

绝经后女性 25-(OH)D、D-二聚体、PINP 在 PMOP 中的诊断价值及相关性分析

朱正锴, 金开山, 缴克华

(上海市保健医疗中心老年病科, 上海 214065)

[摘要] 目的 分析绝经后女性 25-羟维生素 D[25-hydroxyvitamin D, 25-(OH)D]、D-二聚体(D-dimer, DD)、I 型原胶原氨基端前肽(procollagen type I N-terminal propeptide, PINP)在绝经后骨质疏松症(postmenopausal osteoporosis, PMOP)中的诊断价值及相关性。方法 收集 2022 年 1 月—2024 年 12 月在上 海市保健医疗中心体检中心进行健康体检的绝经后女性 255 例作为研究对象,按最低骨密度 T 值分为 3 组:正常组(T-值 ≥ -1.0),骨量减少组($-2.5 < T$ -值 < -1.0),骨质疏松组(T-值 ≤ -2.5)。对比 3 组血清 25-(OH)D、D-二聚体、PINP 浓度,通过 Pearson 相关分析绝经后女性血清 25-(OH)D、DD、PINP 浓度与 L₁₋₄ 骨密度、股骨颈骨密度、左髌骨密度的相关性,通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析血清 25-(OH)D、DD、PINP 在 PMOP 中的诊断效能。结果 骨质疏松组年龄(59.98 \pm 3.49)岁、绝经时间(7.28 \pm 2.39)年相较于正常组(52.76 \pm 3.87)岁、(2.90 \pm 2.57)年及骨量减少组(55.02 \pm 4.18)岁、(4.52 \pm 2.99)年均明显增加, L₁₋₄ 总和骨密度(0.730 \pm 0.064) g/cm²、股骨颈骨密度(0.680 \pm 0.057) g/cm²、左髌总和骨密度(0.868 \pm 0.059) g/cm² 相较于正常组均明显降低($P < 0.05$);骨质疏松组年龄、绝经时间相较于骨量减少组均明显增加, L₁₋₄ 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度相较于骨量减少组均明显降低($P < 0.05$)。骨质疏松组 25-(OH)D(17.70 \pm 7.28) μ g/L 显著低于骨量减少组(21.15 \pm 4.88) μ g/L 及正常组(25.43 \pm 4.15) μ g/L, DD(0.52 \pm 0.16) mg/L、PINP(67.94 \pm 15.76) μ g/L 显著高于另外 2 组($P < 0.05$);骨质疏松组 25-(OH)D 浓度相较于骨量减少组均明显降低, DD、PINP 浓度相较于骨量减少组均明显增加($P < 0.05$)。Pearson 相关分析发现,绝经后女性血清 25-(OH)D 浓度与 L₁₋₄ 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度均呈正相关($P < 0.001$);血清 DD、PINP 浓度与 L₁₋₄ 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度呈负相关($P < 0.001$)。25-(OH)D、DD、PINP 及联合诊断的 AUC 分别为 0.765、0.852、0.712、0.968,血清 25-(OH)D、DD、PINP 在诊断 PMOP 中均具有一定价值,联合诊断敏感度(96.7%)、特异度(88.2%)且联合诊断价值明显优于血清指标单一诊断($Z = 7.036, 12.927, 5.219, 43.446$, 均 $P < 0.05$)。结论 血清 25-(OH)D、DD 及 PINP 水平与不同部位骨密度密切相关,在 PMOP 诊断中具有一定的诊断价值,且联合诊断价值更高。

[关键词] 骨质疏松, 绝经后; 骨化二醇; D-二聚体 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.08.016

[中图分类号] R681.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2025)08-0965-06

Diagnostic value and correlation analysis of 25-(OH)D, D-dimer and PINP in PMOP in postmenopausal women

