

- [25] 章海涛, 谌达程, 周敏林, 等. 双重血浆置换治疗伴血栓性微血管病狼疮性肾炎的临床疗效[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2019, 28(3): 201-206.
ZHANG HT, CHEN DC, ZHOU ML, et al. Clinical efficacy of dual plasma exchange in the treatment of lupus nephritis with thrombotic microvascular disease[J]. Shen Zang Bing Yu Tou Xi Shen Yi Zhi Za Zhi, 2019, 28(3): 201-206. Chinese.
- [26] 张俊婷. CABG 术前应用血府逐瘀汤加减对患者术后心血管终末事件及血清 IL-6, VCAM-1 表达的影响[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(10): 113-115. Chinese.
ZHANG JT. Effects of Xuefu Zhuyu Decoction on postoperative cardiovascular end events and the expression of serum IL-6 and VCAM-1[J]. Zhongguo Min Zu Min Jian Yi Yao, 2020, 29(10): 113-115. Chinese.
- [27] 陈娟, 何潇潇, 杜瑶, 等. 通脉汤对下肢闭合骨折深静脉血栓的影响及其血栓弹力图的变化[J]. 世界中医药, 2019, 14(8): 2048-2052.
CHEN J, HE XX, DU Y, et al. Effect of Tongmai Decoction on deep venous thrombosis of closed fracture of lower limb and changes of thromboelastogram[J]. Shi Jie Zhong Yi Yao, 2019, 14(8): 2048-2052. Chinese.
- [28] 郭珈宜, 范仪铭, 李峰, 等. 活血灵方对骨科术后高危凝血状态的预防及其机制研究[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(3): 1520-1523.
GUO JY, FAN YM, LI F, et al. Study on the prevention and mechanism of huoxueling formula on high-risk coagulation after orthopedic surgery[J]. Zhonghua Zhong Yi Yao Za Zhi, 2020, 35(3): 1520-1523. Chinese.

(收稿日期: 2021-10-14 本文编辑: 王玉蔓)

血清 CTRP3 及 PGC-1 α 表达与创伤性骨折愈合的相关性分析

廖宏伟¹, 李学栋², 马金锋³

(1.郑州市骨科医院创伤外科, 河南 郑州 450000; 2.郑州市骨科医院足踝外科, 河南 郑州 450000; 3.河南省洛阳正骨医院骨伤科, 河南 洛阳 471000)

【摘要】 目的: 探讨创伤性骨折患者血清 C1q/TNF 相关蛋白 3 (C1q/tumor necrosis factor-related protein-3, CTRP3), 过氧化物酶体增殖物激活受体 γ 共激活因子-1 α (peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator-1 α , PGC-1 α) 表达水平对骨折愈合的预测价值。方法: 2019 年 1 月至 2020 年 1 月收治 80 例创伤性胫骨平台骨折患者, 采用膝关节后侧入路支撑钢板内固定手术治疗, 术后随访 12 个月, 根据骨折延迟愈合判定标准将患者分为两组: 骨折愈合组 54 例, 男 24 例, 女 30 例, 年龄 29~75 (52.36 \pm 13.17) 岁; 延迟愈合组 26 例, 男 13 例, 女 13 例, 年龄 29~75 (53.82 \pm 13.52) 岁。采用酶联免疫吸附 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) 法检测创伤性骨折患者血清 CTRP3、PGC-1 α 及 25-羟维生素 D3 [25(OH)D3] 水平; 采用全自动生化分析仪检测血磷、血钙水平, 计算钙磷乘积; 采用 Pearson 法分析延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3、PGC-1 α 与骨生化相关指标的相关性; 采用受试者工作特征曲线 (receiver operator characteristic curve, ROC) 分析血清 CTRP3、PGC-1 α 水平对创伤性骨折愈合的预测价值。结果: 骨折愈合组术后 1、4 周血清 CTRP3、PGC-1 α 、钙磷乘积、25(OH)D3 水平高于延迟愈合组 ($P < 0.05$)。延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3 与 PGC-1 α 呈正相关 ($r = 0.637, P < 0.05$), 且二者与钙磷乘积、25(OH)D3 均呈正相关 ($P < 0.05$)。血清 CTRP3、PGC-1 α 水平预测创伤性骨折愈合的曲线下面积 (area under curve, AUC) 分别为 0.845、0.855, 截断值分别为 188.678、2.697 ng/ml, 特异性分别为 96.2%、80.8%, 敏感度分别为 53.7%、77.8%; 二者联合预测的 AUC 为 0.904, 特异性为 88.5%, 敏感度为 81.5%。结论: 创伤性骨折延迟愈合患者术后 1、4 周血清 CTRP3、PGC-1 α 水平均低于正常愈合患者, 其表达水平对预测患者骨折愈合状况有一定的参考价值。

