

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.04.002

# 血清 MMP-13、CTHRC1 对骨质疏松性椎体压缩性骨折术后骨折延迟愈合的预测价值\*

冯育旻, 张卫东, 张国平, 刘亭亭

山西省吕梁市第一人民医院骨科一病区, 山西吕梁 033000

**摘要:**目的 探讨血清基质金属蛋白酶-13(MMP-13)、胶原三螺旋重复蛋白-1(CTHRC1)对骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)患者术后骨折延迟愈合的预测价值。方法 选取 2020 年 9 月至 2022 年 3 月该院收治的 OVCF 患者 124 例作为研究对象,根据术后 3 个月骨折愈合情况分为愈合组和未愈合组。比较 2 组血清 MMP-13、CTHRC1 水平及骨密度 T 值、椎体功能、伤椎前缘丢失高度和伤椎后凸 Cobb 角。采用 Pearson 相关分析愈合组患者血清 MMP-13 与 CTHRC1 水平的相关性及二者与骨密度 T 值、椎体功能相关指标的相关性;采用多因素 Logistic 回归分析 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 MMP-13、CTHRC1 对 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的预测价值。结果 未愈合组血清 MMP-13、CTHRC1 水平均高于愈合组( $P < 0.05$ )。未愈合组骨密度 T 值低于愈合组( $P < 0.05$ ),Oswestry 功能障碍指数问卷表(ODI)评分、伤椎前缘丢失高度和伤椎后凸 Cobb 角均明显大于愈合组( $P < 0.05$ )。愈合组患者血清 MMP-13 水平与 CTHRC1 水平呈正相关( $P < 0.05$ );血清 MMP-13、CTHRC1 水平与 ODI 评分、伤椎前缘丢失高度及伤椎后凸 Cobb 角均呈正相关( $P < 0.05$ ),与骨密度 T 值呈负相关( $P < 0.05$ )。多因素 Logistic 回归分析结果显示,血清 MMP-13 水平升高、血清 CTHRC1 水平升高、伤椎前缘丢失高度增大和伤椎后凸 Cobb 角增大均为 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的危险因素( $P < 0.05$ ),骨密度 T 值升高为 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的保护因素( $P < 0.05$ )。血清 MMP-13、CTHRC1 单项及联合预测 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的曲线下面积(AUC)分别为 0.894、0.852、0.937,2 项联合预测的 AUC 大于 MMP-13、CTHRC1 单项预测的 AUC ( $Z = 1.987, 1.867$ , 均  $P < 0.05$ )。结论 OVCF 术后骨折延迟愈合患者血清 MMP-13、CTHRC1 水平升高,2 项联合可以更好地预测患者术后骨折延迟愈合。

**关键词:**基质金属蛋白酶-13; 胶原三螺旋重复蛋白-1; 骨质疏松; 椎体压缩性骨折; 骨折延迟愈合  
**中图分类号:**R683.2;R446.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2026)04-0439-06

## Predictive value of serum MMP-13 and CTHRC1 for postoperative delayed fracture healing of osteoporotic vertebral compression fracture\*

FENG Yumin, ZHANG Weidong, ZHANG Guoping, LIU Tingting

The First Department of Orthopedics, Lvliang First People's Hospital, Lvliang, Shanxi 033000, China

**Abstract: Objective** To investigate the predictive value of serum matrix metalloproteinase-13 (MMP-13) and collagen triple helix repeat-containing protein-1 (CTHRC1) for postoperative delayed fracture healing in the patients with osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF). **Methods** A total of 124 patients with OVCF admitted and treated in this hospital from September 2020 to March 2022 were selected as the research subjects and divided into the healing group and non-healing group according to the fracture healing status in postoperative three months. The serum MMP-13 and CTHRC1 levels, bone mineral density (BMD) T-score, vertebral function, injured vertebral anterior edge lost height and local kyphotic Cobb angle were compared between the two groups. The Pearson correlation was used to analyze the correlation between serum MMP-13 and CTHRC1 levels in the healing group, as well as their correlations with BMD T-score and vertebral function-related indicators. The multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors of delayed fracture healing in OVCF patients after surgery. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the predictive value of serum MMP-13 and CTHRC1 for delayed fracture healing in OVCF

