

· 专题 · 儿童骨科多中心临床研究 ·

儿童发育性髋关节发育不良闭合复位术后
结局预测模型的构建

全文二维码

黎艺强¹ 刘行² 郭跃明³ 石伟哲¹ 林雪梅¹ 徐晨晨¹ 韦胜¹ 刘远忠¹ 徐宏文¹

中国儿童骨科多中心研究协作组

¹ 广州医科大学附属妇女儿童医疗中心儿童骨科, 广州 510623; ² 重庆医科大学附属儿童医院骨一科; 重庆 400000; ³ 佛山市中医院小儿骨科; 佛山 528000

通信作者: 徐宏文, Email: xuhongwen@gwcmc.org

【摘要】 目的 建立儿童发育性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 闭合复位术后结局预测模型, 并利用该模型指导 DDH 闭合复位术后残余髋臼发育不良 (residual acetabular dysplasia, RAD) 手术时机的选择。 **方法** 回顾性分析国内多个医疗中心 2004—2015 年采用闭合复位术治疗的 449 例 (522 髋) DDH 患儿临床资料, 患儿年龄 (16.3 ± 5.1) 个月。术前在骨盆正位 X 线片上评估脱位程度的国际髋关节发育不良协会 (International Hip Dysplasia Institute, IHDI) 分型、股骨头骨化核以及髋臼指数 (acetabular index, AI)。术后测量第 1、2、3、4 年及末次随访时的 AI、中心边缘角 (centre-edge angle of Wiberg, CEA) 和 Reimer 指数 (Reimer's index, RI), 评估股骨头缺血性坏死 (avascular necrosis of the femoral head, AVN) 情况。根据末次随访时 Severin 影像学评级以及是否接受二期骨盆截骨术, 将患儿分成两组: Severin I、II 级为痊愈组, Severin III、IV 级或接受了骨盆截骨术者为 RAD 组。利用 Cox 回归构建 DDH 闭合复位术后痊愈预测模型, 并用受试者操作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线进行内部验证。 **结果** 522 髋中, IHDI 分型为 II 型 70 髋 (13.4%), III 型 223 髋 (44.6%), IV 型 219 髋 (42%)。复位前 410 髋 (78.5%) 已出现股骨头骨化核。总体 AVN (II 型以上) 发生率为 12.8%。痊愈组 329 髋 (63%), 痊愈时间 (33.3 ± 14.7) 个月 (8.4 ~ 111.4 个月), 93.6% (308/329) 的痊愈患儿痊愈时间在术后 5 年以内。Cox 回归分析显示, IHDI 分型、股骨头骨化核、复位年龄、当前 AI、CEA、RI、AVN 是 DDH 闭合复位术后累积痊愈概率的影响因素, 利用上述影响因素, 本研究成功构建了 DDH 闭合复位术后痊愈预测模型。该模型中所有因素的总分为 -11 ~ 17 分, 对应痊愈概率为 0.02 ~ 1.0。在该模型下, ROC 曲线分析显示, 术后第 1、2、3、4 年总分小于 2.5、1.5、2.5、1.5 分时, 患儿痊愈概率显著较高 (81.4% ~ 96.1%), ROC 曲线下面积为 0.808 ~ 0.910, Kappa 系数为 0.497 ~ 0.618。相反, 当总分大于 1.5 ~ 2.5 分时, RAD 发生率显著升高, 建议行骨盆截骨术。 **结论** 本研究构建的痊愈预测模型可以有效预测 RAD, 并指导骨盆截骨手术时机的选择。在该模型下, 如果术后第 1、2、3、4 年时模型中所有因素总分大于 2.5、1.5、2.5、1.5 分, 则 RAD 发生率显著升高。

【关键词】 发育性髋关节发育不良; 闭合复位; 治疗结果; 残余髋臼发育不良; 截骨术, 骨盆; 预测模型

基金项目: 广州市妇女儿童医疗中心/儿科研究所临床研究基金 (GWCMC2020-6-005)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202404061-003

