

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.10.017
文章编号: 1005-8982 (2026) 10-0113-06

临床研究·论著

老年骨质疏松患者血清25-羟维生素D₃水平与骨代谢指标及骨折风险的关系研究*

康燕华, 朱宗林, 陈镜清, 张少红

[晋江市医院(上海市第六人民医院福建医院)医学检验科, 福建 晋江 362200]

摘要: **目的** 分析老年骨质疏松患者血清25-羟维生素D₃ [25(OH)D₃] 水平与骨代谢指标及骨折风险的关系。**方法** 选取2022年1月—2024年10月晋江市医院收治的106例老年骨质疏松患者为观察组, 另取同期该院健康体检者81例为对照组。比较观察组与对照组血清25(OH)D₃、β-胶原特殊序列(β-CTX)、总1型胶原氨基端延长肽(TP1NP)水平, 并通过Pearson法对血清25(OH)D₃水平与β-CTX、TP1NP水平进行相关性分析。对观察组患者进行为期1年的随访, 根据患者是否发生骨质疏松性骨折(OPF)分为OPF组与非OPF组, 比较两组血清25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平, 并进行多因素一般Logistic回归分析, 绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 评估血清25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平及其联合检测对OPF的预测价值。**结果** 观察组25(OH)D₃水平低于对照组, β-CTX、TP1NP水平均高于对照组($P < 0.05$)。Pearson相关性分析结果表明, 25(OH)D₃水平与β-CTX水平($r = -0.450, P = 0.000$)、TP1NP水平($r = -0.410, P = 0.000$)均呈负相关。OPF组25(OH)D₃水平低于非OPF组, β-CTX、TP1NP水平高于非OPF组($P < 0.05$)。多因素一般Logistic回归分析结果表明: 25(OH)D₃水平高[OR=0.799 (95% CI: 0.642, 0.994)]为骨质疏松患者发生OPF的保护因素($P < 0.05$), β-CTX水平高[OR=51.449 (95% CI: 5.418, 488.578)]、TP1NP水平高[OR=1.262 (95% CI: 1.109, 1.435)]均为骨质疏松患者发生OPF的危险因素($P < 0.05$)。ROC曲线结果表明, 三者联合检测对骨质疏松患者发生OPF有较高的预测效能, 敏感性为78.1% (95% CI: 0.600, 0.907), 特异性为93.2% (95% CI: 0.849, 0.978)。**结论** 血清25(OH)D₃水平降低与β-CTX、TP1NP水平升高是老年骨质疏松患者发生OPF的危险因素, 且三者联合检测对OPF具有较高的预测效能。

关键词: 老年骨质疏松; 骨折; 血清25-羟维生素D₃; 骨代谢指标

中图分类号: R681.1

文献标识码: A

Associations of serum 25-hydroxyvitamin D₃ with bone metabolic markers and fracture risk in elderly patients with osteoporosis*

Kang Yan-hua, Zhu Zong-lin, Chen Jing-qing, Zhang Shao-hong

[Department of Clinical Laboratory, Jinjiang Municipal Hospital (Shanghai Sixth People's Hospital Fujian Hospital), Jinjiang, Fujian 362200, China]

Abstract: Objective To analyze the associations of serum 25-hydroxyvitamin D₃ [25(OH)D₃] with bone metabolic markers and fracture risk in elderly patients with osteoporosis. **Methods** A total of 106 elderly patients with osteoporosis admitted to our hospital between January 2022 and October 2024 were selected as the observation group. Additionally, 81 healthy individuals who underwent health check-ups at the same hospital during the same period were selected as the control group. Serum levels of 25(OH)D₃, beta-CrossLaps (β-CTX) and total procollagen type 1 N-terminal propeptide (TP1NP) were compared between the observation group and the control group, and

收稿日期: 2025-12-07

* 基金项目: 福建省自然科学基金 (2024J011582)

