

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.10.020

血清 N-MID、CTRP3 与骨质疏松性脊柱骨折患者 PVP 后骨折愈合的关系*

姜楠¹, 高喆², 王岩³, 王志群^{4△}

康复大学青岛中心医院:1. 医院感染管理科;2. 心内科;3. 急诊病房;

4. 检验科, 山东青岛 266013

摘要:目的 探讨血清骨钙素 N 端中分子片段(N-MID)、补体 C1q/肿瘤坏死因子相关蛋白 3(CTRP3)与骨质疏松性脊柱骨折(OSF)患者经皮椎体成形术(PVP)后骨折愈合的关系。方法 选取 2022 年 3 月至 2024 年 3 月在该院治疗的 139 例 OSF 患者为观察组,另选取同期该院收治的 139 例单纯骨质疏松患者为疏松组及同期在该院体检健康者 139 例为对照组。根据观察组 PVP 后 3 个月骨折愈合情况将患者分为愈合组与延迟组。采用多因素 Logistic 回归分析 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的影响因素。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 N-MID、CTRP3 单独及联合检测对 OSF 患者 PVP 后延迟愈合的预测价值。结果 观察组血清 N-MID、CTRP3 水平均低于对照组和疏松组,且疏松组均低于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。延迟组纳入患者 34 例,愈合组纳入患者 105 例。延迟组重度骨折患者比例高于愈合组,血清 N-MID、CTRP3 水平均低于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,血清 N-MID、CTRP3 水平升高为 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的保护因素($P < 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,血清 N-MID、CTRP3 预测 OSF 患者 PVP 后延迟愈合的曲线下面积(AUC)分别为 0.761、0.768,二者联合预测 OSF 患者 PVP 后延迟愈合的 AUC 为 0.878,N-MID、CTRP3 联合预测的 AUC 大于二者单独预测的 AUC ($Z_{\text{二者联合-N-MID}} = 2.411$ 、 $Z_{\text{二者联合-CTRP3}} = 1.971$, $P < 0.05$)。结论 OSF 患者血清 N-MID、CTRP3 水平均明显下降,且均为 OSF 患者 PVP 后延迟愈合的影响因素,二者联合检测对 OSF 患者 PVP 后骨折愈合状态具有较高的预测价值。

关键词:骨质疏松性脊柱骨折; 骨钙素 N 端中分子片段; 补体 C1q/肿瘤坏死因子相关蛋白 3; 骨质疏松症; 骨折愈合

中图法分类号:R683.2;R683.3

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)10-1400-05

Relationship between serum N-MID,CTRP3 and fracture healing after PVP in patients with osteoporotic spinal fractures*

JIANG Nan¹, GAO Zhe², WANG Yan³, WANG Zhiqun^{4△}

1. Department of Hospital Infection Management; 2. Department of Cardiology; 3. Emergency ward; 4. Department of Clinical Laboratory, Qingdao Central Hospital of Kangfu University, Qingdao, Shandong 266013, China

Abstract: **Objective** To investigate the relationship between serum osteocalcin N-terminal middle molecular fragment (N-MID), complement C1q/tumor necrosis factor-related protein 3 (CTRP3) and fracture healing after percutaneous vertebroplasty (PVP) in patients with osteoporotic spinal fractures (OSF). **Methods** A total of 139 OSF patients treated in the hospital from March 2022 to March 2024 were selected as the observation group, 139 patients with simple osteoporosis treated in the hospital during the same period were selected as the osteoporosis group, and 139 healthy people who underwent physical examination in the hospital during the same period were selected as the control group. According to the fracture healing of the observation group at 3 months after PVP, the patients were divided into the healing group and the delayed group. Multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors of delayed healing after PVP in OSF patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the predictive value of serum N-MID and CTRP3 alone and combined detection for delayed healing after PVP in OSF patients. **Results** The levels of serum N-MID and CTRP3 in the observation group were lower than those in the

