doi:10.11659/jjssx.10E022112

·临床研究·

桡骨远端骨折内固定后背侧关节内骨块移位的列线图模型

潘汝南,唐承杰,贾军锋,李 峰,刘晶晶,蒋 柒 (四川省骨科医院老年骨科2,四川 成都 610045)

[摘 要] **目的** 探究桡骨远端骨折(DRF)内固定后出现背侧关节内骨块移位的影响因素及列线图模型的构建。**方法** 选取我院老年骨科收治的225例DRF患者为研究对象,随机分为训练集(158例)和验证集(67例),训练集根据患者术后1年内背侧关节内骨块的移动距离分为移位组(41例)和未移位组(117例)。采用单因素及多因素*Logistic*回归分析术后背侧关节内骨块移位的影响因素;构建列线图预测模型,以受试者工作特征(*ROC*)曲线及校准曲线评价模型效能。**结果** 移位组骨折AO分型构成比、骨质疏松患者比例、受伤至手术时间、术后3个月和12个月VAS评分及DASH评分高/长于未移位组,而术后使用外固定患者比例、术后3个月握力低于未移位组($P<0.05$)。多因素*Logistic*回归分析显示,骨折AO分型为C3型、合并骨质疏松、术后12个月VAS评分≥2分、术后3个月DASH评分≥18分是独立危险因素。训练集和验证集的列线图模型*ROC*的曲线下面积分别为0.885(95%*CI*:0.786~0.915,$P<0.01$)和0.851(95%*CI*:0.641~0.903,$P<0.01$),校准曲线*Hosmer-Lemeshow*检验结果差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 骨折AO分型为C3型、合并骨质疏松、术后12个月VAS评分≥2分、术后3个月DASH评分≥18分是导致DRF患者内固定后背侧关节内骨块移位的危险因素,以此构建的列线图区分度较好,准确性较高。

[关键词] 桡骨远端骨折;掌侧;背侧;内固定;背侧关节内骨块移位
[中图分类号] R683 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-10-21

Nomogram model of displacement of bone mass in dorsal joint of distal radius fracture after internal fixation

PAN Ru-nan, TANG Cheng-jie, JIA Jun-feng, LI Feng, LIU Jing-jing, JIANG Qi (Second Department of Geriatric Osteology, Sichuan Orthopaedic Hospital, Chengdu Sichuan 610045, China)

Abstract: Objective To investigate the influencing factors of displacement of bone mass in dorsal joint of distal radius fracture (DRF) after internal fixation and the construction of a nomogram model. **Methods** A total of 225 patients with DRF admitted to department of geriatric osteology in our hospital were selected as the research subjects, and the patients were randomly divided into the training set (158 cases) and the validation set (67 cases). In the training set, the patients were divided into the displaced group (41 cases) and the non-displaced group (117 cases) according to the distance of movement of the bone mass in dorsal joint within 1 year after surgery. Univariate and multivariate *Logistic* regression were used to analyze the influencing factors of displacement of bone mass in dorsal joint after operation. A nomogram prediction model was constructed, and the efficacy of the model was evaluated by *receiver operating characteristics* (*ROC*) curves and calibration curves. **Results** The constituent ratio of AO classification of fracture, proportion of patients with osteoporosis, time from injury to surgery, VAS score and DASH score 3 and 12 months after operation were higher/longer in the displaced group than those in the non-displaced group, while the proportion of patients with postoperative external fixation and grip strength 3 months after operation in the displaced group were lower than those in the non-displaced group ($P<0.05$). Multivariate *Logistic* regression analysis showed that AO classification of fracture was C3, combined with osteoporosis, VAS score ≥2 at 12 months postoperatively, and DASH score ≥18 at 3 months postoperatively were independent risk factors. The area under the curve of nomogram model *ROC* in training set and validation set were 0.885 (95%*CI*: 0.786 to 0.915, $P<0.01$) and 0.851 (95%*CI*: 0.641 to 0.903, $P<0.01$), respectively. The difference in the calibration curve *Hosmer-Lemeshow* test results was not statistically significant ($P>0.05$). **Conclusion** AO classification of fracture was C3, combined with osteoporosis, VAS score ≥2 at 12 months postoperatively, and DASH score ≥18 at 3 months postoperatively were the risk factors for displacement of bone mass in dorsal joint after internal fixation in patients with DRF, and the nomogram graph constructed from this has good discrimination and high accuracy.