Pearson's correlation analysis was performed to assess the relationship between serum 25(OH)D₃ levels and those of β-CTX and TP1NP. Patients in the observation group were followed up for one year and classified into an osteoporotic fracture (OPF) group and a non-OPF group based on whether they had sustained an osteoporotic fracture. Serum levels of 25(OH)D₃, β-CTX and TP1NP were compared between the two groups, and the multivariable general logistic regression analysis was performed. Receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted to assess the predictive value of serum 25(OH)D₃, β-CTX, TP1NP levels, and their combination for OPF. **Results** The 25(OH)D₃ levels in the observation group were lower than those in the control group, whilst β-CTX and TP1NP levels were both higher in the observation group than in the control group ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis revealed that 25(OH)D₃ levels were negatively correlated with β-CTX levels ($r = -0.450$, $P = 0.000$) and TP1NP levels ($r = -0.410$, $P = 0.000$). The 25(OH)D₃ levels in the OPF group were lower than those in the non-OPF group, whilst β-CTX and TP1NP levels were higher in the OPF group than in the non-OPF group ($P < 0.05$). The multivariable general logistic regression analysis indicated that high 25(OH)D₃ levels [$\hat{OR} = 0.799$ (95% CI: 0.642, 0.994)] were a protective factor against the development of OPF in patients with osteoporosis ($P < 0.05$), whilst high β-CTX levels [$\hat{OR} = 51.449$ (95% CI: 5.418, 488.578)] and high TP1NP levels [$\hat{OR} = 1.262$ (95% CI: 1.109, 1.435)] were both risk factors for the development of OPF in patients with osteoporosis ($P < 0.05$). The ROC curve analysis indicated that the combined detection of these three markers demonstrated high predictive performance for OPF in patients with osteoporosis, with a sensitivity of 78.1% (95% CI: 0.600, 0.907) and a specificity of 93.2% (95% CI: 0.849, 0.978). **Conclusion** Reduced serum 25(OH)D₃ levels and elevated β-CTX and TP1NP levels are risk factors for OPF in elderly patients with osteoporosis, and the combined detection of these three markers demonstrates high predictive efficacy for OPF.

Keywords: osteoporosis in the elderly; fractures; serum 25-hydroxyvitamin D₃; bone metabolic markers

我国中老年常住居民骨质疏松的年龄标准化患病率已达 33.49%，且随着人口老龄化进程加速，患病比例呈显著上升趋势^[1-2]。老年骨质疏松的核心特征是骨量减少、骨组织微结构破坏，导致骨质疏松性骨折显著增加，进而易发骨质疏松性骨折 (osteoporotic fracture, OPF)^[3]。OPF 不仅会给患者带来剧烈疼痛，还可能导致肢体功能障碍、长期卧床等问题，严重影响患者生活质量，同时加重家庭照护负担与社会医疗成本。因此，早期精准预测 OPF 发生风险，对临床制订防治策略具有重要指导意义^[4]。维生素 D 缺乏是骨质疏松发生、发展的重要危险因素，而血清 25-羟维生素 D₃ [25-hydroxyvitamin D₃, 25(OH)D₃] 是维生素 D 的主要活性代谢产物，是评估机体维生素 D 营养状态的最佳客观指标^[5]。25(OH)D₃ 通过调节钙磷代谢、促进成骨细胞活性、抑制破骨细胞增殖等，影响局部骨质代谢，进而调控骨密度及骨微观结构稳定性，直接参与骨质疏松的发生、发展。β-胶原特殊序列 (beta-CrossLaps, β-CTX) 和总 1 型胶原氨基端延长肽 (total procollagen type 1 N-terminal propeptide, TP1NP) 是反映骨代谢动态平衡的核心指标，其中 β-CTX 反映骨吸收程度，TP1NP 反映骨形成水平，两者联合检测有助于全面评估骨代谢状态^[6]。但

