

# 椎体压缩骨折机会性筛查：常规胸部、腹部CT测量T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值的价值

蔡金辉<sup>1,2</sup> 叶浩翊<sup>2</sup> 申忱<sup>2</sup> 林良业<sup>2</sup> 刁凡登<sup>2</sup> 郭栋华<sup>2</sup> 刘志锋<sup>2</sup> 刘庆余<sup>1</sup>

**【摘要】目的** 探讨运用常规胸部、腹部CT检查中椎体CT值进行骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)的机会性筛查及评估的可行性。**方法** 回顾性分析2019年12月至2020年6月在我院进行胸部或者腹部CT检查、年龄≥60岁的1 229例患者临床资料,年龄60~99岁[中位年龄72(12)岁],男性728例,女501例,并测量T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值,评价T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值与中、重度椎体压缩骨折的相关性。**结果** T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值与患者年龄呈负相关(T<sub>12</sub>:  $r=-0.458$ ,  $P<0.01$ ; L<sub>1</sub>:  $r=-0.445$ ,  $P<0.01$ )。椎体骨折组T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值均明显低于对照组[T<sub>12</sub>: (55.1±30.3)Hu vs (100.8±36.9)Hu, L<sub>1</sub>: (50.5±31.4)Hu vs (94.4±36.9)Hu](均 $P<0.01$ )。骨折椎体<3节的患者T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值均高于骨折椎体≥3节的患者[T<sub>12</sub>: (60.8±28.1)Hu vs (37.3±30.4)Hu, L<sub>1</sub>: (56.8±28.6)Hu vs (30.8±32.1)Hu](均 $P<0.01$ )。椎体中度压缩骨折的患者T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值均高于椎体重度压缩骨折的患者[T<sub>12</sub>: (60.1±30.4)Hu vs (45.9±31.8)Hu, L<sub>1</sub>: (56.5±29.5)Hu vs (38.9±35.4)Hu](均 $P<0.05$ )。T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值ROC曲线对OVCF具有良好的诊断效能(T<sub>12</sub>:  $AUC=0.831$ , L<sub>1</sub>:  $AUC=0.818$ )。按患者年龄分层(60~69岁、70~79岁、≥80岁)进行亚组分析,60~69岁的患者T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值对椎体骨折的诊断效能最佳(T<sub>12</sub>:  $AUC=0.866$ , L<sub>1</sub>:  $AUC=0.843$ ),而≥80岁的患者T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值对椎体骨折的诊断效能偏低(T<sub>12</sub>:  $AUC=0.760$ , L<sub>1</sub>:  $AUC=0.759$ )。二元logistics回归分析结果显示, T<sub>12</sub>[ $OR=1.039$ , 95%  $CI: 1.032, 1.046$ ]、L<sub>1</sub>[ $OR=1.036$ , 95%  $CI: 1.030, 1.043$ ]椎体CT值是椎体骨折的独立危险因素。**结论** 常规胸部、腹部CT检查中T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值与OVCF密切相关,可作为骨质疏松症及OVCF机会性筛查的良好工具。

**【关键词】** 骨质疏松症; 椎体骨折; 电子计算机断层扫描

**Opportunistic screening for vertebral compression fracture using routine thoracic and abdominal CT scans according to T<sub>12</sub> and L<sub>1</sub> trabecular attenuation** Cai Jinhui<sup>1,2</sup>, Ye Haoyi<sup>2</sup>, Shen Chen<sup>2</sup>, Lin Liangye<sup>2</sup>, Diao Fandeng<sup>2</sup>, Guo Donghua<sup>2</sup>, Liu Zhifeng<sup>2</sup>, Liu Qingyu<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Department of Radiology, The Seventh Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Shenzhen 518107, China; <sup>2</sup>Department of Radiology, The Fourth Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 511300, China  
Corresponding author: Liu Qingyu, Email: liu.qingyu@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the feasibility of opportunistic screening for osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) according to the trabecular attenuation (Hounsfield units, HU) of T<sub>12</sub> and L<sub>1</sub> from routine thoracic or abdominal CT examination. **Methods** 1, 229 patients whose age ≥60 years with thoracic or abdominal CT examination in our hospital from December 2019 to June 2020 were enrolled in the present study. Among these patients, aged from 60 to 99 years [ $M(QR)$  72(12)], and 728 males and 501 females. Clinical data and the HU value of T<sub>12</sub> and L<sub>1</sub> trabecular attenuation were obtained, and compared between the OVCF group and the control group. **Results** The HU value of T<sub>12</sub> and L<sub>1</sub> trabecular attenuation were negatively correlated with age (T<sub>12</sub>:  $r=-0.458$ ,  $P<0.01$ , L<sub>1</sub>:  $r=-0.445$ ,  $P<0.01$ ). The HU value of T<sub>12</sub> and L<sub>1</sub> trabecular attenuation in the OVCF group were significantly lower than the control group [T<sub>12</sub>: (55.1±30.3) Hu vs (100.8±36.9) Hu, L<sub>1</sub>: (50.5±31.4) Hu vs (94.4±36.9) Hu]( $P<0.01$ ). In patients with fractured vertebral body <3 segments, the HU value of T<sub>12</sub> and L<sub>1</sub> trabecular attenuation were higher than those with fractured

