doi:10.11659/jjssx.06E024013

·临床研究·

儿童不稳定型肱骨髁上骨折克氏针内固定术后残留移位的风险因素分析

马续彬,李军科,李 亮 (邯郸市第一医院骨科,河北 邯郸 056000)

[摘 要] **目的** 探究儿童不稳定型肱骨髁上骨折克氏针内固定术后残留移位的风险因素。**方法** 选取2019年3月至2023年10月因肱骨髁上骨折于我院行克氏针内固定术的128例患者,按康复后肱骨髁上移位程度将患者分为:正常组(*n*=63)、Ⅰ级组(*n*=29)、Ⅱ级组(*n*=22)、Ⅲ级组(*n*=14)。对各组患者的手术前后力学参数及一般资料进行比较;建立*LASSO*回归模型,筛选导致残留移位的影响因素;采用多因素*Logistic*回归分析Ⅲ级患者术后残留移位的风险因素;构建术后残留移位的风险因素模型,并对模型进行评价。**结果** 经克氏针内固定术治疗后,患者的肱骨髁上力学参数较术前明显改善(*P*<0.05)。各组患者间的骨折愈合时间、骨折固定时间、Gartland分型、复位方式、术后并发症、Flynn评分、肱骨小头前倾角、Baumann角、提携角和肱骨远端扭转角比较,差异具有统计学意义(*P*<0.05)。*LASSO*回归模型显示,骨折愈合时间、Gartland分型、术后并发症、Baumann角、肱骨远端扭转角和Flynn评分为出现残留移位的相关指标;*Logistic*回归分析显示,骨折愈合时间≥50 min、Gartland分型Ⅲ型、出现术后并发症和Flynn评分为可或差是导致Ⅲ级患者术后残留移位的独立危险因素;受试者工作特征(*ROC*)曲线显示,该风险因素模型具有良好的区分能力[(曲线下面积(*AUC*)为0.858,95%*CI*:0.823~0.897)]。**结论** 克氏针内固定术治疗肱骨髁上骨折疗效明显,可以显著改善患者的肱骨髁上力学参数;骨折愈合时间≥50 min、Gartland分型Ⅲ型、出现术后并发症和Flynn评分为可或差是肱骨髁上骨折患者克氏针内固定术后残留移位的风险因素。

[关键词] 肱骨髁;骨折;克氏针;风险因素;残留移位

[中图分类号] R274.1 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-06-04

Risk factors analysis of residual displacement after Kirschner wire internal fixation for unstable humeral supracondylar fracture in children

MA Xu-bin, LI Jun-ke, LI Liang (Department of Orthopedics, Handan First Hospital, Handan Hebei 056000, China)

Abstract: Objective To explore the risk factors of residual displacement after Kirschner wire internal fixation for unstable humeral supracondylar fracture in children. **Methods** A total of 128 children who underwent Kirschner wire internal fixation for humeral supracondylar fracture in our hospital from March 2019 to October 2023 were selected. According to the degree of humeral supracondylar displacement after recovery, the patients were divided into the normal group (*n*=63), grade Ⅰ group (*n*=29), grade Ⅱ group (*n*=22) and grade Ⅲ group (*n*=14). The mechanical parameters before and after the operation and general data of patients in each group were compared. A *LASSO* regression model was established to screen the influencing factors of residual displacement. Multivariate *Logistic* regression analysis was used to analyze the risk factors of postoperative residual displacement in patients with grade Ⅲ. A risk factor model of postoperative residual displacement was constructed and evaluated. **Results** After treatment with Kirschner wire internal fixation, the humeral supracondylar mechanical parameters of the patients significantly improved compared to those before operation (*P*<0.05). There were statistically significant differences among the groups in terms of fracture healing time, fracture fixation time, Gartland classification, reduction method, postoperative complications, Flynn score, anterior inclination angle of the humeral head, Baumann angle, carrying angle, and distal humeral torsion angle (*P*<0.05). The *LASSO* regression model indicated that fracture healing time, Gartland classification, postoperative complications, Baumann angle, distal humeral torsion angle, and Flynn score were the relevant indicators of residual displacement. The *Logistic* regression analysis revealed that fracture healing time≥50 minutes, Gartland classification of grade Ⅲ, occurrence of postoperative complications, and Flynn score (average or poor) were independent risk factors for residual displacement after surgery in patients with grade Ⅲ. The *receiver operating characteristic* (*ROC*) curve showed that this risk factor model had good discrimination ability [*area under the curve* (*AUC*)=0.858, 95%*CI*: 0.823 to 0.897]. **Conclusion** The internal fixation with Kirschner wire for treatment of humeral supracondylar fracture has a remarkable therapeutic effect, and it can significantly improve the humeral supracondylar mechanical parameters of the patients. The fracture healing time≥50 minutes, Gartland classification of grade Ⅲ, occurrence of postoperative complications, and Flynn score (average or poor) are risk factors for residual displacement after internal fixation with Kirschner wire in patients with humeral supracondylar fracture.

