

累及背侧关节面桡骨远端骨折的骨折线地图特征：螺钉有效固定治疗术后移位

胡流超^{1,2}, 罗毅文^{1,2}, 吴志方^{1,2}

<https://doi.org/10.12307/2025.103>

投稿日期：2023-10-01

采用日期：2023-12-14

修回日期：2024-01-11

在线日期：2024-01-22

中图分类号：

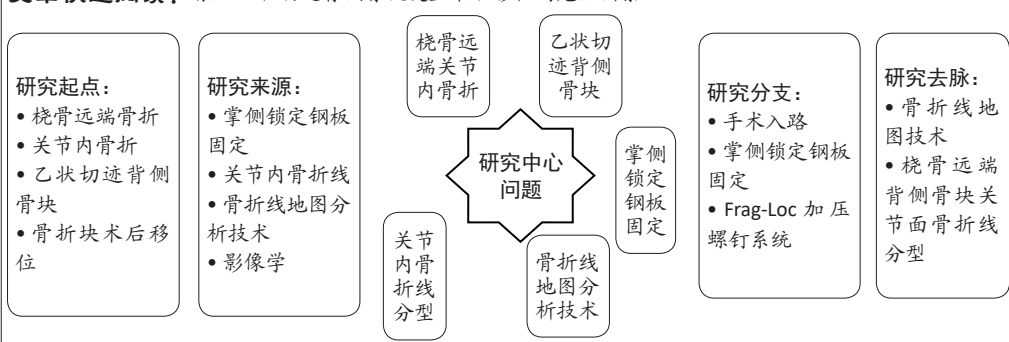
R459.9; R318; R683

文章编号：

2095-4344(2025)03-00524-07

文献标识码：A

文章快速阅读：累及乙状切迹背侧骨块发生术后移位的危险因素



文题释义：

骨折线地图技术：是通过三维CT技术获取患者骨折三维模型，通过模拟复位提取骨折线并临摹到标准的模版上，得到更立体的骨折线地图，从而对骨折特征进行分析。

乙状切迹背侧骨块：是指桡骨远端关节内骨折时常累及桡骨乙状切迹从而形成孤立的尺背侧的骨折块，因其参与构成下尺桡关节，术后移位可能造成腕关节的功能障碍。

摘要

背景：掌侧锁定钢板固定是桡骨远端骨折临床上最常用的固定方式，但当骨折线累及背侧关节面时，掌侧钢板固定则存在术后背侧骨块移位风险，尤其是乙状切迹背侧骨块术后移位风险较高。

目的：分析桡骨远端骨折累及背侧关节面的骨折线特点，进而深入研究累及乙状切迹背侧骨块发生术后移位的危险因素，为临床上提高复位成功率提供依据。

方法：对2021年1月至2022年9月在广州中医药大学第三附属医院就诊的桡骨远端骨折患者进行回顾性分析。根据术前CT影像桡骨远端背侧骨折块数量1, 2, 3块及以上分别记为I, II, III型骨折，分别绘制骨折线地图，分析其背侧骨折线形态特征。对存在乙状切迹背侧骨折的患者进行3个月以上随访，根据术后是否发生乙状切迹背侧骨块移位分为移位组和无移位组，比较两组患者年龄、性别、术前和术后CT解剖参数。

结果与结论：①对AO/OTA分型C型累及背侧关节面145例患者进行骨折线地图分析，其中根据背侧骨折块数量：I型25例(17.2%)、II型82例(56.6%)、III型38例(26.2%)；骨折线地图显示I型骨折块骨折线主要累及乙状切迹，II型主要累及乙状切迹和lister结节，III型则累及乙状切迹、lister结节和桡侧柱背侧。145例患者中86.2%(125/145例)累及乙状切迹，其中III型累及比例高达94.7%(36/38例)，II型88.0%(72/82例)，I型68%(17/25例)。②76例AO/OTA分型C型累及乙状切迹背侧患者纳入进一步研究，其中术后未移位组65例，移位组11例；在单因素分析中，两组患者的年龄、性别、受伤部位、术前CT乙状切迹背侧骨块背侧边长(d1)、尺侧边长(d2)、乙状切迹背侧骨块背侧高度(d4)和钢板距桡骨尺侧边缘距离(d5)比较差异均无显著性意义($P > 0.05$)；乙状切迹背侧骨块累及下尺桡关节占比 $[d2/(d2+d3)]$ 、乙状切迹背侧骨块关节面占比 $(s1/s2)$ 、尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹边缘的距离(d6)和乙状切迹背侧骨块螺钉固定的数量比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。

③Logistic多因素回归分析显示，乙状切迹骨块螺钉固定的数量是影响尺背侧乙状切迹骨块移位唯一的危险因素($P < 0.05$)。④提示在累及桡骨背侧的桡骨远端关节内骨折中，II型最常见，III型和I型次之，大部分患者均存在乙状切迹背侧骨块。而乙状切迹背侧骨块其受下尺桡关节韧带影响易发生术后移位，术中至少1枚有效螺钉固定能降低其移位风险并有助于提高治疗效果。

关键词：桡骨远端骨折；乙状切迹背侧骨块；掌侧钢板；内固定；骨折线

Fracture line map characteristics of distal radius fractures involving dorsal articular surface: effective fixation with screws for postoperative displacement

Hu Liuchao^{1,2}, Luo Yiwen^{1,2}, Wu Zhifang^{1,2}

¹Third Affiliated Hospital, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China; ²Guangdong Research Institute for Orthopedics and Traumatology of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China
Hu Liuchao, Master, Attending physician, Third Affiliated Hospital, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China; Guangdong Research Institute for Orthopedics and Traumatology of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China

Corresponding author: Luo Yiwen, MD, Professor, Chief physician, Master's supervisor, Third Affiliated Hospital, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China; Guangdong Research Institute for Orthopedics and Traumatology of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China