\* 基金项目:山西省吕梁市重点研发计划(社会发展领域)项目(2019SHFZ52)。

作者简介:冯育旻,男,副主任医师,主要从事脊柱外科、创伤骨科方向的研究。

引用格式:冯育旻,张卫东,张国平,等.血清 MMP-13、CTHRC1 对骨质疏松性椎体压缩性骨折术后骨折延迟愈合的预测价值[J]. 检验医学与临床,2026,23(4):439-444.

patients after surgery. **Results** The serum MMP-13 and CTHRC1 levels in the non-healing group were higher than those in the healing group ( $P < 0.05$ ). BMD T-score in the non-healing group was significantly lower than that in the healing group ( $P < 0.05$ ), while the Oswestry Disability Index Questionnaire (ODI) scores, injured vertebral anterior edge lost height and local kyphotic Cobb angle all were significantly greater than those in the healing group ( $P < 0.05$ ). The serum MMP-13 level in the healing group was positively correlated with the CTHRC1 level ( $P < 0.05$ ); the serum MMP-13 and CTHRC1 levels were positively correlated with the ODI scores, injured vertebral anterior edge lost height and local kyphotic Cobb angle ( $P < 0.05$ ), and negatively correlated with BMD T-score ( $P < 0.05$ ). The multivariate Logistic regression analysis results indicated that the elevated serum MMP-13 and CTHRC1 levels, increased injured vertebral anterior edge lost height, and increased local kyphotic Cobb angle all were the risk factors for the postoperative delayed fracture healing in the patients with OVCF ( $P < 0.05$ ), increased BMD T-score was a protective factor for the postoperative delayed fracture healing in the patients with OVCF ( $P < 0.05$ ). The areas under the curves (AUCs) of serum MMP-13 and CTHRC1 alone and their combination for predicting postoperative delayed fracture healing were 0.894, 0.852 and 0.937 respectively, the AUC of the 2-item combination prediction was greater than that of MMP-13 and CTHRC1 alone ( $Z = 1.987, 1.867$ ; both  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The serum MMP-13 and CTHRC1 levels in the patients with delayed fracture healing after OVCF surgery are increased, and the 2-item combination could better predict the postoperative delayed fracture healing.

**Key words:** matrix metalloproteinase-13; collagen triple helix repeat containing protein-1; osteoporosis; vertebral compression fractures; delayed fracture healing

骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)主要发生在老年人群中,老年人钙质代谢易出现异常,造成椎体部位的骨量丢失<sup>[1]</sup>。骨质疏松会减弱椎体牢固性,破坏椎体的承重能力,当椎体受到损伤时易发生骨折,严重影响患者生活质量<sup>[2]</sup>。治疗 OVCF 常采用经皮椎体成形术(PVP),但在术后易出现骨折延迟愈合,增加再次骨折的风险<sup>[3]</sup>。骨密度作为临床评价骨质疏松的指标,单次检测即可用于诊断评估,但由于测量误差和骨量变化缓慢,短期内频繁复查临床价值有限<sup>[4]</sup>。因此,寻找能够评估患者术后骨折延迟愈合的生物标志物尤为关键。基质金属蛋白酶-13(MMP-13)是基质金属蛋白酶(MMPs)家族的一员,既往相关研究表明,MMP-13 可以降解 I 型胶原,参与关节软骨的退变,软骨细胞分泌过量的 MMP-13 可导致软骨过度降解、退变,因此推测通过监测 MMP-13 水平可辅助临床了解机体的骨关节愈合状况<sup>[5]</sup>。胶原三螺旋重复蛋白-1(CTHRC1)是一种具有血管损伤修复作用的分泌型蛋白,其可通过促进成纤维样滑膜细胞的病理性增殖及迁移,诱导增生性滑膜形成或引起骨和软骨侵蚀,进而参与血管重构、抑制成骨细胞分化以及创伤修复<sup>[6]</sup>。基于此,推测 MMP-13、CTHRC1 可能与骨折延迟愈合有关,目前关于二者在 OVCF 中的研究报道较少,因此,本研究拟探讨血清 MMP-13、CTHRC1 对 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的预测价值。现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取 2020 年 9 月至 2022 年 3 月本院收治的 124 例 OVCF 患者作为研究对象。纳入标

