

# 糖尿病桡骨远端骨折钢板固定手术部位感染的相关因素

张 田, 张 上<sup>✉</sup>, 骆阳田, 李慧娟, 付万里, 李明浩

**【摘要】** 目的 探索糖尿病桡骨远端骨折钢板固定手术部位感染 (SSI) 的相关因素。方法 回顾性分析 2012-01 至 2023-06 在武警河南总队医院接受腕掌侧锁定钢板固定不稳定桡骨远端骨折合并糖尿病的患者 897 例。根据是否发生 SSI 将患者分为两组。采用单因素比较, 二分类多因素 logistic 回归分析 SSI 的危险因素, 采用受试者操作特征 (ROC) 曲线评估模型的预测能力。结果 897 例中, 发生 SSI 43 例 (4.79%), 单因素比较结果表明, SSI 组年龄低于无 SSI 组, 差异有统计学意义 ( $P=0.029$ ), SSI 组的男性构成比、吸烟比例、美国麻醉医师协会 (ASA) 分级、全麻比例、骨移植比例和失血量均高于无 SSI 组, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。实验室检查方面, SSI 组术前白细胞计数高于无 SSI 组, 术前红细胞计数、血红蛋白、血细胞比容、钠离子和白蛋白均低于无 SSI 组, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。多因素 logistic 回归分析显示, 男性 ( $OR=2.83$ , 95%CI: 1.33~5.99,  $P=0.007$ )、ASA 分级 IV 级 ( $OR=4.41$ , 95%CI: 1.47~13.25,  $P=0.008$ )、吸烟 ( $OR=2.37$ , 95%CI: 1.20~4.69,  $P=0.013$ ) 和骨移植 ( $OR=3.20$ , 95%CI: 1.18~8.68,  $P=0.022$ ) 是发生 SSI 的独立危险因素。预测模型的 ROC 曲线下面积为 0.771, 显示具有良好的区分能力。结论 糖尿病患者接受腕掌侧锁定钢板治疗不稳定桡骨远端骨折时, 应重点关注男性、合并严重全身疾病、有吸烟史及需要骨移植的高风险患者。建议术前戒烟, 严格优化血糖控制, 合理选择骨移植适应证, 加强围手术期感染预防措施, 并制定个体化监测方案, 以降低 SSI 风险, 改善患者预后。

**【关键词】** 糖尿病; 桡骨远端骨折; 腕掌侧锁定钢板; 手术部位感染; 危险因素

**【中国图书分类号】** R687.3

**【引用本文】** 张 田, 张 上, 骆阳田, 等. 糖尿病桡骨远端骨折钢板固定手术部位感染的相关因素[J]. 武警医学, 2026, 37(2): 146-150.

## Related factors for surgical site infection in patients with diabetes undergoing plate fixation for distal radius fractures

ZHANG Tian, ZHANG Shang<sup>✉</sup>, LUO Yangtian, LI Huijuan, FU Wanli, and LI Minghao. Orthopedics Department, Henan Provincial Corps Hospital of Chinese People's Armed Police Force, Zhengzhou 450052, China

**【Abstract】** **Objective** To explore the related factors of surgical site infection (SSI) in diabetic patients undergoing plate fixation for distal radius fractures. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 897 patients who suffered from diabetes mellitus and underwent palmar locking plate fixation for unstable distal radius fractures in the Henan Provincial Corps Hospital of Chinese People's Armed Police Force from January 2012 to June 2023. The patients were divided into two groups based on whether SSI occurred. Univariate analysis was used to compare the factors, and binary variable multivariate logistic regression analysis was used to analyze the risk factors of SSI. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the predictive ability of the model. **Results** Among the 897 patients, 43 patients (4.79%) developed SSI. The results of univariate analysis showed that the SSI group was significantly younger than the non-SSI group, and the difference was statistically significant ( $P=0.029$ ), and the SSI group proved significantly higher than the non-SSI group in terms of proportion of male, smoking, American Society of Anesthesiologists (ASA) classification, general anesthesia ratio [n, general/region, bone grafting ratio and blood loss, and the differences were statistically significant ( $P<0.05$ ). Regarding preoperative laboratory tests, the SSI group had significantly higher white blood cell count, whereas significantly lower red blood cell count, hemoglobin, hematocrit, sodium, and albumin than the non-SSI group, and the differences were statistically significant ( $P<0.05$ ). Multivariate logistic regression analysis demonstrated that male gender ( $OR=2.83$ , 95%CI: 1.33~5.99,  $P=0.007$ ), ASA classification IV ( $OR=4.41$ , 95%CI: 1.47~13.25,  $P=0.008$ ), smoking ( $OR=2.37$ , 95%CI: 1.20~4.69,  $P=0.013$ ), and bone grafting ( $OR=3.20$ , 95%CI: 1.18~8.68,  $P=0.022$ ) were independent risk factors for SSI development. The area under the ROC curve of the predictive model was 0.771, demonstrating good discriminative ability. **Conclusions** For diabetic patients undergoing palm locking plate treatment for unstable distal radius fractures, special attention should be paid to high-