¹广州中医药大学第三附属医院，广东省广州市 510378；²广东省中医骨伤研究院，广东省广州市 510378

第一作者：胡流超，男，1993年生，广东省清远市人，汉族，广州中医药大学毕业，硕士，主治医师，主要从事创伤骨科临床与基础研究。

通讯作者：罗毅文，博士，教授，主任医师，硕士生导师，广州中医药大学第三附属医院，广东省广州市 510378；广东省中医骨伤研究院，广东省广州市 510378

<https://orcid.org/0000-0002-9881-092X>(胡流超)

基金资助：广东省中医药管理局科研项目(20231120)，项目负责人：胡流超

引用本文：胡流超，罗毅文，吴志方.累及背侧关节面桡骨远端骨折的骨折线地图特征：螺钉有效固定治疗术后移位[J].中国组织工程研究，2025，29(3):524-530.



Abstract

BACKGROUND: Palmar locking plate fixation is the most commonly used fixation method for distal radius fractures. However, when the fracture line involves the dorsal articular surface, palmar plate fixation carries a higher risk of postoperative displacement of the dorsal bone mass, especially the dorsal sigmoid notch bone mass.

OBJECTIVE: To analyze the fracture line characteristics of distal radius fracture involving the dorsal articular surface, and further investigate the risk factors of postoperative displacement of the dorsal bone mass involving the sigmoid notch, so as to provide evidence for improving the success rate of surgery.

METHODS: Retrospective analysis was performed on patients with distal radius fracture who were admitted to Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine from January 2021 to September 2022. The number of dorsal fractures of the distal radius of 1, 2, 3 and above was divided into types I, II, and III based on preoperative CT images. The fracture line maps were drawn respectively to analyze the morphological characteristics of the dorsal fracture lines. Patients with dorsal sigmoid notch fracture were followed up for more than 3 months and divided into displaced group and non-displaced group according to whether the dorsal sigmoid notch bone mass displacement occurred after surgery. Age, sex, preoperative and postoperative CT anatomical parameters were compared between the two groups.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) 145 patients with type C of AO/OTA involving the dorsal articular surface were analyzed by fracture line map. According to the number of dorsal fractures, there were 25 cases of type I fracture (17.2%), 82 cases of type II fracture (56.6%), and 38 cases of type III fracture (26.2%). Fracture line map showed that the fracture line of type I fracture block mainly involved sigmoid notch; type II mainly involved sigmoid notch and lister tubercle, and type III involved sigmoid notch, lister tubercle, and dorsal radial column. Among the 145 patients, 86.2% (125/145 cases) were involved in sigmoid notch, of which type III was involved as high as 94.7% (36/38 cases); type II was involved as high as 88.0% (72/82 cases), and type I was involved as high as 68% (17/25 cases). (2) 76 cases of type C of AO/OTA involving the dorsal sigmoid notch were included for further study, of which 65 cases were not displaced after operation and 11 cases were displaced. In univariate analysis, there were no statistically significant differences between the two groups in age, sex, injury site, preoperative CT dorsal sigmoid notch bone mass length (d1), ulnar length (d2), dorsal height of dorsal sigmoid notch bone mass (d4), and ulnar edge distance between steel plate and radius (d5) ($P > 0.05$). The proportion of dorsal sigmoid notch involving the radioulnar joint: $[d2/(d2+d3)]$, the proportion of articular surface of dorsal sigmoid notch ($s1/s2$), the distance between the ulnar screw tail and the edge of dorsal sigmoid notch (d6), and the number of screw fixation of dorsal sigmoid notch were statistically significant ($P < 0.05$). (3) Multivariate Logistic regression analysis showed that the number of screw fixation of sigmoid notch was the only risk factor affecting the displacement of sigmoid notch on dorsal ulnar side ($P < 0.05$). (4) It is indicated that type II is the most common intra-articular fracture of distal radius involving the back of the radius, followed by type III and type I with dorsal sigmoid notch bone mass. However, the dorsal sigmoid notch bone mass is prone to postoperative displacement due to the influence of the inferior radioulnar joint ligament, and the fixation of at least one effective screw during the operation can reduce the risk of displacement and help to improve the treatment effect.

Key words: distal radius fracture; dorsal sigmoid notch bone mass; volar plate; internal fixation; fracture line

Funding: Guangdong Province Administration of Traditional Chinese Medicine Research Project, No. 20231120 (to HLC)

How to cite this article: HU LC, LIU YW, WU ZF. Fracture line map characteristics of distal radius fractures involving dorsal articular surface: effective fixation with screws for postoperative displacement. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2025;29(3):524-530.

0 引言 Introduction

桡骨远端骨折 (distal radius fractures, DRFs) 是临床上常见的一种骨折类型,其特征是发生在桡骨远端关节面 3 cm 内的骨折。桡骨远端骨折发病年龄呈双峰分布,分别在低能量损伤的老年人及高能量损伤的年轻人,约占全身骨折总数的六分之一^[1-3]。对于大多数桡骨远端骨折患者采用保守治疗的方法如夹板固定、石膏固定均可获得满意的临床疗效^[4-7]。但对于移位的桡骨远端骨折,尤其是关节内骨折常需要手术治疗。目前手术方式有掌侧锁定钢板、背侧钢板和外固定支架固定^[8-10]。掌侧锁定钢板固定不仅避免了背侧钢板对肌腱的激惹,同时其螺钉的合理分布为关节面提供了良好的支撑,因而其固定可靠、效果确切、术后并发症少,是目前主流的固定方式^[11-12]。目前对于累及桡骨远端背侧关节内骨折,掌侧锁定钢板固定也越来越普遍。但是单纯掌侧入路锁定钢板固定难以对背侧骨块进行直视下复位及有效固定,所以其发生术后骨折移位的风险仍不容忽视,特别是对于骨质量差、骨折粉碎的累及桡骨远端背侧关节内骨折患者采用掌侧锁定钢板固定是否能维持稳定的固定仍存在争议^[13]。对于术后桡骨远端背侧骨块移位可能导致腕关节活动受限及疼痛,特别是累及乙状切迹的尺骨背侧骨块发生移位对患者的腕关节功能影响较大,严重者可能需进行二次手术^[14-16]。

