

·论 著·

踝关节骨折术后关节僵硬的危险因素分析及预测模型构建

陈鸥 胡云双 许兵

[摘要] 目的 分析踝关节骨折术后关节僵硬的危险因素及预测模型构建。方法 选取298例踝关节骨折患者作为研究对象,按照术后12个月是否发生关节僵硬分为良好组($n=226$)和僵硬组($n=72$),比较两组的基线资料、踝关节活动度。采用logistic回归分析筛选踝关节骨折患者术后发生关节僵硬的危险因素。基于筛选出的独立危险因素使用R软件建立列线图风险预测模型,并通过内部数据验证Nomogram模型临床预测效能。结果 僵硬组患者的年龄 ≥ 60 岁、C型骨折、受伤至手术时间 ≥ 8 h、未进行跟骨牵引、未坚持功能锻炼、美国足踝外科协会(AOFAS)评分 < 75 分情况与良好组比较,差异均有统计学意义(χ^2 分别=10.37、4.33、14.24、12.80、17.89、16.20, P 均 < 0.05); logistic回归分析显示,年龄 ≥ 60 岁、C型骨折、未进行跟骨牵引、AOFAS评分 < 75 分、未坚持功能锻炼均是踝关节骨折术后发生关节僵硬的危险因素(OR 分别=2.75、1.65、3.10、2.51、3.77, P 均 < 0.05);由此构建Nomogram模型,该列线图模型预测的踝关节骨折术后关节僵硬发生的曲线下面积为0.84(95%CI 0.74~0.89),灵敏度为83.19%,特异度81.35%,且拟合优度检验结果显示,该列线图模型预测踝关节骨折术后关节僵硬与实际发生的概率比较,差异无统计学意义($\chi^2=2.60, P>0.05$)。结论 年龄 ≥ 60 岁、C型骨折、未进行跟骨牵引、AOFAS评分 < 75 分、未坚持功能锻炼是踝关节骨折术后发生关节僵硬的主要危险因素,且通过以上危险因素构建的Nomogram模型可以有效预测踝关节骨折术后关节僵硬的发生风险。

[关键词] 骨折; 踝关节骨折; 关节僵硬; 危险因素; 预测模型

Risk factors analysis of joint stiffness after ankle fracture surgery and prediction model construction CHEN Ou, HU Yunshuang, XU Bing. Department of Trauma and Bone, Wenzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Wenzhou 325000, China.

[Abstract] **Objective** To analyze the risk factors of joint stiffness after ankle fracture surgery and to construct a predictive model. **Methods** A total of 298 patients with ankle fracture were selected as the research objects and divided into good group ($n=226$) and stiffness group ($n=72$) according to whether joint stiffness occurred 12 months after operation. The baseline data and ankle mobility of the two groups were compared. Logistic regression analysis was used to screen the risk factors of joint stiffness after ankle fracture surgery. Based on the selected independent risk factors, a nomogram risk prediction model was established using R software, and the clinical prediction efficiency of the Nomogram model was verified by internal data. **Results** There were statistically significant differences in age ≥ 60 years, type C fracture, time from injury to operation ≥ 8 h, no calcaneal traction, no functional exercise, and AOFAS score < 75 points between the stiffness group and the good group ($\chi^2=10.37, 4.33, 14.24, 12.80, 17.89, 16.20, P<0.05$). Logistic regression analysis showed that age ≥ 60 years old, type C fracture, no calcaneal traction, AOFAS score < 75 points, and failure to adhere to functional exercise were all risk factors for joint stiffness after ankle fracture surgery ($OR=2.75, 1.65, 3.10, 2.51, 3.77, P<0.05$). The nomogram model was constructed. The AUC area of joint stiffness after ankle fracture predicted

by the nomogram model was 0.84 (95%CI 0.74~0.89), the sensitivity was 83.19%, and the specificity was 81.35%. The results of goodness-of-fit test showed that there was no significant difference between the nomogram model and the actual probability of joint stiffness after ankle fracture ($\chi^2=2.60, P$

DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2025.006.005

基金项目:温州市基础性科研项目(Y20240656)

作者单位:325000 浙江温州,温州市中西医结合医院
创伤骨二科(陈鸥),检验科(胡云双),脊柱外科(许兵)

通讯作者:许兵, Email: johonark@163.com

>0.05)。 **Conclusion** Age ≥ 60 years, type C fracture, no calcaneal traction, AOFAS score <75 points, and failure to adhere to functional exercise are the main risk factors for joint stiffness after ankle fracture surgery, and the nomogram model constructed by the above risk factors can effectively predict the risk of joint stiffness after ankle fracture surgery.