目前临床关于 25(OH)D₃ 与 β-CTX、TP1NP 的具体联系及对 OPF 的影响机制尚未形成明确共识，相关研究仍需进一步深化。

基于此，本研究通过比较老年骨质疏松患者与健康人群的血清指标，分析 25(OH)D₃ 水平与 β-CTX、TP1NP 水平的相关性，旨在为临床骨质疏松患者发生 OPF 的风险预警及治疗效果评估提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2022 年 1 月—2024 年 10 月晋江市医院收治的 106 例老年骨质疏松患者作为观察组。其中男性 42 例，女性 64 例；年龄 (70.56 ± 7.44) 岁，体质指数 (body mass index, BMI) (23.28 ± 4.07) kg/m²。另选取同期本院健康体检者 81 例为对照组，其中男性 30 例，女性 51 例；年龄 (69.93 ± 7.01) 岁，BMI (23.49 ± 4.15) kg/m²。两组患者性别构成、年龄及 BMI 比较，经 χ^2/t 检验，差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)，具有可比性。本研究经医院医学伦理委员会批准 (jjsyy11-2021-227)，所有患者及家属知情同意。

观察组患者在随访期间均接受基于《中国老年骨质疏松症诊疗指南(2023)》^[7]的基础干预,包括健康教育(涵盖均衡饮食、适度户外活动与日照)、补充基础剂量的钙剂与维生素D(碳酸钙D₃片600 mg/d,骨化三醇0.25 μg/d)及跌倒预防指导。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①年龄≥60岁,符合《中国老年骨质疏松症诊疗指南(2023)》^[7]中骨质疏松症的诊断标准;②接受骨折风险评估,且评估结果完整;③依从性好,能够配合完成为期1年的随访。

1.2.2 排除标准 ①诊断为继发性骨质疏松;②有OPF既往史或研究期间发生非骨质疏松性骨折;③长期服用影响骨代谢的药物,或合并先天骨骼畸形、骨代谢异常等疾病;④合并恶性肿瘤、严重心脑血管疾病、肝肾功能障碍等器质性疾病;⑤存在精神障碍、认知功能异常等情况,无法配合完成研究。

1.3 研究方法

1.3.1 骨折风险评估 采用FRAX骨折风险评估工具,登录网站(<https://testing.fraxplus.org/zh-Hans>)并选择中国人群适用模式。录入患者年龄、性别、既往骨折史、吸烟饮酒史等相关风险因子及腰椎、髌部等部位的骨密度检测数据,经系统内置算法自动计算患者未来10年内主要部位发生OPF的概率。以10年内主要部位发生OPF的概率≥20%或髌部发生骨折的概率≥3%作为风险评估的参考阈值。

1.3.2 骨代谢指标检测 所有患者于清晨空腹状态下采集静脉血。收集血清,采用电化学发光法检测血清25(OH)D₃、TP1NP、β-CTX水平,检测过程严格遵循试剂盒说明书,试剂盒均购自罗氏诊断产品(上海)有限公司。

1.3.3 随访管理 自观察组患者入组之日起,随访1年。通过电话、微信相结合的方式,每月进行1次常规随访,重点记录患者身体状况、是否发生骨折及相关诊疗情况。若随访期间患者发生OPF,则立即记录相关信息并终止随访;未发生骨折患者则持续随访至截止时间。最终根据1年内OPF发生情况,将观察组分为OPF组与非OPF组。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0统计软件。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验;计数资料以构成比(%)表示,比较用 χ^2 检验;影响因素分析采用多因素一般Logistic回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 观察组与对照组25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平比较

观察组与对照组25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);观察组25(OH)D₃水平低于对照组,β-CTX、TP1NP水平均高于对照组。见表1。

表1 观察组与对照组25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	25(OH)D ₃ /(ng/mL)	β-CTX/(μg/L)	TP1NP/(μg/L)
观察组	106	19.55 ± 3.30	0.98 ± 0.33	62.12 ± 8.20
对照组	81	26.59 ± 3.73	0.62 ± 0.20	55.09 ± 6.15
t 值		13.679	9.322	6.696
P 值		0.000	0.000	0.000

2.2 25(OH)D₃水平与β-CTX、TP1NP水平的相关性分析

经Pearson相关性分析,结果表明:25(OH)D₃水平与β-CTX水平($r = -0.450$, $P = 0.000$)、TP1NP水平($r = -0.410$, $P = 0.000$)均呈负相关。