此次研究通过回顾性分析桡骨远端骨折累及背侧关节面的骨折线特点,利用骨折线地图技术分析不同类型

桡骨远端骨折背侧骨块的解剖特点,并进一步研究乙状切迹背侧骨块发生术后移位的危险因素,为临床上提高手术成功率提供依据。

1 对象和方法 Subjects and methods

- 1.1 设计 回顾性病例分析,对影响乙状切迹背侧骨块发生术后移位的所有因素进行单因素和多因素分析,以确定相关因素和危险因素。
- 1.2 时间及地点 所有数据均来自 2021 年 1 月至 2022 年 9 月广州中医药大学第三附属医院创伤骨科收治的桡骨远端骨折患者。
- 1.3 材料 桡骨远端万向锁定钢板介绍见表 1。

表 1 | 植入物的材料学特征
Table 1 | Materials characteristics of implants

项目	桡骨远端万向锁定钢板
生产厂家	强生 (上海) 医疗器械有限公司
型号	422.911
批准号	国械注进 20213432012
材质	钛合金
适应证	桡骨远端骨折
生物相容性	良好
产品标注的不良反应	无

设备及软件: CT 扫描设备来源于广州中医药大学第三附属医院 64 排螺旋 CT 机 (Siemens, 德国), 管电压 120 kV, 管电流 150 mA, 扫描矩阵 512×512, 层厚度 1.25 mm, 重建间距 1.25 mm。三维重建软件 Mimics 21.0(Materialise, 比利时),用于完成骨折模型重建及骨折

块分割。骨折线绘制软件 3-mamc 13.0(Materialise, 比利时), 用于完成骨折块复位及骨折线绘制。热图生成软件 E-3D(中南大学, 中国), 用于生成红蓝渐变骨折热图。处理设备采用华为笔记本电脑。操作系统 Windows11 64 位; 处理器: 11thGenIntel(R) Core(TM)i5-1135G7 @2.40 GHz 2.42 GHz; RAM: 16.0 G。

1.4 对象 对 2021 年 1 月至 2022 年 9 月在广州中医药大学第三附属医院就诊的桡骨远端骨折患者进行回顾性分析, 共纳入 145 例进行骨折线地图分析, 其中男 44 例, 女 101 例; 年龄 21–88 岁。

纳入标准: ①年龄 ≥ 18 岁; ②采用桡骨远端万向锁定钢板治疗桡骨远端骨折; ③术后随访时间超过 3 个月, 影像学资料及病历资料完整(包含术前 CT、术后即刻复查 CT 及术后 3 个月以上复查 CT)。

排除标准: ① CT 扫描影像学资料不全; ②开放性桡骨远端骨折; ③陈旧性桡骨远端骨折; ④病理性桡骨远端骨折; ⑤既往行患侧桡骨远端手术史。

选择一位 28 岁健康男性(右侧)桡骨远端 CT 扫描数据进行三维重建, 将此三维模型做为骨折线绘制模板。

此次研究经广州中医药大学第三附属医院医学伦理委员会批准(批准号: PJ-KY-20211207-018), 所有患者对治疗方案均知情同意并签署知情同意书。

1.5 方法

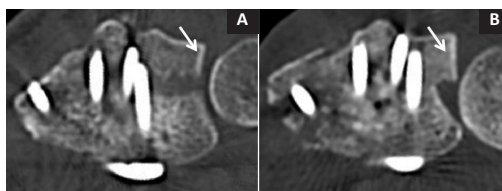
1.5.1 手术方式 所有手术均由广州中医药大学第三附属医院创伤骨科腕肘组医师完成, 具体方式如下: 臂丛神经阻滞或全身麻醉下, 患者取仰卧外展位。手术采用 Henry 入路, 沿桡侧腕屈肌腱和桡动脉间做长约 6 cm 纵切口, 保护桡动脉并将其牵向桡侧, 将桡侧腕屈肌及正中神经牵向尺侧, 暴露旋前方肌, 纵行切开旋前方肌, 行骨膜下剥离, 显露骨折端, 清除断端血肿、软组织。直视下复位后 X 射线透视确认掌倾角、尺偏角、关节面平整度及桡骨长度, 掌侧万向锁定板固定。修复旋前方肌, 逐层缝合。术后根据骨折固定稳定性逐步指导患者行握拳、伸指、屈伸、旋转腕关节等功能锻炼。

1.5.2 创建桡骨远端骨折线图并转化为骨折热图 方法如既往文献所述^[17-18]: ①将一位 28 岁健康男性(右侧)桡骨远端 CT 影像数据以 DICOM 格式导入 Mimics 21.0, 使用 CT Bone Segmentation 工具创建蒙版, 将蒙版转化为实体模型并以 STL 格式导出得到标准模板。②将 145 例 C 型桡骨远端骨折累及背侧关节面患者的 CT 影像数据进行同样步骤创建桡骨蒙版, 使用工具将各骨折块分离, 将蒙版转化为实体模型, 通过移动和旋转等操作复位骨折, 使用 Mirror 工具将 75 例左侧桡骨镜像为右侧桡骨并以 STL 格式保存。③在 E3D 软件上分别打开标准模板和骨折模型, 然后进行配准, 为确保骨折模型与标准模板进行配准的

