

## · 骨骼肌肉影像学 ·

## 双能 CT 定量参数联合血清骨硬化蛋白、同型半胱氨酸水平对绝经后女性骨质疏松的诊断价值

孟伟, 赵霞, 李澄云, 刘守标

**【摘要】** 目的:探讨双能 CT 定量参数联合血清骨硬化蛋白(SOST)、同型半胱氨酸(Hcy)水平对绝经后女性骨质疏松(OP)的诊断价值。方法:选择 177 例绝经后女性作为研究对象,分为 OP 组(92 例)和非 OP 组(84 例)。采用双源 CT 扫描研究对象的 L1~L4 腰椎,测量钙的 CT 值、钙浓度及脂肪分数。使用双能 X 线骨密度测量仪(DXA)对腰椎 L1~L4 的骨密度值(BMD)进行测定。采用酶联免疫吸附试验检测研究对象血清中的 SOST 蛋白表达水平,采用免疫测定法检测血清中 Hcy 的水平。结果:OP 组与非 OP 组患者的年龄、体质量指数(BMI)、绝经年限和糖尿病史比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),OP 组的 BMD 显著低于非 OP 组( $P<0.05$ )。OP 组钙的 CT 值及钙浓度显著低于非 OP 组( $P<0.05$ ),两组间的脂肪分数比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),OP 组的血清 SOST、Hcy 水平显著高于非 OP 组( $P<0.05$ )。钙的 CT 值、钙浓度与 BMD 间均呈显著正相关关系( $P<0.001$ ),血清 SOST、Hcy 水平与 BMD 间均呈显著负相关关系( $P<0.001$ )。多因素二元 Logistic 回归分析结果显示,钙的 CT 值、钙浓度及血清 SOST、Hcy 水平是 OP 的独立相关因素( $P<0.05$ )。ROC 曲线分析结果显示,钙的 CT 值、钙浓度、血清 SOST、Hcy 水平独立诊断 OP 的敏感度和特异度分别为 88.0%和 71.4%、87.0%和 72.6%、75.0%和 76.2%、79.3%和 73.8%, 四者联合诊断 OP 的敏感度和特异度分别为 90.2%和 88.1%。结论:双能 CT 在绝经后女性 OP 的诊断中具有一定价值,采用血清 SOST、Hcy 水平作为辅助手段与双能 CT 联合使用有助于提升绝经后女性 OP 的诊断效能。

**【关键词】** 骨质疏松; 绝经; 双能 CT; 体层摄影术, X 线计算机; 钙; 骨硬化蛋白; 同型半胱氨酸

**【中图分类号】** R589; R814.42 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)09-1138-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.09.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Diagnostic value of dual-energy CT quantitative parameters combined with serum osteosclerosis protein and homocysteine levels in osteoporosis of postmenopausal women** MENG Wei, ZHAO Xia, LI Chengyun, et al. Zoucheng People's Hospital, Shandong 273500, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the diagnostic value of dual energy CT quantitative parameters combined with serum osteosclerosis protein (SOST) and homocysteine (Hcy) levels in osteoporosis (OP) of postmenopausal women. **Methods:** A total of 177 postmenopausal women were selected as the research subjects, and were divided into OP group (92 cases) and non-OP group (84 cases). The L1 to L4 lumbar vertebrae of the subjects were scanned by dual-source CT, and the CT value of calcium, calcium concentration and fat fraction were measured. Bone mineral density (BMD) of lumbar vertebra from L1 to L4 was measured by dual energy X-ray absorptiometry (DXA). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was used to detect the expression of SOST in serum of the subjects, and immunoassay was used to detect the level of Hcy in serum of the subjects. **Results:** There were no significant differences in age, body mass index (BMI), years of menopause and diabetes history between the OP group and the non-OP group ( $P>0.05$ ), and BMD in the OP group was significantly lower than that in the non-OP group ( $P<0.05$ ). The CT value and concentration of calcium in the OP group were significantly lower than those in the non-OP group ( $P<0.05$ ), and there was no significant difference in fat fraction between the two groups ( $P>0.05$ ). The serum SOST and Hcy levels in the OP group