Prediction model of final outcomes in children with developmental dysplasia of the hip treated by closed reduction

Li Yiqiang¹, Liu Hang², Guo Yueming³, Shi Weizhe¹, Lin Xuemei¹, Xu Chenchen¹, Wei Shen¹, Liu Yuanzhong¹, Xu Hongwen¹, Chinese Multicenter Pediatric Orthopedic Study Group (CMPOS)

¹ Department of Pediatric Orthopedics, Municipal Women & Children's Medical Center, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510623, China; ² Department I of Orthopedics, Affiliated Children's Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400000, China; ³ Department of Pediatric Orthopedics, Municipal Hospital of Traditional Medicine Chinese, Foshan 528000, China

Corresponding author: Xu Hongwen, Email: xuhongwen@gwcmc.org

[Abstract] Objective To establish a prediction model for residual acetabular dysplasia (RAD) following closed reduction in developmental dysplasia of the hip (DDH), so as to guide the selection of timing for secondary pelvic osteotomy. **Methods** A retrospective analysis was performed on 449 patients (522 hips, mean age: 16.3 ± 5.1 months) with DDH treated by closed reduction from 2004 to 2015. On pelvic radiograph, the degree of dislocation according to International Hip Dysplasia Institute (IHDI) classification and the appearance of ossified nuclei were evaluated prior to reduction, and acetabular index (AI), Centre-edge angle of Wiberg (CEA) and Reimer index (RI) were measured at the time of 1, 2, 3, 4 years postoperation, and final follow up visit. Avascular necrosis of the femoral head (AVN) was also assessed. Patients were divided into two groups according to Severin's grade at last follow-up and whether they underwent secondary pelvic osteotomy: those with Severin I/II hips were classified into the recovered group and those with Severin III/IV hips or already having undergone pelvic osteotomy were classified into the RAD group. Cox regression was used to establish a predictive model for recovery of the hip after closed reduction, and the receiver operating characteristic curve (ROC) analysis was used to verify the established model. **Results** Of these 522 hips, 70 hips (13.4%) were IHDI type II, 223 (44.6%) were type III and 219 (42%) were type IV. Prior to reduction, the ossified nuclei of the femoral head appeared in 410 hips (78.5%). The overall incidence of AVN was 12.8%. There were 329 hips (63%) involved in recovered group. Of these 329 hips, the mean recovery time was 33.3 ± 14.7 months, and 93.6% of these patients recovered within 5 years after surgery. Cox regression analysis showed that IHDI classification, ossification nucleus of the femoral head, age of reduction, and current AI, CEA, RI and AVN were factors affecting the cumulative probability of recovery after closed reduction of DDH. Based on Cox regression analysis, this study successfully constructed a predictive model for recovery after closed reduction. The total scores of this model ranged from -11 to 17, with corresponding cumulative probability of recovery ranged from 0.02 to 1.0. Under this model, if the total score was less than or equal to 2.5, 1.5, 2.5, or 1.5 points at 1, 2, 3, and 4 years after CR, respectively, the patient had a significantly higher rate of recovery (81.4% - 96.1%), the area under the curve of ROC was 0.808 to 0.910, and the Kappa coefficient was 0.497 to 0.618. On the other hand, if the total score was larger than 1.5 - 2.5, the risk of RAD significantly increased, and pelvic osteotomy was recommended under this condition. **Conclusions** The model established in this study can be effectively used to predict the development of RAD, so as to guide the timing of pelvic osteotomy. Under this model, the child is very likely to develop RAD if the total score is greater than 2.5, 1.5, 2.5, or 1.5 points at 1, 2, 3, and 4 years after CR, respectively.