Keywords: humeral supracondylar; fracture; Kirschner wire; risk factors; residual displacement

[基金项目] 2022年度河北省医学科学研究课题计划(20220507);邯郸市科学技术研究与发展计划项目(21422083063)

[通信作者] 马续彬,E-mail:1787927339@qq.com

儿童肱骨髁上骨折是常见的小儿肢体骨折之一，常发生在肱骨髁与肱骨干交界处[1-2]。对于病情较缓和的肱骨髁上骨折，首选手法复位后外固定治疗；而若无法保守治疗则需要手术介入，借助外固定支架或克氏针固定骨折处，促进骨折精准愈合[3]。克氏针自1909年问世以来，经过上百年的发展和完善，已形成了成熟的技术体系，在骨折的内固定中发挥着重要作用[4]。一般来说，儿童肱骨髁上骨折的预后较好，但因其位置、解剖结构的关系，也存在一定的并发症风险[5]，其中肱骨髁上Gartland Ⅲ型骨折的稳定性最差，且往往存在三维结构畸形，治疗过程中如果不能准确复位并保持良好的固定，可能会造成血管神经损伤、残留移位和肘内翻等并发症[6]。残留移位是其中较为常见的并发症，严重时会对患者生活造成影响，后续处理复杂且对患者损伤较大。因此，本研究对出现术后残留移位的风险因素进行分析，以期采取针对性治疗措施，改善该类患者的预后。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择2019年3月至2023年10月因肱骨髁上骨折于我院就诊行克氏针内固定术的128例患者，其中男69例，女59例；年龄1~12岁，平均(8.52±4.76)岁。随访时采集患者影像学资料，按康复后肱骨髁上移位程度将患者分为：正常组(n=63)、Ⅰ级组[患处与健侧对比出现移位(Baumann角<5°)，n=29]、Ⅱ级组[患处与健侧对比出现移位(Baumann角为5°~<10°)，n=22]、Ⅲ级组[患处与健侧对比出现移位(Baumann角≥10°)，n=14]。本研究经我院伦理委员会批准(批准号：2023-L-010)，所有参与者由监护人或直系亲属签署书面知情同意书。

纳入标准：①经影像学检查确诊为肱骨髁上骨折，且为Gartland Ⅱ型(骨折端移位，但骨皮质仍相连)或Gartland Ⅲ型(骨折断端移位且骨皮质完全分离)[7]；②资料完整，可满足本研究的需求；③影像学检查明确需手术介入，且具备手术条件；④新发骨折。排除条件：①先天性肘关节畸形；②合并其他严重骨折、严重损伤或严重并发症。

1.2 力学参数检查方法

手术前后测定所有患者的肱骨髁上力学参数，术前正位X射线片选择肘关节伸直、前臂旋后位；术后1个月、2个月时正位X射线片选择屈肘70°、前臂旋后，侧位X射线片选择患肢前臂旋后屈肘、肩关节旋后90°，保证每次拍片时患者肱骨均可以与接受屏保持平行。扫描设备采用GE brightspeed 16排多层螺旋扫描CT，扫描厚度5 mm，重建厚度0.75 mm，获取的参数包括：①肱骨小头前倾角，即肱骨纵轴线和肱骨小头中心线相交所成的下方角；②Baumann角，即经过外侧髁骺板的斜线与肱骨干中轴线的夹角；③提携角，即臂轴与前臂轴的延长线相交形成一向外开放的角度；④肱骨远端扭转角，即CT扫描下肱骨髁上骨折远近端内外侧连线与肱骨纵轴线的连线所形成的夹角。