作者单位:273500 山东,邹城市人民医院(孟伟,刘守标);250000 济南,山东中医药大学附属医院放射科(赵霞),肝胆外科(李澄云)

作者简介:孟伟(1976—),男,山东邹城人,中级职称,主要从事临床医学检验工作。

通讯作者:刘守标, E-mail: zchphl@163.com

were significantly higher than those in the non-OP group ( $P < 0.05$ ). The CT value of calcium and calcium concentration were significantly positively correlated with BMD ( $P < 0.001$ ), and the serum SOST and Hcy levels were significantly negatively correlated with BMD ( $P < 0.001$ ). Multivariate binary Logistic regression analysis showed that CT value of calcium, calcium concentration and serum SOST and Hcy levels were independent correlation factors of OP ( $P < 0.05$ ). ROC curve analysis showed that the sensitivity and specificity of CT value of calcium, calcium concentration, serum SOST level and serum Hcy level for the diagnosis of OP were 88.0% and 71.4%, 87.0% and 72.6%, 75.0% and 76.2%, 79.3% and 73.8%, respectively, and the sensitivity and specificity of the combined diagnosis of OP were 90.2% and 88.1%, respectively. **Conclusion:** Dual-energy CT has certain value in the diagnosis of OP in postmenopausal women. The combination of serum SOST and Hcy levels and dual-energy CT is helpful to improve the diagnostic efficiency of OP in postmenopausal women.

**【Key words】** Osteoporosis; Menopause; Dual-energy CT; Tomography, X-ray computed; Calcium; Sclerostin; Homocysteine

骨质疏松症 (osteoporosis, OP) 是一种全球性的健康问题, 其特点是低骨密度 (bone mineral density, BMD) 和骨组织微结构恶化, 使骨强度降低及和骨骼脆性增加<sup>[1]</sup>。近年的研究显示, 我国 40~49 岁人群 OP 的发生率为 3.2%, 65 岁以上人群 OP 的发生率达到 32.0%, 严重危害中老年人身心健康, 并给其日常生活带来了极大的困扰<sup>[2]</sup>。绝经后女性体内雌激素水平降低, 对骨代谢水平造成了较大影响, 因此更是 OP 的高危人群<sup>[3]</sup>。在目前的骨肌系统临床和科研的 OP 诊断中, 双能 X 线骨密度测量仪 (dual energy X-ray, DXA) 和定量 CT 是广泛应用的两种方法。DXA 是诊断 OP 的“金标准”<sup>[4]</sup>, 但其易受体位、骨质增生及主动脉壁钙化的影响; 定量 CT 测量忽略了骨髓脂肪含量对 BMD 的影响<sup>[5]</sup>。双能 CT 可以利用虚拟去钙 (virtual non-calcium, VNCa) 技术对钙、水和脂肪等不同成分进行定量分析<sup>[6,7]</sup>。最近的研究显示, 双能 CT 可在诊断椎体骨折的同时评估椎体骨密度情况, 从而实现临床检查流程的优化<sup>[8]</sup>。近年来, 随着人们对血清学标志物的研究不断深入, 骨代谢相关分子标志物的研究也取得了一定进展。Wnt/ $\beta$ -catenin 信号通路是调节骨代谢的重要途径。骨硬化蛋白 (sclerostin, SOST) 由骨细胞分泌, 是 Wnt/ $\beta$ -catenin 信号通路的抑制因子, 可通过下调该信号通路抑制骨形成<sup>[9]</sup>。多项研究显示 SOST 已被证实与 OP 的发生、发展密切相关<sup>[9,10]</sup>。同型半胱氨酸 (homocysteine, Hcy) 是一种含硫氨基酸, 多项研究显示绝经后女性 Hcy 水平增高使得 OP 和骨折发生的风险增高<sup>[11,12]</sup>。有研究显示, Hcy 增高可抑制胶原纤维之间的交联, 阻碍骨胶原结构的形成, 从而使骨质量降低, 骨形成减少, 导致骨质疏松的发生<sup>[12]</sup>。然而目前还较少有研究探讨血清 SOST 及 Hcy 水平在 OP 中的诊断价值。因此, 本研究旨在探讨双能 CT 定量参数联合血清 SOST、Hcy

