临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003628

手术治疗儿童肱骨髁上骨折的愈合现况及影响因素分析

杜范艳[1]，莫　霖[2]，肖　玲[1]

（1.重庆医科大学附属儿童医院骨科，国家儿童健康与疾病临床医学研究中心，儿童发育疾病研究教育部重点实验室，儿童代谢与炎症性疾病重庆市重点实验室，重庆　400014；2.重庆医科大学附属儿童医院门诊，国家儿童健康与疾病临床医学研究中心，儿童发育疾病研究教育部重点实验室，儿童代谢与炎症性疾病重庆市重点实验室，重庆　400014）

【摘　要】目的：探讨儿童肱骨髁上骨折临床愈合的现状及影响因素，建立回归方程，预估骨折愈合时间。**方法：**采用回顾性研究，选取2021年6月1日至2023年5月30日在重庆医科大学附属儿童医院骨科接受手术治疗的肱骨髁上骨折儿童为研究对象，收集相关资料，包括一般情况、诊疗记录、检查检验结果、复诊信息、骨痂形成及骨折临床愈合时间等。使用SPSS 23.0进行单因素、多因素分析，建立骨痂形成和骨折临床愈合的线性回归方程。**结果：**①本研究共调查251例患儿，月龄13~161个月，平均月龄（69.49±2.16）；男性153例（60.96%），女性98例（39.04%）；伸直型229例（91.23%），屈曲型22例（8.76%）；骨痂形成（距骨折）（17.21±5.73）d，骨痂形成（距手术）（13.66±5.68）d，骨折临床愈合（距骨折）（46.67±13.52）d，骨折临床愈合（距手术）（41.24±12.98）d。②骨痂形成与等待手术时间和总蛋白值有关，骨折临床愈合与月龄（X_1）、骨折发生在秋季（X_2）、等待手术时间（d）（X_3）、纤维蛋白原（X_4）、手术时长（min）（X_5）、白蛋白、骨折分型有关；③采用多重线性回归可预测骨痂形成时间的5.5%或6.2%，骨折临床愈合时间的20.8%。儿童肱骨髁上骨折愈合时间（距离骨折发生时间点）$Y=22.274+0.118X_1-5.233X_2+0.047X_3+3.139X_4+0.058X_5$，$R^2=0.225$，调整后$R^2=0.208$，德宾-沃森系数=1.953，$F=13.528$，$P=0.001$。**结论：**儿童肱骨髁上骨折发生在每年7~9月，患儿年龄越小，骨折临床愈合时间越短；通过缩短等待手术时间、降低纤维蛋白原值、缩短手术时间等方式可缩短骨折临床愈合时间。利用回归方程可初步预测骨折愈合时间，协助医患安排复诊和取出装置，避免长期石膏固定和多次就诊。

【关键词】儿童；肱骨髁上骨折；骨折临床愈合时间；影响因素

【中图分类号】R726.8　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2023-11-10

Clinical healing status of supracondylar fracture of the humerus in children after surgical treatment and related influencing factors

Du Fanyan[1]，*Mo Lin*[2]，*Xiao Ling*[1]

（*1. Department of Orthopedics，Children's Hospital of Chongqing Medical University/National Clinical Research Center for Child Health and Disorders/Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders/Chongqing Key Laboratory of Pediatrics Metabolism and Inflammatory Diseases；2. Outpatient Service of Children's Hospital of Chongqing Medical University/National Clinical Research Center for Child Health and Disorders/Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders/Chongqing Key Laboratory of Pediatrics Metabolism and Inflammatory Diseases*）

【Abstract】*Objective*：To investigate the clinical healing status of supracondylar fracture of the humerus in children and related influencing factors，to establish a regression equation，and to predict the time to fracture healing. ***Methods*：**A retrospective study was conducted among the children with supracondylar fracture of the humerus who underwent surgical treatment in Department of Orthopedics，Children's Hospital of Chongqing Medical University，from June 1，2021 to May 30，2023，and related data were collected，including general status，diagnosis and treatment records，examination results，follow-up information，time to callus formation，and time to clinical fracture healing. SPSS 23.0 was used for univariate and multivariate analyses to establish a linear regression equation for callus formation and clinical fracture healing. ***Results*：**A total of 251 children，aged 13-161 months，were enrolled in this study，with a mean age of（69.49±2.16）months，and there were 153 boys（60.96%）and 98 girls（39.04%）. There were 229 children with extension-type fracture（91.23%）and 22 with flexion-type fracture（8.76%）. The mean callus formation time was（17.21±5.73）days from fracture and（13.66±5.68）days from surgery，and the clinical fracture

