

· 临床研究 ·

后踝骨折螺钉固定手术安全区的 X 线影像判断

杨国涛¹, 陈志军¹, 陈金亮¹, 孔丹辉¹, 毛华杰¹, 束伟平¹, 江起庭²

1. 南通大学附属丹阳医院 丹阳市人民医院骨科, 江苏 镇江 212300; 2. 南京江北医院骨科中心, 江苏 南京 210048

摘要: **目的** 提出一种基于术中踝穴位 X 线透视下使用下胫腓联合后内侧壁垂线(PVSL)判断后踝骨折螺钉固定手术的置钉安全区域的方法。**方法** 回顾性分析 2019 年 10 月至 2021 年 6 月丹阳市人民医院使用中空螺钉固定的 Lauge-Hansen III~IV 型后踝骨折 21 例的临床资料,术中 C 型臂 X 线机踝穴位透视下确定螺钉位于 PVSL 胫骨侧 1~2 mm 以内的放射安全区,术后行多层螺旋 CT 扫描三维重建评价置钉质量。**结果** 术中 X 线透视下于 PVSL 胫骨侧 1~2 mm 后踝置入螺钉,无一例螺钉进入下胫腓联合,后踝骨折块均有效固定。随访时间 12~18 (15.24±4.37)个月,21 例患者无腓肠神经损伤,无拇趾屈曲异常等并发症,切口均甲级愈合,无骨折再移位、延迟愈合和不愈合。术后 1 年踝关节 AOFAS 评分为(86.74±10.84)分,优良率为 95.2%。**结论** 采用 X 线透视下 PVSL 胫骨侧 1~2 mm 以内为后踝螺钉置入放射安全区,能提高置钉的准确性,避免螺钉进入下胫腓联合导致损伤。PVSL 能为后踝骨折内植物置入的安全范围提供一种影像学参考。

关键词: 踝关节骨折; 后踝骨折; 中空螺钉; 安全区; X 线透视检查; 下胫腓联合后内侧壁垂线

中图分类号: R683.42 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2023)08-1219-04

X-ray imaging judgment of the safety zone in screw fixation surgery for posterior ankle fracture

YANG Guotao*, CHEN Zhijun, CHEN Jinliang, KONG Danhui, MAO Huajie, SHU Weiping, JIANG Qiting

* Department of Orthopedics, Danyang People's Hospital, Nantong University Affiliated Danyang Hospital, Zhenjiang, Jiangsu 212300, China

Abstract: Objective To propose a method based on intraoperative ankle acupoint X-ray fluoroscopy to determine the safe area of screw fixation surgery for posterior ankle fractures using the posteromedial vertical syndesmotie line(PVSL). **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 21 cases of Lauge-Hansen type III-IV posterior malleolar fractures fixed with hollow screws in Danyang people's Hospital from October 2019 to June 2021. During the operation, the radiological safety area was determined the screw which located within 1-2 mm of the tibia side of PVSL under ankle acupoint fluoroscopy of C-arm X-ray machine, and the quality of screw placement was evaluated by three-dimensional reconstruction of multi-slice spiral CT scan after operation. **Results** Under intraoperative X-ray fluoroscopy, the posterior ankle screw was inserted within 1-2 mm of the tibial side of the PVSL, and no screw entered the lower tibiofibular joint. The posterior ankle fracture block was effectively fixed. The follow-up time was 12-18 (15.24 ± 4.37) months. Among 21 patients, there were no complication such as sural nerve injury, abnormal hallux flexion, and all incisions healed in grade A. There was no re-displacement, delayed union, or non union of the fractures. One year after surgery, the ankle joint AOFAS score was(86.74 ± 10.84), and the excellent and good rate was 95.2%. **Conclusion** Under intraoperative X-ray fluoroscopy, the placement of posterior ankle screws within 1-2 mm of the tibial side of PVSL can improve the accuracy of screw placement and avoid injury caused by screw entry into the lower tibiofibular joint. PVSL can provide an imaging reference for the safe range of implant placement in posterior ankle fractures.