准:(1)符合原发性骨质疏松症及 OVCF 的相关诊断标准<sup>[7-8]</sup>,并经过 X 线或 CT 等检查确诊;(2)患者神志清楚,能够配合进行 PVP;(3)临床资料完整;(4)年龄 $\geq 55$  岁。排除标准:(1)合并骨关节炎;(2)合并严重心脑血管疾病,不能进行手术;(3)存在凝血功能异常;(4)有胸腰椎手术史;(5)合并急、慢性感染。本研究经本院医学伦理委员会批准(11srmyyky11-2020-11)。所有患者或其家属均签署知情同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 资料收集** 收集所有患者的性别、年龄、体质指数(BMI)、骨折部位、基础疾病(高血压、糖尿病、冠心病)等一般资料。

**1.2.2 血清 MMP-13、CTHRC1 水平检测** 采集所有患者术前空腹静脉血 3 mL,室温静置 30 min,3 500 r/min(离心半径 10 cm)离心 20 min,分离血清并保存待测。采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清 MMP-13、CTHRC1 水平,ELISA 试剂盒均购自武汉华美生物工程有限公司。严格按照配套说明书进行检测。

**1.2.3 骨密度 T 值检测** 术后 3 个月采用双能 X 线骨密度仪检测患者左侧股骨颈及左侧桡骨骨密度,结果以 T 值表示。

**1.2.4 椎体功能评估** 术后 3 个月采用 Oswestry 功能障碍指数问卷表(ODI)<sup>[9]</sup>评估患者胸腰椎椎体功能。ODI 共分为 10 项,每项为 0~5 分,总分为 0~50 分,得分越高说明患者椎体功能障碍越明显。

以骨折椎体为中心摄取正位、侧位 X 线片,于侧位 X 线片中沿着伤椎部分上位椎体上终板以及下位

椎体部分下终板刻画直线,两线所交角度即是伤椎后凸角(Cobb 角),并用侧位片测定伤椎的前缘高度,即伤椎前缘丢失高度。

**1.2.5 愈合情况判断及分组** 所有患者均进行 PVP,术后采用阶梯式随访方案,约定术后 1 个月、3 个月进行门诊随访,术后 3 个月为核心随访节点,在医院检查骨折是否愈合。根据《外科学》<sup>[10]</sup>中相关诊断标准以及 X 线片提示进行判断,均由同一医师进行检查,如遇无法判定时另请一名有丰富经验的医师辅助诊断。根据术后是否出现骨折延迟愈合(患者骨折处无或有少量骨痂生成,断处间隙明显以及骨质硬化),将患者分为愈合组和未愈合组。

**1.3 统计学处理** 采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料以例数或百

分率表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验;采用 Pearson 相关性分析愈合组患者血清 MMP-13 与 CTHRC1 水平的相关性及二者与骨密度 T 值、椎体功能相关指标的相关性;采用多因素 Logistic 回归分析 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的影响因素,采用逐步向前法排除自变量;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 MMP-13、CTHRC1 对 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的预测价值。检验水准  $\alpha=0.05$ ,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 2 组患者一般资料比较** 患者随访率为 100%。愈合组 81 例,未愈合组 43 例。2 组性别、年龄、BMI、骨折部位、基础疾病情况比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。

表 1 2 组患者一般资料比较(*n* 或  $\bar{x} \pm s$ )