作者介绍：杜范艳，Email：444148829@qq.com，研究方向：儿童骨科护理。

通信作者：莫　霖，Email：molin999@126.com。

优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.r.20241114.1825.036（2024-11-18）

healing time was（46.67 ± 13.52）days from fracture and（41.24 ± 12.98）days from surgery. Callus formation was associated with the waiting time for surgery and total protein, and clinical fracture healing was associated with age in months（X_1）, onset of fractures in autumn（X_2）, waiting time for surgery（days）（X_3）, fibrinogen（X_4）, time of operation（minutes）（X_5）, albumin, and fracture type. The multiple linear regression equation could predict 5.5% or 6.2% of callus formation time and 20.8% of clinical fracture healing time. The healing time of supracondylar fracture of the humerus in children（from the onset of fracture）$Y=22.274+0.118X_1-5.233X_2+0.047X_3+3.139X_4+0.058X_5$（$R^2$=0.225, adjusted R^2=0.208, Durbin-Watson coefficient=1.953, F=13.528, P=0.001）. ***Conclusion***: Supracondylar fracture of the humerus in children often occurs in July to September, and the younger the age, the shorter the time to clinical fracture healing. The methods, such as shortening the waiting time for surgery, reducing fibrinogen, and shortening the time of operation, can help to shorten the time to clinical fracture healing. The regression equation can preliminarily predict the time to fracture healing to assist doctors and patients in arranging follow-up visits and the removal of devices, thereby avoiding long-term plaster fixation and multiple visits.

【Key words】children; supracondylar fracture of the humerus; time to clinical fracture healing; influencing factors

儿童肱骨髁上骨折指发生在肱骨内外髁上缘3 cm以内的肱骨远端骨折，临床分为屈曲型和伸直型，其中95%为伸直型。临床治疗通常采用手法复位石膏外固定，对于不稳定型肱骨髁上骨折首选闭合复位经皮克氏针内固定，必要时选择切开复位[1]。骨折愈合分为3个期，血肿机化期、原始骨痂形成期、骨痂塑形期，研究表明儿童骨折临床愈合在第一阶段较成人缩短[2]。骨折愈合的影响因素包括全身、局部和医源性因素；全身因素包括年龄[3]、健康等；局部因素包括骨折移位和复位质量[4]、骨折断端血供、皮质粉碎性损伤[4]、软组织损伤、感染和软组织嵌入等；医源性因素包括反复手法复位、损伤局部软组织及骨外膜、手术操作不当、过多剥离骨膜、破坏了软组织及骨的血供等；此外，各种生长因子、微量元素等也在骨折愈合和改建过程中发挥重要作用；但使用非甾体类药物[5]、肥胖[6]不影响儿童骨折临床愈合时间。肱骨髁上骨折复位后采用石膏固定，骨折愈合稳定后拆除石膏，但目前由于缺乏确切的骨折愈合时间，患儿需多次就诊确认骨折是否愈合，导致反复就医或延迟就医。多次复诊将增加患者治疗成本，增加医疗机构工作负担；延长石膏固定时间将增加关节僵硬的风险[7]。目前对于骨折愈合的预测模型包括机械调节愈合模型、生物调节愈合模型和耦合机械生物调节愈合模型，虽然这些模型可帮助预测愈合结果，但目前尚不成熟，且不能提供确切的骨折愈合时间[8-9]。因此本研究聚焦儿童四肢骨折中最常见的肱骨髁上骨折，分析通过手术治疗后骨痂形成和骨折临床愈合的影响因素，建立儿童肱骨髁上骨折临床愈合时间的回归方程，为患者出院健康教育和复诊时间提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2021年6月1日至2023年5月30日在重庆医科大学附属儿童医院骨科接受肱骨髁上骨折手术治疗的儿童作为研究对象。纳入标准：①临床诊断为肱骨髁上骨折；②患者年龄为0～18岁；③采用手术治疗，包括切开复位和闭合复位；④有明确复诊拔克氏针记录；⑤有连续的X片复查结果；⑥既往身体健康。排除标准：①严重感染或开放性骨折；②无复诊记录；有其他严重基础疾病，如糖尿病等；③病理性骨折；④骨折术后合并切口感染。本研究共调查251例患儿，最小13个月，最大161个月，平均（69.49 ± 2.16）个月；男性153例，女性98例；右侧骨折107例，左侧骨折144例；切开复位172例，闭合复位79例；无神经损伤171例，桡神经损伤59例，尺神经损伤7例，正中神经损伤6例，合并桡神经及尺神经损伤2例，桡神经及正中神经损伤5例，尺神经及正中神经损伤1例。本研究为横断面调查研究，研究通过重庆医科大学附属儿童医院伦理委员会讨论，伦理号为（2022）年伦审（研）第（283）号。