2.3 OPF组与非OPF组25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平比较

OPF组与非OPF组25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);OPF组25(OH)D₃水平低于非OPF组,β-CTX、TP1NP水平高于非OPF组。见表2。

2.4 25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP影响OPF发生的多因素一般Logistic回归分析

以患者是否发生OPF(否=0,是=1)为因变量,25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP水平(均为实测值)为自变量,进行多因素一般Logistic回归分析,结果表明:25(OH)D₃水平高[OR = 0.799 (95% CI: 0.642, 0.994)]为骨质疏松患者发生OPF的保护因

表 2 OPF 组与非 OPF 组 25(OH)D₃、β-CITX、TP1NP 水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	25(OH)D ₃ (ng/mL)	β-CITX/(μg/L)	TP1NP/(μg/L)
OPF 组	32	17.63 ± 2.98	1.23 ± 0.36	69.53 ± 7.59
非 OPF 组	74	20.37 ± 3.10	0.87 ± 0.24	58.91 ± 6.14
t 值		4.234	5.113	7.599
P 值		0.000	0.000	0.000

素 ($P < 0.05$), β-CITX 水平高[OR = 51.449 (95% CI: 5.418, 488.578)], TP1NP 水平高[OR = 1.262 (95% CI:

1.109, 1.435)]均为骨质疏松患者发生 OPF 的危险因素 ($P < 0.05$)。见表 3。

2.5 血清 25(OH)D₃、β-CITX、TP1NP 及其联合检测对 OPF 的预测价值

ROC 曲线结果表明, 25(OH)D₃、β-CITX、TP1NP 联合检测对骨质疏松患者发生 OPF 有较高的预测价值, 其敏感性为 78.1% (95% CI: 0.600, 0.907), 特异性为 93.2% (95% CI: 0.849, 0.978)。见表 4 和图 1。

表 3 25(OH)D₃、β-CITX、TP1NP 影响 OPF 发生的多因素一般 Logistic 回归分析参数

因素	b	S _b	Wald χ ² 值	P 值	OR 值	95% CI	
						下限	上限
25(OH)D ₃	-0.225	0.112	4.062	0.044	0.799	0.642	0.994
β-CITX	3.941	1.148	11.773	0.001	51.449	5.418	488.578
TP1NP	0.232	0.066	12.538	0.000	1.262	1.109	1.435

表 4 血清 25(OH)D₃、β-CITX、TP1NP 及其联合检测预测 OPF 的效能分析

指标	截断值	AUC	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
25(OH)D ₃	17.050 ng/mL	0.747	0.641	0.853	53.1	0.347	0.709	87.8	0.782	0.943
β-CITX	1.065 μg/L	0.784	0.678	0.890	75.0	0.566	0.885	81.1	0.703	0.893
TP1NP	65.615 μg/L	0.864	0.786	0.942	71.9	0.533	0.863	87.8	0.782	0.943
联合		0.919	0.851	0.988	78.1	0.600	0.907	93.2	0.849	0.978