Keywords: Ankle joint fracture; Posterior ankle fracture; Hollow screw; Safe zone; X-ray fluoroscopy examination; The posteromedial vertical syndesmotie line

踝关节骨折是创伤骨科中常见的骨折类型,每年的发病率约为184/10万^[1],累及后踝骨折的比例较高,约占踝关节骨折的40%以上^[2],后踝骨折移位导致踝关节受力改变和不稳定,多需手术治疗^[3-4]。后踝骨折固定常用螺钉置入,由于骨折多邻近下胫腓联合,大多数医师将X线透视下螺钉位于胫骨腓骨切迹后侧缘的内侧作为界限,偏宽泛,螺钉进入并损伤下胫腓联合的可能性较大,操作结果不理想。在踝穴位透视踝关节,X射线透过胫骨腓骨切迹皮质汇聚形成一条与踝关节平面垂直相交的线,其最内侧称之为下胫腓联合后内侧壁垂线(the posteromedial vertical syndesmoti c line, PVSL)(图1),固定后踝植入螺钉或钢板等内植物时,将这条垂线用于识别下胫腓联合的内侧壁,在其内侧超过1~2 mm范围置钉可避免内植物进入下胫腓联合内^[5-6]。术中C型臂X线机透视观察螺钉位于PVSL内侧的放射安全区,能有效避免螺钉损伤下胫腓联合。本研究将PVSL应用于Lauge-Hansen分型Ⅲ~Ⅳ型踝关节骨折的后踝固定,评价PVSL在后踝骨折固定手术中螺钉置入安全区判断的效果,为提高后踝置钉质量提供影像学参考。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准 (1) 纳入标准:①新鲜闭合性踝关节骨折;②Lauge-Hansen分型Ⅲ~Ⅳ型踝关节骨折,均伴后踝骨折;③手术均由足踝外科专科医生完成,使用威高公司空心螺钉;④随访资料完整。(2) 排除标准:①外伤前踝关节畸形或功能异常;②病理性骨折、陈旧性骨折等。本研究经医院医学伦理委员会批准(21090508)。

1.2 一般资料 回顾性分析2019年10月至2021年6月丹阳市人民医院收治的Lauge-HansenⅢ~Ⅳ型踝关节骨折伴后踝骨折患者21例的临床资料。其中,男15例,女6例;年龄26~76(51.32±7.36)岁;右侧11例,左侧10例;致伤原因:车祸伤12例,运动扭伤7例,不同原因跌落伤1例,其他伤1例。

1.3 术前准备 对X线检查踝关节无明显脱位和体检无明显踝关节不稳定病例,予石膏外固定;对踝关节骨折脱位或骨折合并踝关节不稳予跟骨牵引。局部冰敷、静脉注射甘露醇消肿、非甾体类或环氧化酶-2抑制剂止痛等处理。所有患者采用Autar深静脉血栓形成风险评估进行筛选,对评分>11分(中高危)给予低分子肝素钙抗凝预防血栓。如果出现张力性水泡给予表皮保护,待肿胀缓解后手术。术前等待

3~9(5.62±1.29)d。

1.4 手术方法 取仰卧位,大腿近端上气囊止血带。麻醉方法:坐骨神经阻滞+硬膜外或者全身麻醉。麻醉成功后取腓骨后缘切口,将腓骨复位内固定后,沿腓骨后缘骨膜下纵行钝性分离,远端至下胫腓横韧带上缘,近端根据后踝骨折线长度决定是否延伸,一般4~5 cm即可探及完整volkmann骨块。后踝骨块较小时可直接利用食指推顶,骨块较大时可使用骨撬辅助推顶复位,在复位困难时也可以将踝关节跖屈,使用hoffman拉钩撑开暴露整个后踝。如果后踝不能很好复位常提示外踝复位不佳或下胫腓对位不良,应该重新检查确认复位情况。后踝复位后术者示指、中指抵住volkmann结节,拇指平踝关节间隙置于胫前肌肌腱内侧缘并将肌腱适当向外侧推移,取导针沿胫前肌腱内侧缘斜向外下对准术者示中指远节指腹打入,导针可以从volkmann结节中部穿出。