Keywords: distal radius fracture; volar side; dorsal side; internal fixation; displacement of bone mass in dorsal joint

桡骨远端骨折(distal radius fracture,DRF)是一种多由摔倒、外伤等间接暴力导致的距桡骨下端关节面3 cm以内处骨折,是临床上腕部最常见的骨折类型,占全身损伤的7%~15%[1-2]。切开复位接骨板固定术是临床上常用的手术方式,且经掌侧、背侧入路可将退行性病变或残疾的风险降到最低。该手术虽疗效较

[基金项目] 成都市卫生健康委员会(2021473)
[通信作者] 唐承杰,E-mail:2272216499@qq.com

好,但手术时间较长,患者术后易出现背侧关节内骨块移位,导致腕关节功能受限,影响术后恢复,严重者可能需二次手术进行矫正[3-4]。近年来,寻找术后骨块移位的危险因素成为临床热点话题。Kandeel[5]的研究表明,术后骨块移位风险随着DRF患者年龄增长而增加。另有研究指出,旋后-外旋转型骨折患者术后最易出现骨块移位[6]。目前对于影响DRF患者背侧关节内骨块移位的因素尚无统一定论,更鲜有总结术后骨块移位风险的可视化工具,难以支持临床决策。因此,本研究探讨DRF患者内固定后背侧关节内骨块移位的影响因素并构建列线图模型,以期降低术后骨块移位的发生率。

1 资料与方法

1.1 临床资料

前瞻性选取2015年8月至2021年8月于我院行掌侧和背侧钢板内固定治疗的225例DRF患者为研究对象,研究期间受试者均无脱落,其中男114例,女111例;年龄52~71岁。将患者随机分为训练集(158例)和验证集(67例),其中训练集根据患者术后1年内背侧关节内骨块的移动距离分为移位组(41例)和未移位组(117例)。训练集和验证集患者年龄、性别、BMI、患侧、骨折AO分型、术后桡骨高度比较差异均无统计学意义(P>0.05)。

纳入标准:①经X射线、CT影像学检查确诊为伴背侧关节内骨块的闭合性DRF;②行掌侧和背侧钢板内固定治疗;③既往无关节功能障碍;④认知功能良好;⑤符合手术适应证;⑥无手术禁忌,美国麻醉医师协会(American Statistical Association,ASA)分级为Ⅰ~Ⅱ级;⑦受伤至入院时间在7 d以内;⑧临床资料及随访资料完整。排除标准:①年龄<50岁;②合并骨室筋膜综合征、腕关节炎等;③关节严重脱位或关节面粉碎;④凝血功能障碍;⑤心、肝、肾功能不全;⑥过敏体质。患者均已签署手术知情同意书,本研究已通过我院医学伦理委员会批准(201507301)。

1.2 一般资料收集

收集患者年龄、性别、BMI、患侧、骨折AO分型、是否合并骨质疏松、受伤至手术时间、术后有无使用外固定等一般资料。

1.3 背侧关节内骨块移位的分组标准

由本院2名经验丰富的老年骨科医师分别使用医学3D成像软件Mimics Innovation Suite 20.0对患者术前CT影像资料的二维投影进行1∶1三维信息结构重建,选取阈值中骨皮质窗,分离桡骨与掌骨的矢状位解剖面,分离桡骨与背侧骨块的横截位解剖面,观察背侧关节内骨块移动距离,核对结果后有争议的由医师协商一致后确定。根据术后1年内背侧关节内骨块的移动距离将患者分为移位组(背侧关节内骨块移动距离超过2 mm)和未移位组(移动距离小于等于2 mm)。