【关键词】 骨折; 骨折, 不愈合; C1q/TNF 相关蛋白 3; 过氧化物酶体增生物激活受体 γ 共激活因子 1 α

中图分类号: R683.4

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.11.010

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Correlation analysis of serum CTRP3 and PGC-1 α expression with traumatic fracture healing LIAO Hong-wei*, LI Xue-dong, and MA Jin-feng. *Department of Trauma Surgery, Zhengzhou Orthopedic Hospital, Zhengzhou 450000, Henan,

基金项目: 河南省中医药科学研究专项课题 (编号: 2018ZY2111)

Fund program: Special Research Project of Traditional Chinese Medicine in Henan Province (No. 2018ZY2111)

通讯作者: 廖宏伟 E-mail: lhj_evolution@163.com

Corresponding author: LIAO Hong-wei E-mail: lhj_evolution@163.com

China

ABSTRACT Objective: To investigate the relationship between serum C1q/tumor necrosis factor-related protein-3 (CTRP3) and peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator-1 α (PGC-1 α) on predictive value of expression level on fracture healing. **Methods:** From January 2019 to January 2020, 80 patients with traumatic tibial plateau fractures were treated by internal fixation with support plates through the posterior approach of the knee joint. The patients were followed up for 12 months. According to the criteria for delayed fracture healing, the patients were divided into two groups: 54 patients in fracture healing group included 24 males and 30 females, aged 29 to 75 years old with an average of (52.36 \pm 13.17) years; In the delayed healing group, there were 26 cases, 13 males and 13 females, aged from 29 to 75 with an average of (53.82 \pm 13.52) years. The serum levels of CTRP3, PGC-1 α and 25 hydroxyvitamin D3 [25 (OH)D3] in patients with traumatic fracture were detected by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA); Blood phosphorus and calcium levels were measured by automatic biochemical analyzer, and the product of calcium and phosphorus was calculated; Pearson's method was used to analyze the correlation between serum CTRP3, PGC-1 α and bone biochemical indexes in patients with delayed union one week after operation; The predictive value of serum levels of CTRP3 and PGC-1 α on traumatic fracture healing was analyzed by receiver operating characteristic curve (ROC curve). **Results:** PGC-1 α , calcium phosphorus product and 25 (OH)D3 in the fracture healing group were higher than those in the delayed healing group at 1 and 4 weeks after operation ($P < 0.05$). Serum CTRP3 was positively correlated with PGC-1 α ($r = 0.637, P < 0.05$) and positively correlated with calcium phosphorus product and 25 (OH)D3 ($P < 0.05$). The areas under the curve (AUC) of serum ctp3 and PGC-1 α levels in predicting traumatic fracture healing were 0.845 and 0.855, respectively. The cutoff values were 188.678 pg/ml and 2.697 ng/ml, respectively. The specificity was 96.2% and 80.8%, and the sensitivity was 53.7% and 77.8%; The predicted AUC was 0.904, the specificity was 88.5%, and the sensitivity was 81.5%. **Conclusion:** The serum levels of CTRP3 and PGC-1 α in patients with delayed union of traumatic fracture at 1 and 4 weeks after operation α The expression level is of certain reference value to predict the fracture healing status of patients.