准确性和均质性, 每例骨折模型与标准模板配准的特征解剖点均相同, 解剖点如下: 桡骨茎突最高点、乙状切迹的中点、lister 结节, 此 3 点解剖位置明显容易识别, 每次配准经过 2 名研究人员评估后完成, 通过两个模型配准得到桡骨远端骨折线图, 使用骨折区域统计分析工具导入所有的断裂面, 自动计算并生成骨折热图。

1.5.3 乙状切迹背侧骨块发生后移位的危险因素分析

(1) 乙状切迹背侧骨块移位判断: 根据术后 3 个月以上随访 CT 将乙状背侧骨块是否发生移位进行分组, 在 CT 上选择桡骨远端最大水平截面为参考, 当尺背侧骨块移位超过 2 mm, 则判定为术后移位, 如图 1 所示。

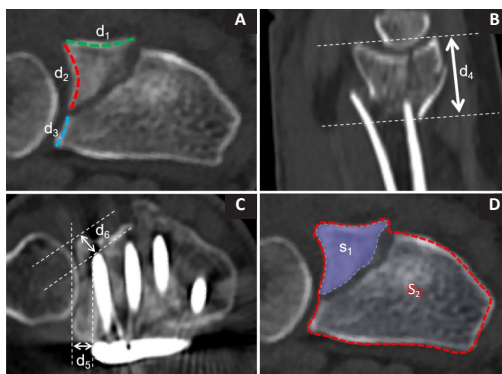


图注: 图中为桡骨远端骨折术后乙状切迹背侧骨块移位(箭头所示)典型病例, 女性, 57 岁。图 A 为术后即刻复查 CT, 图 B 为术后 4 个月复查 CT。

图 1 | 乙状切迹背侧骨块移位判断

Figure 1 | Displacement identification of the dorsal sigmoid notch fracture mass

(2) 术前及术后 CT 参数测量: 术前 CT 参数, 包括乙状切迹背侧骨块背侧边长(d_1)、尺侧边长(d_2)、剩余乙状切迹长度(d_3)、乙状切迹背侧骨块背侧高度(d_4)、乙状切迹背侧骨块面积(s_1)、整个桡骨关节面面积(s_2); 术后即刻复查 CT 参数, 包括钢板距桡骨尺侧边缘距离(d_5)、尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹边缘的距离(d_6)和乙状切迹背侧骨块螺钉固定的数量等, 如图 2 所示。



图注: 用 CT 图像测量桡骨远端尺背侧骨折块的尺寸参数。CT 水平面的选取以桡骨远端最大水平截面为参考, 而矢状面以乙状切迹背侧骨块最大高度为参考。其中图 A 中, d_1 为乙状切迹背侧骨块背侧边长, d_2 为尺侧边长, d_3 为剩余乙状切迹长度; 图 B 中, d_4 为乙状切迹背侧骨块背侧高度; 图 C 中, d_5 为钢板距桡骨尺侧边缘距离, d_6 为尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹边缘的距离; 图 D 中, s_1 为乙状切迹背侧骨块面积, s_2 为整个桡骨关节面面积。

图 2 | 桡骨远端万向锁定钢板治疗桡骨远端骨折术前及术后 CT 参数测量
Figure 2 | Preoperative and postoperative CT parameter measurements of universal locking steel plate treatment for distal radius fractures

1.6 主要观察指标 患者年龄、性别、受伤部位、骨折线热图、术前 CT 乙状切迹背侧骨块背侧 (d1)、尺侧边长 (d2)、乙状切迹背侧骨块背侧高度 (d4)、乙状切迹背侧骨块累及下尺桡关节占比 $[d2/(d2+d3)]$ 、乙状切迹背侧骨块关节面占比 (s1/s2)、术后 CT 钢板距桡骨尺侧边缘距离 (d5)、尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹边缘的距离 (d6) 和乙状切迹背侧骨块螺钉固定的数量等。

1.7 统计学分析 对影响乙状切迹背侧骨块发生后移位的所有因素进行单因素和多因素分析, 以确定相关因素和危险因素。在单变量分析中, 对两个独立样本进行 t 检验分析定量数据, 用卡方检验分析定性数据。对单因素分析结果中 $P < 0.1$ 的因子进一步进行多因素分析, 确认其独立危险因素。采用 IBM 公司 SPSS 23.0 软件进行卡方检验、独立样本 t 检验、单因素和多因素 Logistic 回归分析, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。文章统计学方法已经被广东省中医骨伤研究院办公室专家审核。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 此次研究包括 480 例桡骨远端骨折患者, 其中排除 AO/OTA 分型为 A 和 B 型共 294 例, C 型 186 例, 排除未累及桡骨背侧关节面的 41 例, 剩余 C 型累及桡骨背侧关节面的 145 例患者进行骨折线地图分析。排除未累及乙状切迹背侧 20 例、术后缺少 3 个月以上复查 CT 资料的 49 例患者, 剩余影像资料完善的 C 型累及乙状切迹背侧患者 76 例。依据术后末次随访 CT 判断乙状切迹背侧骨块是否移位分为未移位组 ($n=65$) 和移位组 ($n=11$)。