组别	<i>n</i>	性别		年龄(岁)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	骨折部位		基础疾病		
		男	女			腰椎	胸椎	高血压	糖尿病	冠心病
愈合组	81	31	50	62.12±2.25	22.58±6.61	55	26	62	57	43
未愈合组	43	13	30	62.24±2.31	22.67±6.70	28	15	28	30	18
$\chi^2/t$		0.793		-0.280	-0.072	0.098		1.843	0.005	1.416
<i>P</i>		0.373		0.780	0.943	0.754		0.175	0.944	0.234

**2.2 2 组患者血清 MMP-13、CTHRC1 水平比较** 未愈合组血清 MMP-13、CTHRC1 水平均高于愈合组( $P<0.05$ )。见表 2。

表 2 2 组患者血清 MMP-13、CTHRC1 水平比较( $\bar{x} \pm s$ , ng/mL)

组别	<i>n</i>	MMP-13	CTHRC1
愈合组	81	142.38±25.67	163.24±30.57
未愈合组	43	249.57±26.78	389.57±42.37
<i>t</i>		-21.802	-34.191
<i>P</i>		<0.001	<0.001

**2.3 2 组患者骨密度 T 值和椎体功能相关指标比较** 未愈合组骨密度 T 值低于愈合组( $P<0.05$ ),ODI 评分、伤椎前缘丢失高度和伤椎后凸 Cobb 角均明显大于愈合组( $P<0.05$ )。见表 3。

表 3 2 组患者骨密度 T 值和椎体功能相关指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	<i>n</i>	骨密度 T 值	ODI 评分(分)	伤椎前缘丢失高度(mm)	伤椎后凸 Cobb 角(°)
愈合组	81	-2.67±0.53	21.05±4.76	4.06±0.98	4.02±0.86
未愈合组	43	-3.12±0.62	34.92±5.87	4.89±1.02	4.43±0.97
<i>t</i>		4.239	-14.221	-4.426	-2.416
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	0.017

**2.4 相关性分析结果** Pearson 相关性分析结果显示:愈合组患者血清 MMP-13 水平与 CTHRC1 水平呈正相关( $P<0.05$ );血清 MMP-13、CTHRC1 水平与 ODI 评分、伤椎前缘丢失高度及伤椎后凸 Cobb 角均呈正相关( $P<0.05$ ),与骨密度 T 值呈负相关( $P<0.05$ )。见表 4。

表 4 愈合组患者血清 MMP-13 与 CTHRC1 水平的相关性及二者与骨密度 T 值、椎体功能相关指标的相关性

指标	MMP-13		CTHRC1	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
骨密度 T 值	-0.533	<0.001	-0.541	<0.001
ODI 评分	0.572	<0.001	0.589	<0.001
伤椎前缘丢失高度	0.575	<0.001	0.581	<0.001
伤椎后凸 Cobb 角	0.518	<0.001	0.524	<0.001
MMP-13	-	-	0.610	<0.001
CTHRC1	0.610	<0.001	-	-

注:-表示无数据。

**2.5 多因素 Logistic 回归分析 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的影响因素** 以 OVCF 患者术后是否发生骨折延迟愈合(是=1,否=0)为因变量,血清 MMP-13、血清 CTHRC1、骨密度 T 值、ODI 评分、伤椎前缘丢失高度和伤椎后凸 Cobb 角为自变量(均为实测值),进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示:血清

MMP-13 水平升高、血清 CTHRC1 水平升高、伤椎前缘丢失高度增大和伤椎后凸 Cobb 角增大均为 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的危险因素( $P < 0.05$ ),骨密度 T 值升高为 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的保护因素( $P < 0.05$ )。见表 5。