* 基金项目:山东省青岛市医药卫生科研项目(2020-WJZD083)。

作者简介:姜楠,女,护士,主要从事医院感染方面的研究。△ 通信作者,E-mail:v58jcs@163.com。

control group and the osteoporosis group, and those in the osteoporosis group were lower than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). There were 34 patients in the delayed group and 105 patients in the healing group. The proportion of patients with severe fracture in the delayed group was higher than that in the healing group, and the serum N-MID and CTRP3 levels were lower than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that the increase of serum N-MID and CTRP3 were protective factors for delayed healing after PVP in OSF patients ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of serum N-MID and CTRP3 for predicting delayed healing after PVP in OSF patients were 0.761 and 0.768 respectively, and the AUC of the combination of the two was 0.878. The AUC of the combination of N-MID and CTRP3 in predicting delayed healing after PVP in OSF patients was greater than that of the two alone ($Z_{\text{combined with N-MID}} = 2.411, Z_{\text{combined with CTRP3}} = 1.971, P < 0.05$). **Conclusion** The levels of serum N-MID and CTRP3 in OSF patients are significantly decreased, and they are both influencing factors of delayed fracture healing after PVP in OSF patients. The combined detection of N-MID and CTRP3 has a high predictive value for fracture healing after PVP in OSF patients.

Key words: osteoporotic spinal fracture; osteocalcin N-terminal middle molecular fragment; complement C1q/tumor necrosis factor-related protein 3; osteoporosis; fracture healing

骨质疏松症是一种全身性骨科疾病,多发于中老年人群,临床表现为骨结构变化、骨量减少、骨骼脆性增加,具有较高的骨折风险,其中,骨质疏松性脊柱骨折(OSF)是骨质疏松症常见并发症^[1]。OSF在日常活动中或者遭受轻微创伤时均可发生,由于老龄化程度加重,OSF的发病率升高,严重影响患者的生活质量和身心健康^[2]。经皮椎体成形术(PVP)是一种新型微创手术,在OSF的治疗中具有良好的效果,具有创伤小、操作简便以及并发症少等特点,但仍存在一定局限性,术后易发生骨水泥渗漏等并发症,导致患者术后愈合延迟,预后情况差^[3]。因此,寻求有效指标用于评估OSF患者PVP后预后情况,可为临床治疗方案的制订提供新的参考依据。骨钙素N端中分子片段(N-MID)是一种反映骨代谢的指标,由成骨细胞分泌,在骨质疏松、骨折等骨骼疾病中发挥重要作用^[4]。有研究表明,N-MID水平在骨折患者血清中异常下降,当机体受到突发性创伤,通过调控糖代谢,介导胰岛素信号通路紊乱,导致N-MID表达受损^[5]。补体C1q/肿瘤坏死因子相关蛋白3(CTRP3)是一种分泌蛋白,参与机体细胞凋亡、生物代谢等过程,在免疫性疾病中具有重要作用^[6]。CTRP3可调控多种代谢过程,在骨折愈合过程中具有重要作用,骨折愈合延迟患者体内CTRP3水平异常下降,参与骨痂重塑过程,影响骨折愈合进程^[7]。但N-MID、CTRP3在OSF的发生与发展中的作用研究较少见,因此,本研究通过检测血清N-MID、CTRP3水平,分析N-MID、CTRP3对OSF患者PVP后骨折愈合的预测价值,以期临床治疗OSF提供可靠的数据参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年3月至2024年3月在本院治疗的139例OSF患者为观察组,其中男56例,

女83例;年龄62~86岁,平均(75.82±7.79)岁;另选取同期本院收治的139例单纯骨质疏松症患者为疏松组,其中男55例,女84例;年龄63~84岁,平均(75.27±7.43)岁;另选取同期在本院体检健康者139例为对照组,其中男52例,女87例;年龄63~85岁,平均(75.34±7.66)岁。3组性别、年龄比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。纳入标准:(1)符合骨质疏松症及OSF的相关诊断标准^[8-9];(2)OSF患者均接受PVP治疗;(3)临床资料完整。排除标准:(1)合并骨肿瘤或其他恶性肿瘤等;(2)有胸腰椎手术史;(3)合并血液系统疾病;(4)有PVP禁忌证;(5)合并心、肝等器官功能不全;(6)有精神疾病或认知功能障碍。所有研究对象及其亲属均知情同意本研究并签署知情同意书。本研究通过本院医学伦理委员会审核批准(L0018W)。