水平检测在绝经后女性 OP 中的诊断价值, 以期为临床诊疗提供参考。

## 材料与方法

### 1. 研究对象

选择 2021 年 1 月—2021 年 12 月于我院就诊及体检的 176 例绝经后女性作为研究对象。病例纳入标准: ①年龄不超过 80 周岁; ②绝经时间不少于 1 年; ③自愿行腰椎 DXA 及双能 CT 检查, 且数据完整; ④血清 SOST 水平检测资料完整。病例排除标准: ①患有严重心、脑、肝、肾功能障碍; ②合并强直性脊柱炎、类风湿关节炎等自身免疫性疾病或骨代谢疾病; ③有腰部骨折或腰椎手术史; ④近半年内使用过影响骨代谢水平的药物, 如糖皮质激素、降钙素或甲状旁腺激素等。根据 DXA 测量腰椎 T 值  $\leq -2.5$  SD 的骨质疏松诊断标准<sup>[4]</sup>, 将所有研究对象分为 OP 组 (92 例) 和非 OP 组 (84 例)。本研究所有程序均符合赫尔辛基宣言, 得到了医院伦理委员会的批准, 所有研究对象均自愿参与本研究, 并签署了书面知情同意书。

### 2. 研究方法

CT 检查采用 Siemens Somatom Definition Flash 双源 CT, 受检者取仰卧位, 双手上举, 扫描范围自 L1 椎体下缘至 L4 椎体上缘。A、B 球管的管电压分别为 80 kV、Sn 140 kV, 有效管电流为 250 mA, 螺距 0.6, 准直宽度  $32 \times 0.6$  mm, 旋转时间 500 ms/r, 视野  $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ , 重建层厚 1 mm, 层间距 0.75 mm。在西门子双能量分析软件 syngo.via 10.0 上基于肝虚拟平扫 (virtual non-contrast, VNC) 功能模块对钙和脂肪进行定量分析。手动在椎体的前 2/3 勾画圆形区域作为感兴趣区, 避开椎体中央静脉区域及骨皮质区, 测量 L1~L4 椎体感兴趣区内钙的 CT 值、钙浓度及脂肪分数 (图 1)。由 1 位具有丰富肌骨系统影像诊断经

验的副主任医师独立测量所有定量参数。

DXA 测量腰椎 BMD: 使用杰凯利公司生产的 GEIDXAANVANCE 骨密度仪对腰椎 L1~L4 的骨密度值进行测量, 并自动计算 T 值(图 2)。扫描参数: 管电压 140/100 kV, 管电流 2.5 mA。参照中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病学会推荐的诊断标准: T 值  $\geq -1$  SD 为骨量正常;  $-2.5$  SD  $<$  T 值  $< -1$  SD 为骨量减少; T 值  $\leq -2.5$  SD 为骨质疏松。DXA 骨密度测量与双能 CT 检查时间间隔不超过 7 天。

一般资料的搜集及血清 SOST 水平的检测: 记录所有研究对象的年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、绝经年限及糖尿病史等情况。采集所有研究对象的空腹静脉血 2 mL, 离心后取上层血清, 置于  $-80^{\circ}\text{C}$  冰箱中待用。采用酶联免疫吸附试验检测血清中的 SOST 蛋白表达水平, 采用免疫测定法检测血清中 Hcy 的水平。

### 3. 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以均值  $\pm$  标准差表示, 组间比较采用  $t$  检验。分类变量以频数表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Pearson 相关性分析两符合正态分布的定量变量间的相关性。采用二元 Logistic 回归分析进行多因素相关性分析, DECT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平对绝经后女性骨质疏松的诊断效能采用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC) 曲线进行分析。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结果