1.4 观察指标

术后随访1年,随访时间截止至2022年8月,随访内容以患者影像学检查、VAS评分、DASH评分为主,随访期内无患者失访或死亡,随访率为100%。

依据患者术后影像学检查结果,评估术后掌倾角、尺偏角、桡骨高度及术后6个月和12个月的旋前及旋后角度。分别于术后6个月和12个月测量患者双侧手腕握力,使用握力计分别评估每只手的最大握力,双手轮流测量,各3次,患者相对于健手的相对握力:患手平均握力/健手平均握力×100%;采用视觉模拟量表(visual analogue scale,VAS)评估患者术后6个月和12个月疼痛程度;于术后6个月和12个月采用臂肩及手残疾评分量表(disabilities of the arm,shoulder and hand,DASH)评估患者上肢功能。

1.5 统计学分析

采用SPSS 22.0软件分析数据。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用独立样本t检验;计数资料以率(%)表示,采用χ^2检验。采用Graphpad Prism 8.0软件行*Logistic*回归分析影响因素;采用R 3.3.2软件和软件包rms拟合独立影响因素,构建列线图模型;采用Bootstrap自抽样法(原始数据重复抽样1 000次后)进行内部验证,验证集进行外部验证;受试者工作特征(*receiver operating characteristics*,*ROC*)曲线下面积评价模型的区分度;以实际发生率作为纵坐标,以列线图预测概率作为横坐标,绘制校准曲线评价模型的准确性。检验水准α=0.05,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 移位组与未移位组患者临床资料比较

移位组骨折AO分型构成比、骨质疏松患者比例、受伤至手术时间、术后3个月和12个月VAS评分及DASH评分高/长于未移位组,而术后使用外固定患者比例、术后3个月握力低于未移位组,差异均有统计学意义(P<0.05),见表1。

表1 移位组与未移位组患者临床资料比较

项目		移位组（n=41）	未移位组（n=117）	t/χ^2	P
年龄（岁）		62.69±9.15	61.31±8.74	0.859	0.391
性别[例(%)]	男	18(43.90)	63(53.85)	1.202	0.273
	女	23(56.10)	54(46.15)		
BMI(kg/m^2)		26.37±3.46	25.97±3.46	0.637	0.525
患侧[例(%)]	左	17(41.46)	54(46.15)	0.270	0.603
	右	24(58.54)	63(53.85)		
骨折AO分型[例(%)]	C1型	4(9.76)	52(44.44)	4.323	0.000
	C2型	14(34.15)	41(35.04)		
	C3型	23(56.10)	24(20.51)		
骨质疏松[例(%)]		19(46.34)	32(27.35)	5.009	0.025
受伤至手术时间(d)		4.02±1.03	3.71±0.58	2.364	0.019
术后使用外固定[例(%)]	有	15(36.59)	68(58.12)	5.646	0.017
	无	26(63.41)	49(41.88)		
术后掌倾角(°)		4.87±0.75	5.16±1.68	1.067	0.288
术后尺偏角(°)		20.82±3.18	21.43±3.27	1.035	0.302
术后桡骨高度(mm)		10.95±2.45	11.61±2.77	1.351	0.179
旋前角度(°)	术后3个月	72.83±8.45	75.27±10.68	1.324	0.187
	术后12个月	81.54±8.91	83.14±9.17	0.968	0.334
旋后角度(°)	术后3个月	67.21±7.25	68.53±8.47	0.890	0.375
	术后12个月	78.33±9.18	80.64±9.50	1.351	0.179
握力(%)	术后3个月	60.19±7.62	68.37±7.59	5.932	<0.000
	术后12个月	80.31±9.14	81.27±9.18	0.577	0.565
VAS评分(分)	术后3个月	3.52±0.67	2.86±0.49	6.711	<0.000
	术后12个月	2.39±0.58	1.25±0.17	19.136	<0.000
DASH评分(分)	术后3个月	18.46±4.91	12.94±2.89	8.640	<0.000
	术后12个月	14.81±2.92	11.07±2.51	7.862	<0.000