1.2 仪器与试剂 离心机(型号:Axygen,广州科适特科学仪器有限公司);酶标仪(型号:Nebula,上海玮驰仪器有限公司);X线骨密度检测仪(型号:Prodigy Primo,上海聚慕医疗器械有限公司);N-MID酶联免疫吸附试验(ELISA)试剂盒(货号:BY-B10830,上海白益生物科技有限公司);CTRP3 ELISA试剂盒(货号:BY-hil7885,上海白益生物科技有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 血清N-MID、CTRP3水平检测 取所有患者术前3d及健康者体检当天清晨空腹静脉血5 mL,3 000 r/min(离心半径10 cm)离心10 min后分离血清,保存在-80℃冰箱中待测。采用ELISA检测血清N-MID、CTRP3水平,设置样品孔和空白对照孔,在96孔板中加入50 μL样品于酶标孔板底部,混匀,放置在37℃环境中孵育1 h后洗涤,加入酶标抗体,放置在37℃环境中孵育1 h后洗涤,加入显色液显

色,最后加入硫酸终止反应,30 min 后采用酶标仪测量 450 nm 波长处各孔的吸光度,计算 N-MID、CTRP3 水平。

1.3.2 临床资料收集 收集 OS 下患者体质量指数、骨折部位、骨折程度,以及有无吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病等临床资料。

1.3.3 骨折愈合检查 所有 OSF 患者于术后 3 个月进行 X 线片检查,测量患者坐位与仰卧位之间椎体前缘高度变化,脊椎活动度≤1.0 mm,且 X 线片检查结果显示患者仰卧位无椎内裂隙则判定为骨折愈合,否则为延迟愈合^[10]。根据检查结果将 OSF 患者分为愈合组与延迟组。

1.4 统计学处理 采用 SPSS25.0 统计软件进行数据处理与统计分析。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,多组间比较采用单因素方差分析,多组间两两比较采用 LSD-*t* 检验。计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的影响因素。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 N-MID、CTRP3 单独及联合检测对 OSF 患者 PVP 后延迟愈合的预测价值。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 观察组、疏松组、对照组血清 N-MID、CTRP3 水平比较 观察组血清 N-MID、CTRP3 水平均低于对照组和疏松组,且疏松组均低于对照组,差异均有统计学意义(*P*<0.05)。见表 1。

2.2 延迟组和愈合组临床资料比较 延迟组纳入患者 34 例,愈合组纳入患者 105 例。愈合组与延迟组年龄、性别、体质量指数、骨折部位,以及有吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病占比比较,差异均无统计学意义(*P*>0.05)。延迟组重度骨折患者占比高于愈合组,差异均有统计学意义(*P*<0.05)。见表 2。

表 1 观察组、疏松组、对照组血清 N-MID、CTRP3 水平比较($\bar{x}\pm s$,ng/mL)			
组别	<i>n</i>	N-MID	CTRP3
观察组	139	28.83±3.95 ^{ab}	227.93±27.36 ^{ab}
疏松组	139	34.68±4.76 ^a	242.54±29.31 ^a
对照组	139	44.29±5.82	268.43±30.94
<i>F</i>		352.244	68.391
<i>P</i>		<0.001	<0.001

注:与对照组比较,^a*P*<0.05;与疏松组比较,^b*P*<0.05。

表 2 延迟组和愈合组临床资料比较($\bar{x}\pm s$ 或 *n*(%))

组别	<i>n</i>	年龄 (岁)		性别		体质量指数 (kg/m ²)	骨折部位			骨折程度	
				男	女		上中胸段骨折	胸腰段骨折	下腰段骨折	重度骨折	非重度骨折
延迟组	34	75.98±7.89		14(41.18)	20(58.82)	24.53±3.62	6(17.65)	18(52.94)	10(29.41)	15(44.12)	19(55.88)
愈合组	105	75.77±7.76		42(40.00)	63(60.00)	24.64±3.69	16(15.24)	56(53.33)	33(31.43)	26(24.76)	79(75.24)
<i>t</i> / χ^2		0.137		0.015		−0.152	0.129			4.627	
<i>P</i>		0.892		0.903		0.880	0.938			0.031	
组别	<i>n</i>	吸烟史		饮酒史			高血压			糖尿病	
		有	无	有	无		有	无		有	无
延迟组	34	13(38.24)	21(61.76)	16(47.06)	18(52.94)		12(35.29)	22(64.71)		17(50.00)	17(50.00)
愈合组	105	35(33.33)	70(66.67)	38(36.19)	67(63.81)		39(37.14)	66(62.86)		34(32.38)	71(67.62)
<i>t</i> / χ^2		0.273		1.277			0.038			3.432	
<i>P</i>		0.601		0.258			0.846			0.064	