### 1. 两组患者的基线资料比较

OP 组与非 OP 组患者的年龄、BMI、绝经年限和糖尿病史比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ), OP 组的 BMD 显著低于非 OP 组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ , 表 1)。

### 2. 两组 DECT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平的比较

OP 组钙的 CT 值及钙浓度显著低于非 OP 组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), OP 组与非 OP 组的脂肪分数比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), OP 组的血清 SOST、Hcy 水平显著高于非 OP 组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ , 表 2)。

### 3. DECT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平与 BMD 的相关性

钙的 CT 值、钙浓度与 BMD 间均呈显著正相关关系( $r$  值分别为 0.513、0.442,  $P$  值均  $< 0.001$ ), 血清 SOST、Hcy 水平与 BMD 间均呈显著负相关关系( $r$  值分别为  $-0.346$ 、 $-0.411$ ,  $P$  值均  $< 0.001$ , 图 3)。

### 4. 双能 CT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平对绝经后女性 OP 的二元 Logistic 回归分析

以绝经后女性是否发生 OP 为因变量(OP=1, 非 OP=0), 将 DECT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平均作为自变量纳入多因素 Logistic 回归分析中, 结果显示, 钙的 CT 值、钙浓度及血清 SOST、Hcy 水平是 OP 的独立相关因素( $P < 0.05$ , 表 3)。

表 1 两组患者的一般资料比较

指标	OP 组 (n=92)	非 OP 组 (n=84)	$\chi^2/t$ 值	P 值
年龄(岁)	59.17 $\pm$ 7.19	58.81 $\pm$ 6.51	0.349	0.728
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	25.89 $\pm$ 4.26	25.16 $\pm$ 4.17	1.146	0.253
绝经年限(年)	8.15 $\pm$ 2.76	7.72 $\pm$ 2.65	1.055	0.293
糖尿病史(是/否)	60/32	48/36	1.207	0.272
BMD(g/cm <sup>2</sup> )	0.88 $\pm$ 0.14	1.20 $\pm$ 0.17	-13.792	<0.001

表 2 两组 DECT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平的比较

指标	OP 组 (n=92)	非 OP 组 (n=84)	$\chi^2/t$ 值	P 值
钙的 CT 值(HU)	98.22 $\pm$ 30.75	186.09 $\pm$ 44.95	-14.997	<0.001
钙浓度(mg/cm <sup>3</sup> )	5.29 $\pm$ 1.29	8.53 $\pm$ 2.54	-10.521	<0.001
脂肪分数(%)	63.12 $\pm$ 12.15	59.83 $\pm$ 10.91	1.886	0.061
血清 SOST 水平(ng/mL)	0.86 $\pm$ 0.11	0.81 $\pm$ 0.12	2.739	0.007
血清 Hcy 水平( $\mu\text{mol/L}$ )	14.41 $\pm$ 3.28	10.62 $\pm$ 2.26	9.000	<0.001

表 3 相关变量对绝经后女性 OP 的二元 Logistic 回归分析

变量	回归系数	P 值	OR	95% 可信区间
钙的 CT 值	-0.071	<0.001	0.931	0.901~0.963
钙浓度	-1.179	0.002	0.308	0.148~0.640
脂肪分数	0.159	0.225	1.173	0.906~1.517
血清 SOST 水平	0.064	0.042	1.077	1.012~1.169
血清 Hcy 水平	0.087	0.039	1.091	1.004~1.185

### 5. 双能 CT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平对绝经后女性 OP 的诊断价值

ROC 曲线分析结果显示, 钙的 CT 值诊断 OP 的 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)为 0.860 (95% CI: 0.804~0.915,  $P < 0.001$ ), 截断值为 142.96, 敏感度和特异度分别为 88.0% 和 71.4%。钙浓度诊断 OP 的 AUC 为 0.868 (95% CI: 0.814~0.922,  $P < 0.001$ ), 截断值为 6.64, 敏感度和特异度分