KEYWORDS Fractures; Fractures,ununited; C1q/tumor necrosis factor-related protein-3,CTRP3; Peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator-1 α ,PGC-1 α

创伤性骨折患者数量随着现代工业化发展及高能暴力(如工地外伤、交通事故)的增加而不断上升,其中胫骨平台骨折关节面易劈裂压缩塌陷,且近年来车祸伤最为常见,高处坠落及压砸伤次之^[1-2]。影响创伤性骨折患者愈合的因素众多,其需要机体内多种类型的生长因子共同发挥作用^[3]。通过分析骨折患者术后相关生化指标的变化规律,可能有助于指导临床治疗,加快骨折愈合。C1q/TNF 相关蛋白 3 (C1q/tumor necrosis factor-related protein-3,CTRP3)在肥胖相关炎症、代谢,及软骨细胞增殖的调节方面有重要作用^[4-5]。过氧化物酶体增殖生物激活受体 γ 共激活因子 1 α (peroxisome proliferator activated receptor coactivator-1 α ,PGC-1 α)可在骨代谢中发挥重要调节作用^[6-7]。目前关于 CTRP3、PGC-1 α 与创伤性骨折愈合相关性的研究较少,本研究以 2019 年 1 月至 2020 年 1 月收治 80 例创伤性胫骨骨折患者为研究对象,旨在探讨血清 CTRP3、PGC-1 α 对骨折愈合的预测价值,为临床早期干预提供一定的理论依据。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:患者均符合中国开放性骨折诊断与治疗指南中的诊断标准^[8];病例资料齐全,且符合伦理学标准,患者均自愿参加;年龄 ≤ 75 岁,骨折后至手术时间 < 14 d。排除标准:近期接受过其他手术治疗者;有免疫功能疾病或恶性肿瘤、长期使用激素类

药物治疗者;有严重骨质疏松症者;存在其他部位严重创伤者。

1.2 一般资料

2019 年 1 月至 2020 年 1 月收治的 80 例创伤性胫骨平台骨折患者为研究对象,术后随访 12 个月,随访截止时间为 2021 年 1 月,根据骨折延迟愈合判定标准(术后 12 个月行影像学复查,骨折影像学愈合评分 < 7 分)将患者分为骨折愈合组 54 例和延迟愈合组 26 例。两组患者一般资料见表 1,差异无统计学意义($P > 0.05$),有可比性。

1.3 主要试剂与仪器

CTRP3 酶联免疫吸附(enzyme linked immunosorbent assay,ELISA)试剂盒(货号:CSB-E13426h-1),购自上海振誉生物科技有限公司;PGC-1 α ELISA 试剂盒(货号:MEXN-H2795),购自上海美轩生物科技有限公司;25-羟维生素 D3 [25-hydroxyvitamin D3,25(OH)D3] ELISA 试剂盒(货号:YS05571B),购自上海雅吉生物科技有限公司。全波长酶标仪(型号:Multiskan GO),购自北京赛百奥科技有限公司;全自动生化分析仪(型号:PUZS-300),购自上海帝博思生物科技有限公司。

1.4 研究方法

1.4.1 治疗方法 患者均采用膝关节后侧入路支撑钢板内固定手术治疗。术后 1 周开始支具保护下锻炼股四头肌,术后 2 周开始 CPM 机辅助锻炼,起

始膝关节屈曲 60°~90°，术后 4 周可屈曲超过 90°，6~8 周开始负重活动。

1.4.2 样品采集及保存 采集创伤性骨折患者术前，术后 24 h 及 1、4 周空腹静脉血，3 000 r/min 离心 15 min 后收集血清，置于-80 °C 保存待测。

1.4.3 一般资料收集 收集整理患者一般资料，包括性别、年龄、骨折后至手术时间、饮酒史、吸烟史、高血压病、高脂血症、糖尿病病史。

1.5 观察项目与方法

观察比较患者性别、年龄、病程、受伤原因、饮酒史、吸烟史、高血压病史、高脂血症史、糖尿病史。采用 ELISA 法检测创伤性骨折患者术前，术后 24 h 及 1、4 周血清 CTRP3、PGC-1α、25(OH)D3 水平；采用全自动生化分析仪检测血磷、血钙水平，计算钙磷乘积，检测步骤严格按照试剂盒及仪器说明书进行。

1.6 统计学处理

应用 SPSS 23.0 软件进行统计分析，定量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，两组间比较采用独立样本

t 检验；定性资料组间比较行 χ^2 检验。采用 Pearson 法分析延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3、PGC-1α 与骨生化相关指标的相关性；采用受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC)分析血清 CTRP3、PGC-1α 水平对创伤性骨折愈合的预测价值。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组血清 CTRP3 及 PGC-1α 表达水平比较