risk patients such as males, those with worsened systemic diseases, those with a smoking history, and those requiring bone grafts. It is recommended to quit smoking before the surgery, strictly optimize blood sugar control, reasonably select indications for bone grafting,

作者简介: 张 田, 硕士, 副主任医师。

作者单位: 450052 郑州, 武警河南总队医院骨科

✉ 通信作者

strengthen infection prevention measures during the perioperative period, and develop individualized monitoring plans to reduce the risk of surgical site infection and improve patient prognosis.

**【Key words】** diabetes; distal radius fracture; volar locking plate; surgical site infection; risk factors

近年来,糖尿病发病率持续上升,已成为影响骨健康的重要公共卫生问题<sup>[1]</sup>。大量流行病学研究证实,糖尿病患者骨折风险显著增加,1型糖尿病患者全身骨折和髌部骨折风险分别为健康人群的1.7倍和4倍<sup>[2]</sup>,2型糖尿病患者骨折风险同样明显升高<sup>[3]</sup>。研究显示,1型糖尿病患者主要表现为皮质骨孔隙度增加和体能测试表现下降<sup>[4]</sup>,而2型糖尿病患者则主要表现为皮质骨参数显著缺陷和小梁板减少<sup>[5]</sup>。高血糖状态和慢性炎症损害成骨细胞功能,延缓骨愈合过程,而微血管病变进一步影响骨组织血液供应,加重骨愈合障碍<sup>[6]</sup>。桡骨远端骨折(distal radius fracture, DRF)作为常见的脆性骨折类型,在糖尿病人群中发病率显著高于普通人群<sup>[7]</sup>。腕掌侧锁定钢板(volar locking plate, VLP)已成为不稳定 DRF 的主要治疗方式,在稳定性和功能恢复方面较传统固定方法具有明显优势<sup>[8]</sup>。然而,糖尿病患者术后并发症风险增加,其中手术部位感染(surgical site infection, SSI)是最重要的并发症之一,SSI 的发生会延长住院时间,增加医疗费用,加重患者预后负担<sup>[6]</sup>。随着人口老龄化进程,糖尿病合并骨折的临床管理面临更大挑战,包括愈合延迟、并发症增多及预后不良等问题<sup>[9]</sup>。本研究探讨此种情况下 SSI 的潜在风险因素,以期为临床决策的制定提供更可靠的科学依据。

## 1 对象与方法

1.1 对象 回顾性分析 2012-01 至 2023-06 在我院接受 VLP 固定的不稳定 DRF 患者。纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$ 岁;(2)闭合性不稳定 DRF 且在伤后 21 d 内接受 VLP 治疗;(3)明确诊断为糖尿病病史;(4)电子医疗记录完整,随访时间至少 12 个月。排除标准:(1)双侧 DRF;(2)病理性或转移性骨折;(3)多发伤;(4)术前已存在伤口感染;(5)精神药物滥用或糖皮质激素依赖。最终 897 例患者纳入本研究。本研究获得医院伦理委员会批准(伦理编号: LW25013)。本研究数据来源于医院电子病历系统,通过电话随访、查询患者门诊随访记录、住院病历,以及因 SSI 再入院的医疗记录来识别术后 SSI 的发生情况。SSI 分为浅表性和深部两类:浅表性 SSI 定义为手术后 1 个月内发生的仅涉及皮肤或浅表筋膜的感