vertebral body  $\geq 3$  segments [ $T_{12}$ , (60.8 $\pm$ 28.1)Hu vs (37.3 $\pm$ 30.4) Hu,  $L_1$ , (56.8 $\pm$ 28.6) Hu vs (30.8 $\pm$ 32.1) Hu] ( $P<0.01$ ). In patients with moderate vertebral compression fractures, the HU value of  $T_{12}$  and  $L_1$  trabecular attenuation were higher than those of severe vertebral compression fractures [ $T_{12}$ , (60.1 $\pm$ 30.4) Hu vs (45.9 $\pm$ 31.8) Hu,  $L_1$ , (56.5 $\pm$ 29.5) Hu vs (38.9 $\pm$ 35.4) Hu] ( $P<0.05$ ). The ROC curve analysis shows that the HU value of  $T_{12}$  and  $L_1$  trabecular attenuation had good diagnostic efficacy for OVCF ( $T_{12}$ :  $AUC=0.831$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.818$ ). The ROC curve of the HU value of  $T_{12}$  and  $L_1$  trabecular attenuation had the highest diagnostic performance for OVCF in patients of age range from 60-69 years ( $T_{12}$ :  $AUC=0.866$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.843$ ) and the lowest diagnostic performance in patients of age  $\geq 80$  years ( $T_{12}$ :  $AUC=0.760$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.759$ ). The results of binary logistics regression analysis showed that the HU value of  $T_{12}$  [ $OR=1.039$ , 95%  $CI$ : 1.032, 1.046] and  $L_1$  [ $OR=1.036$ , 95%  $CI$ : 1.030, 1.043] trabecular attenuation were independent risk factors for vertebral compression fractures. **Conclusion** The HU value of  $T_{12}$  and  $L_1$  trabecular attenuation in routine thoracic or abdominal CT examination are associated with OVCF, and may be an useful tool for osteoporosis and OVCF opportunistic screening.

**【Key words】** Osteoporosis; Vertebral compression fracture; Computed Tomography

骨质疏松症(osteoporosis, OP)是一种以骨量减低、骨强度下降及脆性骨折风险增高为特征的骨骼退行性疾病,我国 50 岁以上人群 OP 发病率高达 29.1%<sup>[1-2]</sup>。骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)是 OP 最常见的严重并发症,是主要部位(椎体、髋关节、腕关节等)未来骨折风险的独立危险因素<sup>[3]</sup>。由于 OVCF 临床表现差异较大、缺乏特异性及临床医生重视程度不足等因素,日常临床工作中漏诊率高<sup>[3-4]</sup>。因此,提高 OVCF 的检出率对评估患者未来骨质疏松性骨折的风险具有重要作用。目前研究显示<sup>[5-6]</sup>,基于常规胸部、腹部 CT 检查测量的椎体 CT 值与骨密度(bone mineral density, BMD)密切相关,能有效进行 OP 的机会性筛查。但基于胸、腹部 CT 检查的椎体 CT 值与椎体骨折的相关性研究目前仍较少,因此本研究拟分析胸、腹部 CT 检查中  $T_{12}$ 、 $L_1$  椎体 CT 值与椎体骨折的相关性,对 OVCF 的机会性筛查提供更多简单、实用的参考数据。

## 资料与方法

### 一、纳入及排除标准

**纳入标准:**因各种临床适应证行胸、腹部 CT 检查、年龄 $\geq 60$ 岁的患者。

**排除标准:**(1)行脊柱内固定手术(含有金属)、严重侧弯或图像伪影等影响椎体 CT 值测量者;(2)患者具有高能损伤(如车祸、高处坠落等)及恶性肿瘤、血液系统疾病等全身性疾病病史;(3)扫描范围包含椎体数量不足(未包括  $T_{12}$  或  $L_1$  椎体)的患者。