2.2 试验流程图 见图 3。

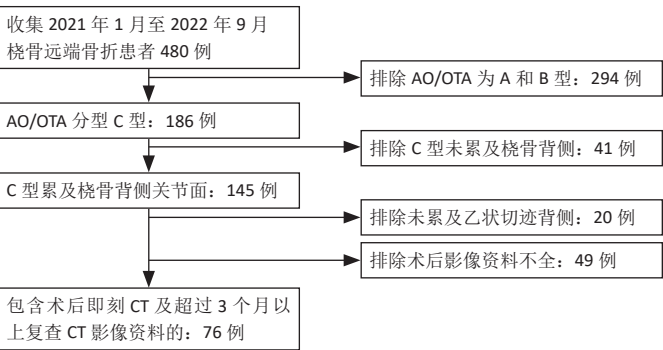
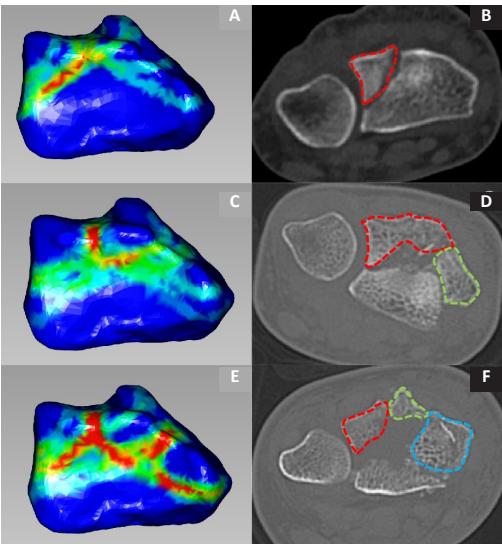


图 3 | 符合纳入标准的患者流程图
Figure 3 | Flow chart of patients meeting inclusion criteria

2.3 累及桡骨远端背侧关节内骨折骨块特点分析 此次研究分析的 145 例 C 型累及桡骨背侧关节面骨折患者中, 术前 CT 影像桡骨远端背侧骨折块数量 1, 2, 3 块及以上骨折分别分为 I, II, III 型, 分别绘制其骨折线地图, 见图 4。其中根据背侧骨折块数量分型: I 型 25 例 (17.2%)、II 型 82 例 (56.6%)、III 型 38 例 (26.2%)。骨折线地图显示

I 型骨折块骨折线主要累及乙状切迹, II 型主要累及乙状切迹和 lister 结节, III 型则累及乙状切迹、lister 结节和桡侧柱背侧。145 例患者中, 86.2%(125/145) 均有累及乙状切迹, 其中 III 型累及比例高达 94.7%(36/38), II 型 88.0%(72/82), I 型 68%(17/25), 见表 2 所示。



图注: 术前 CT 影像桡骨远端背侧骨折块数量 1, 2, 3 块及以上骨折分别分为 I, II, III 型, 并绘制热力图。图 A, C, E 为骨折线热力图; B, D, F 为对应 CT 影像; 其中 A, B 为背侧 1 块主要骨折块; C, D 为背侧 2 块主要骨折块; E, F 为背侧 3 块及以上主要骨折块。
图 4 | 背侧关节面骨折线热力图

Figure 4 | Linear thermal map of the fracture of the dorsal articular surface

表 2 | 累及桡骨远端背侧关节内骨折骨块特点分析 (n/%)
Table 2 | Characteristic analysis of fracture mass in cases of intra-articular fractures involving distal radius

背侧骨折块数量	例数及占比	累及乙状切迹例数及占比
1 块 (I 型)	25/17.2	17/68.0
2 块 (II 型)	82/56.6	72/88.0
≥ 3 块 (III 型)	38/26.2	36/94.7
总计	145/100.0	125/86.2

2.4 乙状切迹背侧骨块术后移位危险因素单因素分析及 Logistic 多因素分析 76 例 C 型累及乙状切迹背侧患者纳入进一步研究, 其中术后未移位组 65 例, 移位组 11 例。在单因素分析中, 两组患者在年龄、性别、受伤部位、术前 CT 乙状切迹背侧骨块背侧边长 (d1)、尺侧边长 (d2)、乙状切迹背侧骨块背侧高度 (d4) 和钢板距桡骨尺侧边缘距离 (d5) 比较差异均无显著性意义 ($P > 0.05$); 乙状切迹背侧骨块累及下尺桡关节占比 $[d2/(d2+d3)]$ 、乙状切迹背侧骨块关节面占比 (s1/s2)、尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹边缘的距离 (d6) 和乙状切迹背侧骨块螺钉固定的数量比较差异有显著性意义 ($P < 0.05$), 见表 3 所示。

Logistic 多因素回归分析显示, 乙状切迹骨块螺钉固定的数量是影响尺背侧乙状切迹骨块移位唯一的危险因素 ($P < 0.05$), 见表 4 所示。

表 3 | 乙状切迹背侧骨块术后无移位组和移位组患者的基线资料比较
Table 3 | Comparison of baseline data between patients in the non-displaced and displaced groups after dorsal sigmoid notch fracture mass surgery

变量	未移位组 (n=65)	移位组 (n=11)	统计量	P 值
性别 (n/%)			0.007	0.935
女	43/66	8/73		
男	22/34	3/27		
年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	71.75 $\pm$ 15.58	72.91 $\pm$ 19.09	-0.220	0.826
受伤部位 (n/%)			0.106	0.744
右	33/51	5/45		
左	32/49	6/55		
乙状切迹背侧骨块背侧边长 (d1) ($\bar{x}\pm s$, mm)	10.13 $\pm$ 2.38	9.89 $\pm$ 2.53	0.304	0.762
尺侧边长 (d2)($\bar{x}\pm s$, mm)	7.40 $\pm$ 1.70	6.80 $\pm$ 1.94	1.060	0.292
乙状切迹背侧骨块背侧高度 (d4) ($\bar{x}\pm s$, mm)	12.03 $\pm$ 3.14	10.71 $\pm$ 1.97	1.868	0.077
钢板距桡骨尺侧边缘距离 (d5) ($\bar{x}\pm s$, mm)	4.62 $\pm$ 0.90	4.32 $\pm$ 0.95	1.025	0.309
尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹边 缘的距离 (d6)($\bar{x}\pm s$, mm)	3.36 $\pm$ 1.02	4.47 $\pm$ 1.01	-3.360	0.001
乙状切迹背侧骨块累及下尺桡关 节占比 [d2/(d2+d3)], %]	34.49 $\pm$ 7.77	29.07 $\pm$ 7.76	2.138	0.036
乙状切迹背侧骨块关节面占比 (s1/s2, %)	31.37 $\pm$ 7.6	24.97 $\pm$ 4.22	4.044	0.001
乙状切迹背侧骨块螺钉固定的数 量 (n/%)			15.850	< 0.001
无螺钉固定	12/18	9/82		
≥ 1 枚螺钉	53/82	2/18		