染,深部 SSI 定义为手术后 12 个月内发生的延伸至深筋膜或肌肉的感染。

1.2 资料采集 通过电子病历系统收集临床资料。(1)人口统计学资料,包括年龄、性别、居住地、职业;(2)既往史和合并疾病,包括高血压、脑血管病、糖尿病病程、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、肾功能不全、吸烟史、饮酒史;(3)骨折相关信息,包括损伤机制、骨折内固定研究协会(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, AO)分型;(4)手术相关信息,包括美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级、麻醉方式、外科医师手术量(年均手术量 $\geq 50$ 例为高手术量, $< 50$ 例为低手术量)、骨移植、失血量、同种异体输血、手术时间、切口长度;(5)术前实验室检查,包括白细胞计数、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、红细胞计数、血红蛋白、血细胞比容、钠离子、白蛋白、术前血糖、糖化血红蛋白。根据是否发生 SSI,分为 SSI 组 43 例(4.79%)和无 SSI 组 854 例(95.21%)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 26.0 软件进行数据统计分析。计量资料的正态性分布采用 Shapiro-Wilk 检验。正态分布的连续变量以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本  $t$  检验;非正态分布的连续变量以  $M(Q_1, Q_3)$  表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。分类变量以%表示,组间比较采用 $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。采用单因素分析筛选潜在的危险因素,结合临床意义确定进入多因素模型的变量。采用二分类多因素 logistic 回归分析确定 SSI 的独立危险因素,结果以 OR 和 95% CI 表示。依据 logistic 回归模型建立预测模型。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析评估模型的预测效能,计算曲线下面积(area under the curve, AUC)。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

2.1 基线资料 两组单因素比较结果显示,SSI 组年龄低于无 SSI 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),SSI 组男性构成比、吸烟比例、ASA 分级严重程度、全麻比例、低年均手术量医师占比、骨移植比例和失血量 $\geq 400$  ml 的比例均高于无 SSI 组,差异有统计

学意义( $P < 0.05$ )。实验室检查方面,SSI组白细胞、糖化血红蛋白高于无SSI组,淋巴细胞、红细胞、血红蛋白、血细胞比容、钠离子、白蛋白水平低于无

SSI组,手术时间、切口长度长于无SSI组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ,表1)。

表1 糖尿病桡骨远端骨折钢板固定SSI组与无SSI组单因素比较分析

( $\bar{x} \pm s$ )

指标	SSI组( $n=43$ )	无SSI组( $n=854$ )	$t/Z/\chi^2$	$P$
年龄/岁	42.80±11.70	47.60±14.10	2.19	0.029
性别( $n$ ;% )			7.44	0.006
男	33(76.74)	475(55.62)		
女	10(23.26)	379(44.38)		
居住地( $n$ ;% )			0.07	0.790
非农村	10(23.26)	214(25.06)		
农村	33(76.74)	640(74.94)		
职业( $n$ ;% )			3.18	0.074
非体力劳动	6(13.95)	223(27.28)		
体力劳动	37(86.05)	631(73.89)		
高血压( $n$ ;% )	6(13.95)	137(16.04)	0.13	0.715
糖尿病病程/年	8.29±1.19	8.52±1.22	1.17	0.244
手术时间/min	173.42±113.55	130.42±67.29	-2.46	0.018
脑血管病( $n$ ;% )	0(0.00)	54(6.32)	2.90	0.089
COPD( $n$ ;% )	1(2.33)	25(2.93)	0.05	0.818
肾功能不全( $n$ ;% )	1(2.33)	17(1.99)	0.02	0.879
吸烟( $n$ ;% )	17(39.53)	166(19.44)	10.18	0.001
饮酒( $n$ ;% )	26(60.47)	515(60.30)	0.0004	0.983
损伤机制( $n$ ;% )			1.77	0.183
低能量	34(79.07)	737(86.30)		
高能量	9(20.93)	117(13.70)		
骨折AO分类( $n$ ;% )			1.30	0.521
A	10(23.26)	157(18.38)		
B	4(9.30)	124(14.52)		
C	29(67.44)	573(67.10)		
ASA分级( $n$ ;% )			18.09	<0.001
II	5(11.63)	155(18.15)		
III	24(55.81)	605(70.84)		
IV	14(32.56)	94(11.01)		
麻醉方式( $n$ ;% )			12.26	<0.001
全身	18(41.86)	168(19.67)		
区域	25(58.14)	686(80.33)		
骨移植( $n$ ;% )	7(16.28)	40(4.68)	11.09	<0.001
失血量( $n$ ;% )			23.17	<0.001
<400 ml	30(69.77)	783(91.69)		
≥400 ml	13(30.23)	71(8.31)		
同种异体输血( $n$ ;% )	5(11.63)	53(6.21)	2.00	0.158
手术切口长度/cm	7.56±0.45	7.38±0.71	-2.49	0.016
术前血糖/(mmol/L)	6.73±0.55	6.79±0.49	0.80	0.425
感染距手术时间/d [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	18.00(13.00, 21.50)	-	-	-
白细胞/( $10^9/L$ )	10.29±5.15	8.39±2.58	-4.43	<0.001
中心粒细胞/( $10^9/L$ )	6.58±4.15	5.88±2.40	-1.81	0.071
淋巴细胞/( $10^9/L$ )	1.49±0.55	1.69±0.61	2.12	0.034
红细胞/( $10^{12}/L$ )	4.11±0.57	4.30±0.60	2.01	0.044
血红蛋白/(g/L)	124.86±21.00	130.97±17.25	2.24	0.025
血细胞比容/%	35.66±5.06	38.80±5.21	3.86	<0.001
钠离子/(mmol/L)	136.25±3.87	139.71±3.16	6.94	<0.001
白蛋白/(g/L)	37.69±5.57	41.68±5.24	4.86	<0.001
糖化血红蛋白/%	7.71±1.00	6.68±0.87	-7.53	<0.001

