

· 论著 · 骨骼肌肉 ·

# BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 联合检测用于老年骨质疏松症早期诊断中的价值

高晓双\* 李 娜

安阳地区医院检验科(河南 安阳 455000)

**【摘要】目的** 探讨分析骨源性碱性磷酸酶(BALP)、 $\beta$ -胶原特殊序列( $\beta$ -CTX)、甲状旁腺激素(PTH)、25羟基维生素D3[25(OH) $D_3$ ]联合检测用于老年骨质疏松症早期诊断中的价值。**方法** 选取2024年3月至2025年3月我院收治的老年骨质疏松症患者(T值 $\leq -2.5$ )90例,纳入骨质疏松组,同期选取骨量正常(T值 $\geq 1.0$ )的老年健康体检者90例纳入健康体检组,选取骨量减少(-2.5<T值 $\leq -1.0$ )的老年患者90例纳入骨量减少组,检测所有入选对象血清BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 水平,比较各组间的差异,并分析其联合检测在老年骨质疏松症早期诊断中的价值。结果 骨质疏松组BALP、 $\beta$ -CTX、PTH水平高于骨量减少组、健康体检组,25(OH) $D_3$ 水平低于骨量减少组、健康体检组;而骨量减少组BALP、 $\beta$ -CTX、PTH水平又较健康体检组更高,25(OH) $D_3$ 水平较健康体检组更低( $P<0.05$ )。血清BALP早期诊断老年骨质疏松症的AUC为0.685,血清 $\beta$ -CTX的AUC为0.703,血清PTH的AUC为0.756,血清25(OH) $D_3$ 的AUC为0.719,四者联合检测诊断的AUC为0.892。联合检测较单项检测的诊断效能明显更高( $P<0.05$ )。**结论** 血清BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 可用于老年骨质疏松症的早期诊断,四者联合检测能提高老年骨质疏松症的诊断效能。

**【关键词】** 骨源性碱性磷酸酶;  $\beta$ -胶原特殊序列; 甲状旁腺激素; 25羟基维生素D3; 老年人; 骨质疏松症

**【中图分类号】** R582

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2026.5.051

## The Value of Combined Detection of BALP, $\beta$ -CTX, PTH, and 25(OH) $D_3$ in Early Diagnosis of Elderly Osteoporosis

GAO Xiao-shuang\*, LI Na.

Department of Laboratory Medicine, Anyang District Hospital, Puyang 455000, Henan Province, China

**Abstract: Objective** To explore the value of combined detection of bone derived alkaline phosphatase (BALP),  $\beta$ -collagen specific sequence ( $\beta$ -CTX), parathyroid hormone (PTH), and 25 hydroxyvitamin D3 [25(OH) $D_3$ ] for early diagnosis of elderly osteoporosis. **Methods** 90 elderly patients with osteoporosis (T value  $\leq -2.5$ ) admitted to our hospital from March 2024 to March 2025 were selected and included in the osteoporosis group. During the same period, 90 elderly healthy examinees with normal bone mass (T value  $\geq 1.0$ ) were selected and included in the health examination group. 90 elderly patients with bone mass reduction (-2.5<T value $\leq -1.0$ ) were selected and included in the bone mass reduction group. The serum BALP,  $\beta$ -CTX, PTH, and 25(OH) $D_3$  levels of all selected subjects were detected, and the differences between the groups were compared. The value of their combined detection in the early diagnosis of elderly osteoporosis was analyzed. **Results** The levels of BALP,  $\beta$ -CTX, and PTH in the osteoporosis group were higher than those in the bone loss group and the health examination group, while the level of 25(OH) $D_3$  was lower than that in the bone loss group and the health examination group; The levels of BALP,  $\beta$ -CTX, and PTH in the group with reduced bone mass were higher than those in the healthy physical examination group, and the level of 25(OH) $D_3$  was lower than that in the healthy physical examination group ( $P<0.05$ ). The AUC for early diagnosis of elderly osteoporosis with serum BALP is 0.685, the AUC for serum  $\beta$ -CTX is 0.703, the AUC for serum PTH is 0.756, the AUC for serum 25(OH) $D_3$  is 0.719, and the AUC for combined detection of the four is 0.892. The diagnostic efficacy of combined testing is significantly higher than that of single testing ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Serum BALP,  $\beta$ -CTX, PTH, and 25(OH) $D_3$  can be used for early diagnosis of elderly osteoporosis, and their combined detection can improve the diagnostic efficiency of elderly osteoporosis.