2.2 单因素*Logistic*回归分析背侧关节内骨块移位的影响因素

患者骨折AO分型为C3型、合并骨质疏松、受伤至手术时间≥4 d、术后3个月握力≥60%、术后3个月VAS评分≥3分、术后12个月VAS评分≥2分、术后3个月DASH评分≥18分、术后12个月DASH评分≥14分与术后背侧关节内骨块移位有关（P<0.05），见表2。

2.3 多因素*Logistic*回归分析背侧关节内骨块移位的影响因素

患者骨折AO分型为C3型、合并骨质疏松、术后12个月VAS评分≥2分、术后3个月DASH评分≥18分是术后背侧关节内骨块移位的独立危险因素（P<0.05），见图1。

2.4 构建列线图预测模型

随着患者骨折AO分型严重、合并骨质疏松、术后12个月VAS评分升高、术后3个月DASH评分升高，列线图模型对应评分增高，术后背侧关节内骨块移位的风险上升。DRF患者行掌侧和背侧钢板内固定后背侧关节内骨块移位的风险值为0.92，见图2。

2.5 列线图模型的区分度评价

训练集一致性指数（*concordance index*，*C-index*）为0.896（95%*CI*：0.782~0.997），*ROC*曲线下面积为0.885（95%*CI*：0.786~0.915），见图3a。验证集*C-index*为0.806（95%*CI*：0.764~0.830），*ROC*曲线下面积为0.851（95%*CI*：0.641~0.903），见图3b。验证结果显示该列线图模型的区分度较好。

2.6 列线图模型的校准度评价

训练集校准曲线拟合优度检验结果差异无统计学意义（χ^2=1.472，P=0.385），见图4a。验证集校准曲线拟合优度检验结果差异无统计学意义（χ^2=1.468，P=0.371），见图4b。验证结果显示模型的预测概率与实际概率拟合度良好，该列线图模型准确性较高。

表2 单因素*Logistic*回归分析术后背侧关节内骨块移位的影响因素

自变量	β	SE	$Wald\chi^2$	P	OR(95%CI)
骨折AO分型为C3型	1.861	0.648	8.250	0.006	6.432(5.823~7.024)
合并骨质疏松	1.928	0.723	7.111	0.001	6.876(6.074~7.685)
受伤至手术时间≥4 d	1.751	0.596	8.627	0.010	5.758(5.143~6.382)
术后使用外固定	−0.803	0.621	1.672	0.118	0.448(0.157~1.362)
术后3个月握力≥60%	−1.852	0.759	5.951	0.017	0.157(0.036~0.862)
术后3个月VAS评分≥3分	0.538	0.217	6.139	0.026	1.712(1.363~1.926)
术后12个月VAS评分≥2分	1.465	0.702	4.353	0.032	4.326(3.645~5.089)
术后3个月DASH评分≥18分	0.437	0.655	0.445	0.009	1.548(1.315~2.016)
术后12个月DASH评分≥14分	1.090	0.976	1.248	0.032	2.975(2.278~3.112)

3 讨论

桡骨远端为桡骨与腕骨相连的部位，是松质骨和密质骨的交界处，一旦遭受外伤，应力集中和软组织受力失衡，极易导致DRF，尤其多见于老年骨质疏松患者[7]。尽管内固定治疗DRF效果较好，但患者术后骨块移位的发生率仍较高[8]。随着人口老龄化程度的加剧，DRF的发生率逐年上升，探讨影响DRF患者术后背侧关节内骨块移位的因素具有重要意义。

既往研究显示，相比于掌侧关节面，背侧关节内骨块的内在稳定性降低了关节面坍塌的风险，当桡骨远端承受来自腕骨关节的纵向压力较大时，受力点向背侧倾斜，关节内骨块受力增大，移位风险也随之升