1.2 研究方法

1.2.1 一般资料收集方法 通过文献查阅筛选可能影响儿童骨折愈合的影响因素，通过无纸化电子病历系统收集相关资料，包括患者的年龄、性别、居住地、骨折肢体与分型、神经损伤情况、骨折时间、手术时间、手术方式、手术时长、主刀医生、内固定装置数、术前术后体温、血红蛋白值、总蛋白值、白蛋白值、凝血酶原时间、纤维蛋白原、凝血酶时间、复诊记录、X线片出现骨痂时间、拔除克氏针时间等。

1.2.2 评价指标

1.2.2.1 骨痂形成时间 将X线片首次观察到骨痂形成与骨折发生之间的时间差定义为骨痂形成时间（距骨折）；将X片首次观察到骨痂形成与手术时间之间的时间差定义为骨痂形成时间（距手术）。

1.2.2.2 骨折临床愈合时间 将取出克氏针与骨折发生之

间的时间差定义为临床骨折愈合时间（距骨折）；将取出克氏针与手术时间之间的时间差定义为骨折临床愈合时间（距手术）。

1.3 统计学方法

采用SPSS 23.0进行数据分析，计数资料以列数显示，计量资料以均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，并进行正态性检验。将患儿一般资料，如年龄、性别、骨折季节、居住地、术前是否反复复位、手术方式、骨折分型、神经损伤类型、骨折肢体、总蛋白、白蛋白、凝血酶原时间、纤维蛋白原、凝血酶时间、血红蛋白、骨折后等待手术时间（d）、手术时间（min）等作为自变量，将骨痂形成时间（d）和骨折临床愈合时间（d）作为因变量进行影响因素分析。当自变量为二分类变量，因变量符合正态分布时，采用独立样本t检验；当自变量为多分类变量，因变量为连续变量采用单因素方差分析；当自变量为连续分类的等级变量时采用斯皮尔曼检验，当自变量为连续分类的非等级变量采用皮尔逊相关性检验；最后将有意义的变量（P<0.1）带入回归线性模型（步进法），建立骨折临床愈合时间模型，分类变量进行哑变量处理，检验水准α=0.05。

2 结 果

2.1 骨痂形成及骨折临床愈合时间

儿童肱骨髁上骨折手术治疗后骨痂形成时间（距骨折）是（17.21±5.73）d，骨痂形成时间（距手术）是（13.66±5.68）d；骨折临床愈合时间（距骨折）是（46.67±13.52）d，最短为15.67 d，最长为96.96 d；骨折临床愈合（距手术）是（41.25±12.98）d，最短为11.00 d，最长为88.00 d。

2.2 骨痂形成及骨折临床愈合影响因素的单因素分析

影响骨痂形成的因素包括：季节、等待手术时间、总蛋白值（表1、3）。影响骨折临床愈合的因素包括骨折发生的季节、性别、骨折分型、术前反复复位、手术时间、等待手术时间、月龄、纤维蛋白原值、白蛋白值（表2、3）。

2.3 骨痂形成时间和骨折临床愈合时间影响因素的多因素分析

将单因素分析及文献中有意义（P<0.1）的变量作为自变量，将骨痂形成和骨折临床愈合时间作为因变量，进行多因素分析，分类变量进行哑变量赋值（性别：男=00，女=01；季节：春季=0000，夏季=0100，秋季=0010，冬季=0001；骨折分型：伸直型=00，屈曲型=01；术前复位：未复位=00，复位=01）。采用线性回归（步进法），建立回归方程。共线性诊断显示，模型的容忍程度为0.895~0.998，方差膨胀系数（variance inflation factor，VIF）为1.002~1.117≈1，变量间不存在共线性。多重线性回归分析结果显示，骨痂形成与等待手术时间、总蛋白值有关，解释了变异的6.2%和5.5%。见表4、5。骨折临床愈合与儿童月龄、骨折发生季节、等待手术时间、纤维蛋白原、白蛋白值、手术时间、骨折分型有关，解释了变异的20.8%和5.5%。见表6、7。