1.3 观察指标

收集患者的性别、年龄、体质量指数(body mass index，BMI)、收缩压(systolic blood pressure，SBP)、舒张压(diastolic blood pressure，DBP)、心率(heart rate，HR)、呼吸频率(respiratory rate，RR)、是否患有相关基础疾病、骨折愈合时间、骨折固定时间、骨折类型、Gartland分型、手术方法、术后并发症、复位方式(闭合复位、切开复位)、肘功能评分(Flynn评分)[8]和术前力学参数等一般资料，其中Flynn评分标准见表1。

表1 Flynn评分标准

结果	外观因素(提携角丢失)	功能因素(屈伸活动受限)
优	0°~5°	0°~5°
良	6°~10°	6°~10°
可	11°~15°	11°~15°
差	>15°	>15°

1.4 康复效果评价

统计患者手术时间、住院时间、术后康复时间。术后统计患者康复效果，观察时间2个月，观察内容包括针道感染、骨折复位丢失、医源性尺神经损伤和肘内翻畸形等。若患者无上述不良反应且未出现残留移位则视为康复正常。

1.5 统计学方法

利用SPSS 23.0统计学软件进行数据分析。计量资料符合正态分布以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，患侧与健侧力学参数比较行配对样本t检验，不同时间点数据比较采用重复测量方差分析，多组间比较采用单因素方差分析；计数资料以率(%)表示，组间比较采用χ^2检验。将单因素分析中差异有统计学意义的因素进行*LASSO*回归模型筛选。将*LASSO*回归模型筛选后的因素纳入多因素*Logistic*回归分析。建立预测模型，绘制受试者工作特征(*receiver operating characteristic*，*ROC*)曲线，计算曲线下面积(*area under the curve*，*AUC*)评价模型的区分度和准确性。通过*Kappa*系数对模型的一致率进行检验。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者术后恢复效果比较

128例肱骨髁上骨折患者均接受了克氏针内固定

术,平均手术时间(43.14±10.47)min,平均住院时间(3.98±1.01)d,平均术后康复时间(50.75±11.14)d,术后康复正常63例。随访期间共出现针道感染13例(10.16%),骨折复位丢失12例(9.38%),医源性尺神经损伤3例(2.34%),肘内翻畸形3例(2.34%)。

2.2 患者手术前后力学参数比较

128例肱骨髁上骨折患者的肱骨小头前倾角、Baumann角、提携角和肱骨远端扭转角在术前均处于异常状态;术后1个月,患侧上述指标与术前比较明显改善,差异有统计学意义(P<0.001);术后2个月,患侧上述指标与术前比较明显改善,差异具有统计学意义(P<0.001);术后2个月,患侧上述指标与术后1个月比较进一步改善,差异有统计学意义(P<0.001);术后2个月,患者患侧肱骨髁上力学参数与健侧未见显著差异(P>0.05),见表2。

表2 患者手术前后力学参数比较($\bar{x}\pm s$,n=128,°)

项目	肱骨小头前倾角		Baumann角		提携角		肱骨远端扭转角	
	患侧	健侧	患侧	健侧	患侧	健侧	患侧	健侧
术前	38.51±3.78*	29.01±2.05	77.35±8.49*	62.94±6.58	6.83±1.24*	9.52±1.41	25.61±4.58*	10.16±1.85
术后1个月	32.11±3.14*#	28.96±1.96	70.26±8.10*#	63.02±6.72	7.79±1.26*#	9.71±1.55	15.67±3.24*#	10.10±1.77
术后2个月	29.64±2.97#△	29.10±2.11	63.59±7.96#△	62.49±6.48	9.17±2.15#△	9.58±1.30	10.57±2.19#△	10.14±1.75

*:与健侧比较,P<0.05;#:与术前比较,P<0.001;△:与术前1个月比较,P<0.001

2.3 患者一般资料比较

各组患者间的骨折愈合时间、骨折固定时间、Gartland分型、复位方式、术后并发症、Flynn评分和术前力学参数(肱骨小头前倾角、Baumann角、提携角和肱骨远端扭转角)比较,差异具有统计学意义(P<0.05),见表3。