### 二、一般资料

通过医院的 PACS 系统回顾性分析 2019 年 12 月至 2020 年 6 月因各种临床适应证于广州医科大学附属第四医院进行胸、腹部 CT 检查的患者共 4 361 例,符合纳入标准的患者共 1 558 例,符合排除标准的患者共 329 例,最终共 1 229 例纳入本研究(图 1)。病例

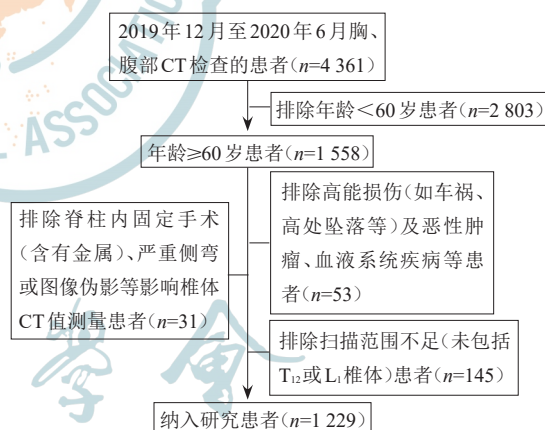


图1 患者纳入、排除流程示意图

分组:依据 Genant 目视半定量方法<sup>[1]</sup>评价脊柱是否存在椎体压缩性骨折,并将入选患者分为椎体骨折组(存在胸椎或腰椎椎体压缩骨折)及对照组(无椎体压缩骨折)。记录患者性别、年龄、是否存在椎体骨折及骨折压缩程度、椎体骨折部位、椎体骨折数量、原 CT 报告中是否漏诊。

### 三、仪器与方法

全部入组患者均采用西门子 64 层 128 排螺旋 CT(Siemens Definition AS CT)进行胸、腹部 CT 检查,管电压 120 Kv,自动管电流,层厚 0.6 mm,螺距 1.2。数据采集完成后运用多平面重建技术进行横

断面及矢状面骨窗(窗宽1 200 Hu、窗位350 Hu)图像重建,重建的层厚均为3 mm,并将重建图像传输至PASC系统进行CT值测量及椎体骨折的分析。

#### 四、椎体CT值的测量

由经过培训的1名高年资住院医师及1名CT检查技师运用蓝网公司PACS系统自带的测量工具,于横断面序列上测量T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体的CT值。选取椎体上终板下区的横断面作为CT值测量的对象,于椎体前2/3松质骨区域手动勾画椭圆形感兴趣(region of interest, ROI),面积100~300 mm<sup>2</sup>,ROI勾画时避开骨皮质、椎体后部静脉丛、局部不均质区域(如骨岛、血管瘤)等(图2~4)。当T<sub>12</sub>椎体( $n=65$ )、

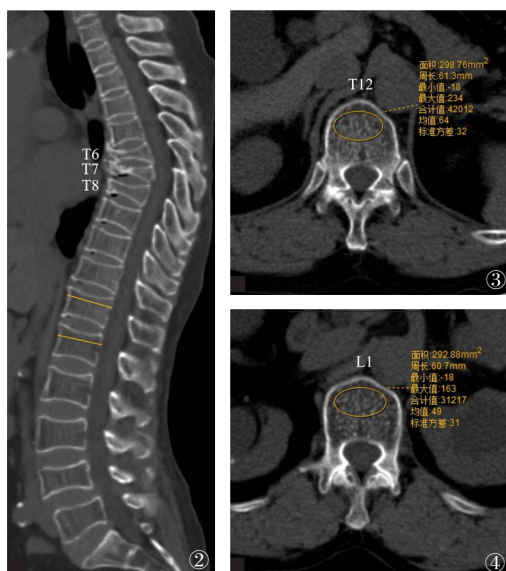


图2~4 椎体CT值测量及椎体压缩骨折评估示意图。图2 采用Genant目视半定量法评价椎体骨折及其压缩程度,T<sub>6</sub>、T<sub>7</sub>、T<sub>8</sub>椎体均为重度压缩骨折;图3~4 选取T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体上终板下区横断面测量椎体CT值,于椎体前2/3松质骨区域手动勾画椭圆形感兴趣(ROI),面积100~300 mm<sup>2</sup>

L<sub>1</sub>椎体( $n=58$ )存在骨折无法进行测量时,则选取邻近节段作为替代椎体进行CT值的测量。

#### 五、椎体骨折判定标准

由2名高年资住院医师利用胸、腹部CT矢状面重建图像,评价椎体是否存在压缩性骨折,胸部CT评价椎体范围至少包含T<sub>1</sub>~T<sub>12</sub>,腹部CT评价椎体范围至少包含T<sub>12</sub>~L<sub>5</sub>椎体,胸部+腹部CT评价椎体范围为T<sub>1</sub>~L<sub>5</sub>。椎体骨折的评价采用Genant目视半定量法<sup>[1]</sup>,评价内容包括是否存在椎体压缩骨折、骨折椎体数量及骨折椎体压缩程度。当椎体高度下降