ZHU Zheng-kai, JIN Kai-shan, JIAO Ke-hua

(Department of Geriatrics, Shanghai Health and Medical Center, Shanghai 214065, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the diagnostic value and correlation of 25-hydroxyvitamin D [25-(OH)D], D-dimer (DD), and procollagen Type I N-terminal propeptide (PINP) in postmenopausal osteoporosis (PMOP) in postmenopausal women. **Methods** A total of 255 postmenopausal women who underwent physical examinations in the Physical Examination Center of Shanghai Health and Medical Center from January 2022 to December 2024 were collected as

[收稿日期] 2025-05-21

[基金项目] 上海市保健医疗中心面上项目(2024005)

[作者简介] 朱正锴(1983-),男,安徽安庆人,上海市保健医疗

中心主治医师,医学硕士,从事老年病科疾病诊治研究。

research subjects and divided into three groups according to the lowest T value of bone mineral density (BMD): normal group (T value ≥ -1.0), osteopenia group ($-2.5 < \text{T value} < -1.0$), and osteoporosis group (T value ≤ -2.5). The serum 25-(OH)D, DD and PINP concentrations were compared among the three groups. The correlation between serum 25-(OH)D, DD and PINP concentrations and L_{1-4} BMD, femoral neck BMD and left hip BMD in postmenopausal women was analyzed by Pearson correlation analysis. The diagnostic efficacy of serum 25-(OH)D, DD and PINP in PMOP was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curve.

Results The age [(59.98 ± 3.49) years] and menopause duration [(7.28 ± 2.39) years] of the osteoporosis group were significantly higher than those of the normal group [(52.76 ± 3.87) years, (2.90 ± 2.57) years] and the osteopenia group [(55.02 ± 4.18) years, (4.52 ± 2.99) years]. The total BMD of L_{1-4} [(0.730 ± 0.064) g/cm²], femoral neck BMD [(0.680 ± 0.057) g/cm²], and the total BMD of the left hip [(0.868 ± 0.059) g/cm²] were significantly lower in the osteoporosis group compared with the normal group ($P < 0.05$). The osteoporosis group had significantly higher age and menopause duration compared with the osteopenia group, and significantly lower total BMD of L_{1-4} , femoral neck BMD, and total BMD of the left hip compared with the osteopenia group ($P < 0.05$). The 25-(OH)D level [(17.70 ± 7.28) $\mu\text{g/L}$] in the osteoporosis group was significantly lower than that in the osteopenia group [(21.15 ± 4.88) $\mu\text{g/L}$] and the normal group [(25.43 ± 4.15) $\mu\text{g/L}$], while DD [(0.52 ± 0.16) mg/L] and PINP [(67.94 ± 15.76) $\mu\text{g/L}$] were significantly higher than those in the other two groups ($P < 0.05$). The 25-(OH)D concentration in the osteoporosis group was significantly lower than that in the osteopenia group, while the DD and PINP concentrations were significantly higher than those in the osteopenia group ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis revealed that serum 25-(OH)D concentrations in postmenopausal women were positively correlated with total BMD of L_{1-4} , femoral neck BMD, and total BMD of the left hip ($P < 0.001$), while serum DD and PINP concentrations were negatively correlated with total BMD of L_{1-4} , femoral neck BMD, and total BMD of the left hip ($P < 0.001$). The area under the ROC curve (AUC) values of 25-(OH)D, DD, and PINP alone and in combination for the diagnosis were 0.765, 0.852, 0.712, and 0.968, respectively, and serum 25-(OH)D, DD, and PINP all had certain diagnostic value in diagnosing PMOP. The combined diagnosis had a sensitivity of 96.7% and specificity of 88.2%, and the combined diagnostic value was significantly better than the single diagnosis of each serum indicator ($Z = 7.036, 12.927, 5.219, 43.446$, all $P < 0.05$).

Conclusion Serum 25-(OH)D, DD, and PINP levels are closely related to BMD in different body parts, and have certain diagnostic value in the diagnosis of PMOP, and the combined diagnostic value is higher.