[Key words] Developmental Dysplasia of the Hip; Closed Reduction; Treatment Outcome; Residual Acetabular Dysplasia; Osteotomy, Pelvis; Prediction Model

Fund program: Clinical Research Fund of Guangzhou Municipal Women & Children's Medical Center/ Pediatric Research Institute (GWCMC2020-6-005)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202404061-003

发育性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 是儿童常见下肢疾患, 该病表现为股骨头和髋臼关系的异常, 包括先天性髋臼发育不良、髋关节不稳定、先天性髋关节半脱位和全脱位^[1-3]。研究显示, DDH 的发病率约为 1.4%, 全脱位发病率约 0.21%^[3-4]。我国部分地区的超声筛查结果显示, DDH 超声检出率为 2.8%~8%^[5-7]。

目前, 对于 6 月龄以上的 DDH 患儿, 首选全身麻醉下闭合复位石膏固定^[8]。既往研究显示, 采用闭合复位治疗的患儿中约 79.9% 可以获得满意的影像学结果^[9]。残余髋臼发育不良 (residual acetabular dysplasia, RAD) 是 DDH 闭合复位术后常见并发症, 约 1/3 的患儿闭合复位术后会出现

RAD^[10-11]。当前国内外对于 RAD 的预测还存在很大争议。本研究基于 Cox 回归构建 DDH 闭合复位术后髋关节痊愈预测模型, 利用该模型指导骨盆截骨术的手术时机选择。

资料与方法

一、临床资料

回顾性分析国内多个医疗中心 2004—2015 年采用闭合复位治疗的发育性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 患儿临床资料。本研究获得广州医科大学附属妇女儿童医疗中心伦理委员会审核批准 (穗妇儿科伦批字 [2021]

第 129A01 号)。病例纳入标准:①诊断为 DDH;②采用闭合复位石膏固定治疗;③有完整的临床和影像学资料,有定期复查的 X 线片;④随访时间超过 24 个月。排除标准:①临床资料不全;②合并多关节挛缩、脑瘫、脊髓栓系综合征、脊髓脊膜膨出、关节松弛等神经肌肉疾病;④闭合复位失败或复位成功后发生再脱位。

共 449 例(522 髋)患儿纳入研究,其中女 402 例(89.5%),男 47 例(10.5%)。左侧 226 例,右侧 146 例,双侧 73 例。另外 4 例为双侧 DDH,但一侧行闭合复位,另一侧闭合复位失败,故本研究只纳入了闭合复位的一侧。年龄(16.3 ± 5.1)个月($3.3 \sim 35.9$ 个月),随访时间(49.6 ± 21.6)个月($24 \sim 191.3$ 个月)。

二、评价指标

术前在骨盆正位 X 线片上判定 DDH 的侧别(左侧、右侧、双侧),记录患侧股骨头骨化核(股骨头二次骨化中心)是否出现。

复位前在骨盆正位 X 线片上采用国际髋关节发育不良协会(International Hip Dysplasia Institute, IHDI)的方法对髋关节脱位程度进行分型^[12]。

复位后定期在门诊复查,并行骨盆正位 X 线片检查。本研究测量术前、术后 1 年、2 年、3 年、4 年以及末次随访时的髋臼指数(acetabular index, AI)、中心边缘角(centre-edge angle of Wiberg, CEA)和 Reimer 指数(Reimer's index, RI)。测量方法与既往研究类似^[13]。AI、CEA 和 RI 均在图像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)上完成,由 2 位医师独自进行测量,测量前对两个测量者进行统一培训。测量完成后取二者平均值进行最终的统计分析。

在骨盆正位 X 线片上评估有无股骨头缺血性坏死(avascular necrosis of the femoral head, AVN)以及分型,分型标准采用 Kalamchi 和 MacEwen 描述的方法^[14]。一般认为,Ⅰ型 AVN 为股骨头暂时性缺血改变,可以完全修复,因此在统计分析时Ⅰ型视为正常^[15-16]。

末次随访时,在骨盆正位 X 线片上对髋关节进行疗效评级,方法为 Severin^[15]描述的影像学评级方法。Severin Ⅰ级和Ⅱ级为疗效满意,Severin Ⅲ级以上为疗效不满意。由于末次随访时患儿年龄存在差异,因此髋臼发育不良的诊断标准也不同。在 Severin 评级Ⅲ级中,髋臼发育不良的判定主要依据石永言等^[17]研究中的中国人不同年龄人群正常 AI