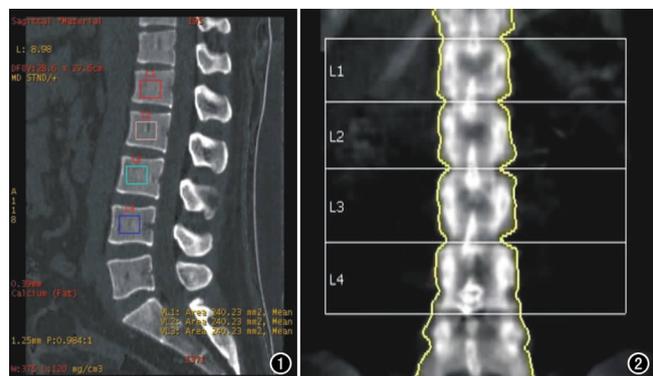


图 1 双能 CT 对椎体中钙和脂肪定量参数的测量。图 2 DXA 对椎体 BMD 的测量。

别为 87.0% 和 72.6%。血清 SOST 水平诊断 OP 的 AUC 为 0.813(95%CI:0.750~0.875,  $P < 0.001$ ), 截断值为 0.79, 敏感度和特异度分别为 75.0% 和 76.2%。血清 Hcy 水平诊断 OP 的 AUC 为 0.830(95%CI:0.770~0.890,  $P < 0.001$ ), 截断值为 12.07, 敏感度和特异度分别为 79.3% 和 73.8%。四者联合(钙的 CT 值、钙浓度、血清 SOST 水平、血清 Hcy 水平)诊断 OP 的 AUC 为 0.946(95%CI:0.913~0.978,  $P < 0.001$ ), 敏感度和特异度分别为 90.2% 和 88.1%(图 4)。

## 讨论

OP 的病理特征主要为骨质流失、骨微结构破坏, 导致骨密度和骨量下降, 主要临床症状为腰腿疼痛、脊柱变形及脆性骨折等<sup>[13,14]</sup>。绝经后女性是骨质疏松发病的高危人群, 相关研究显示, 绝经后女性发生 OP 的风险是同龄男性的 3 倍<sup>[15]</sup>。因此, 在绝经后女性人群中早期诊断及干预 OP 的发展具有重要意义。DXA 是 OP 诊断的“金标准”, 但 DXA 测量 BMD 时往往不能准确区分皮质骨与松质骨, 而皮质骨的密度显著高于松质骨, 所以其检测结果难以反映 OP 早期松质骨密度的变化, 在早期骨质疏松的诊断中具有一定局限性<sup>[7]</sup>。定量 CT 是一种三维检测方式<sup>[16,17]</sup>, 测量 BMD 时虽然在区分皮质骨与松质骨上具有一定优势, 但有研究表明, 由于骨髓脂肪组织数量上的差异, 定量 CT 在评估 BMD 时准确性会受到一定影响<sup>[5]</sup>。双能 CT 通过应用高低能量的物质分离技术直接量化钙、脂肪和水等成分, 能够呈现出骨钙质的 CT 值、钙浓度及脂

肪分数等定量参数, 能较好反映真实骨密度的精确性<sup>[7]</sup>, 因此双能 CT 在 OP 的诊断中具有一定应用价值。此外, 血清 SOST、Hcy 水平已被证实与 OP 的发生、发展有关。因此, 本研究探讨了双能 CT 定量参数联合血清 SOST、Hcy 水平对绝经后女性 OP 的诊断价值。