[Key words] osteoporosis, postmenopause; calcifediol; D-dimer

绝经后骨质疏松症 (postmenopausal osteoporosis, PMOP) 是临床常见的慢性退行性疾病, 主要是由于绝经后卵巢萎缩, 雌激素减少导致的破骨细胞活性增强, 引发骨结构改变、骨量减少和脆性增加, 从而导致潜在的功能限制和致残^[1]。调查数据表明, 我国 50 岁以上女性骨质疏松发病率 32.1%, 65 岁以上患病率 51.6%, 严重影响其身体健康及生活质量^[2]。骨密度测量是临床诊断 PMOP 的金标准, 然而骨密度的变化发生很缓慢, 诊断相对滞后; 影像学检查也是该病常用的诊断手

段, 然而其只能在骨质结构改变时进行诊断, 临床应用受限^[3-4]。因此探究可早期诊断 PMOP 的有效手段, 阐明疾病发生机制对改善患者预后尤为重要。25-羟维生素 D [25-hydroxyvitamin D, 25-(OH)D] 作为维生素 D 在肝脏代谢中生成的活性物质, 25-(OH)D 水平反映维生素 D 营养状态, 维生素 D 缺乏在 PMOP 患者中常见, 会影响钙磷代谢与骨矿化。I 型原胶原氨基端前肽 (procollagen type I N-terminal propeptide, PINP) 作为骨形成标志物, β -交联 C 末端肽作为骨吸收标志物, 联合检测这三

者,能更全面地评估绝经后女性的骨代谢状态,辅助早期诊断 PMOP,对及时开展干预治疗、预防骨折等严重并发症具有重要意义^[5]。D-二聚体(D-dimer,DD)作为纤溶酶作用于纤维蛋白后生成的降解产物,近年研究发现其与骨代谢中的炎症反应密切相关,可能通过“炎症-凝血-骨吸收”轴影响 PMOP 进展^[6]。PINP 是一种骨形成标志物,可反映骨转换的活跃度,其具有极低的昼夜节律及生物变异,且不受食物摄入限制且受干扰因素少^[7]。基于上述背景,三者分别从骨矿化调节、炎症-凝血偶联、骨形成活性三个维度反映 PMOP 病理过程,联合检测可能提高诊断准确性。本研究旨在分析绝经后女性 25-(OH)D、DD、PINP 水平变化,并进一步探讨其在 PMOP 中的诊断价值及相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2022 年 1 月—2024 年 12 月在我院体检中心进行健康体检的 255 例绝经后女性作为研究对象,纳入标准:①自然绝经时间 ≥ 12 个月者;②非手术绝经者;③近 6 个月未使用治疗骨质疏松药物者;④资料齐全,且认知功能正常者;排除标准:①患有心血管、肝、肾等严重器质性疾病者;②患有恶性肿瘤者;③患有骨软化病、畸形性骨炎等骨质疾病者;④继发性骨质疏松症,或绝经前出现骨质疏松症者;⑤患有严重感染者。

研究方案获得医院伦理委员会批准[编号:(2025)伦研批会第 9 号]。

1.2 方法

1.2.1 骨密度检测及分组 通过 Discovery A 双能 X 线骨密度仪(美国 Hologic 公司)检测所有入组的受试者 L_{1-4} 骨密度、股骨颈骨密度、左髌骨密度,记录骨密度 T 值,并按照其最低骨密度 T 值分为 3 组:正常组(T 值 ≥ -1.0 , $n=102$),骨量减少组($-2.5 < T \text{ 值} < -1.0$, $n=93$),骨质疏松组(T 值 ≤ -2.5 , $n=60$)。