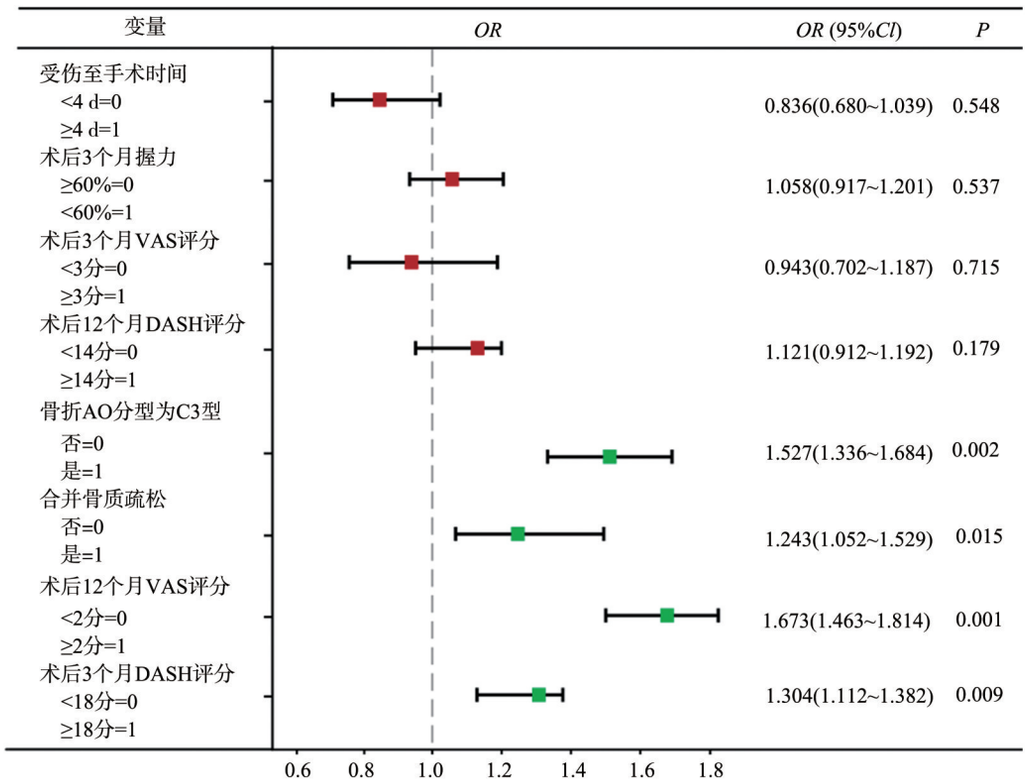


图1 多因素*Logistic*分析术后背侧关节内骨块移位因素森林图