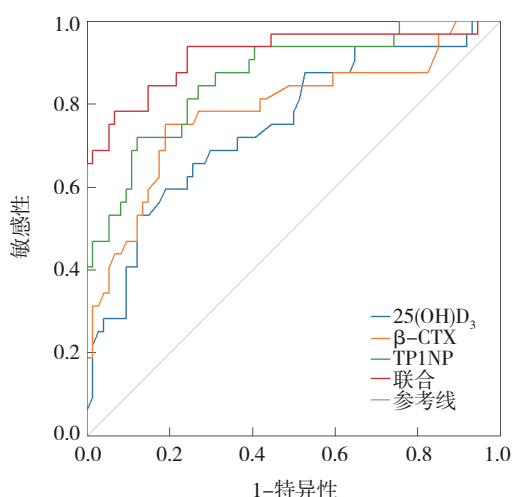


图 1 血清 25(OH)D₃、β-CITX、TP1NP 及其联合检测预测 OPF 的 ROC 曲线

3 讨论

OPF 是老年骨质疏松患者最严重的并发症之

一, 目前临床仍缺乏精准有效的风险预警手段。因此, 明确与 OPF 相关的关键指标及作用机制尤为重要^[8]。骨代谢失调是骨质疏松的核心病理环节, 血清 β-CITX、TP1NP 是评估这一过程的核心临床指标, β-CITX 水平升高直接反映骨吸收增强^[9], TP1NP 则与成骨细胞功能密切相关, 可精准反映骨形成水平; 骨质疏松患者成骨细胞活性异常增强时, 血清 TP1NP 水平会随之升高^[10]。而 25(OH)D₃ 不仅是评估机体维生素 D 营养状态的金标准, 也是关键的骨代谢调控激素, 通过调节钙磷代谢、促进成骨细胞分化增殖、抑制破骨细胞过度活化, 维持骨形成与骨吸收的动态平衡。当血清 25(OH)D₃ 水平缺乏或不足时, 可导致骨密度下降、骨微结构破坏, 进而增加骨质疏松及 OPF 发生风险^[11-12], 同时, 其水平变化可能与 β-CITX、TP1NP 水平密切相关, 共同影响老年骨质疏松患者的骨折易感性^[13], 这也为

本研究探讨三者的相关性及对 OPF 的预测价值提供了重要的理论依据。

本研究结果表明,老年骨质疏松患者血清 25(OH)D₃水平显著低于健康对照组,而血清 β-CTX、TP1NP 水平则明显高于健康人群,这一差异反映了骨质疏松患者与健康人群在骨代谢状态中的区别。健康人群的骨形成与骨吸收处于动态平衡,25(OH)D₃通过促进肠道钙吸收、加速骨骼矿化、减少肾脏钙排泄等维持骨量稳定^[14]。因此,其水平处于正常范围,相应的骨吸收标志物 β-CTX 与骨形成标志物 TP1NP 也维持在正常水平。而骨质疏松患者因 25(OH)D₃缺乏,导致钙磷代谢失衡,骨骼矿化过程受阻,骨量持续流失;为弥补骨量不足,机会启动代偿性骨代谢,使成骨细胞与破骨细胞活性均异常增强,进而血清 TP1NP、β-CTX 水平升高,最终导致骨代谢紊乱^[15-16]。本研究结果表明,血清 25(OH)D₃水平与 β-CTX、TP1NP 水平呈负相关,进一步印证了维生素 D 对骨代谢的调控作用^[17-18]。同时,本研究观察到 OPF 组患者血清 25(OH)D₃水平显著低于非 OPF 组,而血清 β-CTX、TP1NP 水平显著高于非 OPF 组,提示骨代谢紊乱与骨折风险密切相关。从分子机制而言,25(OH)D₃经羟化为活性形式 1,25(OH)₂D₃后,可与成骨细胞及破骨细胞前体上的维生素 D 受体结合,通过调控 RANKL/OPG 信号通路,直接抑制破骨细胞分化与活性,从而减少骨吸收,这可能是导致血清 β-CTX 水平下降的核心路径之一;同时,1,25(OH)₂D₃亦能促进成骨细胞合成骨钙素等非胶原蛋白,并通过 Wnt/β-catenin 等信号通路影响成骨细胞活性,从而间接调节 TP1NP 介导的骨形成过程^[19]。值得注意的是,血清 TP1NP 水平升高虽然能直接反映成骨细胞代偿性活性增强,但无法逆转骨量流失,反而因骨形成与骨吸收失衡而加重骨脆性^[20]。既往研究表明,维生素 D 缺乏可影响肠道对钙的吸收效率,钙吸收减少可刺激甲状旁腺激素水平升高,该激素不仅激活成骨细胞,而且促进破骨细胞向成熟状态转化,加速骨骼中的胶原基质溶解,直接导致骨密度下降^[21-22]。此外,体内 25(OH)D₃水平降低时,骨质中硫酸盐与碳酸盐沉积受阻,骨骼矿化作用受到抑制,无法维持正常的骨量与骨结构稳定,最终导致骨质持续流失^[23-25]。多因素一般 Logistic 回归分析进一步表