表1 儿童肱骨髁上骨折骨痂形成时间影响因素（分类变量）的单因素分析（$\bar{x}\pm s$）

项目	类别	例数	骨痂形成时间（距骨折）	统计量值	P值	骨痂形成时间（距手术）	统计量值	P值
性别	男	119	17.613±6.059	t=1.201	0.231	14.076±5.879	t=1.245	0.215
	女	82	16.626±5.205			13.061±5.373		
手术方式	切开复位	135	17.468±5.699	t=0.913	0.362	13.793±5.492	t=0.466	0.642
	闭合复位	66	16.682±5.810			13.393±6.099		
神经损伤	有	60	17.407±5.910	t=0.316	0.752	13.867±5.219	t=−0.333	0.740
	无	141	17.127±5.675			13.575±5.890		
患侧肢体	右侧	80	17.420±6.242	t=0.421	0.674	13.988±6.397	t=0.660	0.510
	左侧	121	17.071±5.933			13.447±5.180		
居住地	城市	130	17.314±5.653	t=0.349	0.727	13.900±5.345	t=0.803	0.423
	乡村	71	17.019±5.913			13.225±6.280		
季节	春	33	19.879±6.102	F=3.603	0.014	15.576±6.160	F=1.761	0.156
	夏	85	16.259±5.552			13.082±5.408		
	秋	37	17.785±4.968			14.000±4.778		
	冬	46	16.592±5.892			13.087±6.334		
内固定数	2个	45	17.213±5.846	F=0.192	0.902	13.400±5.387	F=0.334	0.801
	3个	153	17.161±5.760			13.687±5.822		
	4个	2	20.005±2.821			17.500±2.121		
	5个	1	14.000±0.000			19.000±0.000		
骨折分型	伸直型	182	17.288±5.922	t=0.592	0.555	13.824±5.833	t=1.256	0.211
	屈曲型	19	17.497±3.446			12.105±3.770		
反复复位	是	7	21.143±6.867	t=1.859	0.065	11.571±9.289	t=−0.990	0.323
	否	194	17.068±5.658			13.737±5.537		

注：春1~3月，夏4~6月，秋7~9月，冬10~12月

表2 儿童肱骨髁上骨折临床愈合时间影响因素的单因素（分类变量）分析结果（$\bar{x} \pm s$）

项目	类别	例数	骨折临床愈合时间（距骨折）	统计量值	*P*值	骨折临床愈合时间（距手术）	统计量值	*P*值
性别	男	153	48.095 ± 13.705	*t*=2.101	0.037	41.509 ± 12.614	*t*=0.403	0.687
	女	98	44.444 ± 12.993			40.832 ± 13.584		
手术方式	切开复位	172	47.362 ± 13.847	*t*=1.197	0.232	40.718 ± 12.479	*t*=0.617	0.343
	闭合复位	79	45.163 ± 12.747			42.392 ± 14.020		
神经损伤	有	80	48.129 ± 13.346	*t*=1.122	0.263	40.237 ± 12.513	*t*=−0.789	0.431
	无	171	46.076 ± 13.601			41.625 ± 13.216		
术侧	右侧	107	46.499 ± 13.259	*t*=−0.230	0.818	41.124 ± 13.153	*t*=−0.063	0.950
	左侧	144	46.896 ± 13.766			41.228 ± 12.911		
居住地	城市	149	46.439 ± 13.427	*t*=−0.326	0.745	42.044 ± 12.921	*t*=1.180	0.239
	乡村	102	47.007 ± 13.722			40.078 ± 13.038		
季节	春	47	50.102 ± 14.032	*F*=2 281.859	0.000	44.475 ± 13.367	*F*=2 212.848	0.000
	夏	97	45.735 ± 14.564			41.020 ± 13.911		
	秋	48	44.186 ± 11.013			38.447 ± 10.260		
	冬	59	47.494 ± 12.416			41.318 ± 12.364		
内固定数	2个	55	44.320 ± 11.887	*F*=1.082	0.357	39.561 ± 12.586	*F*=0.505	0.679
	3个	192	47.339 ± 13.930			41.782 ± 13.196		
	4个	2	39.729 ± 6.804			40.733 ± 1.036		
	5个	2	53.979 ± 19.769			36.500 ± 6.364		
分型	伸直型	229	46.160 ± 13.282	*t*=−1.936	0.054	41.783 ± 13.282	*t*=2.137	0.034
	屈曲型	22	51.971 ± 15.150			35.638 ± 8.518		
反复复位	是	8	64.417 ± 16.156	*t*=3.175	0.000	38.500 ± 17.712	*t*=−0.607	0.544
	否	243	46.086 ± 13.062			41.335 ± 12.832		