值和 Sharp 角, AI 和 Sharp 角在平均值加 2 个标准差以上定义为明显髋臼发育不良^[18]。

患者分组:末次随访时为 Severin Ⅰ级或Ⅱ级且没有接受过骨盆截骨术者归为痊愈组,末次随访时为 Severin Ⅲ级或Ⅳ级者归为 RAD 组。如果在随访过程中因 RAD 而接受了骨盆截骨术,则无论末次随访结局如何,均归入 RAD 组。

随访时间定义为手术日期至末次随访日期之间的时长,本研究以“月”为单位计算随访时间。痊愈时间定义为自手术日期至髋关节达到 Severin Ⅰ、Ⅱ级所需的时间,以“月”为单位计算痊愈时间。

三、统计学处理

所有数据均通过 SPSS 22.0 进行统计分析。服从正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料用频数表示。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。构建预测模型时,主要方法与 D'Agostino 等描述的方法类似^[19]。该模型的构建主要基于 Cox 回归。在进行 Cox 回归分析时,首先确定结局事件。在 DDH 患者中,闭合复位术后髋臼随着时间的推移而不断发育,逐渐进展至满意的结局(Severin Ⅰ/Ⅱ级),此时为达到结局事件。其余末次随访时未能达到结局事件的病例归类为“删失”。其次确定 Cox 回归中的时间变量,对于达到 Severin Ⅰ、Ⅱ级的患者,时间变量为达到 Severin Ⅰ、Ⅱ级所需的时间(痊愈时间);对于未达到 Severin Ⅰ、Ⅱ级的患者,时间变量为随访时间。部分患儿由于 RAD 而接受了二期骨盆截骨矫形术,对于这部分患者,本研究视为存在 RAD,分析时归类为“删失”,时间为闭合复位手术日期至骨盆截骨矫形术日期的时长。通过 Cox 回归分析得出影响达到结局事件的因素,根据各指标的临床特点进行分组或分类,并对每一个分组进行赋值,结合回归系数确定每个指标每一个分组的分值,最后根据 Cox 回归概率公式计算髋关节获得痊愈的概率。痊愈概率的计算公式为: $\hat{p} = 1 - S_0(t)^{\exp(\sum_{i=1}^p \beta_i x_i - \sum_{i=1}^p \beta_i \bar{x}_i)}$ 。

最后制定可供查询的预测概率列表,每一个分值对应每一个概率,该列表即为预测模型。此外,本研究还计算出每一例患儿在术后第 1、2、3、4 年时预测痊愈的总分,采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线确定最佳临界值。

结 果

一、总体情况

本组 449 例(522 髋)DDH 患儿中, IHDI 分型为

Ⅱ型 70 髋(13.4%),Ⅲ型 223 髋(44.6%),Ⅳ型 219 髋(42%)。复位前 410 髋(78.5%)股骨头骨化核已经出现,112 髋(21.5%)股骨头骨化核未出现。闭合复位前 AI 值为(35.4±4.5)°。

根据 Kalamchi 和 MacEwen 分型,416 髋(79.7%)无 AVN,39 髋(7.5%)为Ⅰ型 AVN,49 髋(9.4%)为Ⅱ型 AVN,12 髋(2.3%)为Ⅲ型 AVN,6 髋(1.1%)为Ⅳ型 AVN。总体 AVN 发生率(Ⅱ级以上)约 12.8%。

AI、CEA、RI 由两位测量者独立测量,AI、CEA 和 RI 的组内相关系数(intraclass correlation efficient,ICC)分别为 0.834、0.789、0.807,测量结果具有良好的一致性。

末次随访时,AI、CEA、RI 值分别为(21.3±6.9)°、(25.3±10.7)°、(19.2±11.3)%。根据 Severin 分级,Ⅰ级 360 髋(360/522,69%),Ⅱ级 8 髋(8/522,8.0%),Ⅲ级 116 髋(116/522,22.2%),Ⅳ级 4 髋(4/522,0.8%)。末次随访时总体满意率(Severin Ⅰ、Ⅱ级)约 77%。