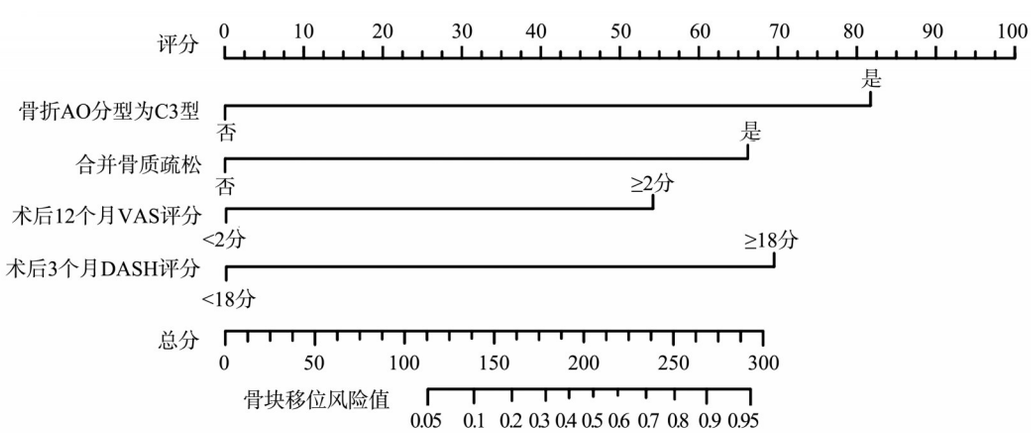
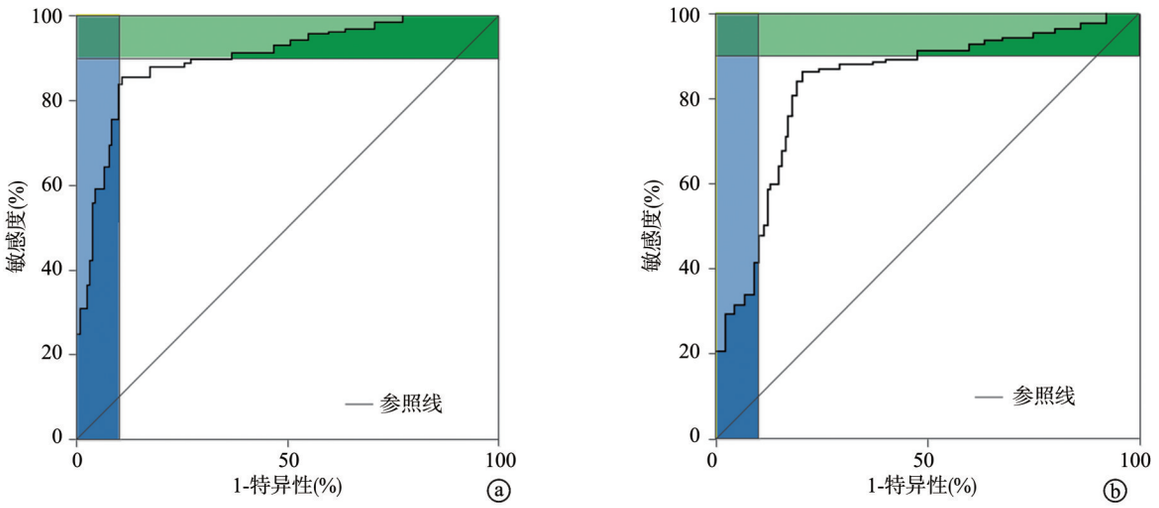