表3 儿童肱骨髁上骨折骨痂形成时间及骨折临床愈合时间与连续型自变量的相关性

项目	骨痂形成时间（距骨折）	骨痂形成时间（距手术）	骨折临床愈合时间（距骨折）	骨折临床愈合时间（距手术）
等待手术时间（d）	0.234[a]	−0.207[a]	0.278[a]	−0.018
月龄（月）	0.114	0.106	0.342[a]	0.014
手术时间（min）	0.095	0.009	0.157[b]	−0.053[b]
凝血酶原时间（s）	0.034	0.023	0.090	0.026
纤维蛋白原（g/L）	−0.004	−0.130	0.242[a]	−0.007
凝血酶时间（s）	0.051	0.097	−0.040	0.053
D二聚体（mg/L）	0.067	0.088	−0.083	−0.001
血红蛋白（g/L）	−0.087	−0.042	0.065	−0.013
总蛋白（g/L）	0.120	0.185[b]	0.062	0.097
白蛋白（g/L）	0.039	0.116	−0.053	0.167[a]

注：a，*P*<0.01；b，*P*<0.05

表4 儿童肱骨髁上骨折骨痂形成时间（距骨折）影响因素的多重线性回归分析（步进法）

项目	*B*	*SE*	*β*	*t*	*P*	95%CI
常量	3.275	5.799	/	0.565	0.573	−8.161，14.712
等待手术时间（min）	0.024	0.007	0.247	3.538	<0.001	0.010，0.037
总蛋白（g/L）	0.176	0.084	0.147	2.108	0.036	0.011，0.341

注：骨痂形成时间（距骨折）=3.275+0.024 等待手术时间+0.176 总蛋白值，R^2=0.071，调整后的 R^2=0.062，*F*=7.496，德宾−沃森系数=1.651

表5 儿童肱骨髁上骨折骨痂形成时间（距手术）影响因素的多重线性回归分析（步进法）

项目	*B*	*SE*	*β*	*t*	*P*	95%CI
常量	3.351	5.770	/	0.581	0.562	−8.029，14.732
等待手术时间（d）	−0.018	0.007	−0.187	−2.661	0.008	−0.031，−0.005
总蛋白（g/L）	0.174	0.083	0.146	2.084	0.038	0.009，0.338

注：骨折骨痂形成时间（距手术）=3.351−0.018等待手术时间+0.174总蛋白值，R^2=0.065，调整后的R^2=0.055，*F*=6.746，德宾−沃森系数=1.672

表6 儿童肱骨髁上手术治疗后骨折临床愈合（距骨折）影响因素的多重线性回归分析

项目	编号	*B*	*SE*	*β*	*t*	*P*	95%CI
常量		22.274	3.755	/	5.932	<0.001	0.074，0.162
月龄（月）	X_1	0.118	0.022	0.309	5.333	<0.001	0.074，0.162
秋	X_2	−5.233	2.154	−0.141	−2.429	0.016	−9.476，−0.989
等待手术时间（d）	X_3	0.047	0.014	0.200	3.280	0.001	0.019，0.075
纤维蛋白原（g/L）	X_4	3.139	1.008	0.188	3.113	0.002	1.152，5.125
手术时长（min）	X_5	0.058	0.028	0.121	2.050	0.041	0.002，0.113

注：骨折临床愈合时间（距骨折）=22.274+0.118月龄−5.233秋季+0.047等待手术时间（d）+3.139纤维蛋白原+0.058手术时长（min），R^2=0.225，调整后的R^2=0.208，德宾−沃森系数=1.953，*F*=13.528，*P*=0.001

表7 儿童肱骨髁上骨折手术治疗后临床愈合（距手术）影响因素的多重线性回归分析

项目	*B*	*SE*	*β*	*t*	*P*	95%CI
常量	11.611	11.716	/	0.991	0.323	−11.470，34.692
秋季	−4.700	2.259	−0.131	−2.080	0.039	−9.150，−0.249
白蛋白（g/L）	0.678	0.256	0.167	2.645	0.009	0.173，1.183
屈曲型	−6.529	2.886	−0.143	−2.262	0.025	−12.215，−0.843

注：骨折临床愈合时间（距离手术）=11.611−4.700秋季+0.768白蛋白值−6.529屈曲型，R^2=0.067，调整后的R^2=0.055，德宾−沃森系数=1.984，*F*=5.610，*P*=0.004

3 讨 论

3.1 临床宜采用骨折时间预测骨折临床愈合时间

本次研究中以骨折发生时间建立的预测骨折愈合时间的线性回归方程，解释变量的20.8%，优于以手术时间建立的方程（R^2=0.055），临床通过骨折发生时间预测骨折愈合时间可能比采用手术时间预测骨折愈合时间更可靠，也优于对骨痂形成时间的预测（R^2=0.055/0.062）。骨折发生后血肿机化立即开始，早期血肿对骨折愈合具有重要意义。四肢骨折术中骨折端血肿回植，可促进骨折术后早期成骨细胞的增殖和分化，缩短患者骨折愈合时间[10]；血肿内炎性反应、免疫细胞及其相关因子对骨折愈合具有正性或负性调节作用[11]。骨折的修复从骨折时开始，而非从术后开始，因此，相比于手术时间，临床更适合采用骨折时间预测骨折愈合时间。