注:SSI.手术部位感染;COPD.慢性阻塞性肺疾病;AO.骨折内固定研究协会;ASA.美国麻醉医师协会。

2.2 VLP 治疗糖尿病合并不稳定 DRF 后 SSI 的多因素 logistic 回归分析 结果显示,与女性相比,男性发生 SSI 的风险显著增加;与 II 级 ASA 分级患者相比,IV 级患者的 SSI 风险显著升高;吸烟患者较非吸烟患者发生 SSI 的风险显著增加;接受骨移植的患者较未接受骨移植者发生 SSI 的风险显著升高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ,表 2)。

表 2 VLP 治疗糖尿病合并不稳定 DRF 后 SSI 的多因素 logistic 回归分析

变量	OR(95%CI)	回归系数	标准误	Z	P
男性	2.83(1.33~5.99)	1.04	0.38	2.71	0.007
ASA 分级					
II 级					
III 级	1.16(0.43~3.17)	0.15	0.51	0.30	0.767
IV 级	4.41(1.47~13.25)	1.48	0.56	2.65	0.008
吸烟	2.37(1.20~4.69)	0.86	0.35	2.47	0.013
骨移植	3.20(1.18~8.68)	1.16	0.51	2.29	0.022

注:VLP. 腕掌侧锁定钢板;DRF. 桡骨远端骨折;SSI. 手术部位感染;ASA. 美国麻醉医师协会。

2.3 Logistic 回归模型预测 SSI 发生的 ROC 分析 ROC 分析显示,AUC 为 0.771(95% CI: 0.694 ~ 0.849),当取最佳阈值-2.7229 时,此时敏感度为 67.44%,特异度为 77.40%,模型能够较好地平衡敏感度与特异度,综合准确度为 76.92%,表明此预测模型具备良好的区分能力(图 1)。

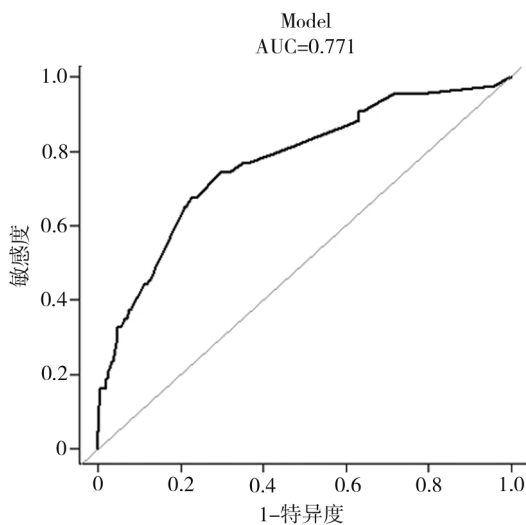


图 1 多因素 logistic 回归模型预测糖尿病桡骨远端骨折钢板固定 SSI 发生的 ROC 曲线图 SSI. 固定手术部位感染;ROC. 受试者工作特征

### 3 讨论

本研究探讨 VLP 治疗糖尿病患者不稳定 DRF 后 SSI 的发生率及危险因素,研究纳入 897 例患者,其中 43 例发生 SSI,感染率为 4.79%。单因素分析显示,SSI 组与非 SSI 组在年龄、性别、吸烟史、ASA 分级、麻醉方式、骨移植、失血量、白细胞计数、糖化血红蛋白、淋巴细胞、血红蛋白、白蛋白等指标方面差异有统计学意义。多因素 logistic 回归分析显示,男性、ASA 分级 IV 级、吸烟和骨移植是发生 SSI 的独立危险因素。本研究结果有助于临床医师识别高风险患者,为制定个体化预防策略提供依据。