表 4 | 乙状切迹背侧骨块术后移位的危险因素的 Logistic 多因素回归分析结果
Table 4 | Multivariate Logistic regression analysis of risk factors for postoperative displacement of dorsal sigmoid notch fracture mass

变量	B	SE	z 值	P 值	OR(95%CI)
乙状切迹背侧骨块背侧高度 (d4)	-0.138	0.162	-0.855	0.393	0.87(0.63, 1.20)
尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹 边缘的距离 (d6)	0.860	0.481	1.789	0.074	2.36(0.92, 6.07)
乙状切迹背侧骨块累及下尺桡 关节占比 [d2/(d2+d3)]	-9.725	7.221	-1.347	0.178	0(0, 83.66)
乙状切迹背侧骨块关节面占比 (s1/s2)	-12.281	7.343	-1.673	0.094	0(0, 8.25)
乙状切迹背侧骨块螺钉固定的 数量	-2.201	0.972	-2.265	0.024	0.11(0.02, 0.74)

3 讨论 Discussion

桡骨远端骨折是临床最为常见的骨折之一，大部分桡骨远端骨折采用掌侧入路钢板螺钉内固定可取得良好的治疗效果^[11-12]。但对于累及桡骨远端背侧关节骨折，掌侧锁定接骨板对背侧骨折块的把持力不足容易导致骨折再移位，因此对桡骨远端骨折背侧骨块的形态深入研究对内固定选择、手术操作等有重要的意义。在 2009 年，国外学者就提出了骨折线地图技术，它为骨折形态的研究提供了新的思路^[19]。近年来随着三维处理技术普及，许多研究者将 CT 影像通过软件重建三维骨折模型，并通过模拟复位提取骨折线并临摹到标准的模板上，从而得到更立体的骨折线地图。目前这项成熟的技术已经被用于多个部位的骨折形态研究，为相关部位的进一步分型、手术入路的规划、内固定物设计、有限元分析的有效性验证等提供了新的理论依据图^[17-18, 20]。尽管既往已有一些学者利用该技

术对桡骨远端骨折关节内骨折的形态学分布进行了整体研究^[21-23]，但由于桡骨远端骨折背侧骨块的特殊性，既往的研究并未单独对桡骨远端背侧关节内骨折块进行骨折线的分析。

因而，此次研究利用骨折线地图技术分析了 C 型桡骨远端骨折背侧骨块的骨折线特点。此次研究发现，在桡骨远端背侧关节内骨折患者中 86.2% 累及乙状切迹。有学者报道桡骨远端关节内骨折 55% 患者累及乙状切迹^[24-26]，因此，在桡骨远端关节内骨折中，骨折线累及乙状切迹处是十分常见的，而此次研究发现在背侧关节内骨折的患者中更常见。当骨折移位超过 1 mm 时，腕关节的功能将受到影响^[27]。因此，术中应想办法对乙状切迹骨块进行解剖复位。此外，在背侧骨块数量上，2 块背侧骨折块的类型 (II 型) 占比最大，其骨折线特点是累及乙状切迹和 lister 结节；3 块及以上背侧骨块 (III 型) 占比次之，其骨折线特点是累及乙状切迹、lister 结节和桡背侧。II、III 型骨折更容易累及 lister 结节，在临床上经常发现 lister 结节是粉碎的，因此使用掌侧锁定钢板固定时，这个位置的螺钉测深困难，容易出现测量误差导致螺钉过长或过短。因此术前需关注 lister 结节的骨折形态，避免螺钉过长干扰背伸肌腱或过短固定强度下降等问题。

在桡骨远端关节内骨折背侧骨块以累及桡骨乙状切迹的最常见，而乙状切迹骨块对维持下尺桡关节稳定性具有重要作用^[24, 28]。乙状切迹骨块通常是不稳定的，一方面其属于月骨窝的一部分，接受来自月骨的载荷，其矢量为朝背的方向；另一方面，乙状切迹背侧骨块是构成下尺桡关节的重要结构，在背侧存在下尺桡复合体韧带的牵拉作用。因此，临床上使用掌骨钢板固定乙状切迹背侧骨块的稳定性是欠佳的。此次研究通过术前及术后即刻复查 CT 分析乙状切迹背侧骨块大小、术中钢板位置及尺侧螺钉位置等参数对术后乙状切迹背侧骨块移位的影响，在单因素分析中显示尺背侧骨块关节面占比 (s1/s2)、尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹的距离 (d6) 和尺背侧骨块螺钉固定的数量是影响乙状切迹背侧骨块移位的主要危险因素。这说明乙状切迹背侧骨块大小及钢板、螺钉的位置是影响尺背侧乙状切迹骨块移位的因素。当乙状切迹背侧骨块越大时螺钉越容易固定，因而术后发生移位的风险越小。此外，钢板的位置距离桡骨尺侧缘越近，尺侧螺钉距离尺背侧乙状切迹越近，则术后移位风险越低。Logistic 多因素分析结果表明，乙状切迹骨块螺钉固定的数量是影响尺背侧乙状切迹骨块移位唯一危险因素，这与日本学者 MIYASHIMA 等^[29]的研究相符，他认为保证 1 枚以上的掌侧螺钉固定有利于降低术后移位的发生率。

