

预测肘关节三联征术后恢复的 Nomogram 图模型建立

赵华国, 刘观燧, 彭琳瑞, 仲肇平, 许楠健, 马维虎
(宁波市第六医院骨科, 浙江 宁波 315040)

【摘要】 目的:通过对肘关节三联征(triad of elbow, TE)的危险因素进行分析,建立个体化预测 TE 患者术后恢复的 Nomogram 图预测模型。方法:纳入 2012 年 1 月至 2018 年 12 月符合标准的 TE 患者 116 例,收集临床资料,采用单因素 Logistic 回归分析筛选独立危险因素,将有统计意义的危险因素纳入多因素 Logistic 回归模型,采用 R 软件建立预测 TE 患者术后恢复的 Nomogram 图模型,采用 C-index 验证模型的区分度,Calibration plot 验证模型的一致性,采用决策曲线(decision curve analysis, DCA)验证模型的临床净获益率。结果:116 例 TE 患者术后出现症状 44 例,发生率为 37.93%。年龄($OR=1.930, 95\%CI 1.418\sim 2.764$),工作性质($OR=6.153, 95\%CI 1.466\sim 31.362$),吸烟($OR=4.463, 95\%CI 1.041\sim 2.291$),桡骨头 Mason 分型($OR=1.348, 95\%CI 2.309\sim 9.348$),冠状突 Regan-Morrey 分型($OR=4.424, 95\%CI 1.751\sim 2.426$)以及术后肘关节制动时间($OR=7.665, 95\%CI 1.056\sim 5.100$)均是影响 TE 术后恢复的独立危险因素($P<0.05$)。Nomogram 图的 C-index 为 0.716, Calibration plot 显示预测模型一致性良好, DCA 曲线显示满意的临床净获益。结论:基于年龄、工作性质、吸烟、桡骨头 Mason 分型、冠状突 Regan-Morrey 分型以及术后肘关节制动时间这 6 项独立危险因素建立的预测 TE 患者术后恢复的 Nomogram 图模型,具有良好的区分度和一致性,临床实用价值高,帮助临床医生甄别高风险人群、制定对应干预对策。

【关键词】 肘关节; 骨折; 肘关节三联征; 预测模型

中图分类号:R684

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2020.12.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Nomogram prediction of the surgical treatment in triad of elbow ZHAO Hua-guo, LIU Guan-yi, PENG Lin-rui, ZHONG Zhao-ping, XU Nan-jian, and MA Wei-hu. Department of Orthopaedics, Ningbo No.6 Hospital, Ningbo 315040, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To establish an individualized Nomogram prediction model for predicting the postoperative recovery of patients with triad of elbow (TE) by analyzing risk factors of triad of elbow joint. **Methods:** From January 2012 to December 2018, 116 patients with TE who met the criteria were collected. The independent risk factors were screened by univariate Logistic regression analysis. The statistically significant risk factors were included in the multivariate Logistic regression model. The R software was used to establish the Nomogram diagram model to predict the postoperative recovery of TE patients. C-index was used to verify the discrimination, Calibration plot of the model, and the decision curve (decision curve analysis, DCA) to verify the net clinical benefit rate of the model. **Results:** Forty-four of the 116 patients with TE developed symptoms after operation, with an incidence of 37.93%. Age ($OR=1.930, 95\%CI 1.418$ to 2.764), work ($OR=6.153, 95\%CI 1.466$ to 31.362), smoking ($OR=4.463, 95\%CI 1.041$ to 2.291), the Mason of radial head ($OR=1.348, 95\%CI 2.309$ to 9.348), the Regan-Morrey of coronal process ($OR=4.424, 95\%CI 1.751$ to 2.426) and postoperative elbow immobilization time ($OR=7.665, 95\%CI 1.056$ to 5.100) were independent risk factors for postoperative recovery of TE ($P<0.05$). The C-index of Nomogram plot was 0.716. Calibration plot showed that the predictive model was consistent, and the DCA curve showed satisfactory clinical net benefit. **Conclusion:** The Nomogram for predicting postoperative results of TE patients based on six independent risk factors: age, work, smoking, Mason classification of radial head, Regan-Morrey classification of coronal process and immobilization time of elbow joint after operation, has good distinguishing capacity and consistency. The predictive model could help clinicians to identify high-risk population and establish appropriate intervention strategies.

KEYWORDS Elbow joint; Fractures; Triad of elbow; Nomogram plot

基金项目:宁波市自然科学基金项目(编号:2015A610216);宁波市医学科技计划项目(编号:2014A30);2018 年新世纪 151 人才工程培养基金[编号:甬人社发(2018)3 号]

Fund program: Ningbo Natural Science Foundation Project (No. 2015A610216)