[Key words] fracture; ankle fracture; joint stiffness; risk factors; prediction model

踝关节解剖位置特殊,在受到外界间接暴力引起的扭伤时,踝关节极易发生骨折^[1,2]。手术是踝关节骨折治疗中的主要方式,但由于患者生理状态、骨折类型不同、康复依从性等不确定因素,容易导致患者术后出现恢复效果不佳及相关并发症,其中以关节僵硬较为常见^[3-5]。近年来,建立精准的预测模型逐渐成为研究热点^[6]。基于此,本次研究旨在分析踝关节骨折术后关节僵硬的危险因素,并构建预测模型。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取温州市中西医结合医院2024年1月至2024年12月住院治疗的298例踝关节骨折患者作为研究对象,纳入标准包括:①年龄18~75岁;②符合《实用骨科学》中踝关节骨折诊断标准^[7];③单侧骨折;④符合踝关节骨折手术指征,并行切开复位内固定术治疗;⑤认知、表达功能正常。排除标准包括:①伴发其他部位骨折;②既往有踝关节手术史;③伴发踝关节感染;④合并严重基础疾病及免疫系统疾病;⑤重要器官功能不全;⑥精神疾病;⑦处于妊娠期或哺乳期;⑧凝血功能异常;⑨临床资料不完整。所有患者均了解本次研究内容,并签署知情同意书。本次研究经医院伦理委员会审核批准。

1.2 方法 所有患者均由同一组医生依据踝关节骨折的AO/ASIF分型,腰硬联合麻醉下行踝关节切开复位内固定术。术后患者均采用石膏托制动患肢,进行常规抗感染治疗,并鼓励患者尽早进行踝关节功能训练。收集患者临床资料,电话随访及定期复诊,记录患者术后12个月关节僵硬发生情况。按照是否发生关节僵硬分为良好组与僵硬组。比较良好组与僵硬组的基线资料,年龄、性别、体重指数、骨折类型、受伤原因、受伤至治疗时间、是否存在合并症等信息。术后12个月后,使用美国足踝外科协会(American orthopaedic foot and ankle society, AOFAS)踝关节功能评分量表^[8],对患者手术前后踝关节活动度进行评估,该量表满分100分,评估维度包括:疼痛、功能活动、后足排列。按评分对患者踝关节功能分为差(<50 分)、可(50~74分)、良(75~89分)、优(≥ 90 分)。

1.3 统计学方法 采用SPSS 22.0统计学软件处理

数据,计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,行独立 t 检验,计数资料用例(%)表示,行 χ^2 检验。采用多因素logistic分析踝关节骨折术后关节僵硬的危险因素,通过危险因素信息构建预测踝关节骨折术后关节僵硬的Nomogram模型,并进行校验。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线预测价值。采用R语言进行模型构建、内部验证,并用Hosmer-Lemeshow检验评估模型拟合度。设 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 按照是否发生关节僵硬分为良好组($n=226$)与僵硬组($n=72$)。影响踝关节骨折术后发生关节僵硬的单因素分析见表1。

表1 影响踝关节骨折术后发生关节僵硬的单因素分析/例(%)