### 2.6 血清 MMP-13、CTHRC1 单项及联合对 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的预测价值

以 OVCF 患者术后是否发生骨折延迟愈合(是=1,否=0)为状态变量,血清 MMP-13、CTHRC1 为检验变量,绘制 ROC 曲线。结果显示:血清 MMP-13、CTHRC1 单项及联合预测 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的曲线下面积(AUC)分别为 0.894、0.852、0.937,2 项联合预测的 AUC 大于 MMP-13、CTHRC1 单项预测的 AUC ( $Z = 1.987、1.867$ ,均  $P < 0.05$ )。见表 6 和图 1。

表 5 多因素 Logistic 回归分析 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的影响因素

指标	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	OR 的 95%CI
MMP-13	0.814	0.219	13.817	<0.001	2.257	1.469~3.467
CTHRC1	1.168	0.304	14.757	<0.001	3.215	1.772~5.834
骨密度 T 值	-0.914	0.246	13.798	<0.001	0.401	0.248~0.649
伤椎前缘丢失高度	1.449	0.457	10.050	0.002	4.258	1.739~10.428
伤椎后凸 Cobb 角	1.672	0.598	7.814	0.005	5.321	1.648~17.180

表 6 血清 MMP-13、CTHRC1 单项及联合对 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的预测价值

项目	AUC	AUC 的 95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	最佳截断值	约登指数	P
MMP-13	0.894	0.837~0.951	74.24	85.64	223.254 ng/mL	0.599	<0.001
CTHRC1	0.852	0.775~0.929	78.43	79.25	367.012 ng/mL	0.577	<0.001
2 项联合	0.937	0.887~0.987	87.34	77.35	—	0.647	<0.001

注:—表示无数据。

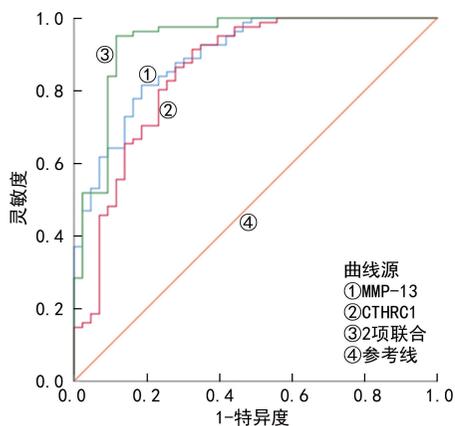


图 1 血清 MMP-13、CTHRC1 单项及联合预测 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的 ROC 曲线

### 3 讨论

骨质疏松因骨脆性增加,易导致 OVCF,骨质疏松是 OVCF 的主要病理基础,当腰背部应力负荷不断集中时,较轻的外力就会导致椎体压缩性骨折发生<sup>[11-12]</sup>。OVCF 的发生率在不断增加,PVP 作为治疗 OVCF 的术式,一些患者在术后易出现骨折延迟愈合<sup>[13]</sup>。因此,寻找可以评估患者术后骨折延迟愈合的指标尤为关键。

MMP-13 也称为胶原酶 3,是一种滑膜分泌的细胞因子,具有多种生物学效应,可参与分解软骨细胞外基质,并水解 II 型胶原,破坏软骨组织,从而导致机体软骨出现磨损病变<sup>[14-15]</sup>。MMP-13 还是参与骨吸

收的蛋白酶,在成骨分化过程中可破坏骨微结构,对机体的骨形成和重建不利<sup>[16]</sup>。MMP-13 水平增加会加速分解细胞外基质,破坏软骨框架结构,并诱导相关蛋白表达水平升高,加速软骨细胞凋亡,加大对骨折组织的破坏力度<sup>[17-18]</sup>。有研究发现,踝关节骨折患者血清 MMP-13 水平明显升高,且其水平与骨折患者病情严重程度及预后有关,可作为预测骨折患者预后的参考指标<sup>[19]</sup>。本研究发现,未愈合组血清 MMP-13 水平明显升高,与上述研究相似,说明 MMP-13 参与 OVCF 患者术后骨折延迟愈合的发生、发展。推测可能是因为 MMP-13 可以分解细胞外基质,能够激活 MMP-9 等细胞因子,其持续的蛋白水解活性可放大下游蛋白分解效应,加剧组织破坏,从而导致骨折延迟愈合<sup>[20]</sup>。