通讯作者:马维虎 E-mail:Wei_hu_ma@163.com

Corresponding author: MA Wei-hu E-mail: Wei_hu_ma@163.com

肘关节三联征(triad of elbow, TE)定义为冠状突骨折、桡骨头骨折及肘关节脱位,是一种严重的复合型损伤,在 40 岁左右的男性中高发,可伴同侧的桡骨远端、尺骨干和腕骨损伤^[1]。根据刘观焱等^[2]分型,可分为 5 型,即 I-a 型、I-b 型、II 型、III 型、IV 型。其他可用分型有:桡骨头骨折根据 Mason-Johnston 分型^[3],冠状突骨折根据 Regan-Morrey^[4]分型和 O'Driscoll 等^[5]分型。目前对于 TE 的诊疗方案已达成共识^[6],治疗目标包括:(1)冠状突骨折复位及固定或修复前关节囊。(2)桡骨头骨折复位固定或桡骨头置换。(3)外侧韧带复合体修复。(4)如果仍存在肘关节不稳定,采用铰链式外固定。尽管以上标准手术方案已被证明治疗 TE 患者有效,但是术后恢复仍存在诸多并发症^[7],包括肘关节僵硬、创伤性关节炎、尺神经症状等。目前对于 TE 的研究方向主要是探讨具体的治疗方案与术后效果,如不同分型冠状突骨折的固定方式^[8-9]、桡骨骨折的固定方式^[10-11],或外侧副韧带复合体(lateral collateral ligament complex, LCLC)的修复与结果的比较等^[12]。尚无文献报道 TE 患者术后恢复的因素分析。Nomogram 图预测模型是根据独立危险因素建立的统计工具,可预测单个患者的预后风险。本研究将通过分析 TE 患者的临床资料,探讨影响术后恢复的独立危险因素,旨在建立并验证个体预测 TE 患者术后恢复的 Nomogram 图预测模型,并且验证该模型的区分度和有效性,辅助临床甄别高风险患者,为个体化治疗 TE 患者提供科学指导。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁。(2)有明确的外伤史且病程 ≤ 2 周。(3)至少有 1 项影像学(X 线、CT 平扫及三维重建和 MRI 平扫)证据诊断为 TE,即合并肘关节脱位、冠状突骨折和桡骨头骨折。(4)随访时间为术后 2 年。(5)病例须有完整的临床资料。(6)随访资料完整。排除标准:(1)合并下尺桡关节异常或其它部位骨折。(2)肘关节病理性骨折。(3)开放性骨折或合并有神经血管损伤。(4)合并严重内科疾病或全身状况无法耐受手术。

1.2 一般资料

2012 年 1 月至 2018 年 12 月共收治 TE 患者 168 例,行手术治疗 151 例,同时符合入排标准且资料完整的患者 116 例,男 62 例,女 54 例,年龄 25~63(43.20 \pm 7.57)岁。桡骨头骨折根据 Mason^[13]分型:I 型 54 例,II 型 48 例,III 型 14 例。冠状突骨折根据 Regan-Morrey^[4]分型:I 型前内侧冠突骨折 47 例,II 型前内侧冠突骨折 45 例,III 型前内侧冠突骨

折 24 例。本组患者均在急诊麻醉下予以闭合复位,石膏托临时固定。手术均由本文作者完成,经宁波市第六医院伦理委员会批准,手术方式及注意事项均告知患者并签字。

1.3 手术方法

手术采用臂丛麻醉,取仰卧位,常规消毒、铺无菌巾后将上肢外展置于手术台侧方的独立操作台上。手术入路选择根据刘观焱等^[2]的选择策略:I-a 型,桡骨头骨折 $\leq 40\%$,冠状突骨折 ≤ 2 mm; I-b 型,桡骨头骨折 $\leq 40\%$,冠状突骨折 > 2 mm; II 型,桡骨头骨折 $> 40\%$,冠状突尖部骨折; III 型,冠状突前内侧骨折或基底部骨折; IV 型,肘关节脱位,桡骨头骨折,冠状突骨折合并内侧副韧带(medial collateral ligament, MCL)损伤。I-a 型和 II 型损伤采用单独外侧入路, I-b 型、III 型及 IV 型损伤采用外侧 Kocher 入路联合“over-the-top”入路^[9]。II 型选择臂伸肌总腱入路, I-a、I-b、III、IV 型选择 Kocher 入路。

冠状突骨折根据骨折位置及骨折大小选择固定方法:(1)冠状突尖部骨折 ≤ 2 mm,即 I-a 型骨折未予处理。(2)冠状突基底部骨折和骨折 > 2 mm,予以锚钉+微型钢板固定。(3)较大的前内侧骨折予以支撑钢板螺钉固定。桡骨头固定:(1)骨折 $\leq 40\%$,且骨折未涉及关节面时,不予处理。(2)骨折 $> 40\%$,予以螺钉微型钢板或“桌面重建术”^[10]固定桡骨头。(3)对无法通过内置物固定的粉碎性桡骨头骨折患者,予以桡骨头置换术。所有患者予以 LCLC 修复,术后将患者进行随机分组,分别予以穿骨隧道修复技术和锚钉修复技术修复 LCLC。修复以上结构后通过 Hanging arm 试验和外翻试验评价^[13]肘关节稳定性,如存在肘关节不稳定,则检查骨性结构固定情况并考虑加固 LCLC。如果不稳定仍存在,则需进一步暴露并修复 MCL 并考虑使用肘关节铰链式外固定架。

1.4 研究方法

对 116 例患者的一般资料、临床资料、手术资料和术后随访情况进行回顾性分析。

1.4.1 TE 术后功能恢复的定义和分类 本研究中肘关节功能研究内容为 TE 患者术后恢复期间术侧肘关节是否出现疼痛、屈伸及旋转功能受限,是否有切口感染及肘关节不稳。临床评估采用 Mayo 肘关节评分系统(Mayo elbow performance score, MEPS)^[14],评分 < 75 分为恢复差。正常肘关节活动范围根据 Sardelli 等^[15]的测量标准:屈伸 23°~142°,旋前 65°至旋后 77°;影像学评估包括骨折延迟愈合或不愈合、内置物松动、异位骨化、退行性变、关节序列改变等,随访期间存在以上任何情况即为恢复不良,取主要症状为随访观察结果。根据随访结果将患者分为两

组，随访期间存在以上任何症状或需要医师干预治疗均定义为恢复不良，无任何上述临床症状为恢复满意。

1.4.2 危险因素的确 定 多种因素可影响 TE 术后功能恢复。Pugh 等^[6]于 2004 年提出治疗 TE 的标准手术程序，核心原则是切开复位内固定尺骨冠状突骨折或修复前关节囊，修复或置换桡骨头，修复外侧副韧带复合体。目前手术采用单一外侧入路是治疗 TE 的主流观点^[16]，但是对于冠状突骨折块较大可采用内外侧联合入路^[17]。刘观焱等^[2]根据 TE 骨折分型选择手术入路，认为可有效暴露术野。本研究根据上述文献报道及临床经验，假定患者年龄、性别、工作性质(体力劳动和非体力劳动)、吸烟、伤侧是否为优势侧、开放伤或闭合伤、受伤原因、桡骨头骨折分型、尺骨冠状突骨折分型、手术时机、手术入路等因素均影响患者术后功能恢复。对所有风险因素予以赋值，见表 1。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) 统计软件包和 R 软件 (版本 3.6.1; <https://www.R-project.org>) 进行统计分析，采用 Kolmogorov-Smirnov 法对定量资料进行正态性检验，符合正态分布的定量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示，组间比较采用方差分析；