1.2.2 资料收集 详细询问所有入组的受试者年龄、产次、绝经时间、体重指数(body mass index, BMI)、腰围、臀围等资料,并记录。

1.2.3 血清指标检测 所有入组的受试者均于清晨抽取空腹静脉血 4 mL,经低温高速离心机(Beckman Coulter 公司)处理后取上层血清检测,3 000 r/min,时间为 10 min。血清 25-(OH)D、PINP 浓度通过电化学发光法测定,25-(OH)D 试剂盒(批号:66018UD00)购于雅培爱尔兰诊断公司,PINP 试剂盒(批号:773789)购于罗氏诊断公司,DD 浓度通过免疫比浊法测定,DD 试剂盒(批号:B36484)购于沃芬公司。

1.3 统计学方法 应用 SPSS 23.0 统计软件分析数据。计数资料采用单因素方差分析、SNK- q 检验。Pearson 相关分析绝经后女性血清 25-(OH)D、DD、PINP 浓度与 L_{1-4} 骨密度、股骨颈骨密度、左髌骨密度的相关性。受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析血清 25-(OH)D、DD、PINP 在 PMOP 中的诊断效能,计算曲线下面积(area under the curve, AUC)、敏感度、特异度,通过 Z 检验比较联合诊断与单一指标的 AUC 差异。联合诊断采用 Logistic 回归模型构建预测因子,公式: $\text{logit}(P) = -0.042 \times 25\text{-(OH)D} + 3.125 \times \text{DD} + 0.021 \times \text{PINP} - 2.361$,以预测概率 > 0.183 为截断值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组一般资料分析 骨量减少组、骨质疏松组年龄、绝经时间相较于正常组均明显增加, L_{1-4} 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度相较于正常组均明显降低($P < 0.05$);骨质疏松组年龄、绝经时间相较于骨量减少组均明显增加, L_{1-4} 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度相较于骨量减少组均明显降低($P < 0.05$)。3 组产次、BMI、腰/臀比比,差异无统计学意义(> 0.05)。见表 1。

表 1 3 组一般资料分析

Table 1 Comparison of general data among the three groups

组别	例数	年龄(岁)	产次(次)	绝经时间(年)	BMI	腰/臀比	$(\bar{x} \pm s)$		
							L_{1-4} 总和骨密度(g/cm ²)	股骨颈骨密度(g/cm ²)	左髌总和骨密度(g/cm ²)
正常组	102	52.76 \pm 3.87	1.15 \pm 0.50	2.90 \pm 2.57	23.19 \pm 2.43	0.82 \pm 0.05	1.032 \pm 0.069	0.957 \pm 0.051	1.066 \pm 0.061
骨量减少组	93	55.02 \pm 4.18*	1.15 \pm 0.51	4.52 \pm 2.99*	22.49 \pm 2.90	0.83 \pm 0.11	0.890 \pm 0.086*	0.852 \pm 0.059*	0.942 \pm 0.064*
骨质疏松组	60	59.98 \pm 3.49*#	1.25 \pm 0.60	7.28 \pm 2.39*#	23.47 \pm 2.63	0.85 \pm 0.06	0.730 \pm 0.064*#	0.680 \pm 0.057*#	0.868 \pm 0.059*#
F 值		64.942	0.831	49.975	0.053	1.888	163.442	167.463	161.702
P 值		<0.001	0.437	<0.001	0.948	0.153	<0.001	<0.001	<0.001

* P 值 < 0.05 与正常组比较 # P 值 < 0.05 与骨量减少组比较(SNK- q 检验)

2.2 3组血清 25-(OH)D、DD、PINP 浓度比较 骨量减少组、骨质疏松组 25-(OH)D 浓度相较于正常组均明显降低,DD、PINP 浓度相较于正常组均明显增加($P < 0.05$);骨质疏松组 25-(OH)D 浓度相较于骨量减少组均明显降低,DD、PINP 浓度相较于骨量减少组均明显增加($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 绝经后女性血清 25-(OH)D、DD、PINP 浓度与不同部位骨密度相关性分析 Pearson 相关分析发现,绝经后女性血清 25-(OH)D 浓度与 L_{1-4} 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度均呈正相关,差异有统计学意义($P < 0.05$);血清 DD、PINP 浓度与不同部位骨密度呈负相关,差异有统计学意义

