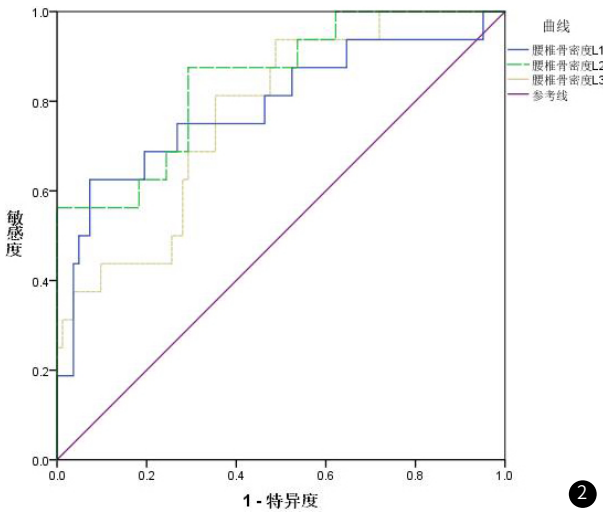
指标	β值	SE	Wald × ²	OR(95%CI)	P
腰椎骨密度L ₁	0.952	0.251	14.386	2.591(1.584~4.237)	<0.001
腰椎骨密度L ₂	1.316	0.428	9.454	3.728(1.611~8.627)	0.002
腰椎骨密度L ₃	1.391	0.167	69.278	4.016(2.894~5.570)	<0.001

表7 CT定量骨密度对COPD预后的预测价值

指标	AUC	SE	P	95%CI		临界值	约登指数	敏感度(%)	特异度(%)
				下限	上限				
腰椎骨密度L ₁	0.788	0.072	<0.001	0.647	0.929	158.87	0.482	75.00	73.17
腰椎骨密度L ₂	0.846	0.054	<0.001	0.740	0.952	153.57	0.582	87.50	70.73
腰椎骨密度L ₃	0.772	0.060	0.001	0.655	0.89	142.48	0.459	81.25	64.63



①



②

图1 CT定量骨密度对COPD严重程度的诊断价值。图2 CT定量骨密度对COPD预后的预测价值。

3 讨论

目前，临床针对COPD的诊疗已有较为系统完善的共识，但有关COPD并发症的风险预测及分级管理尚不够重视^[6]。既往研究显示，COPD与骨质疏松症相互影响，肺功能减退会加重骨代谢异常，增加骨质疏松症患病风险，同时低骨密度也易导致胸腰椎骨折加重COPD^[7]。不同程度COPD患者其骨质密度变化有所差异，本文为探究CT定量椎体骨密度与COPD病情程度及预后的相关性，以期临床建立COPD共病预警体系提供参考思路。

本研究对比不同程度COPD患者CT定量椎体骨密度发现，轻度组L₁、L₂、L₃高于中度组，中度组高于重度组，重度组高于极重度组，4组间腰椎骨密度对比差异均有统计学意义，且进一步通过校正基线资料后进行二元logistics回归分析显示，腰椎骨密度L₁、L₂、L₃均与COPD严重程度相关，证实椎体骨密度下降是COPD症状加重的特征之一，提示两者可能存在关联。既往研究认为，这种相关性可能源于共同病理机制，包括系统性炎症介质如肿瘤坏死因子α、白介素6等通过激活RANKL/OPG通路促进骨吸收^[8]；氧化应激导致成骨细胞凋亡加速；以及COPD糖皮质激素治疗引发机体骨代谢失衡等^[9]。根据潘红红等^[10]进行的一项CT能谱成像结果显示，COPD患者肺功能受损程度加重，尤其是重度与极重度患者，其骨质密度显著降低，该现象主要与骨质中以羟基

磷灰石为主的矿物质含量下降以及骨髓脂肪含量增高有关，而COPD诱发的炎症会导致炎症-骨代谢轴失衡，如肺泡巨噬细胞产生的白介素17可上调RANKL表达，促进破骨细胞分化等，多种因素的作用最终导致骨代谢失调，进而引发骨质疏松症^[11-12]，这一结论验证了本文结果。

本文进一步随访2年内患者预后发现，死亡组腰椎骨密度L₁、L₂、L₃、血红蛋白、白蛋白、血钙、血磷水平均显著低于存活组，而中性粒细胞、白细胞计数显著高于存活组，且骨密度与血钙、血磷具有相关性；同时根据二元logistics回归分析以及ROC曲线显示，腰椎骨密度L₁、L₂、L₃与COPD患者预后具有一定相关性，低水平骨密度对患者不良预后有一定预测价值，这一结论Trudzinski等^[13]得出低水平椎体骨密度与COPD患者骨折、肺气肿加重等不良预后相关的结论类似。研究显示，肺气肿加重是导致COPD患者死亡的危险因素之一，严重肺过度充气导致膈肌低平化，使腰椎生物力学负荷发生改变，毕玉瑜等^[14]CT三维重建研究发现，肺气肿程度与腰椎骨密度存在相关性，这可能与腹内压升高影响椎体血供有关。

(下转第189页)

1727.