2.3 延迟组和愈合组血清 N-MID、CTRP3 水平比较 延迟组血清 N-MID、CTRP3 水平均低于愈合组,差异均有统计学意义(*P*<0.05)。见表 3。

2.4 多因素 Logistic 回归分析 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的影响因素 以 OSF 患者 PVP 术后是否发生延迟愈合(是=1,否=0)为因变量,以骨折程度(重度骨折=1,非重度骨折=0)、N-MID(实测值)、CTRP3(实测值)为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示,N-MID、CTRP3 水平升高为 OSF 患

者 PVP 术后发生延迟愈合的保护因素(*P*<0.05)。见表 4。

表 3 延迟组和愈合组血清 N-MID、CTRP3 水平比较($\bar{x}\pm s$,ng/mL)			
组别	<i>n</i>	N-MID	CTRP3
延迟组	34	24.36±3.55	200.39±25.64
愈合组	105	30.28±4.08	236.85±27.92
<i>t</i>		−7.578	−6.747
<i>P</i>		<0.001	<0.001

表 4 多因素 Logistic 回归分析 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的影响因素

因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	OR 的 95%CI
骨折程度	0.619	0.362	2.924	0.087	1.857	0.913~3.775
N-MID	-0.037	0.016	5.251	0.022	0.964	0.934~0.995
CTRP3	-0.132	0.055	5.794	0.016	0.876	0.786~0.976

2.5 血清 N-MID、CTRP3 单独及联合检测对 OSF 患者 PVP 后延迟愈合的预测价值 以 N-MID、

表 5 血清 N-MID、CTRP3 单独及联合检测对 OSF 患者 PVP 后骨折愈合的预测价值

变量	最佳截断值	AUC	AUC 的 95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	P
N-MID	27.18 ng/mL	0.761	0.680~0.830	70.59	86.14	0.567	<0.05
CTRP3	224.15 ng/mL	0.768	0.688~0.836	70.59	79.21	0.498	<0.05
二者联合	—	0.878	0.810~0.928	91.18	79.21	0.704	<0.05

注：—表示无数据。

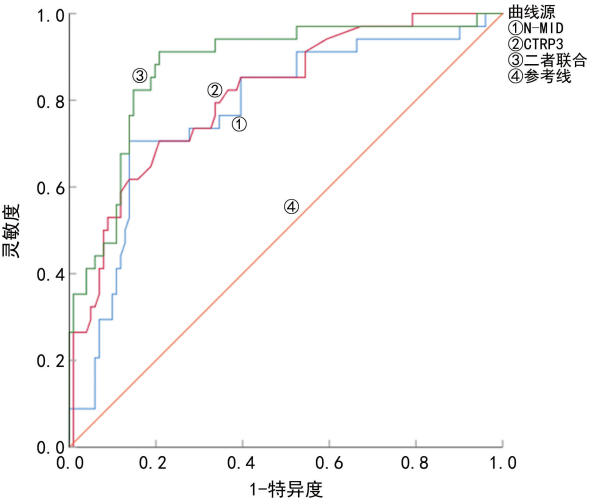


图 1 血清 N-MID、CTRP3 单独及联合检测预测 OSF 患者 PVP 后延迟愈合的 ROC 曲线

3 讨 论

OSF 是由骨质疏松症引发的骨折中的一种类型，临床表现为腰背部疼痛、脊柱畸形等，严重限制患者日常活动，影响患者生活质量^[11]。目前，临床治疗 OSF 分为手术治疗和保守治疗 2 种方式，开放性手术治疗创伤大、恢复慢且失败率高，因此，保守治疗受到广泛推行^[12]，PVP 治疗是应用较为广泛的一种保守治疗，通过经皮肤向受伤椎体推进骨水泥，增强伤椎稳定性，缓解疼痛及恢复功能^[13]。但 PVP 治疗无法彻底缓解疼痛，还会引起骨质脱钙、肌肉萎缩以及再次骨折等不良预后情况，增加患者的心理和经济负担^[14]。因此，寻求有效生物学指标，用于评估患者术后骨折愈合情况，及时诊断和治疗 OSF，可有效改善患者预后。