临床上对于乙状切迹背侧骨块常常固定困难，其一方面与骨折块大小有关，另一方面是钢板的放置以及尺侧

螺钉的置钉方向。在术中根据需将钢板放置偏尺侧以提高对乙状切迹背侧骨块固定的成功率。此外采用掌侧万向锁定板,因其拥有 15° 的可调节角度,一定程度上能增加其置钉的准确性。值得注意的是,临床上术者常担心尺侧螺钉进入下尺桡关节间隙,往往将钢板放置过于偏桡、或打尺侧螺钉时有意的向桡侧钻孔、或担心螺钉穿出背侧导致肌腱激惹而选择过短的螺钉,这些因素都可能导致无法对尺背侧乙状切迹骨块有效固定。因此,术前需仔细评估背侧骨块骨折形态确定钢板放置位置及螺钉长度及方向,术中可适当增加透视提高钢板和螺钉置入的准确性。

对于乙状切迹背侧骨块存在移位的是否需要背侧钢板固定是有争议的。尽管背侧钢板能对背侧骨块有很好的固定作用,但是由于桡骨背侧 *lister* 结节的存在导致钢板放置难以贴附且局部软组织薄弱,因此背侧钢板固定术后并发症较高,如钢板对背伸肌腱的激惹导致腕关节疼痛不适甚至肌腱断裂等,发生这些并发症的患者中 11%–30% 需要二次手术取出内固定^[30-32],因此,在临床上许多术者仍采用掌侧钢板固定为主。当发现术中尺背侧骨块固定效果不佳时,术后增加石膏或夹板固定,限制其早期活动以降低术后移位风险。但长期的固定容易导致腕关节僵硬,并不利于术后功能康复。因此,一些学者认为对于乙状切迹背侧骨块存在移位的,当掌侧钢板无法有效复位固定时应行尺背侧固定从而降低创伤性关节炎的发生率^[27, 33]。为了解决背侧钢板肌腱激惹的并发症问题,Acumed 公司推出了新型的内固定材料 *Frag-Loc* 加压螺钉系统,它可通过掌侧钢板尺侧螺钉孔用导丝穿出背侧,同时在桡骨背侧小切口分开背侧软组织和肌腱,通过导丝从背侧将 1 枚螺钉拧入固定。由于背侧螺钉低切迹特征对背侧肌腱几乎无干扰^[34-35]。此外,还有学者对此进行改进,将背侧螺钉替换成 1 个微型钢板,不仅增加了固定强度同时也保持了较小的软组织干扰^[36]。这些新型固定方式为处理乙状切迹骨块提供了更多的选择,但由于仍缺乏大样本及高质量的临床研究,其临床疗效仍不明确。

总结与展望: 累及桡骨背侧关节面的桡骨远端骨折是临床上常见的骨折类型,此次研究通过骨折线地图技术研究发现桡骨远端背侧骨块多累及桡骨尺背侧乙状切迹,桡骨乙状切迹背侧骨块复位与否影响腕关节功能及前臂的旋转。在单因素分析中显示术后 CT 尺背侧骨块关节面占比、尺侧螺钉尾端距背侧乙状切迹边缘的距离和尺背侧骨块螺钉固定的数量是影响桡骨背侧骨块移位的主要危险因素。*Logistic* 多因素分析结果表明,乙状切迹骨块螺钉固定的数量是影响尺背侧乙状切迹骨块移位唯

一的危险因素。因此,对于存在乙状切迹背侧骨块的患者,应保证至少 1 枚螺钉对该骨块有效的固定以降低其术后移位风险。当掌侧钢板固定无法对背侧骨块有效固定时,应考虑背侧切开复位。但由于此次研究存在一定局限性,尽管临床有大量的桡骨远端骨折病例,但因术后随访并未常规行 CT 复查,因此符合纳入标准的病例数有限,导致样本量不足,存在偏倚,这需要进一步大样本的病例研究来支持。

致谢: 感谢广东省中医骨伤研究院魏秋实主任提供 E-3D 软件服务。

作者贡献: 全体作者共同参与文章写作,胡流超负责分析总结,吴志方负责资料收集,罗毅文负责项目指导与最终审校。全体作者都阅读并同意最终的文本。

利益冲突: 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让: 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范: 该文章撰写遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重,文章经小同行外审专家双盲审稿,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

- [1] LUO Z, ZHU W, JIANG C, et al. Characteristics of distal radius fractures in east China-an observational cohort study of 1954 individual fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24(1):627.
- [2] MACINTYRE NJ, DEWAN N. Epidemiology of distal radius fractures and factors predicting risk and prognosis. *J Hand Ther*. 2016;29(2):136-145.
- [3] PORRINO JJ, MALONEY E, SCHERER K, et al. Fracture of the distal radius: epidemiology and premanagement radiographic characterization. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;203(3):551-559.
- [4] MAUCK BM, SWIGLER CW. Evidence-Based Review of Distal Radius Fractures. *Orthop Clin North Am*. 2018;49(2):211-222.
- [5] LUCAS B, LIPPISCH R, PLISKE G, et al. [Conservative management of distal radius fractures]. *Unfallchirurgie (Heidelb)*. 2023;126(3):227-237.
- [6] 欧梁, 卢敏, 张永辉, 等. 手法复位小夹板固定治疗老年桡骨远端骨折临床疗效 Meta 分析 [J]. *中国中西医结合杂志*. 2019;39(1):57-62.
- [7] HASSELLUND SS, WILLIKSEN JH, LAANE MM, et al. Cast immobilization is non-inferior to volar locking plates in relation to QuickDASH after one year in patients aged 65 years and older: a randomized controlled trial of displaced distal radius fractures. *Bone Joint J*. 2021;103-B(2):247-255.
- [8] ALLURI RK, HILL JR, GHIASSI A. Distal Radius Fractures: Approaches, Indications, and Techniques. *J Hand Surg Am*. 2016;41(8):845-854.
- [9] ALI R, ILYAS A, RIAZ H, et al. Outcome Of The Distal Radius Fractures Managed With Across Wrist External Fixator Vs Buttress Plates. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2023;35(1):32-36.