**Keywords:** Bone Derived Alkaline Phosphatase;  $\beta$ -Collagen Specific Sequence; Parathyroid Hormone; 25 Hydroxyvitamin D3; Elderly; Osteoporosis

骨质疏松症多发于老年人群,是一种由多种因素导致骨脆性增加的全身性疾病,近年来在人口老龄化加剧的背景下,老年骨质疏松症患者数量逐年增多,针对该病的研究也受到越来越广泛的关注<sup>[1]</sup>。由于骨质疏松症会导致老年骨折的发生率显著升高,严重时还可导致残疾或死亡,因此早期对老年骨质疏松症进行准确诊断,及时采取针对性措施进行预防和治疗,对改善患者预后有重大意义<sup>[2]</sup>。现阶段,血清学指标检测是老年骨质疏松症早期诊断的一种重要方法,随着研究的不断深入,骨源性碱性磷酸酶(BALP)、 $\beta$ -胶原特殊序列( $\beta$ -CTX)、甲状旁腺激素(PTH)、25羟基维生素D3[25(OH) $D_3$ ]等血清学指标被

证实与老年骨质疏松症密切相关,在该病早期诊断中有重要价值,不过关于其联合检测的诊断效能尚缺乏研究证据<sup>[3-5]</sup>。本研究探讨分析BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 联合检测用于老年骨质疏松症早期诊断中的价值,现报道如下。

### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取2024年3月至2025年3月我院收治的老年骨质疏松症患者(T值 $\leq -2.5$ )90例,纳入骨质疏松组,同期选取骨量正常(T值 $\geq 1.0$ )的老年健康体检者90例纳入健康体检组,选取骨量减少(-2.5<T值 $\leq -1.0$ )的老年患者90例纳入

【第一作者】高晓双,女,主管检验师,主要研究方向:检验方向。E-mail: gaoxiaoshuang5354@163.com

【通讯作者】高晓双

骨量减少组。骨质疏松组：男39例，女51例，年龄60~82岁，平均 $(70.57 \pm 6.34)$ 岁；体质量指数 $19 \sim 25 \text{ kg/m}^2$ ，平均 $(22.58 \pm 0.94) \text{ kg/m}^2$ 。健康体检组：男42例，女48例，年龄60~84岁，平均 $(71.29 \pm 7.08)$ 岁；体质量指数 $19 \sim 24 \text{ kg/m}^2$ ，平均 $(22.35 \pm 0.89) \text{ kg/m}^2$ 。骨量减少组：男40例，女50例，年龄60~85岁，平均 $(70.49 \pm 7.36)$ 岁；体质量指数 $19 \sim 25 \text{ kg/m}^2$ ，平均 $(22.37 \pm 0.78) \text{ kg/m}^2$ 。两组一般资料无明显差异( $P > 0.05$ )，存在可比性。本研究经医院伦理委员会批准。

纳入标准：年龄 $\geq 60$ 岁；骨质疏松症患者均符合《原发性骨质疏松症诊疗指南(2022)》<sup>[6]</sup>中的诊断标准；能积极配合检查；资料完整；签署知情同意书。排除标准：合并风湿、甲亢等影响钙磷代谢的疾病；近6个月内服用过影响骨代谢的药物；合并严重心脑血管疾病；合并恶性肿瘤；合并免疫缺陷、营养不良；河滨肝肾功能异常；合并精神疾病。

**1.2 方法** 骨密度检测：采用韩国Osteosys公司生产的SONOST-3000型定量超声骨密度仪检测所有入选对象的骨密度，开机并校正仪器后对受检者左侧根部部位骨密度进行统一检测，根据世界卫生组织(WHO)推荐标准进行分级，即受检者与同性别青年组的平均值和标准差比较(T)， $T \geq -1.0$ 为骨量正常， $-2.5 < T < -1.0$ 为骨量减少， $T \leq -2.5$ 为骨质疏松。