CTHRC1 参与滑膜组织的增生和重塑,促进骨质侵蚀,其过度表达会促进纤维样滑膜细胞病理性增殖和迁移,参与类风湿关节炎的进展<sup>[21-23]</sup>。而近来也有学者研究发现,在植入骨后,CTHRC1 能够拮抗金黄色葡萄球菌引起的炎症反应,并且通过 SOX9 和转化生长因子(TGF)- $\beta$  信号通路参与骨组织修复<sup>[24]</sup>。CTHRC1 可在炎症微环境中被诱导表达,其在牙周炎患者牙龈组织中表达上调,且在脂多糖刺激的成纤维细胞中,CTHRC1 表达与 TNF- $\alpha$ 、白细胞介素(IL)-6 水平呈正相关<sup>[25]</sup>。CTHRC1 还可通过上调成骨细胞中核因子- $\kappa$ B 受体活化因子配体(RANKL)的表达,同

时下调骨保护素(OPG)的分泌,使RANKL/OPG比值升高,增强破骨细胞的分化、成熟及骨吸收功能,导致局部骨量进一步丢失,骨折端难以稳定愈合<sup>[26]</sup>。本研究结果显示未愈合组血清CTHRC1水平升高,说明CTHRC1参与OVCF术后骨折愈合过程。分析其原因可能是因为CTHRC1水平升高时可通过调控Wnt信号通路抑制成骨细胞分化并促进破骨细胞生成,导致骨代谢失衡,引起骨量丢失、关节软骨破坏及骨折愈合延迟<sup>[27]</sup>。本研究相关性分析结果显示,愈合组患者血清MMP-13水平与CTHRC1水平呈正相关,说明二者在OVCF术后骨折延迟愈合过程中起协同增强作用。

进一步研究发现,未愈合组骨密度T值显著降低,ODI评分、伤椎前缘丢失高度和伤椎后凸Cobb角增大,说明未愈合组患者骨量流失,腰椎功能降低。本研究相关性分析结果显示,愈合组患者血清MMP-13、CTHRC1水平与伤椎前缘丢失高度、伤椎后凸Cobb角、骨密度T值及ODI评分均相关,说明血清MMP-13、CTHRC1水平升高与腰椎功能降低有关。本研究多因素Logistic回归分析结果显示,血清MMP-13水平升高、血清CTHRC1水平升高、伤椎前缘丢失高度增大和伤椎后凸Cobb角增大均为OVCF患者术后骨折延迟愈合的危险因素,骨密度T值升高为OVCF患者术后骨折延迟愈合的保护因素,说明血清MMP-13、CTHRC1水平升高以及腰椎功能降低、骨量流失等均影响OVCF患者术后骨折延迟愈合;再根据ROC曲线分析结果得知,血清MMP-13和CTHRC1联合预测OVCF患者术后骨折延迟愈合的AUC大于各指标单项预测,说明2项联合可以更好地预测患者骨折延迟愈合,为临床医师治疗提供依据。

综上所述,OVCF术后骨折延迟愈合患者血清MMP-13、CTHRC1水平显著升高,2项联合可以更好地预测OVCF患者术后骨折延迟愈合。但本研究尚存在局限性,如未研究MMP-13、CTHRC1对OVCF术后骨折延迟愈合的调控机制,纳入样本量较小等,导致统计结果可能存在偏倚。后续将继续收集病例以验证本研究结果,并增加细胞实验、动物实验等进一步研究MMP-13、CTHRC1的具体作用机制。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突。

**作者贡献** 冯育旻:提出思路,设计方案,实施研究,论文撰写;张卫东:资料收集,分析数据,论文修改;张国平和刘亭亭:实施研究,统计学分析。

## 参考文献

[1] SONG L J, WANG L L, NING L, et al. A modification and validation of quantitative morphometry classification system for osteoporotic

vertebral compressive fractures in mainland Chinese[J]. *Osteoporos Int*, 2018, 29(11):2495-2504.