- [4] Beekman KM, Duque G, Corsi A, et al. Osteoporosis and bone marrow adipose tissue[J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2023, 21(1): 45-55.
- [5] 刘鹏, 干曼峰, 王华锋, 等. 磁共振IDEAL-IQ评价骨质疏松症的价值[J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31(23): 2118-2123.
- [6] 丁琦, 邢桂红, 秦晓丹, 等. 绝经后骨质疏松症患者血清 β -CTX, Cathe K和OPG水平变化及其临床意义[J]. *山东医药*, 2020, 60(22): 35-38.
- [7] 吴睿哲, 吴洁, 刘凯, 等. 基于分子对接及实验验证研究补肾健脾活血方通过Wnt信号通路防治骨质疏松症的作用机制[J]. *中医药导报*, 2022, 28(8): 27-31.
- [8] 中国老年学和老年医学学会. 老年2型糖尿病慢病管理指南[J]. *中西医结合研究*, 2023, 15(4): 239-253.
- [9] 中国风湿免疫科相关专家小组(统称). 骨质疏松症患者实践指南[J]. *中华内科杂志*, 2020, 59(12): 953-959.
- [10] 庄新华, 潘丹英, 顾春妹. MHR, LPR-5和SOST对2型糖尿病骨质疏松症患者发生骨折的预测价值[J]. *检验医学与临床*, 2023, 20(9): 1244-1248, 1254.
- [11] Tang Y, Zhang L, Ye D, et al. Causal relationship between type 1 diabetes and osteoporosis and fracture occurrence: a two-sample Mendelian randomization analysis[J]. *Osteoporos Int*, 2023, 34(6): 1111-1117.
- [12] Walle M, Whittier DE, Frost M, et al. Meta-analysis of diabetes mellitus-associated differences in bone structure assessed by high-resolution peripheral quantitative computed tomography[J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2022, 20(6): 398-409.
- [13] Lu F, Zhao YJ, Ni JM, et al. Adding liver R2* quantification to proton density fat fraction MRI of vertebral bone marrow improves the prediction of osteoporosis[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(10): 7108-7116.
- [14] Watanabe D, Kimura T, Yanagida K, et al. Feasibility of assessing male osteoporosis using MRI IDEAL-IQ sequence of proximal femur in prostate cancer patients[J]. *Aging Male*, 2022, 25(1): 228-233.

- [15] 成东亮, 冯红梅, 文戈, 等. 磁共振脂肪定量技术IDEAL-IQ评价腰椎骨质疏松严重程度的价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(5): 157-159.
- [16] Liu ZH, Huang DG, Jiang YH, et al. Correlation of R2* with fat fraction and bone mineral density and its role in quantitative assessment of osteoporosis[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(9): 6001-6008.
- [17] 耿长帅, 赵瑞, 常莹, 等. IDEAL-IQ序列对女性腰椎骨质疏松症的研究价值[J]. *中国卫生标准管理*, 2022, 13(14): 44-48.
- [18] Yuan SY, Hoggard NK, Kantake N, et al. Effects of dickkopf-1 (DKK-1) on prostate cancer growth and bone metastasis[J]. *Cells*, 2023, 12(23): 2695.
- [19] 刘冲, 商中华, 原晋阳, 等. 血清SOST、DKK-1水平与分化型甲状腺癌术后骨质疏松患者骨代谢指标的相关性研究[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2023, 17(2): 194-197.
- [20] 尹林伟, 黄夏荣, 屈萌艰, 等. 跑台运动对老年大鼠骨质疏松及wnt/ β -catenin信号通路的影响[J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28(2): 231-236.
- [21] 董飞, 王玲. 绝经后女性骨转换生化标志物水平与骨密度的相关性分析[J]. *检验医学与临床*, 2021, 18(9): 1323-1325.
- [22] 武倩, 高海华, 苏红梅, 等. 血清Cathe K, MCP, IGFBP-3预测乳腺癌根治术后骨质疏松发生风险[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2024, 18(2): 238-242.
- [23] 王汉, 黄友华, 符林雄, 等. 血清 β -CTX, Cathe K, OPG对老年OPF患者术后骨折再发的预测价值[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2022, 28(2): 205-209.
- [24] 陆新颜, 谭利群, 刘群伟. 中老年女性骨代谢生化指标对早期骨质疏松症的诊断价值及与骨密度的相关性[J]. *中国妇幼保健*, 2021, 36(17): 3967-3969.
- [25] 王养华. 唑来膦酸对绝经后骨质疏松患者的治疗效果研究[J]. *北方药学*, 2022, 19(10): 57-59.
- [26] 杨震宇. 金天格胶囊治疗2型糖尿病合并骨质疏松症的效果及对患者骨密度、骨代谢的影响[J]. *罕少疾病杂志*, 2022, 29(12): 83-87.