表3 患者一般资料比较

指标		正常组(n=63)	Ⅰ级组(n=29)	Ⅱ级组(n=22)	Ⅲ级组(n=14)	χ^2/F	P
性别[例(%)]	男	33(52.38)	15(51.72)	12(54.55)	9(64.29)	0.725	0.867
	女	30(47.62)	14(48.28)	10(45.45)	5(35.71)		
年龄(岁)		8.91±4.26	7.94±4.08	8.54±4.64	8.67±3.99	0.346	0.792
BMI(kg/m^2)		23.15±1.15	22.85±1.31	22.49±1.28	22.75±1.58	1.668	0.177
SBP(mmHg)		116.34±10.65	117.84±10.49	114.49±11.01	115.78±11.47	0.416	0.742
DBP(mmHg)		72.32±6.95	72.14±6.84	71.67±6.02	72.49±6.14	0.062	0.980
HR(次/分)		98.50±11.51	101.20±12.48	95.15±12.68	99.47±10.48	1.115	0.346
RR(次/分)		27.98±6.25	29.64±6.79	27.99±7.05	25.64±4.15	1.284	0.283
骨折愈合时间(d)		46.97±3.49	49.68±4.11	53.17±6.47	57.49±5.49	26.178	<0.001
骨折固定时间(min)		42.59±2.17	43.58±3.41	44.61±3.84	45.97±5.48	5.168	0.002
是否合并基础疾病[例(%)]	是	3(4.76)	2(6.90)	1(4.55)	0(0)	1.007	0.800
	否	60(95.24)	27(93.10)	21(95.45)	14(100)		
骨折类型[例(%)]	屈曲型	7(11.11)	3(10.34)	2(9.09)	2(14.29)	0.251	0.969
	伸展型	56(88.89)	26(89.66)	20(90.91)	12(84.71)		
Gartland分型[例(%)]	Ⅱ型	38(60.32)	17(58.62)	8(36.36)	3(21.43)	9.637	0.022
	Ⅲ型	25(39.68)	12(41.38)	14(63.64)	11(78.57)		
手术方法[例(%)]	2枚克氏针内外侧交叉内固定术	16(25.40)	7(24.14)	6(27.27)	4(28.57)	1.929	0.281
	3枚克氏针内外侧交叉内固定术	12(19.05)	6(20.69)	6(27.27)	3(21.43)		
	2枚克氏针外侧交叉内固定术	17(26.98)	8(27.59)	5(22.73)	4(28.57)		
	3枚克氏针外侧辐射式内固定术	18(28.57)	8(27.59)	5(22.73)	3(21.43)		
复位方式[例(%)]	闭合复位	40(63.49)	15(51.72)	9(40.91)	3(21.43)	9.660	0.022
	切开复位	23(36.51)	14(48.28)	13(59.09)	11(78.57)		
术后并发症[例(%)]	骨折复位丢失	1(1.59)	2(6.90)	3(13.64)	6(42.86)	19.347	0.022
	医源性尺神经损伤	0(0)	0(0)	1(4.55)	2(14.29)		
	针道感染	1(1.59)	1(3.45)	4(18.18)	7(50.00)		
	肘内翻畸形	0(0)	0(0)	1(4.55)	2(14.29)		
Flynn评分[例(%)]	优	35(55.56)	12(41.38)	4(18.18)	2(14.29)	36.823	<0.001
	良	15(23.81)	7(24.14)	8(36.36)	3(21.43)		
	可	7(11.11)	6(20.69)	6(27.27)	3(21.43)		
	差	6(9.52)	4(13.79)	4(18.18)	6(42.86)		
术前力学参数(°)	肱骨小头前倾角	35.21±3.14	36.06±3.26	38.49±3.61	41.25±4.03	15.166	<0.001
	Baumann角	72.51±8.61	75.94±7.99	78.34±8.54	80.67±8.79	5.132	0.002
	提携角	7.50±1.34	7.01±1.05	6.81±1.13	6.61±0.99	3.376	0.021
	肱骨远端扭转角	21.71±3.91	23.25±4.01	26.17±4.15	28.94±4.78	15.536	<0.001