N-MID 作为骨转化标志物，在破骨细胞进行骨吸

收过程中形成，可用于反映骨吸收情况^[15]。ZHANG 等^[16]发现，骨形成过程中，成骨细胞被激活，促进 N-MID 分泌，通过血液循环，有利于骨折愈合。许铠等^[17]研究表明，骨折延迟愈合患者 N-MID 水平明显低于正常愈合患者，说明 N-MID 水平可能与骨质疏松性椎体压缩性骨折患者术后骨折延迟愈合相关，N-MID 水平降低能反映机体骨量流失及骨密度降低，在骨质疏松及骨折延迟愈合诊断中具有一定的价值。本研究结果显示，观察组血清 N-MID 水平低于对照组和疏松组，且疏松组低于对照组，延迟组低于愈合组，差异均有统计学意义($P<0.05$)。说明 N-MID 水平可能与患者骨质疏松及并发骨折存在一定联系，提示低水平的 N-MID 可能参与骨折延迟愈合，通过 N-MID 水平反映机体骨量流失及骨密度情况，成骨细胞活性降低，骨形成减少，导致脊柱稳定性下降，延迟骨折愈合，可作为有效标志物用于临床诊断治疗。

CTRP3 是一种脂肪因子，具有丰富的生物学功能，参与机体多种代谢过程，如骨代谢、糖代谢，与多种骨科相关疾病密切相关^[18]。谭波等^[19]研究发现，CTRP3 水平与骨质疏松症密切相关，CTRP3 水平下调会增加患者发生骨质疏松症的风险，并且可能与骨质疏松症患者发生骨折相关。廖宏伟等^[20]研究表明，在创伤性骨折患者骨折愈合过程中，延迟愈合患者血清 CTRP3 水平明显低于正常愈合患者，CTRP3 水平下调可能抑制成骨细胞活性，促进破骨细胞活化，从而抑制骨组织修复和愈合。本研究结果显示，观察组血清 CTRP3 水平低于对照组和疏松组，且疏松组低于对照组，延迟组低于愈合组，差异均有统计学意义($P<0.05$)。提示 CTRP3 水平下调可能参与骨质疏松患者骨折及愈合过程。有研究表明，CTRP3 可减

轻骨质流失,通过调控 AMPK/SIRT1/Nrf2 信号通路相关的蛋白表达,促进成骨分化,进而促进骨形成^[21]。基于上述研究结果推测,下调 CTRP3 水平可能会活化破骨细胞,抑制成骨细胞活性,破坏骨骼稳态,导致骨折且延迟愈合,故 CTRP3 可用于临床 OSF 患者诊断及骨折愈合情况评估。

本研究多因素 Logistic 回归分析结果显示,N-MID、CTRP3 水平升高为 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的保护因素($P<0.05$)。临床应密切关注以上指标,及时预测病情,采取有效干预措施。此外,ROC 曲线分析结果显示,血清 N-MID、CTRP3 联合预测 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的 AUC 大于二者单独预测的 AUC($Z_{\text{二者联合-N-MID}}=2.411$ 、 $Z_{\text{二者联合-CTRP3}}=1.971$, $P<0.05$)。说明二者联合检测具有更高的预测效能。

综上所述,OSF 患者血清 N-MID、CTRP3 水平均明显下调,且均为 OSF 患者 PVP 后发生延迟愈合的影响因素,二者联合检测对 OSF 患者 PVP 后骨折愈合状态具有较高的预测价值。本研究也存在一些不足,血清指标检测结果仅为某一时间点的相对表达水平,缺少动态的变化过程,因此降低了本研究分析结果的科学性;另外,由于样本量有限,缺乏对血清指标在骨折愈合中的作用机制进行深入分析,后续会增加样本量,进一步证实本研究结论。

参考文献

[1] 章雪芳,杨小彬,贺宝荣,等.基于加速康复外科的出院计划在骨质疏松性胸腰椎骨折患者中的应用[J].中华创伤杂志,2022,38(7):632-637.