项目		良好组 ($n=226$)	僵硬组 ($n=72$)
性别	男	129(57.08)	48(66.67)
	女	97(42.92)	24(33.33)
年龄	<60 岁	157(69.47)	35(48.61)
	≥ 60 岁	69(30.53)	37(51.39)
合并糖尿病		65(28.76)	22(30.56)
合并高血压		62(27.43)	17(23.61)
骨折类型	A型、B型	175(77.43)	47(65.28)
	C型	51(22.57)	25(34.72)
受伤位置	左侧	108(47.79)	33(45.83)
	右侧	118(52.51)	39(54.17)
受伤原因	高能量损伤	102(45.13)	41(56.94)
	低能量损伤	124(54.87)	31(43.06)
受伤至手术时间	<8 h	136(60.18)	25(34.72)
	≥ 8 h	90(39.82)	47(65.28)
存在开放性损伤		52(23.01)	23(31.94)
是否跟骨牵引	是	168(74.34)	34(47.22)
	否	58(25.66)	38(52.78)
坚持功能锻炼	是	154(68.14)	29(40.28)
	否	72(31.86)	43(59.72)
AOFAS评分	<75 分	75(33.19)	42(58.33)
	≥ 75 分	151(66.81)	30(41.67)

由表1可见,僵硬组患者的年龄 ≥ 60 岁、C型骨折、受伤至手术时间 ≥ 8 h、未进行跟骨牵引、未坚持功能锻炼情况、AOFAS评分 <75 分比例与良好组比

较, 差异均有统计学意义(χ^2 分别=10.37、4.33、14.24、12.80、17.89、16.20, P 均 <0.05), 两组患者性别、合并糖尿病、合并高血压、受伤位置、受伤原因、存在开放性损伤情况比较, 差异均无统计学意义

(χ^2 分别=2.08、0.09、0.41、0.08、3.05、2.32, P 均 >0.05)。

2.2 踝关节骨折术后发生关节僵硬的危险因素的
多因素 logistic 回归分析见表 2

表 2 踝关节骨折术后发生关节僵硬的危险因素的
多因素 logistic 回归分析

项目	β	S.E	Wald χ^2	P	OR	95%CI
年龄 ≥ 60 岁	1.01	0.32	9.94	<0.05	2.75	1.14 ~ 6.67
C 型骨折	0.50	0.21	5.68	<0.05	1.65	1.17 ~ 2.35
受伤至手术时间 ≥ 8 h	0.49	0.31	2.49	>0.05	1.63	0.98 ~ 2.71
未进行跟骨牵引	1.13	0.36	10.06	<0.05	3.10	1.03 ~ 9.32
AOFAS 评分 <75 分	0.92	0.28	10.83	<0.05	2.51	1.25 ~ 5.04
未坚持功能锻炼	1.33	0.32	17.39	<0.05	3.77	1.14 ~ 12.51

由表 2 可见, 年龄 ≥ 60 岁、C 型骨折、未进行跟骨牵引、AOFAS 评分 <75 分、未坚持功能锻炼均是踝关节骨折术后发生关节僵硬的危险因素(OR 分别=2.75、1.65、3.10、2.51、3.77, P 均 <0.05)。

2.3 构建预测踝关节骨折术后关节僵硬的
Nomogram 模型 将年龄 ≥ 60 岁、C 型骨折、未进行跟骨牵引、AOFAS 评分 <75 分、未坚持功能锻炼作为预测因子构建 Nomogram 模型, 见图 1。