本研究结果显示, OP 组钙的 CT 值及钙浓度显著低于非 OP 组, OP 组的脂肪分数虽高于非 OP 组, 但差异仅具有边缘性统计学意义( $P = 0.061$ ), 这与刘瑛等<sup>[18]</sup>报道的结果具有一致性。OP 组的血清 SOST、Hcy 水平显著高于非 OP 组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 这与任艳霞等<sup>[19]</sup>和陈婵等<sup>[20]</sup>报道的结果一致。之前的研究显示, SOST 可抑制 Wnt 信号通路的激活, 通过调节成骨细胞和破骨细胞的发育和分化在骨形成中发挥重要作用<sup>[21]</sup>。既往研究报道, 对去卵巢大鼠使用 SOST 抗体可使骨生长、骨密度和骨量增加, 而增加外源性 SOST 抑制了人和小鼠成骨细胞的分化和增殖<sup>[22]</sup>。最近的研究表明, Hcy 通过细胞内活性氧机制, 降低成骨细胞活性, 增加破骨细胞活性, 减少骨形成, 促进骨吸收, 并与细胞外基质蛋白相互作用致结构改变而影响骨的结构, 导致骨质疏松的发生<sup>[23]</sup>。本研究 Pearson 相关性分析结果显示, 绝经后女性钙的 CT 值及钙浓度与 BMD 间均呈显著正相关关系, 血清 SOST、Hcy 水平与 BMD 间均呈显著负相关关系。之前的研究显示, 腰椎双能 CT 所测椎体钙的 CT 值与 DXA 所测骨密度间呈显著正相关<sup>[18]</sup>。王平等<sup>[24]</sup>的研究也显示, 应用双能 CT 所测量腰椎骨钙