骨折愈合组术前、术后 24 h 血清 CTRP3、PGC-1α 表达水平与延迟愈合组比较，差异无统计学意义 (*P*>0.05)。骨折愈合组术后 1、4 周血清 CTRP3、PGC-1α 表达水平高于延迟愈合组，差异有统计学意义 (*P*<0.05)。见表 2、表 3。

2.2 两组骨生化相关指标水平比较

骨折愈合组术前、术后 24 h 钙磷乘积、25(OH)D3 与延迟愈合组比较，差异无统计学意义 (*P*>0.05)。骨折愈合组术后 1、4 周钙磷乘积、25(OH)D3 高于延迟愈合组 (*P*<0.05)。见表 4、表 5。

表 1 两组创伤性胫骨平台骨折患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data of patients with traumatic tibial plateau fracture between two groups

组别	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程 ($\bar{x} \pm s$, d)	受伤原因(例)			饮酒史 (例)		吸烟史 (例)		高血压 病(例)		高脂血症 (例)		糖尿病 (例)	
		男	女			车祸	高处坠落	压砸	是	否	是	否	是	否	是	否	是	否
骨折愈合组	54	24	30	52.36±13.17	4.36±1.83	36	16	2	3	51	10	44	9	45	6	48	8	46
延迟愈合组	26	13	13	53.82±13.52	4.21±1.94	18	6	2	4	22	8	18	8	18	2	24	4	22
检验值		$\chi^2=0.218$		<i>t</i> =0.460	<i>t</i> =0.337	$\chi^2=0.850$			$\chi^2=2.124$		$\chi^2=1.510$		$\chi^2=2.086$		$\chi^2=0.228$		$\chi^2=0.004$	
<i>P</i> 值		0.641		0.646	0.737	0.654			0.145		0.219		0.149		0.633		0.947	

表 2 两组创伤性胫骨平台骨折患者术前后血清 CTRP3 表达水平比较($\bar{x} \pm s$, pg/ml)

Tab.2 Comparison of serum CTRP3 expression levels of patients with traumatic tibial plateau fracture before and after operation between two groups($\bar{x} \pm s$, pg/ml)

组别	例数	术前	术后 24 h	术后 1 周	术后 4 周
骨折愈合组	54	56.44±10.16	58.24±11.71	206.74±50.94	276.84±53.77
延迟愈合组	26	54.86±11.43	56.22±11.37	133.51±40.84	194.57±35.21
<i>t</i> 值		0.625	0.729	6.400	7.092
<i>P</i> 值		0.534	0.468	0.000	0.000

表 3 两组创伤性胫骨平台骨折患者术前后血清 PGC-1α 表达水平比较($\bar{x} \pm s$, ng/ml)

Tab.3 Comparison of serum PGC-1α expression level of patients with traumatic tibial plateau fracture before and after operation between two groups($\bar{x} \pm s$, ng/ml)

组别	例数	术前	术后 24 h	术后 1 周	术后 4 周
骨折愈合组	54	1.83±0.54	1.84±0.52	3.26±0.71	4.92±1.16
延迟愈合组	26	1.82±0.51	1.83±0.56	2.03±0.62	2.81±0.68
<i>t</i> 值		0.079	0.079	7.550	8.575
<i>P</i> 值		0.937	0.938	0.000	0.000

表 4 两组创伤性胫骨平台骨折患者术前后钙磷乘积比较 ($\bar{x}\pm s, \text{mg}^2/\text{dl}^2$)

Tab.4 Comparison of Calcium phosphorus product of patients with traumatic tibial plateau fracture before and after operation between two groups ($\bar{x}\pm s, \text{mg}^2/\text{dl}^2$)

组别	例数	术前	术后 24 h	术后 1 周	术后 4 周
骨折愈合组	54	33.46±1.64	33.78±1.79	43.06±1.64	47.82±2.23
延迟愈合组	26	32.97±2.01	33.24±1.94	34.86±1.78	35.74±1.92
t 值		1.162	1.230	20.373	23.697
P 值		0.249	0.222	0.000	0.000