术中使用Ziehm8000 C型臂X线机透视,观察骨折复位及置钉情况,踝关节在踝穴位观察导针位置和角度,如果观察结果不明确,以踝穴位为中心内外旋转50°~60°的范围内识别PVSL,一般从外旋10°~15°的到内旋30°~40°^[6],调整导针,保证所有导针全长位于PVSL内侧1~2 mm,然后置入适合长度的中空螺钉。后踝骨折块大于25%,前后位打入3.5 mm/4.5 mm中空螺钉,以螺纹穿过后踝皮质为佳;后踝骨折块小于25%,沿导针切开皮肤0.5 cm,钝性分离至后踝,后前位打入3.5/4.5 mm×40 mm中空螺钉。术中如果骨质疏松明显,建议使用垫片。术中根据骨块大小以及稳定情况决定中空螺钉使用数量。

1.5 术后处理 (1) 术后1周内待病情平稳复查踝部X线摄片和多层螺旋CT扫描三维重建。(2) 抬高患肢消肿,髌、膝、踝关节被动功能训练,待运动觉恢复后,行主动足趾、踝关节伸屈训练和直腿抬高训练等。(3) 口服非甾体类消炎药物或环氧化酶-2抑制剂等镇痛,仅在疼痛数字评分(numerical rating scale, NRS)≥5分时临时使用静脉镇痛药。(4) 对Autar深静脉血栓形成风险评估评分>11分(中高危)的患者,术后12 h即予低分子肝素钙5 000 U皮下注射,1次/d。(5) 指导踝关节及足部功能锻炼,包括关节活动度、肌力和本体感觉等方面的锻炼;术后5~7 d出院。(6) 术后1、2、3、6、12月复查X线摄片,术后12个月采用美国足踝外科协会(American Orthopedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝与后足功能评分法对患者的踝关节功能进行评价。



注:PVSL为X射线透过胫骨腓骨切迹皮质汇聚形成一条与踝关节平面垂直相交的最内侧。

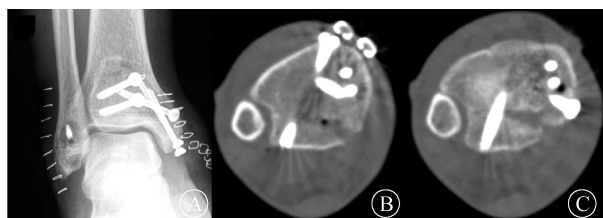
图1 PVSL示意图

Fig. 1 PVSL figure

2 结果

术后随访12~18(15.24±4.37)个月,复查多层螺旋CT扫描三维重建,无一例螺钉进入下胫腓联合,螺钉全长均位于胫骨远端骨皮质内侧,后踝骨折块有效固定(图2)。术后查体拇趾屈伸活动如常,未见腓肠神经损伤表现病例。

术后1、2、3、6、12个月复诊复查X线摄片,未见骨折移位现象,骨折均一期愈合。并发症:无皮神经损伤感觉减退,无拇趾屈曲异常等并发症,切口均甲级愈合。无后踝螺钉激惹症状,无骨折再移位、延迟愈合和不愈合。术后1年踝关节AOFAS评分(86.74±10.84)分,其中优12例,良8例,可1例,差0例,优良率95.2%。



注:A~C为1例患者,A为术后踝穴位X线摄片示固定后踝骨折螺钉位置在PVSL内侧1~2mm以内的安全区,B、C为多层螺旋CT扫描证实螺钉全长在胫骨远端腓骨切迹骨皮质内侧。

图2 术后多层螺旋CT扫描复查

Fig. 2 Postoperative multi slice spiral CT scanning

3 讨论

本研究主要目的是将X线透视影像结合踝关节解剖精准化得出PVSL,作为术中评判胫骨远端腓骨切迹最内侧界限的放射学影像标志,以避免内植物进入下胫腓联合,总结出一种后踝骨折螺钉固定手术中判断置钉安全区域的方法。X射线透过胫骨腓骨切迹皮质汇聚形成一条与踝关节平面垂直相交的线,其最内侧为PVSL,大多数病例以踝穴位为中心在内外