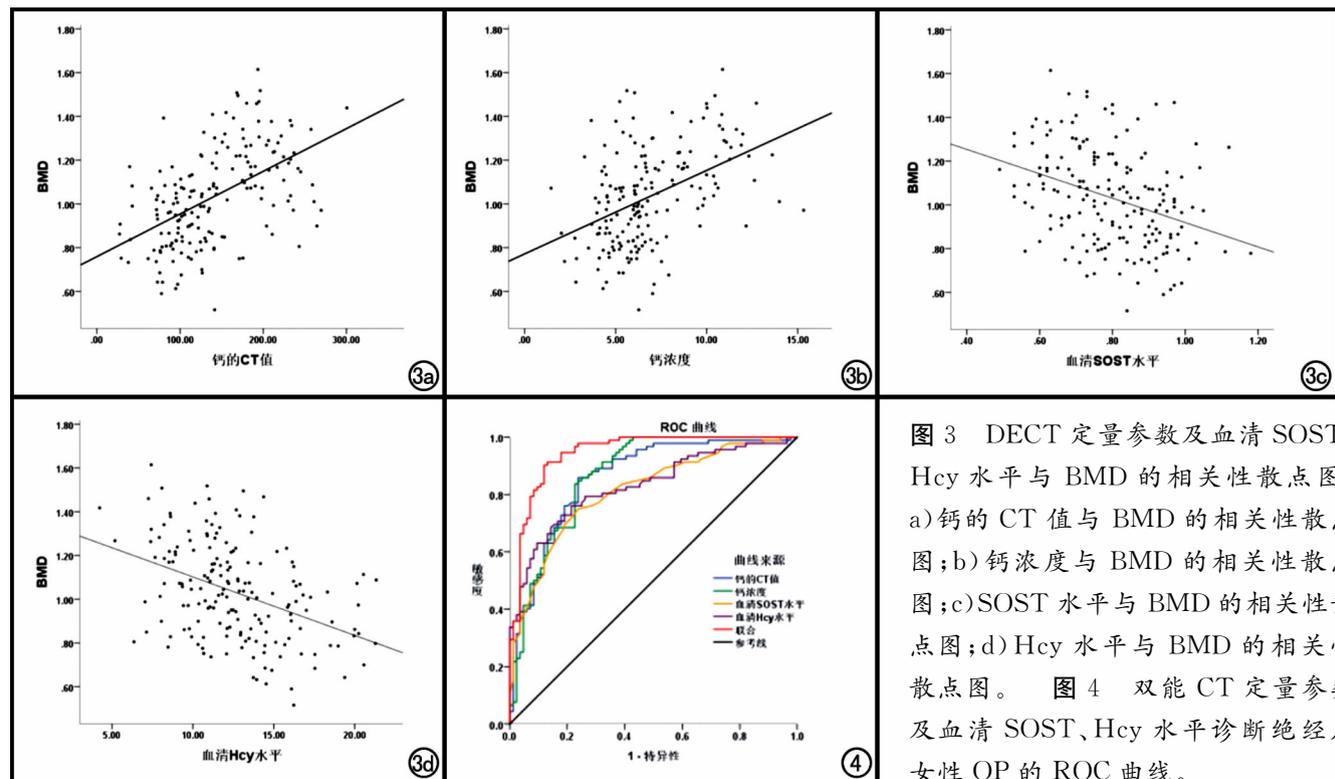


图 3 DECT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平与 BMD 的相关性散点图。a) 钙的 CT 值与 BMD 的相关性散点图; b) 钙浓度与 BMD 的相关性散点图; c) SOST 水平与 BMD 的相关性散点图; d) Hcy 水平与 BMD 的相关性散点图。图 4 双能 CT 定量参数及血清 SOST、Hcy 水平诊断绝经后女性 OP 的 ROC 曲线。

CT 值与定量 CT 所测 BMD 值密切相关,提示双能 CT 去钙技术可准确分离骨中骨钙及其他成分,实现单独测量骨钙质 CT 值,可精确地反映真实骨密度并发现骨量丢失。因此,应用双能 CT 测量腰椎钙的 CT 值和钙浓度可以反映腰椎的骨密度,在 OP 的评估中具有一定应用价值。

此外,笔者应用多因素二元 Logistic 回归分析了双能 CT 定量参数和血清 SOST、Hcy 水平对绝经后女性 OP 独立评估的效果,结果显示,钙的 CT 值、钙浓度及血清 SOST、Hcy 水平是 OP 的独立相关因素。笔者进一步应用 ROC 曲线分析了钙的 CT 值、钙浓度、血清 SOST、Hcy 水平及四者联合对绝经后女性 OP 的诊断效能,结果表明钙的 CT 值独立诊断 OP 的敏感度和特异度分别为 88.0% 和 71.4%,钙浓度独立诊断 OP 的敏感度和特异度分别为 87.0% 和 72.6%,这一结果显示应用双能 CT 诊断绝经后女性 OP 的特异度较为一般。血清 SOST 水平独立诊断 OP 的敏感度和特异度分别为 75.0% 和 76.2%,血清 Hcy 水平独立诊断 OP 的敏感度和特异度分别为 79.3% 和 73.8%,均不太理想。四者联合(钙的 CT 值、钙浓度、血清 SOST 水平、血清 Hcy 水平)诊断 OP 的敏感度和特异度分别为 90.2% 和 88.1%,效能较高。因此,在双能 CT 检查的基础上联合血清 SOST、Hcy 水平检测对绝经后女性 OP 的诊断效果较好。

综上所述,双能 CT 在绝经后女性 OP 的诊断中具有一定价值,采用血清 SOST、Hcy 水平作为辅助手段与双能 CT 联合使用有助于提升绝经后女性 OP 的诊断效能。