≥20%,则认为椎体存在压缩骨折;骨折压缩程度判定标准如下:轻度,椎体压缩20%~25%;中度,椎体压缩25%~40%;重度,椎体压缩>40%。由于轻度椎体压缩骨折与椎体形变难以区分,因此,本研究仅对中度、重度椎体压缩性骨折进行分析;若存在多个椎体压缩骨折的患者,则以椎体高度下降最大的椎体评价其骨折压缩程度。两名医师的意见不一致时,则由两者讨论后作出决定。

#### 六、统计方法

运用SPSS 25软件包(IBM,美国)对计数资料进行 $\chi^2$ 检验;符合正态分布的计量数据(T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值)采用独立样本 $t$ 检验,以 $\bar{x} \pm s$ 表示;不符合正态分布的计量数据(年龄)则采用非参数检验(Mann-Whitney U),以中位数(四分位间距)[ $M(QR)$ ]表示;运用组内相关性系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评价2名研究者测量椎体CT值的一致性;采用pearson相关系数分析椎体CT值与年龄的相关性;运用ROC曲线分析椎体CT值对椎体骨折的诊断效能; $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

## 结 果

本组1 229例年龄≥60岁、行常规胸部、腹部CT检查的患者中,207例(16.8%, 207/1 229)存在中度、重度椎体压缩性骨折,发生骨折的椎体共425节,其中T<sub>4</sub>~T<sub>10</sub> 176节,T<sub>11</sub>~L<sub>2</sub> 199节,L<sub>3</sub>~L<sub>5</sub> 50节(图5)。原CT诊断报告中未报告骨折者34例,椎体骨

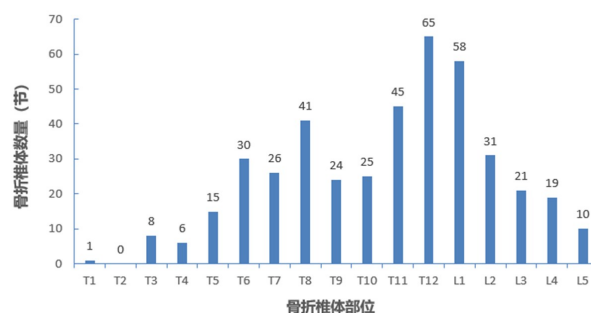


图5 骨折椎体分布图 椎体骨折主要分布于T<sub>8</sub>、T<sub>11</sub>~L<sub>1</sub>节段

折的漏诊率为16.4%。

#### 一、临床资料

本研究1 229例患者中,年龄60~99岁,椎体骨折组年龄78(13)岁,明显高于对照组[71(12)岁]( $P < 0.01$ )。女性患者椎体骨折的发生率为(25.1%, 126/501),明显高于男性患者(11.1%, 81/728)( $P <$



0.01)。不同年龄段(60~69岁、70~79岁、≥80岁)患者椎体骨折发生率分别为9.2%(45/490)、16.9%(76/449)、29.7%(86/290),组间比较差异有统计学意义( $P<0.01$ )。胸部、腹部及胸部+腹部CT对椎体骨折的检出率差异无统计学意义( $P=0.096$ )。详见表1。

表1 椎体骨折组与对照组一般资料比较

一般资料	组别		$\chi^2/Z$ 值	P值
	骨折组( $n=207$ )	对照组( $n=1\ 022$ )		
年龄(岁)	78(13)	71(12)	-7.284	<0.01
性别(例)				
男	81	647	41.668	<0.01
女	126	375		
年龄分层(例)				
60~69岁	45	445	54.514	<0.01
70~79岁	76	373		
≥80岁	86	204		
CT检查部位(例)				
胸部	162	854	4.692	0.096
腹部	18	82		
胸部+腹部	27	86		

## 二、椎体CT值与OVCF

2名研究者(1名高年资住院医师、1名CT检查技师)测量的椎体CT值具很好的一致性,两者测量的 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值的ICC分别为0.975、0.959;同一名研究者(CT检查技师)间隔1周测量的 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体