既往多项研究表明,DRF 术后并发症与多个危险因素相关。Galivanche 等<sup>[10]</sup>研究发现,吸烟者较非吸烟者在手术后 30 d 内发生并发症的风险更高。Newton 等<sup>[11]</sup>研究显示,男性、吸烟、ASA 分级 IV 级及手术时间延长与手术并发症和再次手术风险增加显著相关。Pacchiarini 等<sup>[12]</sup>发现,VLP 后并发症发生率为 13.5%。既往研究主要关注一般人群中的危险因素,而对糖尿病患者这一特殊群体的研究相对缺乏。

本研究首次在大样本糖尿病患者队列中系统评估了多种因素对 VLP 治疗不稳定 DRF 后 SSI 的独立影响。多因素分析显示,男性发生 SSI 的风险是女性的 2.83 倍,这与 Newton 等<sup>[11]</sup>的研究结果一致,这可能与男性患者术后活动依从性较差、血糖控制达标率较低及更高的吸烟率有关。ASA 分级 IV 级患者较 II 级患者的 SSI 风险升高( $OR = 4.41$ ),而 III 级与 II 级间差异无统计学意义,提示 SSI 风险存在阈值效应,只有当全身状况恶化到一定程度时,感染风险才会显著增加,这强调了术前全身状况评估的重要性。吸烟患者发生 SSI 的风险是非吸烟者的 2.37 倍,与 Galivanche 等<sup>[10]</sup>的研究结果一致,这主要通过血管收缩、组织缺氧和免疫抑制等途径实现。值得注意的是,Yaradilms 等<sup>[13]</sup>的研究表明,吸烟并不显著影响骨愈合时间,这提示吸烟对软组织伤口愈合和感染风险的影响可能独立于骨性愈合过程,但术前戒烟仍是重要的预防措施。接受骨移植患者的 SSI 风险显著升高( $OR = 3.20$ ),这可能与手术创面扩大、手术时间延长、骨折严重程度更高及糖尿病患者骨愈合延迟等因素有关,因此应严格把握骨移植适应证。男性患者的骨骼微结构存在特异性改变,表现为骨量较小且皮质骨孔隙度增加<sup>[14]</sup>。在糖尿病状态下,高血糖导致晚期糖基化终产物积累,影响骨材料强度<sup>[15]</sup>。ASA 分级 IV 级患者常伴有微

血管病变,影响骨组织血液供应和骨强度<sup>[15]</sup>。吸烟会加重糖尿病患者的微血管功能障碍,进一步降低骨组织血供,同时影响骨愈合过程。糖尿病患者存在骨微结构异常,表现为小梁骨面积减少和骨强度下降<sup>[16,17]</sup>。骨移植手术增加了手术创伤和手术时间,在糖尿病患者已存在的骨质疏松和微血管功能障碍基础上,进一步增加了感染风险<sup>[18]</sup>。这些因素相互作用,共同导致术后 SSI 风险增加。本研究构建的预测模型 AUC 为 0.771,显示了良好的区分能力,且纳入的危险因素均为临床易获取的指标,具有较好的实用价值。这些发现为制定个体化的围手术期管理策略提供了重要依据。

本研究不足之处在于仅为单中心回顾性研究,样本量有限,且研究对象仅限于糖尿病患者,可能影响结果的外推性,建议未来开展多中心前瞻性研究以验证本研究结果;其次,随访时间较短,可能低估了远期并发症的发生率。这些局限性需要在今后的研究中进一步完善和改进。

综上所述,对于糖尿病患者接受 VLP 治疗不稳定 DRF 时,应重点关注男性、合并严重全身疾病、有吸烟史及骨移植的高风险患者。建议术前戒烟,严格优化血糖控制,合理选择骨移植适应证,加强围手术期感染预防措施,并制定个体化监测方案,以降低 SSI 风险,改善患者预后。

## 【参考文献】

[ 1 ] Vilaca T, Schini M, Harnan S, *et al.* The risk of hip and non-vertebral fractures in type 1 and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis update [ J ]. *Bone*, 2020, 137(8) : 115457.