- [2] 王汉龙,杨声坪,柯晓斌,等. PVP与PKP治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的回顾性分析[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2021, 36(3):266-268.
- [3] 邱伟,黄朝靖,姜迪,等. 骨质疏松性椎体压缩骨折PKP术后骨延迟愈合的相关因素探讨[J]. *颈腰痛杂志*, 2019, 40(1):46-48.
- [4] 桂先革,蒋增辉,陈标,等. 骨钙素和I型前胶原N端前肽对骨质疏松性椎体压缩性骨折患者术后再骨折的预测价值[J/CD]. *中华老年病研究电子杂志*, 2020, 7(1):22-26.
- [5] SATISH KUMAR K, VELAYUTHAM R, ROY K K. A systematic computational analysis of human matrix metalloproteinase 13 (MMP-13) crystal structures and structure-based identification of prospective drug candidates as MMP-13 inhibitors repurposable for osteoarthritis[J]. *J Biomol Struct Dyn*, 2020, 38(10):3074-3086.
- [6] WU Q, YANG Q, SUN H. Collagen triple helix repeat containing-1: a novel biomarker associated with disease activity in Systemic lupus erythematosus[J]. *Lupus*, 2018, 27(13):2076-2085.
- [7] 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.
- [8] 丁悦,张嘉,岳华,等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折诊疗与管理专家共识[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2018, 11(5):425-437.
- [9] 贺双军,吕南宁,刘昊,等. 经皮椎体后凸成形术骨水泥分布形态对术后早期疗效的影响[J]. *中华骨科杂志*, 2019, 39(3):137-143.
- [10] 陈孝平,汪建平,赵继宗. 外科学[M]. 9版. 北京:人民卫生出版社,2018:627-628.
- [11] 刘延群. 过伸体位复位联合弯角椎体成形术治疗老年骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折44例[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2021, 29(2):67-69.
- [12] 王金龙,冯大军,周全. 骨质疏松性椎体压缩性骨折患者血清BMP-2, Runx2水平对术后骨折延迟愈合的预测价值[J]. *新疆医科大学学报*, 2024, 47(6):836-842.
- [13] 廖臻,朱荣艳. 经皮椎体成形术联合体位复位治疗对老年骨质疏松性椎体压缩骨折临床疗效及预后的影响研究[J]. *吉林医学*, 2020, 41(5):1180-1182.
- [14] 赵忠胜,陈振沉,黄云梅,等. 荣筋拮痛方对膝关