CT值的ICC分别为0.990、0.970。 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值与患者年龄呈负相关( $T_{12}$ :  $r=-0.458$ ,  $P<0.01$ ;  $L_1$ :  $r=-0.445$ ,  $P<0.01$ )。椎体骨折组 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值明显低于对照组(均 $P<0.01$ ) (表2)。根据骨折椎体数量及骨折椎体压缩程度进行亚组分析,骨折椎体≥3节、椎体重度压缩骨折的患者 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值明显低于骨折椎体<3节、椎体中度压缩骨折的患者(均 $P<0.05$ ) (表3)。 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值ROC曲线对OVCF具有良好的诊断效能( $T_{12}$ :  $AUC=0.831$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.818$ ),其预测OVCF的最佳阈值分别为71.5 HU、68.5 HU;60~69岁的患者 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值对OVCF的诊断效能最佳( $T_{12}$ :  $AUC=0.866$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.843$ );各年龄段 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值诊断OVCF的ROC曲线下面积、阈值、敏感性、特异性、阳性预测值及阴性预测值详见表4及图6~9。

## 三、二元Logistics回归分析评价CT值对OVCF的影响

二元Logistics回归分析校正年龄、性别的影响后, $T_{12}$  [ $OR=1.039$ , 95%  $CI$ : 1.032, 1.046]、 $L_1$  [ $OR=1.036$ , 95%  $CI$ : 1.030, 1.043]椎体CT值仍是OVCF的独立危险因素(表5)。

## 讨 论

骨质疏松性骨折是我国老年人群的常见病,骨密度低、存在OVCF是主要部位(椎体、髋关节、腕关节等)发生骨质疏松性骨折的重要危险因素<sup>[3,7-9]</sup>;明

表2 椎体骨折组与对照组 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值比较( $\bar{x}\pm s$ )

年龄	$T_{12}$ 椎体CT值(Hu)				$L_1$ 椎体CT值(Hu)			
	骨折组( $n=207$ )	对照组( $n=1\ 022$ )	$t$ 值	$P$ 值	骨折组( $n=207$ )	对照组( $n=1\ 022$ )	$t$ 值	$P$ 值
60~69岁	71.8±22.3	115.2±33.5	-8.475	<0.01	67.4±22.7	107.9±33.1	-8.015	<0.01
70~79岁	59.3±30.3	97.2±34.0	-9.032	<0.01	55.4±30.8	91.0±34.9	-8.253	<0.01
≥80岁	42.7±29.0	76.2±35.0	-7.818	<0.01	37.4±30.7	71.2±35.6	-7.676	<0.01
总 体	55.1±30.3	100.8±36.9	-16.682	<0.01	50.5±31.4	94.4±36.9	-15.956	<0.01

表3 椎体骨折数量、骨折压缩程度与椎体CT值的相关性( $\bar{x}\pm s$ )

椎体CT值(Hu)	骨折椎体数量		骨折椎体压缩程度	
	<3节( $n=157$ )	≥3节( $n=50$ )	中度压缩( $n=138$ )	重度压缩( $n=69$ )
$T_{12}$ 椎体	60.8±28.1	37.3±30.4	60.1±30.4	45.9±31.8
$L_1$ 椎体	56.8±28.6	30.8±32.1	56.5±29.5	38.9±35.4
$t$ 值	5.039	5.423	2.969	3.586
$P$ 值	<0.01	<0.01	0.003	<0.01

表4 T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值对椎体骨折的评价效能

椎体	年龄	例数	AUC(95% CI)	阈值(Hu)	敏感度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
T <sub>12</sub>	60~69岁	490	0.866 (0.823~0.909)	90.0	80.0%	78.2%	27.1%	97.5%
	70~79岁	449	0.805 (0.750~0.860)	70.0	73.7%	79.1%	41.8%	93.7%
	≥80岁	290	0.760 (0.703~0.817)	61.0	73.3%	62.0%	46.7%	91.0%
	总体	1 229	0.831 (0.804~0.859)	71.5	74.0%	78.5%	41.2%	93.8%
L <sub>1</sub>	60~69岁	490	0.843 (0.796~0.890)	87.5	80.0%	71.7%	22.2%	97.3%
	70~79岁	449	0.788 (0.731~0.845)	67.5	73.7%	74.0%	36.6%	93.2%
	≥80岁	290	0.759 (0.700~0.817)	57.5	73.3%	63.2%	45.7%	84.7%
	总体	1 229	0.818 (0.789~0.847)	68.5	74.9%	75.0%	37.8%	93.7%