($P < 0.05$)。见表 3。

表 2 3组血清 25-(OH)D、DD、PINP 水平比较
Table 2 Comparison of serum 25-(OH)D, DD and PINP levels among the three groups

组别	例数	$(\bar{x} \pm s)$		
		25-(OH)D ($\mu\text{g/L}$)	DD(mg/L)	PINP ($\mu\text{g/L}$)
正常组	102	25.43 \pm 4.15	0.23 \pm 0.07	51.64 \pm 9.45
骨量减少组	93	21.15 \pm 4.88*	0.39 \pm 0.11*	62.47 \pm 13.71*
骨质疏松组	60	17.70 \pm 7.28*#	0.52 \pm 0.16*#	67.94 \pm 15.76*#
F 值		42.362	129.217	35.053
P 值		<0.001	<0.001	<0.001

* P 值<0.05 与正常组比较 # P 值<0.05 与骨量减少组比较 (SNK- q 检验)

表 3 Pearson 相关分析

Table 3 Pearson correlation analysis

指标	L_{1-4} 总和骨密度		股骨颈骨密度		左髌总和骨密度	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
25-(OH)D	0.377	<0.001	0.384	<0.001	0.391	<0.001
DD	-0.573	<0.001	-0.555	<0.001	-0.574	<0.001
PINP	-0.341	<0.001	-0.368	<0.001	-0.312	<0.001

2.4 血清 25-(OH)D、DD、PINP 在 PMOP 中的诊断效能分析 ROC 曲线分析发现,血清 25-(OH)D、DD、PINP 在 PMOP 中的诊断 AUC 分别为 0.765, 0.852, 0.712, 0.968, 敏感度为 73.3%、

85.0%、68.3%、96.7%, 特异度为 71.3%、68.7%、66.6%、88.2%, 且联合诊断价值明显优于血清 25-(OH)D、DD、PINP 单一诊断 ($Z = 7.036$ 、12.927、5.219、43.446, $P < 0.05$)。见表 4, 图 1。

表 4 ROC 曲线分析

Table 4 ROC curve analysis

指标	AUC	标准误	95%CI	Z 值	P 值	最佳截断值	敏感度(%)	特异度(%)
25-(OH)D	0.765	0.038	0.708~0.816	7.036	<0.001	20.6 $\mu\text{g/L}$	73.3	71.3
DD	0.852	0.027	0.802~0.893	12.927	<0.001	>0.3 mg/L	85.0	68.7
PINP	0.712	0.041	0.652~0.767	5.219	<0.001	>61.81 $\mu\text{g/L}$	68.3	66.6
联合诊断	0.968	0.011	0.938~0.986	43.446	<0.001	>0.183	96.7	88.2

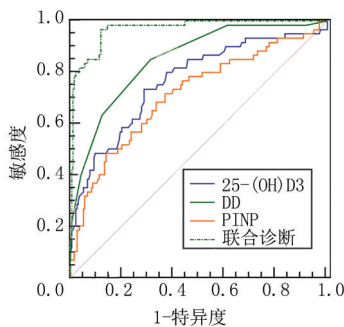


图 1 ROC 曲线分析

Figure 1 ROC curve analysis

3 讨论

PMOP 是绝经后女性常见的疾病,大部分患者早期症状不明显,随着疾病进展会引发骨折致残、驼背、腰背疼痛等不良事件,已成为严重影响患者生活质量的主要因素^[8]。近年来,关于 PMOP 的研究不断深入,2023 年一项基于大样本队列的研究显示,

绝经后女性血清中骨保护素水平降低与 PMOP 发病风险升高显著相关,可作为早期筛查的潜在指标^[9]。有报道显示,PMOP 患者骨质疏松症性骨折发生率较高,该疾病能够明显降低机体对维生素 D 及钙物质的吸收能力,增加骨折愈合时间及并发症发生率^[10]。因此重视 PMOP 早期诊断,予以及时有效的干预,对减少骨折发生率及改善预后具有重要意义。