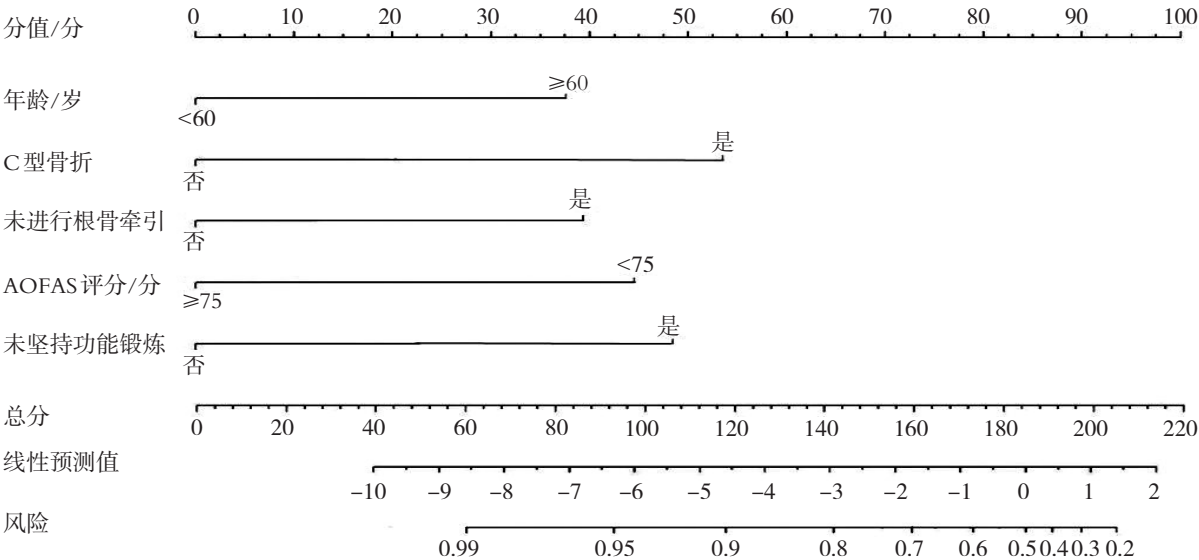


图 1 影响踝关节骨折术后关节僵硬的 Nomogram 模型

2.4 预测模型的验证见图 2、图 3

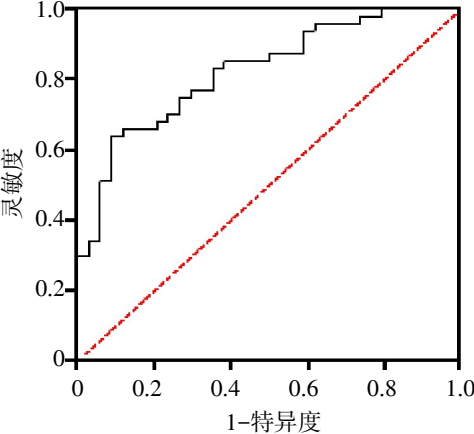


图 2 踝关节骨折术后发生关节僵硬 ROC 曲线

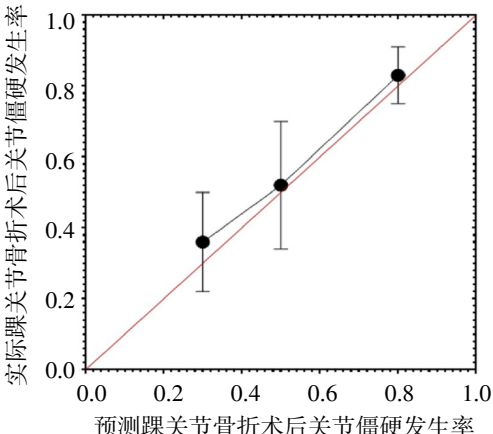


图 3 踝关节骨折术后发生关节僵硬的校准曲线

由图2可见,该列线图模型预测的踝关节骨折术后关节僵硬发生的曲线下面积为0.84(95%CI 0.74~0.89),灵敏度为83.19%,特异度为81.35%。由图3可见,踝关节骨折术后发生关节僵硬的校准曲线斜率接近1,且拟合优度检验结果显示,该列线图模型预测踝关节骨折术后关节僵硬与实际发生的概率比较,差异无统计学意义($\chi^2=2.60, P>0.05$)。

3 讨论

踝关节在是维持人体下肢活动的重要关节,踝关节骨折术后,通常需要进行长时间的固定,长时间的固定会使踝关节周围结构,如肌肉、肌腱、关节囊等,发生粘连及萎缩,导致患者出现关节僵硬^[9]。关节僵硬会导致踝关节屈伸和旋转功能受限,使患者出现行走拖步、脚步沉重、无法跑跳等症状,影响患者日常行动及运动能力。同时,长期关节僵硬状态也会引起患者踝关节二次伤害,诱发踝关节周围软骨、韧带及肌肉的继发性变性,加速关节的退变过程^[10]。因此,了解踝关节骨折术后发生关节僵硬的危险因素,预防术后关节僵硬的发生对踝关节骨折患者预后具有重要意义。因此,本次研究深入整理踝关节骨折术后发生关节僵硬的危险因素,并尝试建立相关预测模型。期望在未来的临床治疗中,能够借助这一模型,为患者提供更为精准的风险评估,助力医生制定更具针对性的治疗建议,最终改善患者的康复效果。