2.4 *LASSO* 因素筛选

基于2.3中10个有统计学差异的变量建立*LASSO*回归模型进行筛选。在最优惩罚参数λ=0.157 592 7时,筛选出6个具有非零系数的与儿童肱骨髁上骨折出现残留移位相关的指标,分别为骨折愈合时间、Gartland分型、术后并发症、Baumann角、肱骨远端扭转角和Flynn评分,见图1。

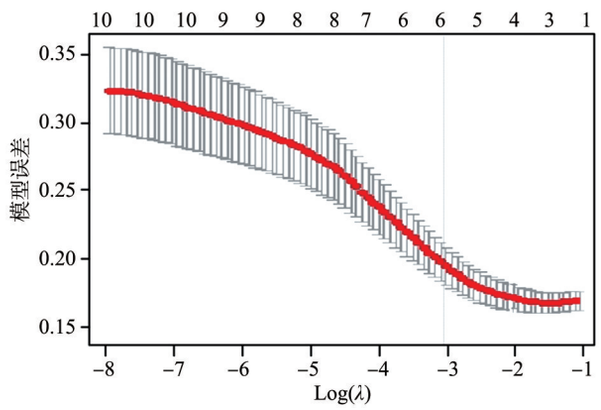


图1 *LASSO* 回归变量筛选

2.5 多因素*Logistic*回归分析Gartland分型Ⅲ级患者术后残留移位的风险因素

将2.4中筛选出的指标为自变量,以是否出现残留移位(是=1,否=0)为因变量,进行多因素*Logistic*回归分析,结果显示,骨折愈合时间≥50 min、Gartland分型Ⅲ型、出现术后并发症和Flynn评分(可或差)是导致Gartland分型Ⅲ级患者术后残留移位的独立危险因素(P<0.05),见表4~5。

表4 赋值表

变量	赋值
骨折愈合时间	≥50 min=1;<50 min=0
Gartland分型	Ⅲ型=1;Ⅱ型=0
出现术后并发症	是=1;否=0
Flynn评分	可或差=1;优或良=0
Baumann角	≥75.00°=1;<75.00°=0
肱骨远端扭转角	≥23.00°=1;<23.00°=0

表5 多因素*Logistic*回归分析

变量	β	*SE*	*Wald*χ^2	*OR*	95%*CI*	*P*
骨折愈合时间	1.126	0.498	5.111	3.083	2.165~4.226	<0.001
Gartland分型	1.514	0.718	4.444	4.543	3.436~5.641	<0.001
术后并发症	1.250	0.718	3.033	3.492	2.436~4.514	<0.001
Flynn评分	1.141	0.575	3.938	3.130	2.529~3.846	<0.001
Baumann角	1.147	0.670	2.931	3.149	0.969~3.897	0.064
肱骨远端扭转角	1.079	0.637	2.868	2.941	0.816~3.964	0.146

2.6 构建术后残留移位的风险因素模型

依据各影响因素,使用回归方程$P=1/[1+\exp^{(3.257+1.126\times骨折愈合时间+1.514\times Gartland分型+1.250\times术后并发症+1.141\times Flynn评分)}]$构建残留移位的预测模型。结果显示,模型的*AUC*为0.858(95%*CI*:0.823~0.897),表明该模型具有良好的区分能力,当切点为0.60时,预测一致率最高,即当P=0.60时,残留移位的发生率最高,见图1。