25-(OH)D 是生物体内维生素 D 的重要贮存及形式,半衰期长且性质稳定,可增强机体对钙、磷等微量元素的吸收功能,有利于维持钙稳定,促进骨矿物化,在骨代谢过程中发挥着至关重要的作用^[11]。殷小红等^[12]研究表明,25-(OH)D 浓度降低会导致甲状旁腺激素大量释放至骨细胞,从而导致高骨转换率,增加破骨细胞活性,降低骨密度;反之,其可诱导甲状腺 C 细胞大量大量释放降钙素,抑制破骨细胞活性,降低高骨转换率,提高骨密度。另有

研究表明血清 25-(OH)D 水平低于 30 $\mu\text{g/L}$ 的女性,甲状旁腺激素平均水平相较于正常水平女性高出 20%,且骨密度检测显示腰椎及髌部骨密度均显著降低^[13]。研究发现,骨量减少组、骨质疏松组 25-(OH)D 浓度相较于正常组明显降低,且骨质疏松组 25-(OH)D 浓度相较于骨量减少组明显降低;Pearson 相关分析发现,绝经后女性血清 25-(OH)D 浓度与 L_{1-4} 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度均呈正相关,这与 Wang 等^[14] 研究结果基本一致。25-(OH)D 浓度降低会影响骨骼对钙物质的吸收,引发成骨细胞活性减弱,减少骨诱导物质释放量,增加破骨细胞活性;此外还会对机体免疫功能、细胞增殖分化等造成不良影响,最终诱发骨质疏松症^[15]。因此绝经后女性需保证可通过膳食摄取足够的维生素 D,必要时可予以维生素 D 补充剂,以确保维持足够的血清 25-(OH)D 水平。

DD 是一种交联纤维蛋白降解产物,在凝血和纤溶级联反应激活时产生,可反映体内凝血与纤溶系统的动态平衡^[16]。绝经后女性体内雌激素水平显著下降,这会导致免疫系统失衡,促使炎症细胞因子如白细胞介素 6、肿瘤坏死因子 α 等大量释放^[15]。炎症状态下,血管内皮细胞受损,释放组织因子,进而激活外源性凝血途径,使得凝血酶生成增加,纤维蛋白原转化为纤维蛋白,最终导致 DD 水平升高^[17]。唐敏等^[18] 研究显示,老年女性骨质疏松性骨折患者血清 DD 水平与骨代谢指标具有相关性,且白蛋白、TPINP 与骨折患者年龄校正后的 DD 水平独立相关。本研究发现,骨量减少组、骨质疏松组 DD 浓度相较于正常组均明显增加;骨质疏松组 DDP 浓度相较于骨量减少组均明显增加;Pearson 相关分析发现,血清 DD 浓度与 L_{1-4} 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度呈负相关,这与段伟超等^[19] 研究结果基本一致。PMOP 患者体内伴随炎症性反应,绝经后雌激素缺乏会导致机体氧化应激水平升高,活性氧(reactive oxygen species,ROS)产生增加。氧化应激可以通过多种途径影响 DD 与骨代谢的关系。一方面,ROS 通过激活核因子 κB 和 MAPK 信号通路,促进白细胞介素 6 和肿瘤坏死因子 α 的释放,进而增强炎症-凝血-骨代谢轴的活性。该研究还指出,ROS 可通过上调组织因子表达,促进凝血酶生成,进一步加剧骨微环境的炎症反应^[20]。另一方面,氧化应激可能是骨质疏松症中骨密度降低的一个致病因素。衰老和雌激素水平变化会破坏氧化还原平衡,导致氧化应激,许多骨质疏松症患者表现出高水平的氧化应激,其在骨质疏松症

进展过程中对骨微结构破坏、骨量丢失等病理变化起着重要作用^[21]。可导致血管内皮功能受损,血小板活化,血流动力学发生变化,引发高凝状态,进而导致 DD 浓度增加。