血清学指标检测：所有入选对象均常规禁食8h，采集其肘静脉血4ml送检，离心分离上层血清后进行血清BALP、 $\beta$ -CTX、

PTH、 $25(\text{OH})\text{D}_3$ 的检测。BALP采用酶联免疫吸附试验进行检测，仪器为深圳迈瑞MR-96T型酶标仪，试剂盒为配套试剂盒。 $\beta$ -CTX、PTH、 $25(\text{OH})\text{D}_3$ 采用电化学发光免疫分析法进行检测，仪器为罗氏Cobas8000型全自动电化学发光免疫分析仪，试剂盒为配套试剂盒。

**1.3 统计学方法** 采用SPSS 23.0分析，计量、计数资料分别描述为 $(\bar{x} \pm s)$ 、 $[n(\%)]$ ，行 $t$ 、 $\chi^2$ 检验，三组间对比采用方差分析，采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、 $25(\text{OH})\text{D}_3$ 水平对老年骨质疏松症早期诊断的价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 三组血清学指标对比** 骨质疏松组BALP、 $\beta$ -CTX、PTH水平高于骨量减少组、健康体检组， $25(\text{OH})\text{D}_3$ 水平低于骨量减少组、健康体检组；而骨量减少组BALP、 $\beta$ -CTX、PTH水平又较健康体检组更高， $25(\text{OH})\text{D}_3$ 水平较健康体检组更低( $P < 0.05$ )。见表1。

**2.2 单项检测与联合检测的诊断效能对比** 血清BALP早期诊断老年骨质疏松症的AUC为0.685，血清 $\beta$ -CTX的AUC为0.703，血清PTH的AUC为0.756，血清 $25(\text{OH})\text{D}_3$ 的AUC为0.719，四者联合检测诊断的AUC为0.892。联合检测较单项检测的诊断效能明显更高( $P < 0.05$ )。见表2。

表1 三组血清学指标对比

| 组别    | n  | BALP(pg/mL)             | $\beta$ -CTX(ng/mL)    | PTH(pmol/L)             | $25(\text{OH})\text{D}_3(\mu\text{g/L})$ |
|-------|----|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| 骨质疏松组 | 90 | $21.57 \pm 4.68^{* \#}$ | $0.81 \pm 0.13^{* \#}$ | $10.95 \pm 2.89^{* \#}$ | $9.43 \pm 2.36^{* \#}$                   |
| 骨量减少组 | 90 | $16.72 \pm 3.54^{*}$    | $0.62 \pm 0.11^{*}$    | $6.24 \pm 2.07^{*}$     | $15.68 \pm 3.72^{*}$                     |
| 健康体检组 | 90 | $12.95 \pm 3.36$        | $0.39 \pm 0.07$        | $3.76 \pm 0.93$         | $20.34 \pm 4.18$                         |
| F     | -  | 110.27                  | 352.30                 | 266.73                  | 219.39                                   |
| P     | -  | $< 0.001$               | $< 0.001$              | $< 0.001$               | $< 0.001$                                |

注：与健康体检组相比， $^{*}P < 0.05$ ；与骨量减少组相比， $^{\#}P < 0.05$ 。

表2 血清学指标单项检测与联合检测的诊断效能对比

| 检测指标                      | 灵敏度(%) | 特异度(%) | 约登指数  | AUC   | P         | 95%CI       |
|---------------------------|--------|--------|-------|-------|-----------|-------------|
| BALP                      | 69.85  | 73.52  | 0.379 | 0.685 | 0.003     | 0.537~0.846 |
| $\beta$ -CTX              | 74.53  | 76.83  | 0.392 | 0.703 | $< 0.001$ | 0.499~0.893 |
| PTH                       | 78.67  | 74.69  | 0.416 | 0.756 | $< 0.001$ | 0.568~0.921 |
| $25(\text{OH})\text{D}_3$ | 71.72  | 75.21  | 0.384 | 0.719 | $< 0.001$ | 0.516~0.874 |
| 联合检测                      | 89.49  | 91.34  | 0.697 | 0.892 | $< 0.001$ | 0.794~0.968 |