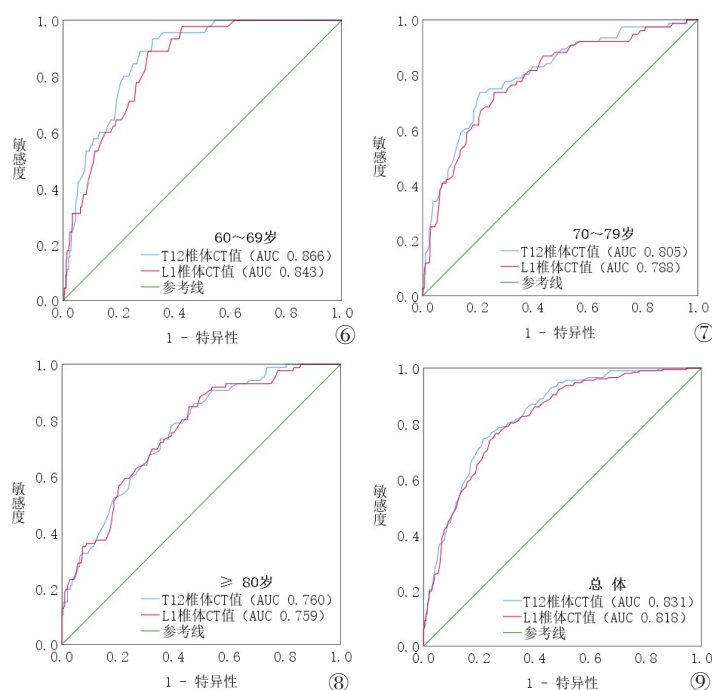


图6~9 T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值ROC曲线评价椎体骨折不同年龄段。(图6: 60~69岁,图7: 70~79岁,图8: ≥80岁,图9: 总体样本) T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值ROC曲线对椎体骨折均具有良好的诊断效能, 60~69岁患者T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值对椎体骨折的诊断效能最佳(T<sub>12</sub>: AUC=0.866, L<sub>1</sub>: AUC=0.843)

表5 二元Logistics回归评价性别、年龄、椎体CT值对椎体骨折的影响

因素	B	B.E.	Wald	OR(95% CI)	P值
年龄	0.005	0.012	0.143	1.005(0.981, 1.029)	0.705
性别	0.352	0.178	3.909	1.423(1.003, 2.017)	0.048
T <sub>12</sub> 椎体CT值	0.039	0.003	126.816	1.039(1.032, 1.046)	< 0.01
L <sub>1</sub> 椎体CT值	0.036	0.003	116.300	1.036(1.030, 1.043)	< 0.01

确患者是否存在OP及OVCF,并针对性地进行抗骨质疏松治疗,能有效降低患者未来发生骨质疏松性

骨折的风险<sup>[7,9]</sup>。目前OP的筛查与诊断工具主要以双能X线吸收法(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)测定的BMD作为参考标准(T≤-2.5 SD),但利用DXA进行骨质疏松筛查的人群仅为3.7%,远远低于OP的实际发病人群<sup>[10]</sup>。此外,OVCF也长期处于诊断不足的状态<sup>[4,11]</sup>。Li等<sup>[11]</sup>对3 216例50岁以上患者的影像学资料进行回顾性分析,结果显示椎体骨折的漏诊率高达66.8%。尽管本研究纳入的患者常规胸、腹部CT检查均包含脊柱矢状面重建图像,但由于影像诊断医师不够重视、对图像观察不仔

细等原因,中、重度椎体压缩性骨折的漏诊率仍达到16.4%。因此,合理利用临床常规胸部、腹部CT进行OP及OVCF的机会性筛查,将会大大改善目前OP、OVCF筛查及诊断严重不足的现状,对OP及其相关的骨质疏松性骨折的预防与治疗具有重要指导意义。

对于常规胸部、腹部CT在骨质疏松症机会性筛查方面,目前已有较多研究探讨。Varney等<sup>[12]</sup>研究显示, $L_1$ 、 $L_2$ 椎体CT值与定量CT测量的BMD具有显著相关性( $r=0.96, 0.91$ )。Pickhardt等<sup>[13]</sup>对1867例行腹部CT及双能X线检查患者的CT值、BMD数据进行配对研究,评价运用 $L_1$ 椎体CT值评价OP的可行性,结果显示, $L_1$ 椎体CT值能有效判断OP,当 $L_1$ 椎体CT值 $\leq 110$  Hu时,其预测患者存在OP的特异性高达90%,而 $L_1$ 椎体CT值 $\geq 160$  Hu时,预测患者无OP的特异性高达90%。Da等<sup>[14]</sup>研究结果显示, $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 椎体的CT值均与BMD呈正相关, $L_1$ 椎体CT值判断OP的最佳阈值为110 Hu,且基于 $L_1$ 椎体的CT值有助于发现由于骨质增生、韧带钙化、终板炎等退行性疾病掩盖而被低估的OP患者。上述研究表明,常规胸部、腹部CT检查中测量的椎体CT值与BMD具有良好的相关性,可作为OP机会性筛查的良好工具。但基于常规胸部、腹部CT的椎体CT值评价椎体骨折的风险目前研究较少,仍需要进一步探讨。