3.2 骨折临床愈合时间与骨折发生季节有关

本研究中根据骨折发生月份划分骨折发生季节，发生在7~9月的骨折，其临床愈合时间最短（见表2），差异有统计学意义（*P*<0.05）。重庆地区春夏秋冬平均温度为11~18 ℃、20~27 ℃、25~33 ℃、4~8 ℃，季节对骨折临床愈合的影响考虑与环境温度有关。重庆7~9月的平均气温高于其他季节，说明一定程度的高温可能有利于骨折愈合。朱宗令等[12]的研究结果认为温度较高时会促进骨痂的形成和骨折愈合，可采用局部加温装置促进骨折愈合。温热疗法有利于缩短骨缺损临床愈合时间，促进骨缺损临床愈合[13]。艾灸联合TDP治疗创伤性胫腓骨骨折能够提高临床疗效，缩短疼痛、肿胀消失时间，促进骨痂生成，加快骨折的临床愈合[14]。

3.3 早期手术可缩短儿童肱骨髁上骨折的临床愈合时间

本研究中，患儿骨折后等待手术时间平均为（82.817±56.598）h，有2例因复位后骨折移位，骨折后超2周行手术治疗。单因素及多因素分析显示，等待手术时间与骨折临床愈合时间呈正相关。骨折后3 d内清除原始血肿块有可能造成骨性结构延迟愈合，在未受干扰时原始血肿可能启动了骨的愈合过程[15]，因此骨折后早期手术将减少对局部血肿形成的影响。骨折后延长等待手术的时间可能

导致术后并发症增加[16]。四肢骨折患者早期手术，有助于改善凝血功能，缩短骨折临床愈合时间[17]。骨折后等待手术时间，与患儿是否及时就诊、按时完善术前检查、自身健康状况、医疗环境、照顾者认知等因素相关。引导患儿及时准确就医，优化就医就诊流程，缩短骨折后等待手术时间有利于缩短儿童骨折临床愈合时间。

3.4 年龄与儿童骨折临床愈合时间呈正相关

本研究中儿童肱骨髁上骨折患儿的年龄为1~12岁，月龄与骨折临床愈合时间呈正相关，与骨痂形成时间无关。儿童相较于成人骨折愈合速度快。年龄不影响成人临床骨折临床愈合时间[18]；但年龄是儿童骨折临床愈合的重要影响因素[3]，与成人相比儿童骨折临床愈合在第一阶段较成人缩短[1]，年龄对骨折临床愈合的影响在基因表达水平与骨骼临床愈合、免疫和炎症等生物工程相关的功能有关[19]。本研究中，月龄与骨折愈合时间为弱正相关（0.342），而与骨痂形成时间无明显相关。相比于高年龄段儿童，低年龄段儿童应缩短复诊时间间隔，采用回归方程预测复诊时间，可有利于避免石膏固定时间过长导致的关节僵硬。

3.5 高纤维蛋白原将延长骨折临床愈合时间

血液凝固过程中，纤维蛋白原可对血小板黏附机制及血小板聚集机制产生良好的促进作用，在骨折愈合中占重要地位，骨折患者纤维蛋白原值高于普通人[20]。儿童四肢骨折中纤维蛋白原值与骨折临床愈合时间呈正相关[21-22]，已发表的研究认为纤维蛋白原水平较高的患者更可能发生骨不连[23]。纤维蛋白原及其产物与凝血功能相关，高血清表达提示患者血流缓慢，进而导致微循环状态不佳，骨组织供氧、供血及营养物质较差，骨组织修复能力降低，骨折临床愈合时间延长[21]。临床对高纤维蛋白原水平的患儿需持续监测，提供相应措施，减少其对骨折临床愈合时间的影响。可通过口服十二味续骨胶囊可通过改善凝血、纤溶活性而预防血栓的形成，促进骨折临床愈合[24]。

3.6 女性患儿骨折临床愈合时间短于男性患儿

本研究中研究样本均≤13岁，在单因素分析中性别被证明与骨折临床愈合有关，女性骨折临床愈合时间短于男性。已发表的研究认为，骨骼微结构在皮质孔隙度上的差异可能导致骨折复位治疗中的性别差异，不同性别间的差异最早在出现在6岁时[25]。性别可能是骨折愈合的影响因素，在未来研究中可在区分年龄段的基础上，分析性别对骨折愈合的影响。