不满足正态分布的定量资料以 $M(P25, P75)$ 表示，组间比较采用秩和检验。定性资料用百分比表示，组间比较采用 χ^2 检验。将各影响因素予以赋值后进行单因素分析， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。将有差异的因素纳入多因素分析 Logistic 回归模型进行分析并确定独立危险因素，回归方程： $Riskscore(风险分数) = \beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + \dots + \beta_x \times X_x$ ， β 是各个因素对应的回归系数， X 为危险因素(赋值)，计算比值比(odds ratio, OR) 值及 95% CI，并将独立危险因素引入 R 软件。应用 rms、foreign 和 survival 程序包，建立 Nomogram 图预测模型。应用 rms 和 Hmisc 包计算 C-index 以评估 Nomogram 图模型的区分度，应用 rms 包做校准曲线(Calibration plot) 评价 Nomogram 图的一致性，应用 rms 和 rmda 包采用决策曲线法(decision curve analysis, DCA) 做 DCA 曲线对模型的临床净获益进行评估。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 影响 TE 患者术后恢复的单因素分析

116 例 TE 患者术后出现症状 44 例，发生率为 37.93%，主要症状为肘关节异位骨化 7 例(6.03%)，MEPS 评分为差 8 例(6.90%)，屈伸及旋转活动受限 10 例(8.62%)，骨折延迟愈合 1 例(0.86%)，术后切口感染 2 例(1.72%)，关节序列变化(影像学合并临

表 1 因变量和自变量的赋值
Tab.1 Assignment of dependent variables and independent variables

因素	变量名	赋值
性别	X1	女=1,男=2
年龄	X2	t 检验:连续变量 Logistic 分析:<50 岁=1, ≥50 岁=2
工作性质	X3	体力劳动者=1,非体力劳动者=2
吸烟	X4	抽烟=1,不抽烟=2
优势侧	X5	受伤侧为优势侧=1,未伤侧为非优势侧=2
开放伤或闭合伤	X6	闭合伤=1,非闭合伤=2
受伤原因	X7	坠落伤=1,交通意外=2,其他=3
桡骨头 Masson 分型	X8	I 型=1, II 型=2, III 型=3
冠状突 Regan-Morrey 分型	X9	I 型=1, II 型=2, III 型=3
手术时机	X10	≤2 d=1, 2~7 d=2, ≥7 d=3
手术入路	X11	单独 Kocher 入路=1,单独劈伸肌总腱入路=2,Kocher 入路结合“over-the-top”入路=3
冠状突固定	X12	未处理=1,锚钉结合微型钢板固定=2,空心钉结合支撑钢板=3
桡骨头固定	X13	未处理=1,钢板螺钉固定或桌面重建术=2,桡骨头置换术=3
外侧副韧带复合体	X14	穿骨隧道修复=1,锚钉缝合修复=2
内侧副韧带	X15	未修复=1,修复=2
铰链式外固定架	X16	未固定=1,固定=2
手术时间	X17	≤120 min=1, >120 min=2
术中出血量	X18	≤20 ml=1, >20 ml=2
术后制动时间	X19	<3 d=1, 3~7 d=2, ≥7 d=3
康复师指导	X20	无=1,有=2
术后功能恢复	Y	恢复不良=1,恢复良好=0

床症状)7 例(6.03%),螺钉松动 4 例(3.45%),尺神经激惹 5 例(4.31%)。两组患者在年龄($OR=1.930, 95\% CI 1.418 \sim 2.764$),工作性质($OR=6.153, 95\% CI 1.466 \sim 31.362$),吸烟($OR=4.463, 95\% CI 1.041 \sim 2.291$),桡骨头 Mason 分型($OR=1.348, 95\% CI 2.309 \sim 9.348$),冠状突 Regan-Morrey 分型($OR=4.424, 95\% CI 1.751 \sim 2.426$)以及术后肘关节制动时间($OR=7.665, 95\% CI 1.056 \sim 5.100$)这 6 个方面差异有统计学意义($P<0.05$),与 TE 术后恢复相关。而性别、优势侧、开放伤或闭合伤、受伤原因、手术时机、手术入路,骨折固定方式、LCLC 固定方式、

MCL 固定与否、铰链式外固定架、手术时间和出血量以及术后有无康复师指导功能锻炼并不影响肘关节功能恢复($P>0.05$),见表 2。

2.2 影响 TE 患者术后恢复的多因素 Logistic 回归分析

结果见表 3。将单因素分析有统计学意义的指标进行多因素 Logistic 回归分析,以术中压疮发生与否作为因变量,进行多因素 Logistic 回归分析显示年龄、工作性质、吸烟、桡骨头 Mason 分型、冠状突 Regan-Morrey 分型以及术后制动时间均是 TE 患者术后功能恢复的独立危险因素,计算公式:风险分数=

表 2 肘关节三联征患者术后功能恢复结果及单因素分析

Tab.2 Results of function recovery and univariate Logistic regression analysis of patients with elbow triad after operation