本次研究单因素和多因素 *logistic* 回归分析结果显示,年龄 ≥ 60 岁、C型骨折、未进行跟骨牵引、AOFAS评分 < 75 分、未坚持功能锻炼是踝关节骨折术后发生关节僵硬的主要危险因素。年龄增长与机体机能退变呈正相关,年龄 ≥ 60 岁的踝关节手术患者,因年龄原因导致骨量流失、自我修复功能与免疫功能低下,不利于术后固定材料稳定及骨折愈合,也使其踝关节术后发生关节僵硬的风险增加。林振群等^[11]的研究指出,在60岁以上人群踝关节手术中应重点关注胫骨关节面解剖结构恢复,帮助患者保证患者踝关节功能恢复效果。C型骨折是完全的关节内骨折,多由于高能量暴力导致,涉及多个踝关节部位,患者踝关节结构被严重破坏^[12]。在C型骨折手术复位过程中,关节面修复复杂,同时需要剥离部分组织便于放置钢板与螺钉,这使得踝关节周围组织损伤严重,且在术后管理过程中需要长时间固定,在固定过程中踝关节周围肌肉得不到锻炼与使用,会出现萎缩与痉挛,进而引发关节僵

硬。刘宇^[13]研究证实,C型骨折是导致踝关节骨折术后出现关节功能障碍的危险因素,与本次研究结果一致。跟骨牵引是一种使用牵引装置对抗骨折部位的肌肉收缩力和肢体重量的骨科常用治疗手段。在踝关节骨折移位明显的情况下,手术骨折块复位难度上升,可能导致骨折端不平整,增加关节软骨磨损、关节复位不良、周围软组织额外损伤的风险,限制踝关节活动,继而导致关节僵硬。跟骨牵引可以帮助骨折后的踝关节在相对稳定的情况下进行愈合,缓解周围组织的压力,改善局部的血液供应,促进踝关节骨折恢复^[14]。刘琰等^[15]研究表明牵引能够有效帮助跟骨骨折患者获得更好的恢复效果。AOFAS评分是判断踝关节功能的重要评分,能够有效反映踝关节功能变化。低AOFAS评分说明患者存在疼痛、功能受限、解剖结构状态异常等情况,及时关注患者术后AOFAS评分,可以发现并判断患者恢复状态,进行有效干预降低关节障碍发生风险,与朱建祥等^[16]研究结果一致。踝关节骨折术后恢复时间长,如果患者没有坚持功能锻炼,关节周围的组织在愈合过程中会很快粘连在一起,肌肉纤维也因在收缩刺激的情况下出现废用性萎缩,关节软骨也会因为营养吸收减少、代谢废物排出不畅发生退变,加速软骨的磨损,这些负面影响随着时间的累积,最终会导致患者出现关节僵硬。大量研究证实,及时进行如负重、关节屈伸等功能训练可以帮助踝关节骨折术后患者功能恢复^[17,18]。

Nomogram模型对各项风险因素进行赋分,并通过各项评分叠加进行风险判断。为更加科学有效地帮助医生精确预测踝关节骨折患者术后关节僵硬的风险,对相关风险因素进行干预、预防,本次研究根据危险因素进行Nomogram模型构建,且进行验证显示,该列线图模型预测的踝关节骨折术后关节僵硬发生的曲线下面积为0.84(95%CI 0.74~0.89),灵敏度为83.19%,特异度81.35%,说明该模型能够有效预测踝关节骨折术后关节僵硬的发生风险。