3.7 手术时间越长预示骨折愈合需要更多时间

儿童肱骨髁上骨折手术时间与患者疾病因素和医疗条件有关。患儿BMI值、骨折移位情况等与骨折愈合时间有关。除疾病相关因素外，手术方式和手术难易程度也影响手术时间。闭合复位手术较切开复位手术时间更短，但手术方式并不影响骨痂形成时间和骨折愈合时间[26]。骨折复位的难度与患儿肥胖呈正相关，虽然肥胖被认为与骨折愈合时间无关[6]，但肥胖将加大手法复位恢复肢体长度的难度，而通过手法复位恢复肢体长度可缩短手术时间[27]。此外，手术时间长短还与主刀医生的经验，团队配合有关。充分的术前准备、良好的团队配合、丰富的工作经验有助于缩短手术时间。

综上，本研究采用大样本横断面回顾性研究，从影响骨折的全身因素、局部因素、医源性因素分析骨折临床愈合时间及影响因素，建立儿童肱骨髁上骨折手术治疗后临床愈合时间的回归方程，通过实验室检查检验结果和病历资料，可有效预测儿童肱骨髁上骨折的临床愈合时间，帮助患者确定复诊和拔除内固定装置的时间，指导患者及照顾者明确复诊时间，优化复诊流程。通过骨折发生季节、患儿的月龄、纤维蛋白原值、等待手术时间、手术时长等可预测骨折临床愈合时间。临床可通过热疗、控制纤维蛋白原值、缩短手术等待时间和手术时间等方式减少骨折临床愈合所需要的时间。

参 考 文 献

[1] 倪宏强，楼 跃. 儿童肱骨髁上骨折的治疗进展[J]. 临床小儿外科杂志，2020，19(4)：364-369，376.
Ni HQ，Lou Y. Therapeutic advances of supracondylar humeral fractures in children[J]. J Clin Pediatr Surg，2020，19(4)：364-369，376.

[2] Malone CA，Sauer NJ，Fenton TW. A radiographic assessment of pediatric fracture healing and time since injury[J]. J Forensic Sci，2011，56(5)：1123-1130.

[3] Lau CF，Malek S，Gunalan R，et al. Paediatric upper limb fracture healing time prediction using a machine learning approach[J]. All Life，2022，15(1)：490-499.

[4] Crompton S，Messina F，Klafkowski G，et al. Validating scoring systems for fracture healing in infants and young children：pilot study[J]. Pediatr Radiol，2021，51(9)：1682-1689.

[5] Stroud S，Katyal T，Gornitzky AL，et al. Effect of non-steroidal anti-inflammatory drugs on fracture healing in children：a systematic review[J]. World J Orthop，2022，13(5)：494-502.

[6] Lee RJ，Hsu NN，Lenz CM，et al. Does obesity affect fracture healing in children?[J]. Clin Orthop Relat Res，2013，471(4)：1208-1213.

[7] 王 乾. 预测儿童肱骨髁上骨折术后肘关节功能模型的构建及验证[D]. 承德：承德医学院，2023.

Wang Q. Construction and validation of a model for predicting elbow joint function after supracondylar fracture of humerus in children[D]. Chengde: Chengde Medical College, 2023.

[8] Wang MN, Yang N, Wang XY. A review of computational models of bone fracture healing[J]. Med Biol Eng Comput, 2017, 55(11): 1895-1914.

[9] Wang MN, Jiang GD, Yang HY, et al. Computational models of bone fracture healing and applications: a review[J/OL]. Biomed Tech, 2024[epub ahead of print].doi: 10.1515/bmt-2023-0088.

[10] Shiu HT, Leung PC, Ko CH. The roles of cellular and molecular components of a hematoma at early stage of bone healing[J]. J Tissue Eng Regen Med, 2018, 12(4): 1911-1925.

[11] 张里程，唐佩福. 骨折后早期血肿与骨折愈合机制研究进展[J]. 武警医学，2012，23(11)：985-987.

Zhang LC, Tang PF. Research progress on early hematoma after fracture and fracture healing mechanism[J]. Med J Chin People's Armed Police Forces, 2012, 23(11): 985-987.

[12] 许伟才. 温度对骨折愈合的影响及潜在机制的研究[D]. 汕头：汕头大学，2019.

Xu WC. Investigation on the effects of different temperature on fractures healing and the underlying mechanisms[D]. Shantou: Shantou University, 2019.

[13] 肖 芳. 温度对骨缺损临床愈合早期的干预影响[D]. 武汉：武汉体育学院，2020.

Xiao F. The influence of temperature on the early intervention of bone defect healing[D]. Wuhan: Wuhan Sports University, 2020.