I 型胶原作为骨脊柱最主要成分之一,在成骨细胞介导骨形成过程中 I 型胶原前体能够裂解大量成熟的胶原,而 PINP 是其副产物,可反映骨形成的活力^[22]。付海宁等^[23] 研究表明,PMOP 患者血清 PINP 浓度增加能够导致钙-磷代谢紊乱,影响破骨细胞及成骨细胞平衡。本研究发现,骨量减少组、骨质疏松组 PINP 浓度相较于正常组均明显增加;骨质疏松组 PINP 浓度相较于骨量减少组均明显增加。血清 PINP 浓度与 L_{1-4} 总和骨密度、股骨颈骨密度、左髌总和骨密度呈负相关,这与高丽丽等^[24] 研究结果基本一致。随着绝经后女性骨量丢失增加,说明机体对维生素 D 及钙物质等吸收能力明显减弱,引发骨矿化不良、骨吸收增加等病理现象,破骨细胞活性增加,成骨细胞功能代偿性增强,I 型胶原合成增加,引发高骨转换率,最终导致血清 PINP 浓度增加^[24-25]。

除此之外,本研究通过血清 25-(OH)D、DD、PINP 对 PMOP 诊断效能进行分析,发现三种血清指标在诊断 PMOP 中均具有一定价值,且联合诊断价值明显优于血清指标单一诊断($Z = 7.036$ 、 12.927 、 5.219 、 43.446 ,均 $P < 0.05$)。

局限性:①单中心研究,样本量有限;②未纳入季节、日照时间、维生素 D 补充史等影响 25-(OH)D 的因素;③未排除血栓病史、药物对 DD 的干扰;④分组仅依据骨密度,未结合骨折史或临床症状;⑤未与其他骨代谢标志物直接比较。

综上所述,血清 25-(OH)D、DD 及 PINP 水平与不同部位骨密度密切相关,在 PMOP 诊断中具有一定的诊断价值,且联合诊断价值更高,为临床早期筛查 PMOP 提供参考。

[参考文献]

- [1] 张青龙,张克勤,李然.绝经后女性血清 GLP-1 水平与骨密度、骨转换标志物及骨质疏松性骨折的关系[J].江苏大学学报(医学版),2023,33(3):239-244.
- [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] 王津,张云,陈实,等. β -CTX、t-PINP 及 N-MID-OT 在绝经后女性骨质疏松性骨折风险评估中的应用[J].中国骨质疏松杂志,2024,30(2):176-180.
- [4] Kong SH, Kim JH, Kim SW, et al. Effect of denosumab on the change of osteoclast precursors compared to zoledronate