[2] 周洁,黄洁,王慧,等.老年骨质疏松性脊柱骨折患者术后恐动症情况及影响因素分析[J].河北医药,2023,45(10):1574-1577.

[3] 杜薛平,张海峰,董大勇,等.温肾补阳法联合 PVP、PKP 对骨质疏松性脊柱骨折患者骨折愈合的影响[J].湖北中医药大学学报,2022,24(5):101-103.

[4] YANG Y,ZHONG W,HUANG J,et al. Association of serum osteocalcin levels with glucose metabolism in trauma patients[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(36): e21901.

[5] BHADRICHA H,KHATKHATAY M I,DESAI M E. Development of an in house ELISA for human intact osteocalcin and its utility in diagnosis and management of osteoporosis[J]. Clin Chim Acta,2019,489:117-123.

[6] MEI M,QU L H,CONG X,et al. CTRP3 promotes TNF- α -induced apoptosis and barrier dysfunction in salivary epithelial cells[J]. Cell Signal,2021,85:110042.

[7] YOUNGSTROM D W,ZONDERVAN R L,DOUCET N R,et al. CTRP3 regulates endochondral ossification and

bone remodeling during fracture healing[J]. J Orthop Res,2020,38(5):996-1006.

[8] 马远征,王以朋,刘强,等.中国老年骨质疏松症诊疗指南(2018)[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(12):1541-1567.

[9] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会.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.

[10] 贾金龙,王朝阳,孙军健,等.miR-24-3p、Smad5 与骨质疏松性脊柱骨折患者 PVP 术后骨折愈合的相关性[J].医学研究杂志,2023,52(9):160-164.

[11] SIH I M,SHIMOKAWA N,ZILELI M,et al. Osteoporotic vertebral fractures: radiologic diagnosis, clinical and radiologic factors affecting surgical decision making: WFNS spine committee recommendations[J]. J Neurosurg Sci,2022,66(4):291-299.

[12] 张元斌,张玉良,罗程,等.经皮椎体成形术与非手术疗法治疗骨质疏松性椎体压缩骨折疗效比较的 Meta 分析[J].中医正骨,2023,35(7):34-39.

[13] 殷浩,余利军,方婷婷.舒筋壮骨汤结合经皮椎体成形术治疗骨质疏松压缩性脊柱骨折对患者腰椎功能和骨代谢水平的影响[J].中国中西医结合外科杂志,2023,29(1):47-51.

[14] 廖芝富,匡中强,曲诗言,等.经皮椎体成形术后邻近椎体继发骨折危险因素分析[J].中国骨与关节杂志,2023,12(4):296-301.

[15] 陈伟,李鹏,万永建,等.创伤性骨折延迟愈合患者血清骨转化标志物的表达水平及意义[J].东南大学学报(医学版),2021,40(2):5-15.

[16] ZHANG D,WANG B,SUN X,et al. N-MID, P1NP, β -CTX, and phosphorus in adolescents with condylar resorption[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol,2023,135(6):724-731.

[17] 许铠,方绕红,白云辉,等.血清 N-MID、BMP-7 水平与骨质疏松性椎体压缩性骨折术后骨折延迟愈合的关系[J].山东医药,2022,62(1):63-66.

[18] DEMIRTAS D,ACIBUCU F,BAYLAN F A,et al. CTRP3 is significantly decreased in patients with primary hyperparathyroidism and closely related with osteoporosis[J]. Exp Clin Endocrinol Diabetes,2020,128(3):152-157.

[19] 谭波,胡豷,卢冰,等. CTRP3 在老年 2 型糖尿病合并骨质疏松患者血清中的表达及其与骨折风险的关系[J].中国老年学杂志,2023,43(9):2107-2110.

[20] 廖宏伟,李学栋,马金锋.血清 CTRP3 及 PGC-1 α 表达与创伤性骨折愈合的相关性分析[J].中国骨伤,2022,35(11):1059-1064.

[21] ZHANG X,ZHANG D,ZHAO H,et al. gCTRP3 inhibits oophorectomy-induced osteoporosis by activating the AMPK/SIRT1/Nrf2 signaling pathway in mice[J]. Mol Med Rep,2024,30(2):133-142.