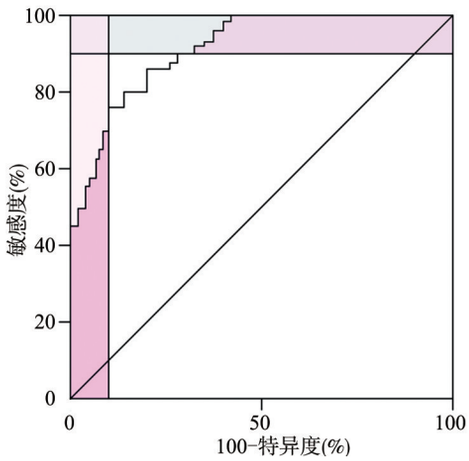


图2 预测模型的*ROC*曲线

2.7 模型评价

通过*Kappa*系数对模型的一致率进行检验,结果显示,一致率为82.03%,提示理论判别与实际数据的一致率为82.03%,误判率为17.97%,见表6。

表6 模型一致率评价

预测证型	实际证型(例)		一致率(%)	误判率(%)
	残留移位	恢复正常		
残留移位	51	9	82.03	17.97
恢复正常	14	54		

3 讨论

肱骨髁是肱骨远端靠近肘关节处的骨性突起结构,因小儿肘部韧带较为松弛,肘关节可以过度伸展,且骨骼处于生长期,骨质较为薄弱,所以极易在遭受外力时发生骨折[9]。目前,临床上治疗小儿肱骨髁上骨折的方法主要包括闭合复位石膏外固定术、闭合复位克氏针内固定术和切开复位克氏针内固定术[10]。闭合复位石膏外固定术具有创伤小、风险低、愈合迅速、并发症少、费用低廉和临床疗效显著的特点,但对于较为严重的骨折复位效果较差。切开复位克氏针内固定术是治疗小儿肱骨髁上骨折的保留方法,适用于闭合复位困难、复位难以维持的骨折,同时可以充分暴露手术视野,有助于对受损神经和血管进行探查[11],但切开复位克氏针内固定术往往会增加手术创伤及术后切口感染,破坏骨折断端血供,引起骨折愈合困难,甚至导致骨不连。闭合复位克氏针内固定术是治疗小儿肱骨髁上骨折的首选手术方法,适用于损伤较为严重的患者,具有创伤小、感染率低、康复快和美观度高的优点[12],但因其操作时无法暴露手术视野,易发生医源性神经损伤,故对医师操作要求较高[13]。本研

究根据患者病情采取闭合复位或切开复位克氏针内固定术治疗儿童不稳定型肱骨髁上骨折,术后患者的力学参数均得到明显改善。

克氏针最早可以追溯到1775年的1篇手稿,文中记载的骨折复位借助了铁丝固定[14],近现代的克氏针问世于1909年,经过上百年的改良和发展,在骨折康复中发挥了重要的作用[15]。克氏针细小,不易对周围软组织造成损伤,且预后较为理想,尤其适合用于治疗小儿肱骨髁上骨折[16]。然而,克氏针作为一种有创的治疗方法,不可避免地会伴随部分并发症,常见的并发症有针道感染、克氏针松动或移位、神经或血管损伤、残留移位甚至骨髓炎症,其中残留移位是较为常见的一种并发症[17-18]。本研究128例患者中有65例出现不同程度肱骨髁上残留移位,此外还观察到针道感染、骨折复位丢失、医源性尺神经损伤和肘内翻畸形新增等并发症。

本研究*LASSO*回归模型显示,骨折愈合时间、Gartland分型、术后并发症、Baumann角、肱骨远端扭转角和Flynn评分为出现残留移位的相关因素。骨折愈合时间和Gartland分型作为骨折本身特性的指标,直接反映了骨折的复杂性和治疗难度,是影响术后恢复的重要因素;术后并发症的发生,如针道感染、复位丢失等,不仅会延长治疗周期,还可能进一步影响骨折部位的稳定性,从而增加残留移位的风险;Baumann角和肱骨远端扭转角作为反映骨折复位质量的力学参数,其术后恢复不佳同样预示着较高的残留移位风险;Flynn评分作为评估肘关节功能的重要指标,较低的Flynn评分也间接反映了术后恢复不佳和残留移位可能。多因素*Logistic*回归分析结果显示,骨折愈合时间≥50 min、Gartland分型Ⅲ型、出现术后并发症和Flynn评分为可或差是导致Ⅲ级患者出现术后残留移位的独立危险因素,对于具有这些危险因素的患者,应给予更加密切的关注和个性化的治疗策略。针对骨折愈合时间较长的患者,可考虑采用促进骨折愈合的药物或物理治疗方法;对于Gartland分型较高的复杂骨折,应制定更为精细的手术计划和术后康复方案;对于出现术后并发症的患者,应及时采取有效措施进行干预,防止病情恶化;同时,通过定期评估Flynn评分,可以动态监测肘关节功能的恢复情况,及时调整治疗方案。本研究基于上述独立危险因素构建风险因素模型并进行验证,结果显示,模型具有良好的区分能力,能够在一定程度上预测术后残留移位的发生风险,为临床医师提供了重要的参考依据,有助于实现个性化治疗和风险评估。