522 髋中,痊愈组 329 髋(63%),RAD 组 193 髋(37%)。两组患儿基本资料见表 1。痊愈组痊愈时间(33.3±14.7)个月(8.4~111.4 个月)。根据痊愈时间,闭合复位后 24~36 个月之间获得痊愈的患儿人数占比最高(36.8%),其次为 36~48 个月(23.1%)、<24 个月(21.9%)和 48~60

个月(11.9%)。痊愈组 93.6%(308/329)的患儿痊愈时间在术后 5 年以内。

二、模型构建

构建预测模型时,本研究纳入了术前指标和当前指标。根据 Cox 回归分析结果,术前指标包括 IHDI 分型、复位年龄、股骨头骨化核是否出现,当前指标包括当前的 AI、CEA、RI 和 AVN。

以术后第 1 年为例。Cox 回归分析显示(表 2),DDH 闭合复位术后第 1 年时,可以用来预测末次随访时是否痊愈的指标有 IHDI、复位年龄、股骨头骨化核是否出现、AVN(考虑到术后 1 年时 AVN 分型较困难,术后第 1 年只分析有无 AVN)以及术后第 1 年的 AI、CEA、RI。

在构建预测模型时,首先根据临床实际情况对各个指标进行分类,结合 Cox 回归系数 β_i 对每一个指标的每一个分类进行赋分,具体过程见表 3。在每个分组中选择合适的数值作为参考值 W_{ij} ,然后在每组中确定基础参考值 W_{iREF} 。术后第 1 年痊愈组的 AI 值为 $25.8^\circ \pm 4.4^\circ$,因此把 W_{iREF} 定在 25~30 组别,中间值为 27.5。同理,把 CEA 的 W_{iREF} 设定为 17.5,RI 的 W_{iREF} 设定为 17.5。然后,计算影响因素的每一分组与基础参考值 W_{iREF} 之间的距离 D,计算公式为 $D = \beta_i \times (W_{ij} - W_{iREF})$ 。此外,还需设定评分工具中每记 1 分时,对应各个影响因素变化的距离常数(用 B 表示)。考虑到本研究中 AI 值的

表 1 RAD 组和痊愈组 DDH 患儿临床指标比较

Table 1 Comparison of clinical parameters between groups of RAD and recovery

分组	髋数	复位年龄 ($\bar{x} \pm s$, 月)	性别[髋(%)]		侧别[髋(%)]		
			女	男	左	右	双
RAD 组	193 (37 %)	17.0 \pm 5.4	174(37.1)	19(35.8)	89(39.4)	47(32.2)	57(38)
痊愈组	329 (63 %)	16.1 \pm 5.0	295(62.9)	34(64.2)	137(60.6)	99(67.8)	93(62)
$t/Z/\chi^2$ 值		$t=1.971$	$\chi^2=0.032$		$\chi^2=2.062$		
P 值		0.049	0.858		0.357		
分组	术前 AI($\bar{x} \pm s, ^\circ$)	IHDI 分型[髋(%)]			骨化核[髋(%)]		
		Ⅱ型	Ⅲ型	Ⅳ型	无	有	
RAD 组	36.3 \pm 4.7	14(20)	84(36.1)	95(43.4)	46(41.1)	147(35.9)	
痊愈组	34.9 \pm 4.2	56(80)	149(63.9)	124(56.6)	66(58.9)	263(64.1)	
$t/Z/\chi^2$ 值	$t=3.557$	$Z=3.270$			$\chi^2=1.028$		
P 值	<0.001	0.001			0.311		
分组	AVN[髋(%)]		AVN 分型[髋(%)]				
	无(含Ⅰ型)	有(Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型)	无	Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型	Ⅳ型
RAD 组	144(31.6)	49(73.1)	130(31.3)	14(35.9)	36(73.5)	8(66.7)	5(83.3)
痊愈组	311(68.4)	18(26.9)	286(68.8)	25(64.1)	13(26.5)	4(33.3)	1(16.7)
$t/Z/\chi^2$ 值	$\chi^2=43.133$		-				
P 值	<0.001		<0.001				