因素	恢复良好	恢复差	检验值	P 值	因素	恢复良好	恢复差	检验值	P 值
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	35.500±10.500	54.500±8.500	$t=132.119$	0.003	手术入路(例)	21	11	$\chi^2=0.013$	0.909
性别(例)			$\chi^2=0.039$	0.844	1	47	14		
女	39	15			2	14	9		
男	43	19			3				
工作性质(例)			$\chi^2=4.493$	0.036	冠状突固定(例)			$\chi^2=0.061$	0.805
体力劳动	26	23			1	26	8		
非体力劳动	56	11			2	31	17		
吸烟(例)			$\chi^2=4.480$	0.036	3	25	9		
是	24	20			桡骨头固定(例)			$\chi^2=2.810$	0.096
否	58	14			1	25	9		
优势侧(例)			$\chi^2=0.177$	0.675	2	44	17		
是	46	17			3	13	8		
否	36	17			外侧副韧带复合体(例)			$\chi^2=0.187$	0.666
开放伤或闭合伤(例)			$\chi^2=0.002$	0.969	1	43	18		
是	34	19			2	39	16		
否	48	15			内侧副韧带(例)			$\chi^2=0.039$	0.844
受伤原因(例)			$\chi^2=0.572$	0.451	1	49	15		
坠落伤	36	12			2	43	9		
交通伤	27	7			铰链式外固定架(例)			$\chi^2=1.985$	0.162
其他	19	15			1	46	19		
桡骨头 Mason 分型(例)			$\chi^2=1.357$	0.047	2	36	15		
I	42	12			手术时间(例)			$\chi^2=1.090$	0.299
II	34	14			1	38	14		
III	6	8			2	44	20		
冠状突 Regan-Morrey 分型(例)			$\chi^2=6.268$	0.014	术中出血量(例)			$\chi^2=0.447$	0.505
I	41	6			1	42	18		
II	35	10			2	40	16		
III	6	18			术后制动时间(例)			$\chi^2=4.078$	0.046
手术时机(例)			$\chi^2=0.177$	0.675	1	32	5		
1	19	5			2	44	14		
2	44	20			3	6	15		
3	19	9			康复师指导(例)			$\chi^2=1.626$	0.205
					1	50	26		
					2	32	8		

表 3 并发症相关危险因素的多因素 Logistic 回归分析
Tab.3 Results of multivariate Logistic regression factor analysis

相关因素	标准误	waldχ ² 值	OR 值	P 值	95%CI
年龄	1.348	7.092	1.930	0.045	1.418~2.764
工作性质	0.767	8.410	6.153	0.018	1.466~31.362
吸烟	0.773	6.455	4.463	0.013	1.041~2.291
桡骨头 Mason 分型	0.920	9.025	1.348	0.046	2.309~9.348
冠状突 Regan-Morrey 分型	0.889	1.696	4.424	0.007	1.751~2.426
制动时间	1.031	2.165	7.665	0.039	1.056~5.100

$(-20.547 \times X_2) + (1.817 \times X_3) + (1.496 \times X_4) + (-1.742 \times X_8) + (-2.004 \times X_9) + (-0.266 \times X_{19})$ 。

2.3 预测 TE 患者术后恢复的 Nomogram 图模型的建立

应用 R 软件,根据 Logistic 多因素分析结果,建立预测 TE 患者术后功能恢复的 Nomogram 图模型。根据列线图模型,年龄<50 岁为 0 分,≥50 岁为 75 分;非体力劳动评分为 0 分,体力劳动评分为 57 分;不吸烟评分为 0 分,吸烟评分为 66 分;桡骨头 Mason 分型 I 型为 0 分,II 型为 26 分,III 型为 47 分;冠状突 Regan-Morrey 分型 I 型为 0 分,II 型为 2.5 分,III 型为 67.5 分;术后患肢制动时间<3 d 为 0 分,3~7 d 为 42.5 分,≥7 d 为 100 分。以上各因素在 Nomogram 图对应的评分依次相加,对应的总分即影响患者术后肘关节功能恢复的风险,见图 1。

2.4 预测 TE 患者术后恢复的 Nomogram 图模型验证和评价

Nomogram 图模型预测 TE 术后功能恢复风险的 C-index 为 0.716 (95% CI 0.682~0.749),区分度良好。Calibration 曲线显示预测模型的校准曲线为斜率接近 1,表明该预测模型的一致性良好,见图 2。DCA 曲线显示患者根据模型进行风险评估可获得满意的净收益,见图 3。

3 讨论

3.1 TE 损伤及术后恢复特点

TE 是指肘关节后脱位同时合并桡骨头和尺骨冠状突骨折,是一种严重的涉及到多个结构、且严重破坏肘关节稳定性的复杂损伤。肘关节由骨性结构和软组织组成,骨性结构包括上尺桡、肱尺和肱桡关节 3 个关节,软组织包

括内侧副韧带、外侧副韧带和关节囊,肘关节的活动范围包括肱尺、肱桡关节的屈伸和桡尺关节的旋前旋后运动^[5]。TE 骨性结构、韧带组织及肌肉是维持肘关节稳定性的主要结构^[18-19]。TE 的发生必定合并 LCLC 的损伤,同时经常伴随 MCL 和伸肌总腱止点损伤^[20]。

TE 患者术后常见的并发症包括:肘关节僵硬,关节不稳定,尺神经损伤及异位骨化等。肘关节僵硬是 TE 损伤后常见且最为严重的并发症,文献报道发病率约 8.60%^[21],与本次研究结果相似(8.62%)。肘关节僵硬目前尚无有效方法预防,治疗应该根据患者肘关节僵硬的持续时间、严重程度、患者特殊需求及病理性因素进行方案选择^[22]。尺神经损伤多发生