[ 2 ] Dou J, Wang J, Zhang Q, *et al.* Differences in the roles of types 1 and 2 diabetes in the susceptibility to the risk of fracture: a systematic review and meta-analysis [ J ]. *Diabetol Metab Syndr*, 2021, 13(1) : 84-89.

[ 3 ] Ha J, Jeong C, Han K D, *et al.* Comparison of fracture risk between type 1 and type 2 diabetes: a comprehensive real-world data [ J ]. *Osteoporos Int*, 2021, 32(12) : 2543-2553.

[ 4 ] Vilaca T, Paggiosi M, Walsh J S, *et al.* The effects of type 1 diabetes and diabetic peripheral neuropathy on the musculoskeletal system; a case-control study [ J ]. *J Bone Miner Res*, 2020, 36(6) : 1048-1059.

[ 5 ] Agarwal S, Germosen C, Rosillo I, *et al.* Fractures in women with type 2 diabetes are associated with marked deficits in cortical parameters and trabecular plates [ J ]. *J Bone Miner Res*, 2024, 39(8) : 1083-1093.

[ 6 ] Nandakumar D, Conover B M, Johnson M J, *et al.* Outcomes of open or closed treatment of foot fractures: a database study comparing patients with and without diabetes [ J ]. *J Foot Ankle Surg*, 2025, 64(5) : 655-659.

[ 7 ] Van Hulst V, Rasmussen N, Driessen J H M, *et al.* Fracture patterns in type 1 and type 2 diabetes mellitus: a narrative review of recent literature [ J ]. *Curr Osteoporos Rep*, 2021, 19(6) : 644-655.

[ 8 ] Tanius M, Brickman B, Cage E, *et al.* Diabetes and impaired fracture healing: a narrative review of recent literature [ J ]. *Curr Osteoporos Rep*, 2022, 20(5) : 229-239.

[ 9 ] Sheu A, Bliuc D, Tran T, *et al.* Fractures in type 2 diabetes confer excess mortality: the dubbo osteoporosis epidemiology study [ J ]. *Bone*, 2022, 159 : 116373.

[ 10 ] Galivanche A R, FitzPatrick S, Dussik C, *et al.* A matched comparison of postoperative complications between smokers and nonsmokers following open reduction internal fixation of distal radius fractures [ J ]. *J Hand Surg*, 2021, 46(1) : 1-9.

[ 11 ] Newton W N, Johnson C A, Daley D N. Risk factors for 30-day complications and unplanned reoperation following surgical treatment of distal radius fractures [ J ]. *Hand*, 2024, 19(4) : 622-628.

[ 12 ] Pacchiarini L, Oldrini L M, Feltri P, *et al.* Complications after volar plate synthesis for distal radius fractures [ J ]. *EFORT Open Rev*, 2024, 9(6) : 567-580.

[ 13 ] Yaradılıms Y U, Tecirli A, Örs Ç. Distal radius correction osteotomy with tricortical bone graft is a successful method in heavy smokers [ J ]. *J Orthop*, 2020, 18 : 150-154.

[ 14 ] Faraj M, Schwartz A V, Burghardt A J, *et al.* Risk factors for bone microarchitecture impairments in older men with type 2 diabetes-the MrOS study [ J ]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2025, 110(5) : e1660-e1669.

[ 15 ] Samakkarnthai P, Sfeir J G, Atkinson E J, *et al.* Determinants of bone material strength and cortical porosity in patients with type 2 diabetes mellitus [ J ]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2020, 105(10) : e3718-e3729.

[ 16 ] Van Hulst V, Sarodnik C, Driessen J H, *et al.* Bone microarchitecture and strength assessed by HRpQCT in individuals with type 2 diabetes and prediabetes: the Maastricht study [ J ]. *JBMR Plus*, 2024, 8(9) : z086.

[ 17 ] Sewing L, Potasso L, Baumann S, *et al.* Bone microarchitecture and strength in long-standing type 1 diabetes [ J ]. *J Bone Miner Res*, 2020, 37(5) : 837-847.

[ 18 ] Ho-Pham L, Nguyen T. Association between trabecular bone score and type 2 diabetes: a quantitative update of evidence [ J ]. *Osteoporosis Int*, 2019, 30 : 2079-2085.

(2025-10-17 收稿 2025-11-26 修回)

(责任编辑 刘冬妍)