表 5 两组创伤性胫骨平台骨折患者术前后 25(OH)D3 比较 ($\bar{x}\pm s, \text{ng/ml}$)

Tab.5 Comparison of 25(OH)D3 of patients with traumatic tibial plateau fracture before and after operation between two groups ($\bar{x}\pm s, \text{ng/ml}$)

组别	例数	术前	术后 24 h	术后 1 周	术后 4 周
骨折愈合组	54	26.37±1.62	26.42±1.66	36.03±2.47	39.12±2.17
延迟愈合组	26	25.94±1.71	26.61±1.73	28.74±2.06	31.28±1.31
t 值		1.092	0.473	13.016	16.961
P 值		0.278	0.638	0.000	0.000

2.3 延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3 及 PGC-1α 与骨生化相关指标的相关性

Pearson 法分析结果显示,延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3 与 PGC-1α 呈正相关 ($r=0.637, P<0.05$),见图 1。血清 CTRP3、PGC-1α,与钙磷乘积、25(OH)D3 均呈正相关($P<0.05$),见表 6。

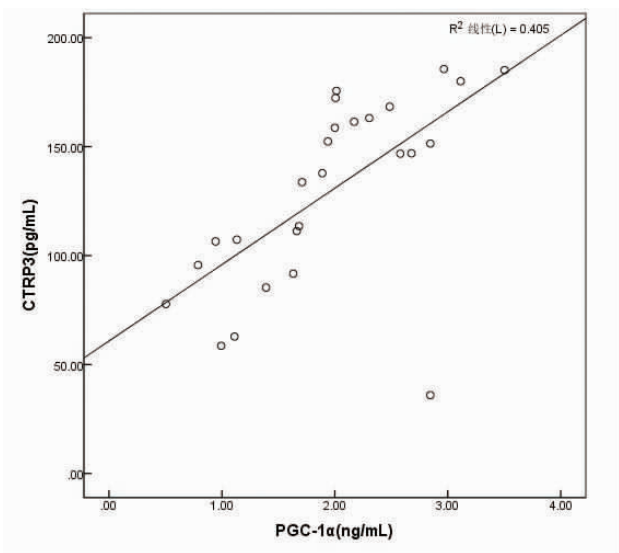


图 1 延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3 与 PGC-1α 的相关性
Fig.1 Correlation between serum ctrp3 and PGC-1α in patients with delayed healing 1 week after operation

2.4 血清 CTRP3 及 PGC-1α 水平对创伤性骨折愈合的预测价值

以术后 1 周血清 CTRP3、PGC-1α 水平为检验变量绘制 ROC 曲线,结果显示,血清 CTRP3、PGC-

表 6 延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3 及 PGC-1α 与骨生化相关指标的相关性

Tab.6 Correlation of serum CTRP3 and PGC-1α with bone biochemical indexes in patients with delayed union one week after operation

指标	统计值	钙磷乘积	25(OH)D3
CTR3	R 值	0.496	0.521
	P 值	0.014	0.007
PGC-1α	R 值	0.508	0.513
	P 值	0.008	0.006

1α 水平预测创伤性骨折愈合的曲线下面积 (area under curve, AUC) 分别为 0.845 [95% CI (0.761, 0.930)], 0.855 [95% CI (0.769, 0.941)], 截断值分别为 188.678 pg/ml、2.697 ng/ml, 特异性分别为 96.2%、80.8%, 敏感度分别为 53.7%、77.8%; 二者联合预测的 AUC 为 0.904 [95% CI (0.836, 0.972)], 特异性为 88.5%, 敏感度为 81.5%。见图 2。

3 讨论

3.1 创伤性骨折的危害

近年来,创伤性骨折患者数量趋于上升,临床中主要采取手术治疗^[9-10]。但骨折后血液运行较差,术后常出现延迟预后,且康复需要功能恢复及骨质愈合,期间影响因素众多、花费时间较长,严重影响患者及家属生活、工作,同时加重后期治疗负担^[11-12]。因此,临床中针对骨折愈合情况寻找相关生化指标,进而开展准确的预后评估,可有效减少愈合延迟的发生率。