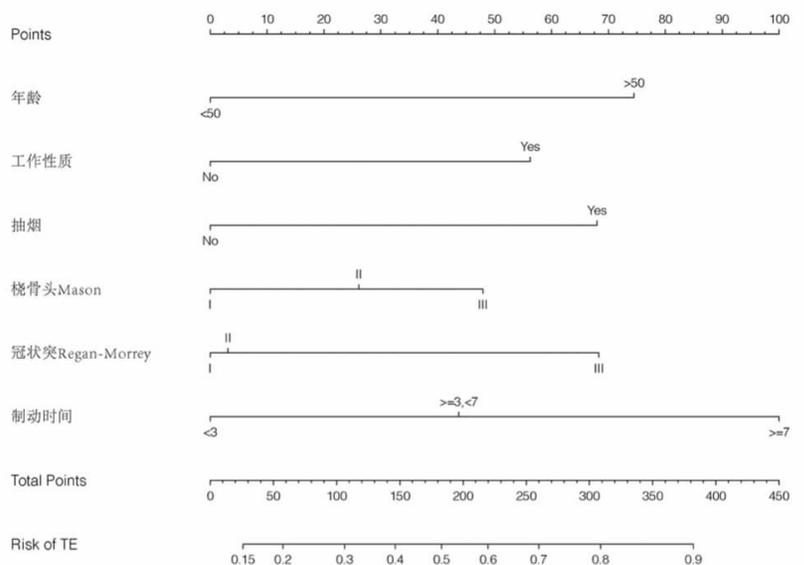


图 1 预测 TE 患者术后功能恢复的 Nomogram 图模型。每个变量对应列线图相应变量轴上相应点,以该点做变量轴的垂直线对应至上评分标尺,得到该变量得分(point),通过对各变量得分求和得总分(total point),以总分对应在中压疮风险轴上的点即为患者相对应的并发症风险(risk of TE)

Fig.1 Nomogram to predict postoperative functional recovery for patients with TE. Each variable corresponds to the corresponding point on the axis of the variable, which is used as the vertical line of the variable axis to correspond to the upper score scale to get the point. By summing the point of each variable, the total point could be gotten. The corresponding point on the intraoperative pressure sore risk axis is the corresponding risk of TTE of the patient

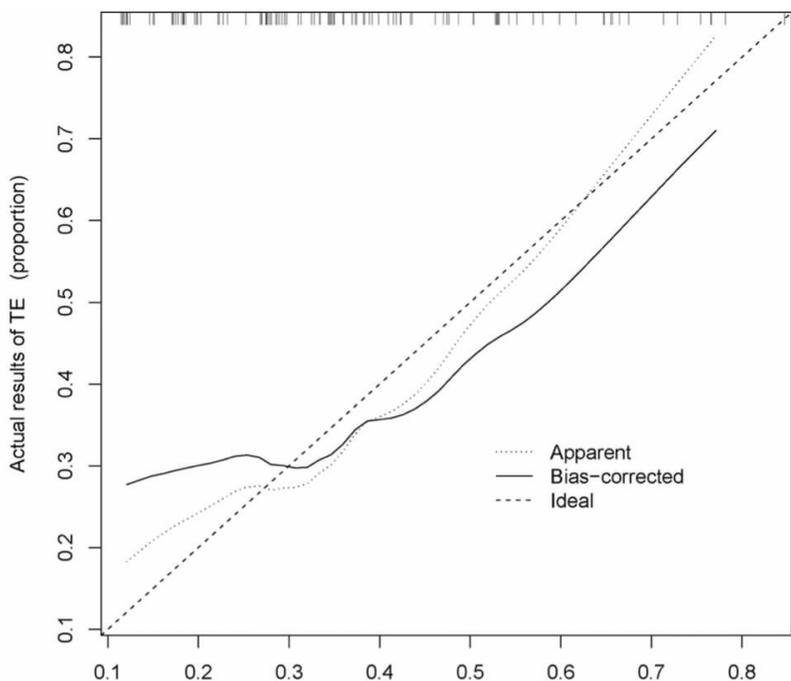


图 2 Nomogram 图模型预测 TE 患者术后功能恢复的 Calibration 曲线。横坐标是预测影响术后恢复的概率 (Nomogram predicted probability of TE), 用预测模型对事件发生的可能性 (probability) 进行预测, 0 到 1 表示发生事件可能性是 0 到 100%; 纵坐标是实际概率 (actual results of TE): 患者实际的事件发生率

Fig.2 Calibration plot of Nomogram for predicting postoperative functional recovery in TE patients. Abscissa is the probability of predicting postoperative recovery, which uses the prediction model to predict the probability of events. 0 to 1 indicates that the probability of occurrence of events is 0 to 100%. The ordinate is the actual probability of events in patients

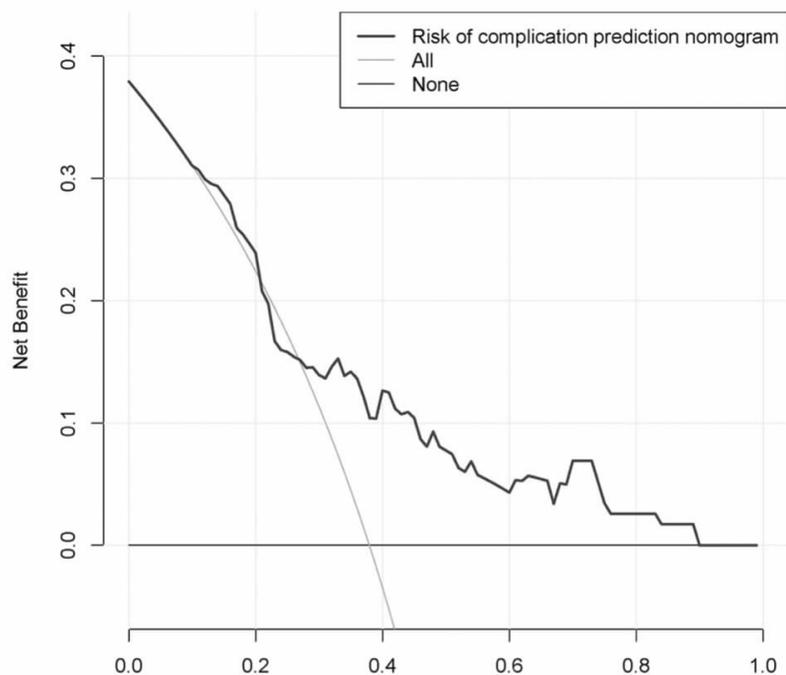


图 3 Nomogram 图模型预测 TE 患者术后功能恢复的 DCA 线。横坐标为阈概率 (threshold probability, TP), 纵坐标就是利减去弊之后的净获益 (net benefit, NB)