综上所述,年龄 ≥ 60 岁、C型骨折、未进行跟骨牵引、AOFAS评分 < 75 分、未坚持功能锻炼是踝关节骨折术后发生关节僵硬的主要危险因素,且通过以上危险因素构建的Nomogram模型可以有效预测踝关节骨折术后关节僵硬的发生风险。但本次研究仍存在一些不足,如:样本量较小、分组时间点单一、外部验证数据不充分等问题,可能影响结论的

普适性,导致部分患者术后早期关节僵硬被忽略,影响样本模型不同外部环境及更大范围样本中的真实预测能力。在后期研究中,建议对踝关节骨折术后关节僵硬的危险因素及预测模型构建进行更加深入的探索。

参考文献

- 1 范琦.中药熏蒸联合术后功能锻炼对踝关节骨折术后的影响[J].实用中西医结合临床,2024,24(14):68-70,78.
- 2 Patel S,Dionisopoulos SB.Current concepts in ankle fracture management[J].Clin Podiatr Med Surg,2024,41(3):519-534.
- 3 Altuwairqi A.Comparative analysis of rehabilitation strategies following ankle fracture surgery: A systematic review[J].Cureus,2024,16(7):e64315.
- 4 李松,杨滕尧,彭茜.踝关节骨折术后创伤性关节炎发生的影响因素及风险预测模型的构建[J].中国骨伤,2024,37(3):264-270.
- 5 Tamura A,Shimura K,Inoue Y.Leg and joint stiffness of the supporting leg during side-foot kicking in soccer players with chronic ankle instability[J].Sports (Basel),2023,11(11):218.
- 6 Chekroud AM,Hawrilenko M,Loho H,et al.Illusory generalizability of clinical prediction models[J].Science,2024,383(6679):164-167.
- 7 白求恩公益基金会创伤骨科专业委员会,中国医疗保健国际交流促进会加速康复外科学分会创伤骨科学组.加速康复外科理念下桡骨远端骨折诊疗方案优化的专家共识[J].中华创伤骨科杂志,2019,21(2):93-101
- 8 Schneider W,Jurenitsch S.Normative data for the American orthopedic foot and ankle society ankle-hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes clinical rating system[J].Int Orthop,2016,40(2):301-306.
- 9 高明明,刘庆军,朱建非,等.胫骨远端逆行髓内钉内固定治疗胫骨远端近踝部骨折[J].中华骨科杂志,2024,44(19):1280-1287.
- 10 Hintermann B,Ruiz R,Barg A.Dealing with the stiff ankle:Preoperative and late occurrence[J].Foot Ankle Clin,2017,22(2):425-453.
- 11 林振群,宋文泉,钱锋,等.踝关节骨折术后踝穴形态变化与踝关节功能的相关性及影响因素分析[J].临床和实验医学杂志,2023,22(24):2628-2632.
- 12 Song B,Shi J,Xu X,et al.Calcaneal distraction vs.cast immobilization for the preoperative treatment of patients with Danis-Weber type C ankle fractures: A case-control study[J].Front Surg,2024,11:1404746.
- 13 刘宇.影响踝关节骨折术后患者踝关节功能恢复的相关因素分析[J].现代医学与健康研究(电子版),2021,5(22):101-103.
- 14 薛刚,段永宏,孙鹏霄.两种术前处理方案对 Denis-Weber C型踝关节骨折患者术后踝关节功能及行走能力的影响[J].海南医学,2023,34(23):3401-3405.
- 15 刘琰,王铠,吴敏.踝关节骨折术后踝穴冠状位角度波动与关节功能恢复的关系[J].中国组织工程研究,2025,29(9):1820-1826.
- 16 朱建祥,闵继康,胡文林,等.踝关节骨折术后并发不良预后相关因素分析[J].浙江创伤外科,2023,28(10):1935-1938.
- 17 冀希,孙娜.个性化功能锻炼结合本体感觉训练对踝关节骨折术后患者关节活动度、踝关节功能恢复的影响[J].黑龙江医药,2024,37(1):216-218.
- 18 Chen J,Wu T,Liu S,et al.Rehabilitation effect of standing bed combined with early anti-gravity running table training on ankle fracture[J].Sci Rep,2024,14(1):3582.

(收稿日期 2025-02-12)

(本文编辑 高金莲)