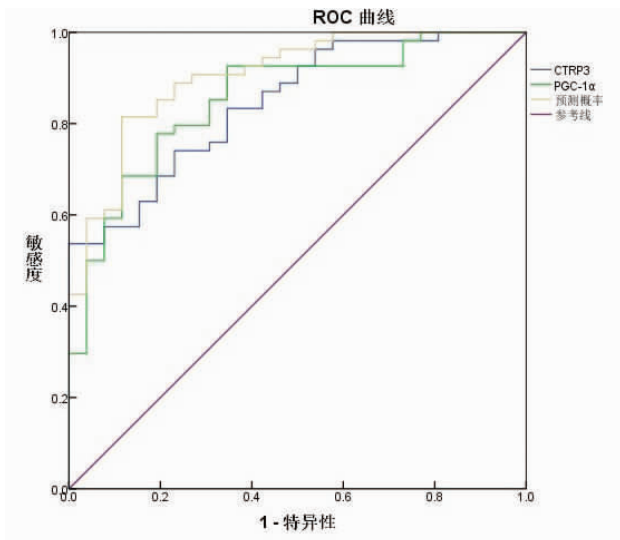


图 2 血清 CTRP3 及 PGC-1 α 水平预测创伤性骨折愈合的 ROC 曲线
Fig.2 ROC curve of serum CTRP3 and PGC-1 α levels in predicting traumatic fracture healing

3.2 CTRP3 的作用机制及 CTRP3 对骨折延迟愈合的预测价值

CTRP3 是具有多种调节功能的脂肪因子,广泛分布在脂肪、软骨等组织中,可通过内分泌机制参与炎症、能量代谢、血管舒张、诱导细胞增生及分化等各种生理功能^[13-14]。冯刚等^[15]研究表明,CTRP3 与绝经后妇女骨密度密切相关。本研究结果显示,手术前、术后 24 h 骨折正常愈合患者和延迟愈合患者血清 CTRP3 水平差异不大,术后 1、4 周骨折正常愈合患者较延迟愈合患者血清 CTRP3 明显升高。方波等^[16]研究显示,成骨细胞功能优势十分明显,破骨细胞功能处于抑制状态时,可促进骨组织修复和骨折端愈合。表明血清 CTRP3 高水平可能对骨折愈合有一定的提示作用,本研究推测 CTRP3 水平升高使得成骨细胞活化和增生的作用增强,进而加快了骨折部位的愈合速度,CTRP3 具体作用机制有待进一步验证。进一步研究显示,骨折患者术后 1 周血清 CTRP3 对创伤性骨折愈合有一定的预测作用,其特异性为 96.2%,敏感度为 53.7%,当其术后 1 周水平低于截断值 188.678 pg/ml 时,可能提示患者有延迟愈合的趋势。

3.3 PGC-1 α 的作用机制及 CTRP3 与 PGC-1 α 联合对骨折延迟愈合的预测价值

PGC-1 α 是线粒体增殖的重要调节因子,且是一种转录共激活因子,可调控肝脏糖异生、线粒体的发生、骨骼肌中血管的生成,同时可维持代谢稳态和能量平衡^[17]。Yu 等^[18]研究表明,PGC-1 α 可控制骨质疏松症及骨老化过程中的骨脂平衡。本研究结果显示,术后 1、4 周骨折正常愈合患者血清 PGC-1 α 明

显高于延迟愈合患者;延迟愈合患者术后 1 周血清 CTRP3 与 PGC-1 α 呈正相关。Feng 等^[19]研究表明,CTRP3 可通过诱导线粒体和血管平滑肌细胞 PGC-1 α 的表达上调促进能量生成。结合既往文献,推测本研究中 CTRP3 可能通过调控 PGC-1 α 表达上调,促进新生血管管腔形成,进而参与骨重建,CTRP3、PGC-1 α 在骨折延迟愈合中的具体作用机制有待进一步动物或细胞实验验证。骨折患者术后 1 周血清 PGC-1 α 对创伤性骨折愈合有一定的预测作用,其敏感度(77.8%)高于 CTRP3(53.7%),且二者联合后敏感度(81.5%)较单独使用有提高,提示 CTRP3、PGC-1 α 对骨折延迟愈合可能有较高的预测价值,临床中可通过监测二者水平变化,提早采取干预措施,加快骨折愈合速度。骨生化相关指标钙磷乘积、25(OH)D3 在骨愈合中发挥重要作用,且二者可预测骨折患者延迟愈合^[20-21],而本研究中血清 CTRP3、PGC-1 α 与骨生化相关指标钙磷乘积、25(OH)D3 均有一定相关性,进一步提示 CTRP3、PGC-1 α 与骨愈合有密切联系。