Fig.3 DCA of Nomogram for predicting postoperative functional recovery in patients with TE. The Abscissa is the threshold probability. The ordinate is the net benefit, which means after deducting the advantages and disadvantages

在内侧切口, 术中应该小心分辨尺神经并予以保护, 同时避免过度牵拉及损伤。文献报道肘关节不稳是常见的并发症, 可能与未完整修复前关节囊、桡骨头及冠状突等相关^[23]。本次研究对患者均予以骨性固定和 LCLC 修复, 必要时进行 MCL 修复和铰链式外固定架, 因此并未发现术后肘关节不稳。异位骨化是间充质干细胞分化为成骨细胞矿化昌盛类骨质^[24], 文献报道发生率为 1.6%~56.0%^[25]。本次研究结果为 6.03%, 目前临床常用非甾体类抗炎药, 如吲哚美辛等, 术后 24 h 内开始应用, 可防止前体细胞分化为成骨细胞来起作用。

3.2 TE 术后影响功能恢复的危险性因素

本研究发现患者的年龄、工作性质、吸烟、桡骨头 Mason 分型、冠状突 Regan-Morrey 分型以及术后肘关节制动时间是影响术后功能恢复的独立危险因素。年龄越高, 术后恢复越差, 目前并未发现针对患者的年龄与 TE 相关的研究, 笔者认为年龄越大, 患者的肘关节退行性变也越严重, 影响肘关节功能恢复。此外, 发现年纪越大的患者术后主动进行功能锻炼的时间和强度相对其他年龄段的患者较差, 因此推荐对于年纪较大的患者, 应积极鼓励进行主动或被动的功能锻炼。从事体力劳动的患者术后恢复较非体力劳动组差, 笔者分析认为体力劳动, 尤其是长期从事上肢劳动的工作对于肘关节的退行性有影响, 但是目前尚未发现专门的研究探讨工作性质与肘关节的相关性。吸烟患者较非吸烟患者术后功能恢复差, 王勇平等^[26]通过 Wester 大鼠吸烟实验发现在纤维骨痂形成期及骨性骨痂形成期吸烟组大鼠骨痂生成明显少于非吸烟组大鼠, 重度吸烟组骨痂生成少于轻度吸烟组, 因此认为吸烟是影响骨痂生成的危险因素,

这个结论在本次预测模型得到验证。因此,笔者推荐 TE 患者围手术期停止吸烟,并且告知患者存在影响恢复的风险。Mason^[13]分型的依据是根据桡骨头损伤程度,骨折越严重,分型级别越高。笔者研究结果显示桡骨头损伤分型影响肘关节功能恢复,随着桡骨头损伤加重,尽管针对损伤的不同程度予以对应的修复,但是桡骨头损伤程度仍然影响患者术后功能恢复。尺骨冠状突骨折 Regan-Morrey^[27]分型可分为 3 型,预测模型显示分型级别越高,预后越差,这一点被很多文献证实^[28]。术后对患者予以屈肘 90°石膏短期固定,短期制动有助于软组织的修复和稳定性的重建。笔者根据石膏固定时间将患者分为 3 组,发现≤3 d 的患者功能恢复优于 3~7 d 和≥7 d 的患者,因此认为 TE 患者术后应积极进行早期功能锻炼。

此外,笔者发现患者的性别、损伤肘关节是否为优势侧、开放伤或闭合伤、受伤原因、手术时机、手术入路、骨折固定方式、LCLC 固定方式、MCL 固定与否、手术时间和出血量以及术后有无康复师指导功能锻炼都不是影响 TE 患者术后恢复的独立危险因素。其中性别、优势侧、开放伤或闭合伤、手术时机、手术时间和出血量以及术后有无康复师指导功能锻炼是术前纳入的可能危险因素,目前尚未发现有相关研究针对以上因素进行研究。针对 TE 的治疗,Pugh 等^[6]提出了标准手术程序,该标准流程的治疗效果被其它学者证实有效^[29],本研究治疗根据这个标准流程。对于 TE 手术入路的选择目前存在争议,包括后正中入路^[30]、单一外侧入路完成^[31]、内外侧联合入路^[6,20,29]等。本研究根据刘观焱等^[2]对 TE 的分型及手术入路策略:外侧入路选择 Kocher 入路或外侧劈开伸肌总腱入路^[1],前内侧入路选择“over-the-top”入路^[32],根据患者损伤的不同分型选择合适的手术入路,但模型显示手术入路并不是影响恢复的独立危险因素。目前针对桡骨头和冠状突的固定方式对预后影响的研究有很多,固定方式也多种多样,笔者根据刘观焱等^[2]的治疗策略进行固定和修复,但是发现不同的固定方式并不是影响肘关节术后恢复的独立危险因素,说明不同损伤程度对应的固定方式无差异,这与以往的研究结果相符^[33-34]。但这个结果并不能说明固定方式不重要,笔者猜测可能是针对不同的骨性损伤,相应的固定方式是合适的,对患者的预后起到了相应的治疗作用,这需要进一步扩大样本或针对性的研究。LCLC 的重要性被很多研究证实,因此采用穿骨隧道和锚钉修复的方法对所有患者进行 LCLC 修复,结果显示 LCLC 的修复方式并不是影响 TE 患者术后恢复的独立影响因素,目前尚未发现文献比较以上两种不同修复方式对预后