- 节软骨细胞外基质代谢的作用及机制[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(28): 4448-4455.
- [15] 叶杏杏, 王伟, 丁建羊, 等. 针刺联合关节松动手法应用于踝关节骨折术后患者的康复效果及对骨代谢指标和血清 IL-1 $\beta$ 、IL-8、MMP-13 的影响[J]. 现代生物医学进展, 2024, 24(11): 2057-2061.
- [16] 姜万嵩, 韩庚奋, 刘成, 等. 踝关节骨折后创伤性骨性关节炎患者外周血 IL-1 $\beta$  和 MMP-13 水平及其与关节功能的相关性研究[J]. 现代检验医学杂志, 2022, 37(5): 171-175.
- [17] 卢国良, 邹泽良, 潘耀成. TLRs/MyD88 信号通路在膝骨性关节炎患者滑膜炎症中的作用[J]. 新疆医科大学学报, 2020, 43(2): 196-200.
- [18] 张彦, 蒋琳, 李梦婷, 等. 血清 MMP-3、MMP-9、MMP-13 及 DAS28、NFCs 评分与老年类风湿关节炎患者骨质疏松发生风险的相关性研究[J]. 国际免疫学杂志, 2024, 47(4): 370-377.
- [19] 党丽君, 闫荣亮, 高岩, 等. 血清 MMP13、Runx2 与踝关节骨折严重程度及预后功能的相关性[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2025, 17(6): 1033-1035.
- [20] 黄夏荣, 周君, 孙光华, 等. 电针对老年大鼠关节软骨及软骨下骨极化相关蛋白表达的影响[J]. 实用医学杂志, 2023, 39(12): 1473-1479.
- [21] 刘宇晗, 胡廷婷, 谭立明. 血清 14-3-3 $\eta$  蛋白和胶原三螺旋重复蛋白-1 及类风湿因子在类风湿关节炎诊断中的价值[J]. 医学研究生学报, 2022, 35(10): 1081-1085.
- [22] MEI D, ZHU Y, ZHANG L L, et al. The role of CTHRC1 in regulation of multiple signaling and tumor progression and metastasis[J]. Mediators Inflamm, 2020, 2020: 9578701.
- [23] LV Y, ZHANG L, MA J, et al. CTHRC1 over-expression pro-motes ectopic endometrial stromal cell proliferation, migration and invasion via activation of the Wnt/beta-catenin pathway[J]. Reprod Biomed Online, 2020, 40(1): 26-32.
- [24] YU J L, WANG B Y, ZHANG F Y, et al. Single-cell transcriptome reveals Staphylococcus aureus modulating fibroblast differentiation in the bone-implant interface[J]. Mol Med, 2023, 29(1): 35.
- [25] HUANG X Y, GUAN W Q. CTHRC1 expressed in periodontitis and human periodontal fibroblasts exposed to inflammatory stimuli[J]. Oral Dis, 2023, 29(4): 1738-1746.
- [26] KIM J M, LIN C J, STAVRE Z, et al. Osteoblast-Osteoclast communication and bone homeostasis[J]. Cells, 2020, 9(9): 2073.
- [27] MYNGBAY A, MANARBEEK L, LUDBROOK S, et al. The role of collagen triple helix repeat-containing 1 protein (CTHRC1) in rheumatoid arthritis[J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(5): 2426-2431.

(收稿日期: 2025-03-06 修回日期: 2025-12-24)

(编辑: 陈秋莲 王明丰)

(上接第 438 页)

- [25] 沈丽萍, 徐叶琴. 宫颈癌组织 CHD1LECRG4 蛋白表达及其与 HR-HPV 感染的临床关系研究[J]. 中国妇幼保健, 2023, 38(8): 1499-1502.
- [26] LI X, ZHANG Y, WU M, et al. Diagnostic value of DNA ploidy analysis and HPV E6/E7 mRNA detection for cervical intraepithelial neoplasia[J]. Int J Lab Med, 2024, 45(8): 987-991.
- [27] 寇翰林, 韩喆, 张贺平, 等. miR-362 及 LncRNA SNHG12 表达与 IL-17 甲基化与宫颈癌患者 hr-HPV 感染相关性[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(15): 2362-2367.
- [28] 张晓童, 姚宗花, 刘钰, 等. 高危型 HPV 分型检测、HPV E6/E7 mRNA 检测及 DNA 倍体分析在宫颈 HSIL+ 病变筛查中的应用价值[J]. 滨州医学院学报, 2022, 45(3): 182-185.
- [29] CHEN W, LIU C, ZHANG L, et al. miR-143 regulates HPV E6/E7 expression and affects the diagnostic efficacy of mRNA detection in cervical lesions[J]. Oncol Lett, 2024, 17(3): 2841-2848.
- [30] ZAPPACOSTA S, ROSSI A, FERRARA S, et al. Economic implications of HPV E6/E7 mRNA test in triaging mild cervical abnormalities[J]. Expert Rev Mol Diagn, 2023, 23(9): 689-697.
- [31] 赵艺蕾, 李腾, 张芳, 等. HPV 感染与 TCT 和 DNA 倍体分析在绝经前后宫颈癌筛查中的分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(11): 1699-1703.

(收稿日期: 2025-05-30 修回日期: 2025-12-27)

(编辑: 陈秋莲 王明丰)