3.4 本研究结论及不足之处

综上所述,术后 1、4 周骨折正常愈合患者较延迟愈合患者血清 CTRP3 明显升高,且 CTRP3、PGC-1 α 对创伤性骨折愈合可能有重要的预测作用,但其在临床指导治疗中的具体作用仍需进一步深入研究。且本研究收集样本数有限,结果可能存在一定的局限性,有待进一步验证。

参考文献

- [1] 曹建国. 关节镜联合微创经皮钢板内固定治疗低能量胫骨平台骨折伴韧带损伤的临床研究[J]. 中国骨伤, 2019, 32(11): 1008-1013.
CAO JG. Clinical research of arthroscopy with minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis for low energy tibial plateau fracture with ligament injury[J]. Zhong Guo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2019, 32(11): 1008-1013. Chinese.
- [2] 郭玉冬, 王宸. 复杂胫骨平台骨折治疗的挑战[J]. 中国骨伤, 2017, 30(10): 881-884.
GUO YD, WANG C. Challenges in management of complex tibial plateau fracture[J]. Zhong Guo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(10): 881-884. Chinese.
- [3] 黄志勇, 陈观华, 罗剑, 等. 外固定支架固定对骨盆骨折患者应激因子、炎症因子水平的影响[J]. 创伤外科杂志, 2019, 21(10): 754-757.
HUANG ZY, CHEN GH, LUO J, et al. Effects of external fixation bracket fixation on stress factor and inflammatory cytokines in patients with traumatic pelvic fractures[J]. Chuang Shang Wai Ke Za Zhi, 2019, 21(10): 754-757. Chinese.
- [4] Xu ZH, Zhang X, Xie H, et al. Serum CTRP3 level is associated with osteoporosis in postmenopausal women[J]. Exp Clin Endocrinol Diabetes, 2018, 126(9): 559-563.
- [5] 宁海峰, 朱迎庆. 补体 C1q/肿瘤坏死因子相关蛋白 3 在老年型