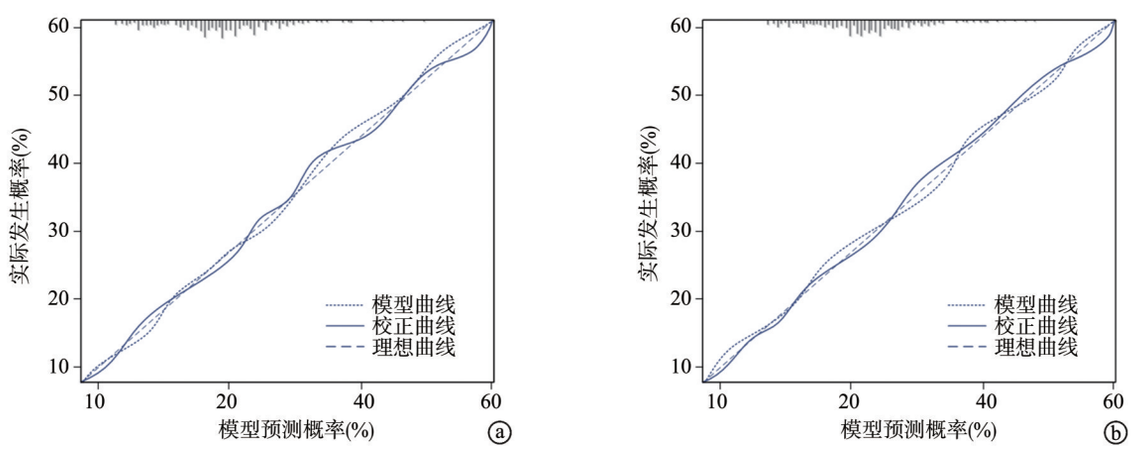
图2 DRF术后背侧关节内骨块移位风险的列线图模型

高[9]。DRF患者术后出现背侧关节内骨块移位可能与骨块较小不易固定、精细解剖结构不能完全复位、软组织损伤的修复不完全等有关[10-11]。Sengab等[12]研究表明,骨折分型与手术预后密切相关,复位丢失率以C3型最高。本研究结果与之相符,C3型骨折是DRF术后背侧关节内骨块移位的危险因素。C3型是一种常由高能暴力导致的较为复杂的骨折,其复杂原因不仅在于骨折本身,还在于关节周围结构的复杂性,导致背侧关节内骨块的不稳定性增加[13]。本研究还发现合并骨质疏松也会增加骨块移位风险。随着患者骨质脆性增大,骨质疏松的发生率增加,术中固定骨折及复位的难度增加,且患者年龄普遍较大,软骨组织再生及修复能力大大降低,影响术后骨折端的愈合,从而增加术后背侧关节内骨块移位的发生风险[14]。Lim等[15]研究也证实,高龄患者合并骨质疏松是导致DRF术后移位的独立危险因素。此外,本研究显示背侧关节内骨块移位的危险因素还包括术后12个月VAS评分≥2分、术后3个月DASH评分≥18分,与Sagerfors等[16]的研究结果相似。分析其原因可能是,桡骨远端皮下软组织较少,内固定物缺少软组织的保护,周围容易出现刺激反应和疼痛,不利于患者术后背侧关节内骨块稳定性的恢复[17]。DRF患者采用掌侧和背侧双入路钢板内固定时,应注意术中对背侧腱鞘和背侧静脉网的保护,以减少术后肌腱粘连、静脉回



a:训练集模型的*ROC*曲线;b:验证集模型的*ROC*曲线

图3 列线图模型的区分度评价



a:训练集模型的校准曲线;b:验证集模型的校准曲线

图4 列线图模型的校准度评价

流障碍。Hong等[18]研究显示,术后切口感染、创伤性关节炎、静脉血栓等并发症增加了患者疼痛感,不利于术后早期的功能锻炼,进一步导致背侧软组织粘连,使腕功能受阻,影响背侧关节内骨块的稳定。本研究基于以上因素,构建了预测DRF患者内固定后背侧关节内骨块移位的列线图模型,将每一个预测变量以评分进行了可视化展现,再将总得分投影到概率尺上。内部、外部验证显示其区分度较好且准确性较高,可以由临床医生作为风险预测工具使用。但本研究尚存在一定的局限性,首先,纳入的样本量较少,数据来自单一中心,结果可能存在偏倚;其次,未对DRF患者内固定所用螺钉长度、拧入螺钉数量等数据进行分析,后续还需将此类变量纳入研究并扩大样本量进行多中心研究。

综上所述,C3型骨折、合并骨质疏松、术后12个月VAS评分≥2分、术后3个月DASH评分≥18分是导致DRF患者内固定后背侧关节内骨块移位的危险因素,构建的列线图模型区分度较好,准确性较高。临床上可根据该模型对患者的病情进行综合评估,制定个性化方案,以降低背侧关节内骨块移位的发生率,促进患者术后恢复。

[参考文献]

[1] Daniels AM, Janzing HMJ, Wyers CE, et al. Association of secondary displacement of distal radius fractures with cortical bone quality at the distal radius[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2021, 141(11): 1909-1918. doi:10.1007/s00402-020-03658-2.

[2] 应晓洲,陈昭心,陈 辉,等. 保留旋前方肌改良Henry入路掌侧钢板内固定治疗老年桡骨远端骨折[J]. 中华创伤杂志,2020,36(6):514-519. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2020.06.007.

[3] Liu HC, Jiang JS, Lin CL. Biomechanical investigation of a novel hybrid dorsal double plating for distal radius fractures by integrating topology optimization and finite element analysis[J]. Injury, 2020, 51(6):1271-1280. doi:10.1016/j.injury.2020.03.011.