在探讨胸部、腹部CT与椎体骨折的相关性方面,Graffy等<sup>[15]</sup>研究显示, $L_1$ 椎体CT值与中度、重度椎体骨折呈负相关,诊断OVCF的最佳CT值阈值为90 Hu。Kim等<sup>[16]</sup>分析了232例行胸部CT检查患者椎体容积CT值与BMD、OVCF的相关性,结果显示, $T_4$ 、 $T_7$ 、 $T_{10}$ 、 $L_1$ 椎体的容积平均CT值不仅与BMD具有明显相关性( $r=0.726$ ),同时对OVCF具有良好的诊断效能( $AUC=0.826$ ),取阈值为129.5 Hu时,评价OVCF风险的敏感性为90.9%,特异性为64.4%,且CT值与椎体压缩程度呈负相关。本研究运用常规胸部、腹部CT检查中 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值评价OVCF的风险,结果显示OVCF组 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值明显低于对照组; $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值ROC曲线对OVCF具有良好的诊断效能( $T_{12}$ :  $AUC=0.831$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.818$ )。这表明,运用胸部、腹部CT检查中椎体CT值有助于评价OVCF的风险,与文献报道<sup>[15-16]</sup>的研究结果一致。但本研究结果与其不同的是, $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值评价OVCF的最佳阈值(71.5 Hu、68.5 Hu)均低于90 Hu,这可能是由于所研究的人群种族不

同、所用的检查设备不同等原因所造成的。此外,本研究发现 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值与患者年龄呈负相关( $T_{12}$ :  $r=-0.458$ ;  $L_1$ :  $r=-0.445$ ),为了进一步探讨不同年龄患者椎体CT值对OVCF的影响,本研究按患者年龄分层(60~69岁、70~79岁、 $\geq 80$ 岁)进行了亚组分析,结果显示,60~69岁的患者 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值对OVCF风险的评估效能最佳( $T_{12}$ :  $AUC=0.866$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.843$ ),而 $\geq 80$ 岁的患者 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值对OVCF风险的评估效能偏低( $T_{12}$ :  $AUC=0.760$ ,  $L_1$ :  $AUC=0.759$ );且不同年龄段的患者其椎体CT值预测OVCF的最佳阈值存在较大差异。国内流行病学调查研究显示<sup>[2]</sup>,椎体骨量丢失随增龄而增加,骨质疏松亦随之增加,这是导致高龄患者椎体骨折风险升高的重要因素。然而,高龄患者OVCF风险不仅取决于骨密度减低,同时与骨质量下降、下肢或椎旁肌肉萎缩、跌倒风险增加等密切相关<sup>[17-18]</sup>,这可能是椎体CT值在老年患者OVCF风险评估中诊断效能偏低的重要原因。因此,对于不同年龄段的老年患者,有必要采取不同的椎体CT值阈值进行OVCF的风险评估,以提高运用椎体CT值进行OVCF筛查的准确性。

此外,本研究结果发现 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值越小,其发生多个( $\geq 3$ 个)椎体骨折的风险就越大,存在重度压缩性骨折的风险也越高。这表明,椎体CT值不仅能有效评价椎体骨折的风险,且与骨折椎体数量、骨折压缩程度密切相关。

二元logistics回归分析结果显示,校正年龄、性别的影响后, $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值仍是OVCF的独立危险因素,OVCF的风险与椎体CT值呈负相关, $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值每降低10 Hu,OVCF的发生风险分别增加39%、36%。椎体CT值与BMD密切相关,椎体CT值越低,提示椎体骨量越低<sup>[14,16]</sup>,其发生OVCF的风险就越高。

本研究利用胸部、腹部CT检查中 $T_{12}$ 、 $L_1$ 椎体CT值进行OVCF的风险评估,覆盖人群广,且不同研究者测量的椎体CT值具有非常好的可重复性,能为OVCF的机会性筛查提供简便、实用、可重复的参考数据。但本研究具有一定局限性,首先,本研究仅对中度、重度压缩骨折的椎体纳入骨折组,因此,可能会造成对OVCF发生率的低估;此外,本研究为回顾性研究,评价的是目前存在骨折的风险,对于未来骨折风险的预测仍需要进一步研究证实。