## 3 讨论

骨质疏松症是临床常见病、高发病，已成为危害老年人健康及生活质量的重大卫生问题。该病以骨量低下、骨微结构破坏、骨脆性增加为主要表现，早期发病较为隐匿，骨量呈进行性下降，发生后会导致脆性骨折风险显著升高，甚至导致残疾或死亡<sup>[7]</sup>。因此，早期及时发现骨质疏松症，积极预防治疗，有助于控制骨质疏松症病情发展，避免各类骨折发生，进而有

效改善患者预后。目前在骨质疏松症的诊断中，多采用影像学检查测量骨密度的方式进行确诊，但对于早期骨质疏松症的变化难以准确诊断，无法有效监测骨代谢的动态性，故在老年骨质疏松症早期诊断中存在一定局限性<sup>[8]</sup>。

近年来的研究发现，许多血清学指标参与了老年骨质疏松症的发生与发展过程，对于老年骨质疏松症的早期诊断有重要价值<sup>[9]</sup>。BALP是一种骨非胶原蛋白，由成骨细胞分泌，

能反映骨形成过程中成骨细胞的活性和骨转换水平<sup>[10]</sup>。 $\beta$ -CTX是I型胶原在骨吸收过程中,由破骨细胞分泌的蛋白酶降解I型胶原所产生的羧基端肽片段,可反映骨吸收的强度和速度,是评估骨代谢状态的重要指标<sup>[11]</sup>。PTH是调节钙磷代谢、骨代谢的重要激素,可反映骨代谢情况<sup>[12]</sup>。25(OH) $D_3$ 是机体维生素 $D_3$ 的活性表达形式,具有促进小肠吸收钙磷、增加血钙血磷水平等作用,可调节骨钙沉积与释放,在骨形成过程中有重要作用<sup>[13]</sup>。多项研究表明,血清BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 等血清学指标均与老年骨质疏松症密切相关<sup>[14-15]</sup>。鉴于以上指标在骨质疏松症中的重要作用,本研究对比分析老年骨质疏松症患者、老年骨量减少患者及老年健康体检者的血清BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 水平,并分析其联合检测在老年骨质疏松症早期诊断中的价值。本研究结果显示,骨质疏松组BALP、 $\beta$ -CTX、PTH水平高于骨量减少组、健康体检组,25(OH) $D_3$ 水平低于骨量减少组、健康体检组;而骨量减少组BALP、 $\beta$ -CTX、PTH水平又较健康体检组更高,25(OH) $D_3$ 水平较健康体检组更低( $P<0.05$ )。BALP主要来源于成骨细胞,是一种骨细胞和基质小泡膜上的同源二聚体,能反映成骨细胞成熟程度,其参与水解磷酸酶、焦磷酸盐,进而促进羟基磷灰石沉积。BALP水平升高往往提示机体内破骨细胞活性增强,骨吸收亢进,骨量会逐渐减少,骨质疏松发生或发展风险增加。骨吸收亢进状态下,破骨细胞活性增强,大量降解I型胶原,会导致血清 $\beta$ -CTX水平升高,故其可反映骨吸收强度和速度。 $\beta$ -CTX在骨量丢失前就会出现升高现象,能更早地发现骨代谢异常改变,有助于骨质疏松症的早期诊断。机体正常生理状态下,PTH、维生素D和钙之间存在相互调节的机制,维持血钙稳定和骨代谢平衡,而老年人在多种因素影响下会打破这种平衡,导致PTH水平异常,从而对骨代谢造成影响。早期监测PTH能及时发现受检者骨代谢情况,从而为骨质疏松症的早期确诊和干预提供依据。25(OH) $D_3$ 在机体内主要调节钙的新陈代谢,老年人普遍存在维生素D缺乏现象,25(OH) $D_3$ 水平降低可能导致骨质中硫酸盐、碳酸盐沉积减少,从而直接或间接促进骨质疏松症发生与发展。不过血清BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 水平受年龄、性别、药物等多种因素影响,单独检测的诊断效能欠佳。本研究发现,联合检测较单项检测的诊断效能明显更高( $P<0.05$ )。BALP反映骨形成, $\beta$ -CTX反映,联合检测可同时评估骨形成和骨吸收的动态平衡;PTH参与调节骨代谢,25(OH) $D_3$ 水平影响钙吸收和骨矿化,联合检测可了解激素对骨代谢的调节作用。通过上述多个指标的联合检测,能有效提升检测到异常变化的概率,减小因年龄、性别、饮食、药物等因素对诊断的影响,进而提高早期诊断效能。