的影响。笔者在骨性结构和 LCLC 修复固定对肘关节进行稳定性检测,根据肘关节是否稳定来决定是否修复 MCL,必要时予以肘关节铰链式外固定架加强稳定性^[35]。但这两者都不是影响预后的独立危险因素,Pugh 等^[6]认为桡骨头、冠状突及 LCLC 修复后肘关节已经基本达到稳定,不修复 MCL 并不会影响肘关节预后。Ring 等^[23]认为修复内侧副韧带并不能增强肘关节稳定性。术后患者功能锻炼主要分为主动和被动功能锻炼,术后告知并指导患者如何进行主动或被动功能锻炼,此外还告知患者术后可以在康复医师的指导下进行锻炼,但这并没有作为推荐项给患者,只有大约 1/3 的患者得到了康复医师的指导,研究结果显示是否得到康复医师的指导并没有成为影响预后的独立危险因素,笔者分析认为术后临床医生的功能锻炼指导可能起到了重要的作用。

3.3 Nomogram 图模型的建立和应用

本预测模型可实现针对 TE 患者术后恢复的个体化预测,根据 Nomogram 评分能计算出 TE 患者术后发生并发症的风险概率,筛选出术后功能恢复差的风险患者,制定针对性的措施提高患者术后功能恢复。预测模型显示患者年龄<50 岁,Nomogram 图评分为 0 分,≥50 岁为 75 分,因此建议针对 50 岁以内,尤其是更年轻的患者,应该积极推荐手术治疗,以提高术后功能康复;而年纪较大的患者,除进行手术,还应该鼓励患者积极参加功能锻炼以促进功能恢复。预测模型显示非体力劳动评分为 0 分,体力劳动评分为 57 分,根据前面的分析,术前的肘关节退行性变评估是必要的,此外术前知情书应告知患者存在较高的风险。预测模型显示不吸烟评分为 0 分,吸烟评分为 66 分,对于吸烟的患者,应该告知患者尽可能戒烟或在骨折恢复期停止吸烟,降低影响恢复的风险。桡骨头 Mason 分型 I 型为 0 分,II 型为 26 分,III 型为 47 分,冠状突 Regan-Morrey 分型 I 型为 0 分,II 型为 2.5 分,III 型为 67.5 分,推荐对于不同损伤分型分损伤予以对应的固定方式,术前告知仍是必要的。预测模型显示术后患肢制动时间<3 d 为 0 分,3~7 d 为 42.5 分,≥7 d 为 100 分,早期功能锻炼对于术后功能恢复有积极作用,超过 3 d 的肘关节制动不仅无法有效维持肘关节稳定性,还可能会造成肘关节僵硬,进而影响肘关节功能恢复。

3.4 Nomogram 图模型的验证

本研究对列线图预测模型进行内部验证,发现其 C-index 为 0.716,表明 Nomogram 图预测模型具有良好的区分度与准确度。除了上佳的预测精准度,本研究还经 Calibration plot 证实 Nomogram 图模型可高效预测影响 TE 患者术后功能恢复的风险因素,

DCA 曲线显示采用本预测模型评估患者术后功能恢复可获得较高的净获益率,临床应用价值高。

本研究尚存在不足,首先,一个优秀的模型应该分为训练组(training cort)和验证组(validation cort),模型单纯的内部验证(C-index)尽管能一定程度说明模型的有效性,但是仍需要外部验证的进一步证实,本次研究资料受到纳入患者人数限制,无法建立验证组进行外部验证,因此后期仍需进一步扩大病历资料进行外部验证。其次,本次研究为回顾性分析,很多可能危险因素无法纳入,如骨质疏松、口服药物以及内分泌疾病等因素,可能造成本预测模型 C-index 偏低,因此前瞻性的、纳入更多危险因素的队列研究将进一步完善预测模型。最后,本预测模型为单中心研究,作为一家骨科专科医院,TE 患者情况以及医师技能水平与其他医院或基层医院存在差异,因此期待未来进展多中心研究,进一步完善预测模型的精确度及临床实用性。

综上,本研究基于年龄、工作性质、吸烟、桡骨头 Mason 分型、冠状突 Regan-Morrey 分型以及术后肘关节制动时间这 6 个独立危险因素建立预测 TE 患者术后恢复的 Nomogram 图模型,具有良好的区分度和一致性,有较高的临床应用价值,可以指导临床医师甄别发生功能恢复不良的高风险 TE 患者,并制定针对性的治疗措施以提高患者术后功能恢复。