- treatment in postmenopausal women with osteoporosis[J]. *J Bone Metab*, 2022, 29(2):93-101.
- [5] 李珍, 康丽荣, 乔鹏艳. 绝经后骨质疏松症患者血清 Cathe K, 25(OH)D, 基质 Gla 蛋白变化及临床意义[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2024, 18(5):724-727.
- [6] Feng L, Xie ZX, Zhou XT, et al. Diagnostic value of D-dimer for lower extremity deep venous thrombosis caused by rib fracture: a retrospective study[J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1):515.
- [7] 张玉婷, 侯静雯, 张蕾, 等. 外泌体 miR-338 对骨质疏松大鼠骨代谢水平、骨小梁微结构和骨生物力学的影响[J]. *现代生物医学进展*, 2023, 23(9):1631-1635.
- [8] 陈雪松, 宋超, 肖国庆, 等. 地舒单抗和唑来膦酸用于 OVCF 经 PKP 后的疗效对比[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2025, 31(1):44-48.
- [9] 黄燕红, 黄丽玲, 雷美红, 等. 绝经后骨质疏松症患者血清几丁质酶壳三糖苷酶、血管活性肠肽水平与骨密度及骨代谢标志物的相关性研究[J]. *现代检验医学杂志*, 2022, 37(2):179-183, 189.
- [10] 罗成斌, 廖中琴, 孙冉. 整体调节针法治疗绝经后骨质疏松症的骨折风险评估[J]. *云南中医药大学学报*, 2025, 48(3):52-55.
- [11] 江燕, 蒋翔宁, 汪颖峰. 血清 IL-6、铁蛋白、25(OH)D₃ 水平变化与骨质疏松性胸腰椎骨折患者保守治疗后骨折未愈合的关系[J]. *颈腰痛杂志*, 2024, 45(5):825-830.
- [12] 殷小红, 李亚, 马卫国, 等. 绝经后骨质疏松患者血清 DPP-4、UA、P、25(OH)D₃ 水平变化及其与骨代谢指标的相关性[J]. *海南医学*, 2024, 35(3):372-375.
- [13] 隆元英, 陈玲, 曹小春, 等. 血清甲状旁腺素、胃饥饿素联合 25 羟维生素 D₃ 检测对绝经后骨质疏松症的临床诊断价值[J]. *国际检验医学杂志*, 2024, 45(8):1021-1024.
- [14] Wang D, Yang Y. The relationship between serum 25-hydroxyvitamin D levels and osteoporosis in postmenopausal women[J]. *Clin Interv Aging*, 2023, 18:619-627.
- [15] Reis AR, Santos RKF, Dos Santos CB, et al. Supplementation of vitamin D isolated or calcium-associated with bone remodeling and fracture risk in postmenopausal women without osteoporosis: A systematic review of randomized clinical trials[J]. *Nutrition*, 2023, 116:112151.
- [16] 许玫莎, 王聪, 郑友峰, 等. 急性肺栓塞患者血浆 TIMP-1、VEGF 和 LTBP-2 水平表达与危险分层及死亡的相关性研究[J]. *现代检验医学杂志*, 2025, 40(1):169-173.
- [17] 侯心阔. 探讨 PT、FDP、DD、PCT 联合部分生化、炎症指标与急性胆管炎严重程度相关性[D]. 西宁: 青海大学, 2024.
- [18] 唐敏, 桑阳, 赵丹. 老年女性骨质疏松性骨折患者骨代谢相关生化指标变化及分析[J]. *临床医学研究与实践*, 2023, 8(6):17-20.
- [19] 段伟超, 陈俊刚, 成朋朋. 血清 IL-17、D-D 水平对骨质疏松性椎体压缩骨折患者术后发生再骨折的影响[J]. *四川生理科学杂志*, 2022, 44(10):1859-1861.
- [20] Iantomasi T, Romagnoli C, Palmini G, et al. Oxidative stress and inflammation in osteoporosis: Molecular mechanisms involved and the relationship with microRNAs[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(4):3772.
- [21] Kimball JS, Johnson JP, Carlson DA. Oxidative stress and osteoporosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2021, 103(15):1451-1461.
- [22] Jia L, Cheng M. Correlation analysis between risk factors, BMD and serum osteocalcin, CatheK, PINP, β -crosslaps, TRAP, lipid metabolism and BMI in 128 patients with postmenopausal osteoporotic fractures [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2022, 26(21):7955-7959.
- [23] 付海宁, 丁晓明, 李新宇, 等. 骨质疏松患者 Th17/Treg 细胞平衡状况及其与骨代谢指标的相关性[J]. *海南医学*, 2023, 34(11):1590-1593.
- [24] 高丽丽, 倡微. 绝经后女性 P I NP、 β -CTX 水平与骨密度的相关性分析[J]. *临床医学研究与实践*, 2023, 8(18):17-20.
- [25] Tripto-Shkolnik L, Szalat A, Tsvetov G, et al. Oral daily PTH (1-34) tablets (EB613) in postmenopausal women with low BMD or osteoporosis: A randomized, placebo-controlled, 6-month, phase 2 study[J]. *J Bone Miner Res*, 2024, 39(6):672-682.

(本文编辑:刘斯静)