[14] 孙晓东. 艾灸联合TDP辅助治疗创伤性胫腓骨骨折的疗效观察[J]. 中国疗养医学，2019，28(8)：792-795.

Sun XD. Curative effect observation of moxibustion combined with TDP in the treatment of traumatic tibiofibular fracture[J]. Chin J Conval Med, 2019, 28(8): 792-795.

[15] Wang CX, Qi BC, Zhang CF, et al. Identification of key genes influenced by fixation stability in early fracture hematoma and elucidation of their roles in fracture healing[J]. Exp Ther Med, 2017, 14(5): 4633-4638.

[16] Wendling-Keim DS, Binder M, Dietz HG, et al. Timing of osteosynthesis of fractures in children changes the outcome[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2022, 48(5): 3461-3470.

[17] 王 晶. 多发伤伴四肢骨折患者的急救与早期手术治疗效果分析[J]. 中国社区医师，2022，38(31)：14-16.

Wang J. Analysis of treatment effect of first aid and early surgery in patients with multiple injuries and extremity fractures[J]. Chin Community Dr, 2022, 38(31): 14-16.

[18] Wollstein R, Trouw A, Carlson L, et al. The effect of age on fracture healing time in metacarpal fractures[J]. Hand, 2020, 15(4): 542-546.

[19] 王顺义，李 辉，胡长清，等. 年龄对骨折愈合影响的生物信息学分析[J]. 天津医药，2015，43(6)：616-619，705.

Wang SY, Li H, Hu CQ, et al. Using bioinformatics to analyze the effect of age on fracture healing[J]. Tianjin Med J, 2015, 43(6): 616-619, 705.

[20] 李兴国，仲伟香，王同华，等. 骨折患者D-二聚体、C反应蛋白及纤维蛋白原联合检测的临床变化分析[J]. 临床检验杂志（电子版），2018，7(4)：592-594.

Li XG, Zhong WX, Wang TH, et al. Clinical changes of combined detection of D- dimer, C-reactive protein and fibrinogen in fracture patients [J]. Clin Lab J Electron Ed, 2018, 7(4): 592-594.

[21] 杨 平，雷智杰，于江林，等. 负载纤维蛋白原的胶原膜对大鼠股骨骨折愈合的作用及机制研究[J]. 实用骨科杂志，2024，30(6)：514-518.

Yang P, Lei ZJ, Yu JL, et al. The effect and mechanism of collagen membranes loaded with fibrinogen on the healing of femur fractures in rats [J]. J Pract Orthop, 2024, 30(6): 514-518.

[22] 刘志国. 纤维蛋白原和FDP在小儿四肢骨折血清中的表达变化[J]. 中外医疗，2020，39(3)：37-39.

Liu ZG. Changes of fibrinogen and FDP expression in serum of children with limb fracture[J]. China Foreign Med Treat, 2020, 39(3): 37-39.

[23] 俞自强. 骨折不愈合相关危险因素的回顾性研究分析[D]. 南昌：南昌大学医学部，2018.

Yu ZQ. Retrospective study and analysis of risk factors related to fracture nonunion[D]. Nanchang: Nanchang University Jiangxi Medical College, 2018.

[24] 刘树胜. 十二味续骨胶囊对四肢骨折术后延迟愈合患者血浆纤维蛋白原及D-二聚体的影响：附：88例病例报告[J]. 成都中医药大学学报，2010，33(4)：29-30.

Liu SS. Influence on contents of plasma fibrinogen and D-dimeride limbs bone fracture lated healed patients treated with Shi-er Xu-gu capsule[J]. J Chengdu Univ Tradit Chin Med, 2010, 33(4): 29-30.

[25] Nieves JW. Sex-differences in skeletal growth and aging[J]. Curr Osteoporos Rep, 2017, 15(2): 70-75.

[26] 柳 松，钟 晓. 切开复位与闭合复位经皮克氏针内固定治疗小儿肱骨髁上骨折的疗效比较[J]. 临床骨科杂志，2024，27(1)：61-65.

Liu S, Zhong X. Comparison effect of open reduction and closed reduction with percutaneous Kirschner wire internal fixation for the treatment of humeral supracondylar fractures in children[J]. J Clin Orthop, 2024, 27(1): 61-65.

[27] 沈 濬，徐大鹏，王晓东，等. 儿童移位肱骨髁上骨折手术时间的多中心分析[J]. 中国矫形外科杂志，2024，32(4)：308-313.

Shen J, Xu DP, Wang XD, et al. A multicenter analysis on operation time for displaced supracondylar humeral fractures in children[J]. Orthop J China, 2024, 32(4): 308-313.

（责任编辑：曾 玲）