参考文献

- [1] Desloges W, Louati H, Papp SR, et al. Objective analysis of lateral elbow exposure with the extensor digitorum communis split compared with the Kocher interval[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2014, 96(5): 387-393.
- [2] 刘观燧, 马维虎, 周雷杰, 等. 肘关节恐怖三联征的分型及手术治疗[J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37(21): 1361-1370.
LIU GY, MA WH, ZHOU LJ, et al. Operative treatment and classification system of terrible triad of the elbow[J]. *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 2017, 37(21): 1361-1370. Chinese.
- [3] Johnston GW. A follow-up of one hundred cases of fracture of the head of the radius with a review of the literature[J]. *Ulster Med J*, 1962, 31(1): 51-56.
- [4] Regan W, Morrey BF. Classification and treatment of coronoid process fractures[J]. *Orthopedics*, 1992, 15(7): 845-848.
- [5] O'Driscoll SW, Horii E, Morrey BF, et al. Anatomy of the ulnar part of the lateral collateral ligament of the elbow[J]. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 1992, 5(4): 296-303.
- [6] Pugh DM, Wild LM, Schemitsch EH, et al. Standard surgical protocol to treat elbow dislocations with radial head and coronoid fractures[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2004, 86(6): 1122-1130.
- [7] 刘仁浩, 毕郑刚. 肘部损伤“三联征”的最新认识和治疗进展[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2014, 16(1): 72-75.
LIU RH, BI ZG. The latest understanding and treatment of "triple syndrome" of elbow injury[J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2014, 16(1): 72-75. Chinese.
- [8] Pollock JW, Brownhill J, Ferreira L, et al. The effect of anteromedial facet fractures of the coronoid and lateral collateral ligament injury on elbow stability and kinematics[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2009, 91(6): 1448-1458.
- [9] Beingsner DM, Stacpoole RA, Dunning CE, et al. The effect of suture fixation of type I coronoid fractures on the kinematics and stability of the elbow with and without medial collateral ligament repair[J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2007, 16(2): 213-217.
- [10] Liu S, Liu JJ, Li XJ, et al. Open arthrolysis and prosthetic replacement of the radial head for elbow stiffness associated with rotation limitation[J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2013, 22(2): 275-279.
- [11] Visna P, Kalvach J, Beitz E, et al. Open posterior dislocation of the elbow with fractures of the radial head and coronoid process and multiple diaphyseal fractures of the ulna[J]. *Unfallchirurg*, 2008, 111(3): 193-196.
- [12] Mica MC, Caekebeke P, van Riet R. Lateral collateral ligament injuries of the elbow-chronic posterolateral rotatory instability (PLRI)[J]. *EFORT Open Rev*, 2017, 1(12): 461-468.
- [13] Mason ML. Some observations on fractures of the head of the radius with a review of one hundred cases[J]. *Br J Surg*, 1954, 42(172): 123-132.
- [14] Morrey B, Bryan R, Dobyms J, et al. Total elbow arthroplasty. A five-year experience at the Mayo clinic[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1981, 63(7): 1050-1063.
- [15] Sardelli M, Tashjian RZ, Macwilliams BA. Functional elbow range of motion for contemporary tasks[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(5): 471-477.
- [16] Mckee MD, Pugh DM, Wild LM, et al. Standard surgical protocol to treat elbow dislocations with radial head and coronoid fractures. Surgical technique[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87 Suppl 1(Pt 1): 22-32.
- [17] Jeong WK, Oh JK, Hwang JH, et al. Results of terrible triads in the elbow: the advantage of primary restoration of medial structure[J]. *J Orthop Sci*, 2010, 15(5): 612-619.
- [18] Sanchez-sotelo J, Morrey B, O'Driscoll S. Ligamentous repair and reconstruction for posterolateral rotatory instability of the elbow[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87(1): 54-61.
- [19] Hackl M, Bercher M, Wegmann K, et al. Functional anatomy of the lateral collateral ligament of the elbow[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2016, 136(7): 1031-1037.
- [20] Liu S, Fan CY, Ruan HJ, et al. Combination of arthrolysis by lateral and medial approaches and hinged external fixation in the treatment of stiff elbow[J]. *J Trauma*, 2011, 70(2): 373-376.
- [21] Nauth A, Mckee MD, Ristevski B, et al. Distal humeral fractures in adults[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(7): 686-700.
- [22] 中国医师协会骨科医师分会 肘关节创伤专业委员会, 中国研究型医院学会关节外科专业委员会 肘关节外科研究学组. 肘关节僵硬诊断及治疗的专家共识[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21(9): 737-742.
Professional Committee on Upper Limb Trauma, Expert consensus on diagnosis and treatment of elbow stiffness. Guideline on diagnosis and treatment of elbow stiffness[J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2019, 21(9): 737-742. Chinese.
- [23] Ring D, Jupiter JB, Zilberfarb J. Posterior dislocation of the elbow

- with fractures of the radial head and coronoid[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84(4): 547-551.
- [24] Friedenstein AJ, Chailakhyan RK, Gerasimov UV. Bone marrow osteogenic stem cells: in vitro cultivation and transplantation in diffusion chambers[J]. *Cell Tissue Kinet*, 1987, 20(3): 263-272.
- [25] Lindenhovius AL, Jupiter JB. The posttraumatic stiff elbow: a review of the literature[J]. *J Hand Surg Am*, 2007, 32(10): 1605-1023.
- [26] 王勇平, 陈根元, 末建民. 吸烟大鼠骨折愈合过程中骨痂含量的变化[J]. *中国组织工程研究*, 2008, 12(50): 9889-9892.
WANG YP, CHEN GY, MO JM. Callous changes during fracture healing in smoking rats[J]. *Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu*, 2008, 12(50): 9889-9892. Chinese.
- [27] Regan W, Morrey B. Fractures of the coronoid process of the ulna [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1989, 71(9): 1348-1354.
- [28] Goncalves LB, Netoje A, Correafilho MR, et al. Terrible triad of the elbow; influence of radial head treatment [J]. *Rev Bras Ortop*, 2014, 49(4): 328-333.
- [29] Kenneth AE, Igor I, Nader P, et al. Fracture-dislocation of the elbow functional outcome following treatment with a standardized protocol[J]. *Bull NYU Hosp Jt Dis*, 2007, 65(4): 263-270.
- [30] Forthman C, Henket M, Ring DC. Elbow dislocation with intra-articular fracture: the results of operative treatment without repair of the medial collateral ligament [J]. *J Hand Surg Am*, 2007, 32(8): 1200-1209.
- [31] Reichel LM, Milam GS, Reitman CA. Anterior approach for operative fixation of coronoid fractures in complex elbow instability [J]. *Tech Hand Up Extrem Surg*, 2012, 16(2): 98-104.
- [32] Giannicola G, Calella P, Piccioli A, et al. Terrible triad of the elbow: is it still a troublesome injury [J]. *Injury*, 2015, 46: S68-S76.
- [33] Zhang C, Zhong B, Luo CF. Treatment strategy of terrible triad of the elbow: experience in Shanghai 6th People's Hospital [J]. *Injury*, 2014, 45(6): 942-948.
- [34] Wang W, Liu JJ, Liu S, et al. Arthrolysis combined with reconstruction for treatment of terrible triad injury with a poor outcome after surgical as well as conservative intervention [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2014, 134(3): 325-331.
- [35] Ring D, Hannouche D, Jupiter JB. Surgical treatment of persistent dislocation or subluxation of the ulnohumeral joint after fracture-dislocation of the elbow [J]. *J Hand Surg Am*, 2004, 29(3): 470-480.

(收稿日期: 2020-06-20 本文编辑: 连智华)