[4] Perry DC, Achten J, Knight R, et al. Offer of a bandage versus rigid immobilisation in 4- to 15-year-olds with distal radius torus fractures: the FORCE equivalence RCT[J]. Health Technol Assess, 2022, 26

(33):1-78. doi:10.3310/BDNS6122.

[5] Kandeel AA. Elderly unstable distal radius fractures a prospective cohort study of bone substitutes-augmented percutaneous pinning[J]. BMC Musculoskelet Disord,2022,23(1):239.

[6] Yoda T, Watanabe K, Shirahata M, et al. Association between bone mineral density and ulnar styloid fracture in older Japanese adults with low-energy distal radius fracture[J]. Arch Osteoporos, 2020, 15(1): 51. doi:10.1186/s12891-022-05202-2.

[7] Lee JI, Park JW, Park KC, et al. Predictors for nonunion of unrepaired ulnar styloid fracture associated with distal radius fractures in patients treated with volar locking plate fixation and their effect on functional outcomes[J]. Orthop Traumatol Surg Res,2022,108(5):103322. doi: 10.1016/j.otsr.2022.103322.

[8] Yin CY, Huang HK, Fufa D, et al. Radius distraction during volar plating of distal radius fractures may improve distal radioulnar joint stability at minimum 3-year follow-up:a retrospective case series study [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 181. doi: 10.1186/s12891-022-05108-z.

[9] Li H,Fu M,Gao J,et al. Genetic association between bone mineral density and the fracture of distal radius:A case-control study[J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(36): e27116. doi: 10.1097/MD.0000000000027116.

[10] Quadlbauer S, Pezzei C, Jurkowitsch J, et al. Functional and radiological outcome of distal radius fractures stabilized by volar-locking plate with a minimum follow-up of 1 year[J]. Arch Orthop Trauma Surg,2020,140(6):843-852. doi:10.1007/s00402-020-03411-9.

[11] Rauer T,Pape HC,Gamble JG,et al. Transitional fracture of the distal radius:a rare injury in adolescent athletes. Case series and literature review[J]. Eur J Med Res,2020,25(1):21. doi:10.1186/s40001-020-00419-0.

[12] Sengab A,Krijnen P,Schipper IB. Risk factors for fracture redisplacement after reduction and cast immobilization of displaced distal radius fractures in children:a meta-analysis[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2020,46(4):789-800. doi:10.1007/s00068-019-01227-w.

[13] 康颂科,张 宁,张大勇. 老年桡骨远端骨折患者复位后丢失的影响因素[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(16): 3449-3452. doi: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.16.018.

[14] Jeantet QWA, Coveney EI, O'Daly BJ. Saving time in the fracture clinic: 2 weeks post-operative plain films following open reduction and internal fixation of distal radius fractures do not affect management[J]. Ir J Med Sci, 2021, 190(3): 1041-1044. doi: 10.1007/s11845-020-02420-2.

[15] Lim EJ,Lee S,Kim JK,et al. The risk factors for subsequent fractures after distal radius fracture[J]. J Bone Miner Metab, 2022, 40(5): 853-859. doi:10.1007/s00774-022-01355-1.

[16] Sagerfors M, Jakobsson H, Thórdardóttir Á, et al. Distal radius fractures in the superelderly: an observational study of 8486 cases from the Swedish fracture register[J]. BMC Geriatr,2022,22(1):140. doi: 10.1186/s12877-022-02825-x.

[17] Achten J,Sones W,Dias J,et al. Surgical fixation with K-wires versus plaster casting in the treatment of dorsally displaced distal radius fractures: protocol for Distal Radius Acute Fracture Fixation Trial 2 (DRAFFT 2)[J]. BMJ Open, 2019, 9(3): e028474. doi: 10.1136/bmjopen-2018-028474.

[18] Hong SW,Kang JH,Kim JS,et al. Association between forearm cortical bone properties and handgrip strength in women with distal radius fractures: a cross-sectional study [J]. PLoS One, 2020, 15(12): e0243294. doi:10.1371/journal.pone.0243294.

(编辑:贺绍梅)