(收稿日期: 2024-08-27)

(校对编辑: 翁佳鸿、韩敏求)

(上接第171页)

其次, 营养不良、缺乏运动也是影响COPD患者预后的重要因素, 根据Sertpoyraz等^[15]研究发现, COPD患者的维生素D水平普遍偏低, 且该类患者更易合并骨质疏松, 其椎体骨质密度在疾病早期就出现显著降低, 依据Janssens等提出的"肺-骨轴"假说: 肺泡上皮细胞维生素D受体表达减少, 导致局部 1α -羟化酶活性下降, 形成系统性低钙血症倾向, 解释了肺功能下降与维生素D介导的骨代谢异常的关系, 由此可见骨质密度与COPD病情预后存在一定联系^[16]。

本文现阶段仍存在诸多局限, 如样本量有限、随访时间较短、单中心研究等, 后期将针对问题优化试验, 以获取更为准确的结果。综上所述, COPD重症及预后不良患者表现为低水平腰椎骨密度的特征, 腰椎骨密度L₁、L₂、L₃与COPD病情严重程度及预后具有一定相关性, 临床可应用定量CT诊断预测。

参考文献

- [1] Singh D, Martinez FJ, Hurst JR, et al. Effect of triple therapy on cardiovascular and severe cardiopulmonary events in chronic obstructive pulmonary disease: a post hoc analysis of a randomized, double-blind, phase 3 clinical trial (ETHOS)[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2025, 211(2): 205-214.
- [2] Verleden SE, Hendriks JMH, Snoeckx A, et al. Small airway disease in pre-chronic obstructive pulmonary disease with emphysema: a cross-sectional study[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2024, 209(6): 683-692.
- [3] Vuković D, Budimir Mršić D, Jervović K, et al. What can we learn about bone density in COPD patients from a chest CT? A systematic review[J]. *Croat Med J*, 2024, 65(5): 440-449.
- [4] Mori R, Handa T, Ohsumi A, et al. Evaluation Of Bone Mineral Density In Lung Transplant Recipients By Chest Computed Tomography[J]. *Respiration*, 2024, 103(1): 1-9.
- [5] 中华医学会儿科学分会慢性阻塞性肺疾病学组, 中国医师协会呼吸医师分会慢性阻塞性肺疾病工作委员会. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021年修订版)[J]. *中华*

结核和呼吸杂志, 2021, 44(3): 170-205.

- [6] Inoue D, Inoue R. Mechanisms of osteoporosis associated with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *J Bone Miner Metab*, 2024, 42(4): 428-437.
- [7] Tsukamoto M, Nabeshima T, Wang KY, et al. The impact of chronic obstructive pulmonary disease on bone strength[J]. *J Bone Miner Metab*, 2024, 42(4): 421-427.
- [8] 张海婷, 徐丽敏. 慢阻肺合并骨质疏松患者血清IL-31、IL-33水平与OPG/RANK/RANKL系统相关性研究[J]. *临床肺科杂志*, 2024, 29(5): 695-698.
- [9] Hsieh MH, Chen PC, Hsu HY, et al. Surfactant protein D inhibits lipid-laden foamy macrophages and lung inflammation in chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Cell Mol Immunol*, 2023, 20(1): 38-50.
- [10] 潘红红, 陈伟彬. 基于CT能谱成像探讨慢性阻塞性肺疾病与骨质密度相关性[J]. *临床放射学杂志*, 2024, 43(7): 1186-1190.
- [11] Xiong J, Tian J, Zhou L, et al. Interleukin-17A deficiency attenuated emphysema and bone loss in mice exposed to cigarette smoke[J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2020, 15(1): 301-310.
- [12] Hu L, Zhang DW, Jiang HY, et al. Correlation between systemic inflammation level and emphysema degree and bone mineral density in chronic obstructive pulmonary disease patients and its mechanism[J]. *Chinese Journal of Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 2021, 44(3): 213-217.
- [13] Trudinski FC, Jörres RA, Alter P, et al. Midregional proatrial natriuretic peptide (MRproANP) is associated with vertebral fractures and low bone density in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD)[J]. *Respir Res*, 2024, 25(1): 274-285.
- [14] 毕玉瑜, 杨勇, 赵妮妮, 等. 慢性阻塞性肺疾病肺气肿程度与骨质疏松的相关性研究[J]. *影像诊断与介入放射学*, 2022, 31(3): 194-198.
- [15] Sertpoyraz FM, Deniz S. Bone mineral density and vitamin D levels in patients with group a COPD[J]. *Aging Male*, 2020, 23(5): 873-878.
- [16] Hu T, Dai S, Yang L, et al. Potential predictive of thoracic CT value and bone mineral density T-value in COPD complicated with osteoporosis[J]. *Int J Gen Med*, 2024, 17(1): 3027-3038.

(收稿日期: 2025-03-06)

(校对编辑: 翁佳鸿、韩敏求)