旋转50°~60°的范围内能够判断识别,一般是从外旋10°~15°到内旋30°~40°,手术中透视可以基本判断,安全区的外侧边界,其踝穴位的选取基于“骨骼遮挡少,投照角度佳,入照点准确”的原理选择^[7]。PVSL其实就是基于下胫腓联合解剖学形态,在踝穴位透视下给后踝骨折内固定划出一个内植物放置的放射安全区域。PVSL可以大致理解为解剖学上胫骨腓骨切迹的最内侧壁。Williams等^[6]通过尸体标本解剖和操作后,采用X射线成像证实了PVSL的可靠性。腓骨切迹形态存在个体差异,67%较深、下胫腓联合呈新月形,33%较浅、下胫腓联合呈矩形^[8]。这些都有可能造成X线透视时下胫腓间隙形态的变化,从而影响PVSL的评判。术前通过CT扫描,了解腓骨切迹的形态和深度,有助于术中透视下PVSL的准确界定。良好的透视图像,通过内外旋转踝关节的角度基本可以区分胫骨结节前后的外侧缘,位于腓骨侧的是前结节,胫骨侧的是后结节。术中如果对后踝骨块外侧边缘判断困难,可将一根直径0.9mm的克氏针插入下胫腓联合的前部或后部,克氏针在透视时也能帮助评估螺钉的位置。基于临床经验总结,螺钉最好距离PVSL大于1~2mm,1~2mm的距离可以保证螺钉的全长在完整的骨皮质内侧。在术中确定螺钉的安全位置,最适合的是踝穴位透视并加以内外旋转证实^[6],手术医师在熟悉解剖结构的同时,熟练使用C型臂X线机非常有助于PVSL的判断。

随着足踝外科专科化的发展,及对踝关节预后功能的重视,在踝关节生物力学研究的基础上,踝关节全修复的理念逐步深化,研究提出后踝骨折块较小,但影响下胫腓联合稳定性者建议手术,后踝骨折手术内固定的患者日益增多,由于骨折大多紧邻下胫腓联合,同时增加了螺钉固定位置异常的临床合并症的发生^[9-10]。部分患者术后摄片螺钉位置欠佳,部分超出PVSL胫骨侧2mm以内的安全区,多层螺旋CT扫描可证实螺钉置入损伤下胫腓联合。螺钉置入的具体位置及方向需参考术前CT进行评估,术中X线透视简单易行,对手术室硬件要求低,普通C型臂X线机即可以解决,术中CT扫描检查明确直观,但大多数医院没有条件配备。后踝的切开复位内固定术,大面积清理骨折端和识别骨块外侧缘时会严重破坏骨折块的血供,同时损伤下胫腓联合后韧带,通过透视PVSL判断下胫腓的内侧边界,可以减少术中组织剥离,降低可能的并发症,如骨不连、关节不稳定等。虽然Williams等^[6]在对后踝固定的影像安全区研究时

考虑了拇长屈肌距 PVSL 的距离,在置入后前位螺钉时通常会穿过拇长屈肌肌腹,造成肌肉损伤,但是先前研究和多数临床手术病例表明,术中螺钉穿过肌肉,未见明显拇趾屈伸功能受限,不会产生严重功能障碍^[5],而且一次性置钉成功能大大减少肌肉的损伤。在本组病例中未见到置钉损伤肌肉导致的拇趾屈曲功能障碍。