综上所述,血清BALP、 $\beta$ -CTX、PTH、25(OH) $D_3$ 可用于老年骨质疏松症的早期诊断,四者联合检测能提高老年骨质疏松症的诊断效能。

## 参考文献

- [1] 刘琴,邓玮.原发性骨质疏松症患者血清Smad7、OPG水平及其临床意义[J].检验医学与临床,2025,22(9):1189-1193.
- [2] 杨婷琳,秦延昆,赵海霞,等.miR-486-5p、miR-192-5p在老年骨质疏松症患者中的表达及临床意义[J].转化医学杂志,2025,14(2):132-136.
- [3] 郭艳峰,周伯炜,庞龙,等.老年骨质疏松症患者铁蛋白与骨代谢指标及骨折风险的关系研究[J].临床和实验医学杂志,2025,24(8):840-843.
- [4] 郭勇,张颖,栗敏,等.3608例中老年人骨代谢指标对骨质疏松及骨折风险的预测[J].中国骨质疏松杂志,2024,30(10):1432-1437.
- [5] 方勇强,柯瑟章,肖古裕,等.血清外泌体miR-96、RANKL在老年骨质疏松患者中表达及其与骨代谢标志物的相关性[J].中国老年学杂志,2024,44(18):4427-4431.
- [6] 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(2022)[J].中华内分泌代谢杂志,2023,39(5):377-406.
- [7] 左双,邹函朔,马宇,等.老年骨质疏松症患者血清铁调素、铁蛋白与骨代谢指标及骨折风险的关系研究[J].临床和实验医学杂志,2025,24(5):498-502.
- [8] 夏明,李倩,张丽萍,等.血清miR-423-5p、铁蛋白在老年骨质疏松症中表达及与髌部脆性骨折发生的关系[J].国际检验医学杂志,2025,46(4):419-424.
- [9] 李军涛,郝玉青,刘斌,等.老年绝经后骨质疏松症患者血清CXCL1、CXCL8、CXCL12的表达及其预测骨折发生的价值[J].实用骨科杂志,2024,30(9):798-803.
- [10] 杨晓芳,何黎平,钟旭军,等.血清骨源性碱性磷酸酶和25-羟基维生素D与老年原发性骨质疏松症的相关性[J].临床血液学杂志,2020,33(2):105-108.
- [11] 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.
- [12] 姚华龙.PTH、CRP、OPG/PYR比值在老年骨质疏松症中的临床意义[J].检验医学,2022,37(12):1146-1150.
- [13] 王金铸.老年骨质疏松症患者血清IGF-1、TGF- $\beta$ 1及25(OH) $D_3$ 水平相关性及其诊断价值研究[J].国际检验医学杂志,2021,42(6):707-710.
- [14] 任思佳,李燕,黎霞,等.血清TRAP-5b、 $\beta$ -CTX及维生素D水平与类风湿关节炎合并骨质疏松性骨折的相关性[J].中华内分泌外科杂志,2024,18(5):707-711.
- [15] 耿洋,田科,席俊伟,等.骨质疏松性骨折患者骨代谢指标的变化及其临床意义[J].中华实验外科杂志,2024,41(7):1601-1604.

(收稿日期:2025-06-29)

(校对编辑:姚丽娜)

(排版编辑:刘维嘉)