明,血清 25(OH)D₃水平降低、β-CTX 与 TP1NP 水平升高是骨质疏松患者发生 OPF 的独立危险因素,客观反映了患者骨代谢紊乱严重程度及骨脆性水平,为临床精准识别高骨折风险人群提供了可靠的生物学标志。ROC 曲线分析结果证实,血清 25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP 水平三者联合检测对老年骨质疏松患者发生 OPF 具有较高预测价值,且优于任一单独检测指标。血清 25(OH)D₃水平反映维生素 D 营养状态及骨代谢调控基础,β-CTX 体现骨吸收强度,TP1NP 表征骨形成活性,3 个指标分别从不同维度揭示骨代谢紊乱程度与骨脆性水平。联合应用有助于实现对骨代谢状态及骨折风险的多维度、立体化评估,有效弥补单独指标在诊断特异性或敏感性中的局限。

本研究通过比较老年骨质疏松患者与健康人群的血清指标、分析指标间相关性及其对骨折风险的影响,明确了血清 25(OH)D₃水平降低与 β-CTX、TP1NP 水平升高是老年骨质疏松患者骨代谢紊乱的核心特征,且三者联合检测对 OPF 具有较高的预测效能,为临床骨质疏松及骨折风险评估提供了重要的生物学依据。在临床应用中,将血清 25(OH)D₃、β-CTX、TP1NP 水平联合检测纳入老年骨质疏松患者的常规评估体系,通过量化指标水平精准识别高骨折风险人群,从而制订个体化干预方案。但检测过程需严格遵循标准化操作流程以保证结果准确性,解读指标时需结合患者年龄、基础疾病、用药史等临床信息综合判断,避免单纯依赖指标数值。在局限性方面,本研究还需考虑检测方法的偏倚及潜在的失访对结果稳定性的影响,未来可开展多中心、大样本量研究,采用不同的检测方法进行验证,并制订标准化干预、随访方案以降低失访偏倚。

参 考 文 献 :

- [1] 祁丽,柴培培,翟铁民,等. 1990—2021 年我国骨质疏松疾病负担变化及趋势分析[J]. 中国卫生经济, 2024, 43(12): 33-37.
- [2] 梁译文,刘敏,刘愉勤,等. 髋部肌肉面积、内脏脂肪面积与老年骨质疏松症患者 DXA 骨强度参数的关系及对髋部骨折的预测价值[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(24): 1-7.
- [3] PICCIRILLI E, CARIATI I, PRIMAVERA M, et al. Augmentation in fragility fractures, bone of contention: a systematic review[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 1046.
- [4] SHEN L, GAO C, HE T, et al. Validation of a Self-assessment tool