综上所述,采用 PVSL 胫骨侧 1~2 mm 以内为后踝螺钉置入放射安全区,能提高置钉的准确性,避免螺钉进入下胫腓联合导致损伤,PVSL 能为后踝骨折内植物置入的安全范围提供一种影像学参考。本研究的局限性包括 PVSL 评估的准确性部分依赖手术医师的临床经验,内植物的有效置入还需术前 CT 扫描等影像资料帮助。PVSL 在透视下个体差异化较大,不仅肢体的踝穴位体位的精准摆放较困难,投照角度存在偏差,还需要手术医师结合术前 CT 的胫骨远端腓骨切迹形状和深度综合评估,以减少螺钉置入误差,增加一次性理想位置置入的成功率,同时,医师的手术技术也是重要的影响因素^[11]。PVSL 不适合畸形的踝关节骨折及病理性骨折的患者。本研究未考虑安全区的内侧边界,存在操作损伤拇长屈肌肌腹可能,其局限性还包括病例数少,术者对 X 线透视影像评估主观性较大,如胫骨侧 1~2 mm 的经验性评估,需收集更多数据后,进一步数据标准建模客观评估 PVSL^[12],以简单可靠地指导手术操作。

利益冲突 无

参考文献

- [1] Ribeiro de Ávila V, Bento T, Gomes W, et al. Functional outcomes and quality of life after ankle fracture surgically treated: a systematic review[J]. *J Sport Rehabil*, 2018, 27(3): 274-283.
- [2] Bartoníček J, Rammelt S, Tůček M. Posterior malleolar fractures: changing concepts and recent developments[J]. *Foot Ankle Clin*, 2017, 22(1): 125-145.
- [3] Evers J, Barz L, Wähnert D, et al. Size matters: the influence of the posterior fragment on patient outcomes in trimalleolar ankle fractures[J]. *Injury*, 2015, 46: S109-S113.
- [4] 杜军,吴泉,侯德胜,等.防滑钢板和空心加压螺钉治疗后踝 Plion 骨折的疗效比较[J]. *中国临床研究*, 2021, 34(2): 213-216.
- [5] Du J, Wu Q, Hou DS, et al. Antiskid steel plate versus cannulated compression screw in the treatment of posterior Plion fracture[J]. *Chin J Clin Res*, 2021, 34(2): 213-216.
- [6] Momenzadeh K, Czerwonka N, Stenquist D, et al. Anatomic structures at risk during posterior to anterior percutaneous screw fixation of posterior malleolar fractures: a cadaveric study[J]. *Foot Ankle Orthop*, 2020, 5(4): 2473011420S0036.
- [7] Williams C, Momenzadeh K, Michalski M, et al. Anatomic and radiographic safe zone for posterior malleolar screw placement[J]. *Foot Ankle Int*, 2021, 42(12): 1598-1605.
- [8] Swartman B, Frere D, Wei W, et al. Wire placement in the sustentaculum tali using a 2D projection-based software application for mobile C-arms: cadaveric study[J]. *Foot Ankle Int*, 2018, 39(4): 485-492.
- [9] 禹铭杨,孙强,于晓光,等.下胫腓联合解剖参数的多层螺旋 CT 测量[J]. *中华解剖与临床杂志*, 2017, 22(3): 192-196.
- [10] Yu MY, Sun Q, Yu XG, et al. Anatomical parameters of normal distal tibiofibular syndesmosis on multi-slice CT images[J]. *Chin J Anat Clin*, 2017, 22(3): 192-196.
- [11] 龚晓峰,武勇,王岩,等.踝关节骨折手术治疗中后踝螺钉固定异常的表现[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2013, 15(6): 495-498.
- [12] Gong XF, Wu Y, Wang Y, et al. Improper screw fixation in the treatment of posterior malleolar fractures[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2013, 15(6): 495-498.
- [13] Miller AN, Carroll EA, Parker RJ, et al. Posterior malleolar stabilization of syndesmotic injuries is equivalent to screw fixation[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2010, 468(4): 1129-1135.
- [14] 王鹏,张翔,沈云,等.空心螺钉与支撑钢板治疗后踝骨折的比较研究[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2017, 19(3): 192-197.
- [15] Wang P, Zhang X, Shen Y, et al. Comparison of cannulated lag screw versus buttress plate fixation for posterior malleolar fractures[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2017, 19(3): 192-197.
- [16] Xia SL, Fu BG, Wang B, et al. Computed tomography imaging-based preoperative virtual simulation for calcaneal fractures reduction[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2019, 58(2): 248-252.

收稿日期:2022-12-05 修回日期:2023-01-05 编辑:李方