注 RAD:残余髋臼发育不良;DDH:发育性髋关节发育不良;AI:髋臼指数;IHDI:国际髋关节发育不良协会;“-”代表采用 Fisher 精确概率法;AVN:股骨头缺血性坏死

分组较多,因此本研究设定 AI 值每增加 5 时为 1 分,则 $B = 5 \times \beta_i = 5 \times (-0.047) = -0.235$ 。然后,计算影响因素每个分类对应的分值 ($Scores_{ij} = D/B$),并四舍五入取整数。

将每个指标的分值相加计算总分,并根据前述

的概率计算公式计算痊愈概率。

公式中 $S_0(t)$ 为末次随访尚未达到结局时间的概率,根据 Kaplan-Meier 回归方法计算 $S_0(t) = 0.114$ 。根据公式计算出每一分值对应的痊愈概率,结果见表 4。

表 2 术后第 1 年纳入 DDH 预测模型的指标 (Cox 回归)

Table 2 Parameters included in predictive model at Year 1 post-reduction based upon Cox regression

变量	均数或占比	回归系数 β_i	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	OR 值 95% 置信区间
IHDI II 型				10.781	0.005		
IHDI III 型	0.447	-0.413	0.160	6.694	0.010	0.661	0.484, 0.905
IHDI IV 型	0.420	-0.543	0.167	10.600	0.001	0.581	0.419, 0.806
骨化核	0.785	0.511	0.147	12.093	0.001	1.667	1.250, 2.224
复位年龄	16.422	-0.026	0.013	4.081	0.043	0.975	0.951, 0.999
术后 1 年 AI	27.128	-0.047	0.013	12.264	0.000	0.954	0.930, 0.980
术后 1 年 CEA	14.123	0.037	0.011	10.451	0.001	1.037	1.015, 1.061
术后 1 年 RI	23.727	-0.017	0.006	9.582	0.002	0.983	0.972, 0.994
AVN	0.130	-1.111	0.251	19.635	0.000	0.329	0.201, 0.538

注 DDH:发育性髋关节发育不良; IHDI:国际髋关节发育不良协会; AI:髋臼指数; CEA:中心边缘角; RI:Reimer 指数; AVN:股骨头缺血性坏死

表 3 DDH 患儿术后第 1 年各因素分组及赋分情况

Table 3 Classification of different factors and corresponding assigned point values at Year 1 post-reduction

因素	Cox 回归系数 (β_i)	分组	参考值 (W_{ij})	$D = \beta_i \times (W_{ij} - W_{iREF})$	$Scores_{ij} = D/B$	Scores 取整
IHDI 分型	-0.413	II 型	-	Base	0	0
		III 型	否	$0 = W_{1REF}$	0	0
			是	1	-0.413	1.8
	-0.543	IV 型	否	$0 = W_{2REF}$	0	0
			是	1	-0.543	2.3
骨化核	0.511	无骨化核		$0 = W_{3REF}$	0	0
		有骨化核	1	0.511	-2.2	-2
复位年龄 (月)	-0.026	<6	3	0.312	1.3	-1
		6~12	9	0.156	0.7	-1
		12~18	$15 = W_{4REF}$	0	0	0
		18~24	21	-0.156	-0.7	1
		24~30	27	-0.312	-1.3	1
		>30	33	-0.468	-2.0	2
术后第 1 年 AI (°)	-0.047	<10	7.5	0.94	-4	-4
		10~15	12.5	0.705	-3	-3
		15~20	17.5	0.47	-2	-2
		20~25	22.5	0.235	-1	-1
		25~30	$27.5 = W_{5REF}$	0	0	0
		30~35	32.5	-0.235	1	1
		35~40	37.5	-0.47	2	2
		>40	42.5	-0.705	3	3
术后第 1 年 CEA (°)	0.037	<0	-2.5	-0.74	3.1	3
		0~5	2.5	-0.56	2.4	2
		5~10	7.5	-0.37	1.6	2
		10~15	12.5	-0.19	0.8	1