- 骨折中的临床应用价值[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(24): 5991-5992.
- NING HF, ZHU YQ. Clinical application value of complement C1q/tumor necrosis factor related protein 3 in senile fracture[J]. Zhongguo Lao Nian Xue Za Zhi, 2018, 38(24): 5991-5992. Chinese.
- [6] 蒋中业, 苏浩, 杨中亚, 等. 16 周高强度间歇训练对增龄大鼠骨骼肌 ROS-AMPK-PGC-1 α 通路及最大摄氧量的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2019, 38(5): 379-386.
- JIANG ZY, SU H, YANG ZY, et al. Effects of 16-week high-intensity interval training on skeletal muscle ROS-AMPK-PGC-1 α pathway and VO₂max of aged rats[J]. Zhongguo Yun Dong Yi Xue Za Zhi, 2019, 38(5): 379-386. Chinese.
- [7] Shimba Y, Togawa H, Senoo N, et al. Skeletal muscle-specific pgc-1 α overexpression suppresses atherosclerosis in apolipoprotein e-knockout mice[J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 4077.
- [8] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 中国医师协会创伤外科医师分会创伤感染专业委员会, 等. 中国开放性骨折诊断与治疗指南(2019 版)[J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21(11): 921-928.
- Traumatic Orthopaedics Group, Orthopaedics Branch, Chinese Medical Association, Group of External Fixation and Limb Reconstruction, Chinese Society of Orthopaedics, Chinese Medical Association, The Professional Committee of Traumatic Infection, Trauma Surgery Branch, Chinese Medical Doctors Association, et al. Guidelines on diagnosis and treatment of open fractures in China (2019)[J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2019, 21(11): 921-928. Chinese.
- [9] 任清泉, 郭建峰, 杨扬, 等. 不同手术时间对创伤性多发肋骨骨折内固定术后预后的影响[J]. 创伤外科杂志, 2020, 22(6): 451-453.
- REN QQ, GUO JF, YANG Y, et al. Effect of different operative time on the prognosis after internal fixation of multiple traumatic rib fractures[J]. Chuang Shang Wai Ke Za Zhi, 2020, 22(6): 451-453. Chinese.
- [10] Beaudoin C, Moore L, Gagné M, et al. Performance of predictive tools to identify individuals at risk of non-traumatic fracture: a systematic review, Meta-analysis, and Meta-regression[J]. Osteoporosis Int, 2019, 30(1): 721-740.
- [11] Rau CS, Wu SC, Chen YC, et al. Mortality rate associated with admission hyperglycemia in traumatic femoral fracture patients is greater than non-diabetic normoglycemic patients but not diabetic normoglycemic patients[J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 15(1): 28.
- [12] El-Menyar A, Muneer M, Samson D, et al. Early versus late intramedullary nailing for traumatic femur fracture management: Meta-analysis[J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1): 160.
- [13] Xin L, Li J, Miao Y, et al. Impact of weight cycling on CTRP3 expression, adipose tissue inflammation and insulin sensitivity in C57BL/6J mice[J]. Exp Ther Med, 2018, 16(3): 2052-2059.
- [14] Youngstrom DW, Zondervan RL, Doucet NR, et al. CTRP3 regulates endochondral ossification and bone remodeling during fracture healing[J]. J Orthop Res, 2020, 38(5): 996-1006.
- [15] 冯刚, 肖登, 王翠婷, 等. 血清脂肪因子-CTRP3 水平与绝经后妇女骨密度相关性研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(6): 789-792.
- FENG G, XIAO D, WANG CT, et al. Relationship between serum adipokine-CTRP3 and osteoporosis in postmenopausal women[J]. Zhongguo Gu Zhi Shu Song Za Zhi, 2019, 25(6): 789-792. Chinese.
- [16] 方波, 应凯, 宗刚, 等. 胫骨远端骨折手术时机选择与成骨细胞与破骨细胞平衡间的相关性研究[J]. 中国临床医生杂志, 2020, 48(8): 946-948.
- FANG B, YING K, ZONG G, et al. Study on the relationship between the timing of operation and the balance of osteoblasts and osteoclasts in distal tibial fractures[J]. Zhong Guo Lin Chuang Yi Sheng Za Zhi, 2020, 48(8): 946-948. Chinese.
- [17] Nonaka K, Ozaki Y, Ito K, et al. Endurance exercise increases the protein levels of PGC-1 α and respiratory chain complexes in mouse skeletal muscle during atorvastatin administration[J]. J Physiol Sci, 2019, 69(2): 327-333.
- [18] Yu B, Huo LH, Liu YS, et al. PGC-1 α Controls skeletal stem cell fate and bone-fat balance in osteoporosis and skeletal aging by inducing TAZ[J]. Cell Stem Cell, 2018, 23(2): 193-209.
- [19] Feng H, Wang JY, Zheng M, et al. CTRP3 promotes energy production by inducing mitochondrial ROS and up-expression of PGC-1 α in vascular smooth muscle cells[J]. Exp Cell Res, 2016, 341(2): 177-186.
- [20] 葛向荣, 马红霞, 林继红. 胫骨骨折患者术后血清 IGF-1、 β -CTX、CYR61 蛋白的表达与延迟愈合的关系[J]. 创伤外科杂志, 2020, 22(3): 205-208.
- GE XR, MA HX, LIN JH. Association between the expression of serum IGF-1, β -CTX, and CYR61 protein and delayed union in patients with tibial fracture[J]. Chuang Shang Wai Ke Za Zhi, 2020, 22(3): 205-208. Chinese.
- [21] 王来旭, 张健, 王磊, 等. 骨生化相关指标与骨折愈合关系的研究[J]. 中国医学创新, 2019, 16(36): 124-127.
- WANG LX, ZHANG J, WANG L, et al. Research on relationship between biochemical indexes of bone and fracture healing[J]. Zhongguo Yi Xue Chuang Xin, 2019, 16(36): 124-127. Chinese.

(收稿日期: 2021-07-21 本文编辑: 王玉蔓)