- [10] GHAFOOR H, HAEFELI M, STEIGER R, et al. Dorsal Plate Osteosynthesis in Simple and Complex Fractures of the Distal Radius: A Radiological Analysis of 166 Cases. *J Wrist Surg.* 2022;11(2):134-144.
- [11] PATINO JM, RULLAN CA, MICHELINI A, et al. Distal radius fractures- Treatment with volar locking plates- Functional results according to fracture type. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba.* 2020;77(4): 272-275.
- [12] PIESKE O, STURMER KM, BONNAIRE F, et al. [Guideline Report Distal radius fracture]. *Chirurgie (Heidelb).* 2023;94(11):965-966.
- [13] 季佳庆, 樊健, 王健, 等. 掌侧锁定钢板治疗伴背侧骨块的桡骨远端骨折 [J]. *实用骨科杂志*, 2021,27(8):678-683.
- [14] 吴世桐, 宁仁德, 方闰, 等. 桡骨远端骨折尺背侧骨折块不同固定方法的疗效比较 [J]. *中国组织工程研究*, 2021,25(21):3343-3348.
- [15] 吴世桐, 宁仁德, 方闰, 等. 掌侧入路内固定治疗桡骨远端粉碎性骨折合并尺背侧骨折块的临床研究 [J]. *创伤外科杂志*, 2021,23(5): 338-341.
- [16] BRINK PR, RIKLI DA. Four-Corner Concept: CT-Based Assessment of Fracture Patterns in Distal Radius. *J Wrist Surg.* 2016;5(2):147-151.
- [17] 蒋代翔, 鲁辉, 马玲, 等. 基于三维骨折地图技术的跟骨骨折线分布研究 [J]. *中国组织工程研究*, 2023,27(18):2842-2847.
- [18] 王永钦, 徐子环, 李鹏飞, 等. 基于骨折地图技术的青壮年股骨颈骨折特征分析 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022,36(9):1078-1083.
- [19] ARMITAGE BM, WIJICKS CA, TARKIN IS, et al. Mapping of scapular fractures with three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(9):2222-2228.
- [20] 居家宝, 陈建海, 张一翀, 等. 骨折地图在创伤骨科中的应用 [J]. *中华肩肘外科电子杂志*, 2020,8(3):283-286.
- [21] ZHANG X, ZHANG Y, FAN J, et al. Analyses of fracture line distribution in intra-articular distal radius fractures. *Radiol Med.* 2019;124(7): 613-619.
- [22] LI S, ZHANG YQ, WANG GH, et al. Melone's concept revisited in comminuted distal radius fractures: the three-dimensional CT mapping. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):222.
- [23] MISIR A, OZTURK K, KIZKAPAN TB, et al. Fracture lines and comminution zones in OTA/AO type 23C3 distal radius fractures: The distal radius map. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2018;26(1):613414395.
- [24] NYPAVER C, BOZENTKA DJ. Distal Radius Fracture and the Distal Radioulnar Joint. *Hand Clin.* 2021;37(2):293-307.
- [25] TANABE K, NAKAJIMA T, SOGO E, et al. Intra-articular fractures of the distal radius evaluated by computed tomography. *J Hand Surg Am,* 2011;36(11):1798-1803.
- [26] HEO YM, ROH JY, KIM SB, et al. Evaluation of the sigmoid notch involvement in the intra-articular distal radius fractures: the efficacy of computed tomography compared with plain X-ray. *Clin Orthop Surg.* 2012;4(1):83-90.
- [27] VITALE MA, BROGAN DM, SHIN AY, et al. Intra-articular Fractures of the Sigmoid Notch of the Distal Radius: Analysis of Progression to Distal Radial Ulnar Joint Arthritis and Impact on Upper Extremity Function in Surgically Treated Fractures. *J Wrist Surg.* 2016;5(1):52-58.
- [28] BOMBACI H, POLAT A, DENIZ G, et al. The value of plain X-rays in predicting TFCC injury after distal radial fractures. *J Hand Surg Eur Vol.* 2008;33(3):322-326.
- [29] MIYASHIMA Y, KANESHIRO Y, YANO K, et al. Size and stabilization of the dorsoulnar fragment in AO C3-type distal radius fractures. *Injury.* 2019;50(11):2004-2008.
- [30] TAVAKOLIAN JD, JUPITER JB. Dorsal plating for distal radius fractures. *Hand Clin.* 2005;21(3):341-346.
- [31] AYALON O, PAKSIMA N. Dorsal Plating of Distal Radius Fractures Historical Context and Appropriate Use. *Bull Hosp Jt Dis* (2013). 2017; 75(1):4-8.
- [32] DISSELDORP DJ, HANNEMANN PF, POEZE M, et al. Dorsal or Volar Plate Fixation of the Distal Radius: Does the Complication Rate Help Us to Choose? *J Wrist Surg.* 2016;5(3):202-210.
- [33] IKEDA K, OSAMURA N, TADA K. Fixation of an ulnodorsal fragment when treating an intra-articular fracture in the distal radius. *Hand Surg.* 2014;19(1):139-144.
- [34] LEE JI, CHO JH, LEE SJ. The effects of the Frag-Loc((R)) compression screw on distal radius fracture with a displaced dorsoulnar fragment. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(9):1315-1321.
- [35] KANAZAWA T, TOMITA K, KAWASAKI K, et al. Comparison of Locking and Frag-Loc Screws for Fixation of Die-Punch Fragments. *J Wrist Surg.* 2018;7(3):205-210.
- [36] SAKAMOTO S, DOI K, HATTORI Y, et al. Comminuted Dorsal Ulnar Fragment in Distal Radius Fractures Treated Using the Integrated Compression Screw With a Mini-Plate. *J Hand Surg Am.* 2022;47(4): 391-394.

(责任编辑: GD, ZN, QY, YJ)