续上表

因素	Cox 回归系数 (β_i)	分组	参考值 (W_{ij})	$D = \beta_i \times (W_{ij} - W_{iREF})$	$Scores_{ij} = D/B$	Scores 取整
术后第 1 年 RI(%)	-0.017	15 ~ 20	17.5 = W_{6REF}	0	0	0
		20 ~ 25	22.5	0.19	-0.8	-1
		25 ~ 30	27.5	0.37	-1.6	-2
		30 ~ 35	32.5	0.56	-2.4	-2
		> 35	37.5	0.74	-3.1	-3
		< 5	2.5	0.255	-1.1	-1
		5 ~ 10	7.5	0.17	-0.7	-1
		10 ~ 15	12.5	0.085	-0.4	0
		15 ~ 20	17.5 = W_{7REF}	0	0	0
		20 ~ 25	22.5	-0.085	0.4	0
		25 ~ 30	27.5	-0.17	0.7	1
		30 ~ 35	32.5	-0.255	1.1	1
		35 ~ 40	37.5	-0.34	1.4	1
		> 40	42.5	-0.425	1.8	2
AVN	-1.111	无	0 = W_{8REF}	0	0	0
		有	1	-1.111	4.7	5

注 DDH:发育性髋关节发育不良; $B = 5 \times (-0.047) = -0.235$; IHDI:国际髋关节发育不良协会; AI:髋臼指数; CEA:中心边缘角; RI:Reimer 指数; AVN:股骨头缺血性坏死

表 4 DDH 患儿闭合复位术后第 1 年不同总分对应的最终痊愈概率

Table 4 Different total score at Year 1 post-reduction and the corresponding predicted recovery rate in DDH children

总分	恢复概率	总分	恢复概率
-11	1	4	0.759252337
-10	1	5	0.675599879
-9	1	6	0.589347097
-8	1	7	0.50520589
-7	0.999999994	8	0.426648525
-6	0.999999672	9	0.35580903
-5	0.999992529	10	0.293662058
-4	0.999911475	11	0.240314719
-3	0.999375019	12	0.195302796
-2	0.997069742	13	0.157837694
-1	0.990059468	14	0.126988241
0	0.973889787	15	0.101801748
1	0.943975697	16	0.081376768
2	0.897552133	17	0.064901151
3	0.834905558		

注 DDH:发育性髋关节发育不良

按照同样的方法,可以构建术后第 2、3、4 年的痊愈预测概率。最终结果汇总见表 5、表 6。

三、模型验证

根据本预测模型计算出每个髋关节术后第 1、2、3、4 年的总分,然后做出第 1、2、3、4 年的 ROC 曲线(表 7)。由表 7 和图 1 可知,本模型术后第 1 ~ 4

年预测最终痊愈的 ROC 曲线下面积(area under the curve,AUC)为 0.808 ~ 0.910(图 1)。本模型中,AUC 均大于 0.8,具有良好的区分度。根据 ROC 曲线计算出临界总分,由表 7 可知,术后第 1 ~ 4 年的临界总分为 1.5 ~ 2.5 分(表 7),当总分小于该值时,痊愈概率显著升高。