总之,基于常规胸部、腹部CT的椎体CT值有助于评估椎体骨折的风险,能有效进行OP及骨质疏松

性骨折的机会性筛查,对OP及与之密切相关的骨质疏松性骨折的检出、预防与治疗具有指导作用。

### 参 考 文 献

- 1 中华医学会放射学分会骨关节学组,中国医师协会放射医师分会肌骨学组,中华医学会骨科学分会骨质疏松学组,等.骨质疏松的影像学与骨密度诊断专家共识[J].中国骨质疏松杂志,2020,26(9):1249-1256.
- 2 Zeng Q, Li N, Wang Q, et al. The prevalence of Osteoporosis in China, a Nationwide, Multicenter DXA Survey [J]. J Bone Miner Res, 2019, 34(10): 1789-1797.
- 3 Lems WF, Paccou J, Zhang J, et al. Vertebral fracture: epidemiology, impact and use of DXA vertebral fracture assessment in fracture liaison services [J]. Osteoporos Int, 2021, 32(3): 399-411.
- 4 Löffler MT, Kallweit M, Niederreiter E, et al. Epidemiology and reporting of osteoporotic vertebral fractures in patients with long-term hospital records based on routine clinical CT imaging [J]. Osteoporos Int, 2022, 33(3):685-694.
- 5 Jain RK, Lee E, Mathai C, et al. Using opportunistic screening with abdominal CT to identify osteoporosis and osteopenia in patients with diabetes [J]. Osteoporos Int, 2020, 31(11): 2189-2196.
- 6 Li YL, Wong KH, Law MW, et al. Opportunistic screening for osteoporosis in abdominal computed tomography for Chinese population [J]. Arch Osteoporos, 2018, 13(1): 76.
- 7 Barton DW, Behrend CJ, Carmouche JJ. Rates of osteoporosis screening and treatment following vertebral fracture [J]. Spine J, 2019, 19(3): 411-417.
- 8 Söreskog E, Ström O, Spångéus A, et al. Risk of major osteoporotic fracture after first, second and third fracture in Swedish women aged 50 years and older [J]. Bone, 2020, 134(5): 115286.
- 9 Ensrud K, Crandall CJ. Osteoporosis [J]. Ann Intern Med, 2017, 167(3): ITC17-ITC32.
- 10 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会.中国骨质疏松症流行病学调查及“健康骨骼”专项行动结果发布[J].中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2019,12(4):317-318.
- 11 Li Y, Yan L, Cai S, et al. The prevalence and under-diagnosis of vertebral fractures on chest radiograph [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2018, 19(1): 235.
- 12 Varney E, Abou Elkassem A, Khan M, et al. Prospective validation of a rapid CT-based bone mineral density screening method using colored spinal images [J]. Abdom Radiol (NY), 2021, 46(4):1752-1760.
- 13 Pickhardt PJ, Pooler BD, Lauder T, et al. Opportunistic screening for osteoporosis using abdominal computed tomography scans obtained for other indications [J]. Ann Intern Med, 2013, 158(8): 588-595.
- 14 Da Z, Li WS, Chao D, et al. The use of CT Hounsfield unit values to identify the undiagnosed spinal osteoporosis in patients with lumbar degenerative diseases [J]. European Spine Journal, 2019, 28(8): 1758-1766.
- 15 Graffy PM, Lee SJ, Ziemlewicz TJ, et al. Prevalence of vertebral compression fractures on routine CT scans according to L1 trabecular attenuation: determining relevant thresholds for opportunistic osteoporosis screening [J]. AJR Am J Roentgenol, 2017, 209(3): 491-496.
- 16 Kim YW, Kim JH, Yoon SH, et al. Vertebral bone attenuation on low-dose chest CT: quantitative volumetric analysis for bone fragility assessment [J]. Osteoporosis International, 2017, 28(1): 329-338.
- 17 Albano D, Messina C, Vitale J, et al. Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights [J]. Eur Radiol, 2020, 30(4): 2199-2208.
- 18 Lin YH, Shih YT, Teng M. The impact of the "osteoporosis" component of osteosarcopenia on fragility fractures in Post-Menopausal women [J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(10): 5256.

(收稿日期:2021-11-30)

(本文编辑:吕红芝)

蔡金辉,叶浩翊,申忱,等.椎体压缩骨折机会性筛查:常规胸部、腹部CT测量T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>椎体CT值的价值[J/CD].中华老年骨科与康复电子杂志,2022,8(4):217-223.