综上,克氏针内固定术治疗肱骨髁上骨折疗效明显,可以显著改善患者的肱骨髁上力学参数;骨折愈合时间≥50 min、Gartland分型Ⅲ型、出现术后并发症和Flynn评分为可或差是肱骨髁上骨折患者克氏针内固定术后残留移位的风险因素,对于具有这些风险因素的患者,临床应采取针对性措施,以降低术后残留移位的发生率。但本研究尚存在研究样本量较小、观察指标较少的问题,未来研究中将进一步扩大样本量和观察指标,增加手术流程方面的研究内容,以期为临床预防及治疗提供更细致的指导。

[参考文献]

[1] 封 挺,曾 峻,李 军,等. 肱骨髁上骨折后力学改变与畸形愈合的相关性研究[J]. 岭南现代临床外科,2023,23(4):326-331. doi:10.3969/j.issn.1009-976X.2023.04.007.

[2] 康 持,周 英,赵仁欢,等. 不同经皮克氏针内固定术治疗儿童Gartland Ⅱ、Ⅲ型肱骨髁上骨折疗效对比的回顾性分析[J]. 现代生物医学进展,2021,21(22):4317-4320. doi:10.13241/j.cnki.pmb.2021.22.024.

[3] Wendling-Keim DS, Teschemacher S, Dietz HG, et al. Lateral condyle fracture of the humerus in children: Kirschner wire or screw fixation? [J]. Eur J Pediatr Surg, 2021, 31(4): 374-379. doi: 10.1055/s-0040-1714656.

[4] Gottschalk MB, Wagner ER. Kirschner wire fixation of distal radius fractures, indication, technique and outcomes[J]. Hand Clin, 2021, 37(2): 247-258. doi: 10.1016/j.hcl.2021.02.007.

[5] McCartney CC, Thompson S, Waller G, et al. Gartland type Ⅱ a supracondylar humerus fractures: outcomes of attempted nonoperative management [J]. J Pediatr Orthop, 2022, 42(6): 314-320. doi: 10.1097/BPO.0000000000002154.

[6] Panta S, Thapa S, Hamal B, et al. Prevalence of nerve injuries in supracondylar fracture of humerus in a tertiary care hospital [J]. J Nepal Health Res Counc, 2021, 19(2): 367-371. doi: 10.33314/jnhrc.v19i2.3637.

[7] Ismayl G, Kim WJ, Iqbal M, et al. Early versus delayed treatment for gartland type Ⅲ supracondylar humeral fractures in children: a systematic review and meta-analysis [J]. Indian J Orthop, 2022, 56(11): 1871-1881. doi: 10.1007/s43465-022-00734-0.

[8] Kashyap A, Ravoof A, Karigowda H, et al. Comparative study of the functional outcome of elbow joint in supracondylar fractures of children treated with K wire fixation using lateral and posterior approaches[J]. Cureus, 2022, 14(8): e28232. doi: 10.7759/cureus.28232.

[9] 江良波,郭 骏,禹志宏,等. 无血管神经损伤的儿童Gartland Ⅲ型肱骨髁上骨折不同手术时机的选择及疗效分析[J]. 局解手术学杂志,2021,30(6):473-477. doi:10.11659/jjssx.09E020102.

[10] James V, Chng ACC, Ting FLM, et al. Lateral condyle fracture of the humerus among children attending a pediatric emergency department: a 10-year single-center experience[J]. Pediatr Emerg Care, 2021, 37(12): e1339-e1344. doi: 10.1097/PEC.0000000000002032.

[11] Bai H, Lu Q, Liang X, et al. Finite element analysis of Kirschner wire fixation for lateral condyle fracture in children in the sagittal plane [J]. Front Pediatr, 2023, 11: 1210493. doi: 10.3389/fped.2023.1210493.