#### 参考文献:

- [1] Park DH, Seo SI, Lee KG, et al. Long-term proton pump inhibitor use and risk of osteoporosis and hip fractures: a nationwide population-based and multicenter cohort study using a common data model[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2022, 37(8): 1534-1543.
- [2] 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.
- [3] Lee DY, Chung YS. Quality of life and patient satisfaction with raloxifene/cholecalciferol combination therapy in postmenopausal women[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 7142.
- [4] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2017, 10(5): 413-443.
- [5] Cheng X, Blake GM, Guo Z, et al. Correction of QCT vBMD using MRI measurements of marrow adipose tissue[J]. *Bone*, 2019, 120(3): 504-511.
- [6] Bredella MA, Daley SM, Kalra MK, et al. Marrow adipose tissue quantification of the lumbar spine by using dual-energy CT and single-voxel  $^1\text{H-MR}$  Spectroscopy: a feasibility study[J]. *Radiology*, 2015, 277(1): 230-235.
- [7] 刘正华, 张玉婷, 黄大耿, 等. 双能量 CT 虚拟去钙技术评价骨质疏松症的价值[J]. *国际医学放射学杂志*, 2021, 44(5): 556-560.
- [8] 王林, 陈佳佳, 龚沈初, 等. 双能 CT 虚拟平扫诊断骨质疏松的初步研究[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(12): 949-953.
- [9] Kelly SP, Ramkumar DB. Sclerostin immunohistochemical staining in surgically treated giant cell tumor of bone[J]. *J Surg Oncol*, 2022, 126(3): 571-576.
- [10] Raskin KA, Chebib I, Schwab JH, et al. Sclerostin inhibition: a novel target for the treatment of postmenopausal osteoporosis[J]. *J Surg Oncol*, 2021, 12(4): 267-275.
- [11] Ebesunun MO, Umahoin KO, Alonge TO, et al. Plasma homocysteine, B vitamins and bone mineral density in osteoporosis: a possible risk for bone fracture[J]. *Afr J Med Med Sci*, 2014, 43(1): 41-47.
- [12] 吕磷琳, 孙芹敏, 杨春, 等. 大连地区中老年人 25-羟维生素 D 和同型半胱氨酸与骨质疏松症相关性研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2017, 23(10): 1317-1326.
- [13] Antoniou G, Benetos IS, Vlamis J, et al. Bone mineral density post a spinal cord injury: a review of the current literature guidelines[J]. *Clin Interv Aging*, 2022, 14(3): e23434.
- [14] 翟建, 吴雅琳, 胡琴, 等. 基于定量 CT 对不同性别、年龄人群尿酸与腰椎骨密度的相关性分析[J]. *放射学实践*, 2020, 35(3): 385-388.
- [15] Li J, Ren Y, Li S, et al. Relationship between sclerostin (SOST) expression and genetic loci rs851056, rs1230399 polymorphisms and bone mineral density in postmenopausal women with type 2 diabetes in Xinjiang[J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2021, 14(11): 4443-4450.
- [16] 许双燕, 冯涛, 曹宏伟, 等. 三维 CT 定量及定性参数与纯磨玻璃结节样肺腺癌 TOP2A、BASP1、FAM72 蛋白表达的相关性研究[J]. *放射学实践*, 2022, 37(5): 543-549.
- [17] 蓝博文, 唐润辉, 张志艳, 等. 多层螺旋 CT 像素指数定量分析在新型冠状病毒肺炎评估中的应用价值研究[J]. *新发传染病电子杂志*, 2021, 6(1): 22-26.
- [18] 刘瑛, 陈学志, 于皓. 双能 CT 虚拟平扫定量评估腰椎骨质疏松的价值[J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37(8): 1335-1339.
- [19] 任艳霞, 李军, 李思源, 等. 绝经后 2 型糖尿病患者血清骨硬化蛋白表达与骨密度关系的研究[J]. *中国糖尿病杂志*, 2021, 29(9): 683-687.
- [20] 陈婵. 维生素 D、维生素 B12 和同型半胱氨酸水平与绝经后女性骨密度的相关性研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25(2): 189-192.
- [21] Yang J, Xu S, Chen M, et al. Serum sclerostin and bone morphogenetic protein-2 levels in patients with ankylosing spondylitis: a meta-analysis[J]. *Calcif Tissue Int*, 2019, 105(1): 37-50.
- [22] Stolina M, Dwyer D, Niu QT, et al. Temporal changes in systemic and local expression of bone turnover markers during six months of sclerostin antibody administration to ovariectomized rats[J]. *Bone*, 2014, 67(10): 305-313.
- [23] 董丽娟, 高飞. 骨密度及骨代谢指标与同型半胱氨酸关系的研究进展[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2020, 26(8): 1241-1244.
- [24] 王平, 和建伟, 黄刚, 等. 应用双能 CT 与定量 CT 对椎体骨密度测量的对照研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2017, 23(2): 159-162.