- for osteoporosis and vertebral fracture primary screening in elderly men[J]. *J Evid Based Med*, 2025, 18(3): e70045.
- [5] FLEET J C. Differences in the absorption and metabolism of vitamin D₂, vitamin D₃, and 25 hydroxyvitamin D[J]. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2025, 249: 106718.
- [6] XU J, GUO Y Q, GUO S H, et al. Divergent associations of inflammatory markers with bone turnover markers in elderly patients with osteoporotic fractures[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 24907.
- [7] «中国老年骨质疏松症诊疗指南 2023»工作组, 中国老年学和老年医学学会骨质疏松分会, 中国医疗保健国际交流促进会骨质疏松病学分会, 等. 中国老年骨质疏松症诊疗指南(2023)[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2023, 16(10): 865-885.
- [8] ZHU C B, ZHOU P, LU K, et al. Sex differences in the relationship between parathyroid hormone and uric acid in osteoporotic fracture patients: insights from a retrospective cross-sectional study[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2025, 16: 1621971.
- [9] SHIEH A, KARLAMANGLA A S, GOSSIEL F, et al. Estimating net bone formation relative to resorption using reference bone turnover markers[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2025, 110(8): e2544-e2552.
- [10] MONNERAT S, REFARDT J, POTASSO L, et al. An increase in plasma sodium levels is associated with an increase in osteoblast function in chronic SIAD[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2023, 108(10): e1027-e1033.
- [11] CHEN C, WHITE DL, MARSHALL B, et al. Role of 25-hydroxyvitamin D₃ and 1, 25-dihydroxyvitamin D₃ in chicken embryo osteogenesis, adipogenesis, myogenesis, and vitamin D₃ metabolism[J]. *Front Physiol*, 2021, 12: 637629.
- [12] 王学宗, 路雨, 丁道芳, 等. 膝关节关节炎合并骨质疏松患者的维生素D及骨代谢特点[J]. *中国骨伤*, 2025, 38(4): 352-357.
- [13] 魏倩, 李白均, 刘兰, 等. 骨质疏松患者血清微RNA-92a-3p、25羟维生素D₃水平与骨代谢指标的关系及对骨折发生风险的预测价值[J]. *中国医刊*, 2025, 60(5): 531-535.
- [14] RILLAERTS K, VERLINDEN L, DOMS S, et al. A comprehensive perspective on the role of vitamin D signaling in maintaining bone homeostasis: Lessons from animal models[J]. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2025, 250: 106732.
- [15] ZHANG W, ZHOU X, HOU W, et al. Reversing the imbalance in bone homeostasis via sustained release of SIRT-1 agonist to promote bone healing under osteoporotic condition[J]. *Bioact Mater*, 2022, 19: 429-443.
- [16] 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.
- [17] HE Q, QIN R, GLOWACKI J, et al. Synergistic stimulation of osteoblast differentiation of rat mesenchymal stem cells by leptin and 25(OH)D₃ is mediated by inhibition of chaperone-mediated autophagy[J]. *Stem Cell Res Ther*, 2021, 12(1): 557.
- [18] 马惠倪, 夏晶晶. 老年骨质疏松性骨折患者定量CT法骨密度测量值及血清BALP、IGF1、25(OH)D₃水平检测意义[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(11): 164-166.
- [19] 俞学子, 张龙, 王殷红, 等. 西溪骨折方对胫腓骨骨折术后患者预后及血清β-CTX、Crosslaps的影响[J]. *中华中医药学刊*, 2025, 43(2): 41-44.
- [20] 程军, 费维伦, 夏建军, 等. 骨质疏松性脊柱骨折患者血清β-CTx、PINP水平及意义[J]. *转化医学杂志*, 2024, 13(11): 1978-1981.
- [21] AKIMBEKOV N S, DIGEL I, SHERELKHAN D K, et al. Vitamin D and phosphate interactions in health and disease[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2022, 1362: 37-46.
- [22] WANG J, MEI L, HAO Y, et al. Contemporary perspectives on the role of vitamin d in enhancing gut health and its implications for preventing and managing intestinal diseases[J]. *Nutrients*, 2024, 16(14): 2352.
- [23] TUCKEY R C, CHENG C Y S, LI L, et al. Analysis of the ability of vitamin D₃-metabolizing cytochromes P450 to act on vitamin D₃ sulfate and 25-hydroxyvitamin D₃ 3-sulfate[J]. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2023, 227: 106229.
- [24] 李艳, 刘亮, 张芸, 等. 血清25(OH)D₃、IGF-1联合骨密度对绝经后妇女骨质疏松发生的预测价值[J]. *中华内分泌外科杂志(中英文)*, 2025, 19(1): 90-95.
- [25] 侍方, 陈佳, 高叶梅. 骨质疏松症患者25-(OH)VitD₃与中医辨证分型的相关性研究[J]. *长春中医药大学学报*, 2023, 39(8): 881-884.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 康燕华, 朱宗林, 陈镜清, 等. 老年骨质疏松患者血清25-羟维生素D₃水平与骨代谢指标及骨折风险的关系研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2026, 36(10): 113-118.

Cite this article as: KANG Y H, ZHU Z L, CHEN J Q, et al. Associations of serum 25-hydroxyvitamin D₃ with bone metabolic markers and fracture risk in elderly patients with osteoporosis[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(10): 113-118.