表 5 DDH 患儿闭合复位术后第 1 年至第 4 年各指标分类及得分汇总

Table 5 Summary classifications of different factors and corresponding assigned point values at Year 1/2/3/4 post-reduction					
因素	分类	术后第 1 年	术后第 2 年	术后第 3 年	术后第 4 年
IHDI	Ⅱ型	0	0	0	0
	Ⅲ型	2	1	1	1
	Ⅳ型	2	1	1	1
骨化核	无骨化核	0	0	0	0
	有骨化核	-2	-1	0	0
复位年龄(月)	<6	-1	-1	0	0
	6~12	-1	0	0	0
	12~18	0	0	0	0
	18~24	1	0	0	0
	24~30	1	1	0	0
	>30	2	1	0	0
AI(°)	<10	-4	-4	-3	-3
	10~15	-3	-3	-2	-2
	15~20	-2	-2	-1	-1
	20~25	-1	-1	0	0
	25~30	0	0	1	1
	30~35	1	1	2	2
	35~40	2	2	3	3
	>40	3	3	4	4
CEA(°)	<0	3	1	1	1
	0~5	2	1	1	1
	5~10	2	1	1	1
	10~15	1	0	1	1
	15~20	0	0	0	0
	20~25	-1	0	0	0
	25~30	-2	-1	0	0
	30~35	-2	-1	-1	-1
RI(%)	>35	-3	-1	-1	-1
	<5	-1	-1	-1	-1
	5~10	-1	-1	0	-1
	10~15	0	0	0	0
	15~20	0	0	0	0
	20~25	0	0	0	0
	25~30	1	1	0	1
	30~35	1	1	1	1
AVN	35~40	1	1	1	1
	>40	2	2	1	1
	无	0	0	0	0
	有	5	-	-	-
	Ⅱ型	-	3	2	3
	Ⅲ型	-	2	2	1
	Ⅳ型	-	3	3	4

注 DDH:发育性髋关节发育不良; IHDI:国际髋关节发育不良协会; AI:髋臼指数; CEA:中心边缘角; RI: Reimer 指数; AVN:股骨头缺血性坏死

表 6 DDH 闭合复位术后第 1 年至第 4 年不同总分对应的预测最后痊愈概率
Table 6 Summary of different total score at Year 1/2/3/4 post-reduction and the corresponding predicted recovery rate in DDH children

总分	第 1 年预测恢复概率	第 2 年预测恢复概率	第 3 年预测恢复概率	第 4 年预测恢复概率
-11	1			
-10	1			
-9	1			
-8	1	1		
-7	0.999999994	1		
-6	0.999999672	1		
-5	0.999992529	1	1	1
-4	0.999911475	1	1	1
-3	0.999375019	1	1	1
-2	0.997069742	0.999993	0.999999735	0.999998756
-1	0.990059468	0.999567	0.999800828	0.999748619
0	0.973889787	0.993672	0.991729012	0.993606373
1	0.943975697	0.96348	0.932671428	0.95403287
2	0.897552133	0.885125	0.78091023	0.847008663
3	0.834905558	0.757001	0.574436036	0.681582722
4	0.759252337	0.603424	0.381675134	0.502215692
5	0.675599879	0.453742	0.237013898	0.346380304
6	0.589347097	0.326529	0.141200992	0.228337186
7	0.50520589	0.227746	0.082089275	0.146154836
8	0.426648525	0.155459	0.047055454	0.091822559
9	0.35580903	0.10458	0.02675708	0.057020869
10	0.293662058	0.069671		0.035155755
11	0.240314719	0.046116		0.021579445
12	0.195302796			
13	0.157837694			
14	0.126988241			
15	0.101801748			
16	0.081376768			
17	0.064901151			

注 DDH:发育性髋关节发育不良

表 7 DDH 患儿闭合复位术后第 1、2、3、4 年各指标总分的 ROC 曲线分析
Table 7 ROC curve analysis of total scores of different factors at one to four years post reduction in patients with DDH

变量	AUC	AUC 的 95% CI	SE	P 值	临界总分
第 1 年总分	0.808	0.769,0.846	0.020	<0.001	2.5
第 2 年总分	0.843	0.808,0.879	0.018	<0.001	1.5
第 3 年总分	0.871	0.835,0.906	0.018	<0.001	2.5
第 4 年总分	0.910	0.870,0.950	0.020	<0.001	1.5

注 ROC:受试者操作特征; DDH:发育性髋关节发育不良; AUC:曲线下面积; CI:置信区间; SE:标准误

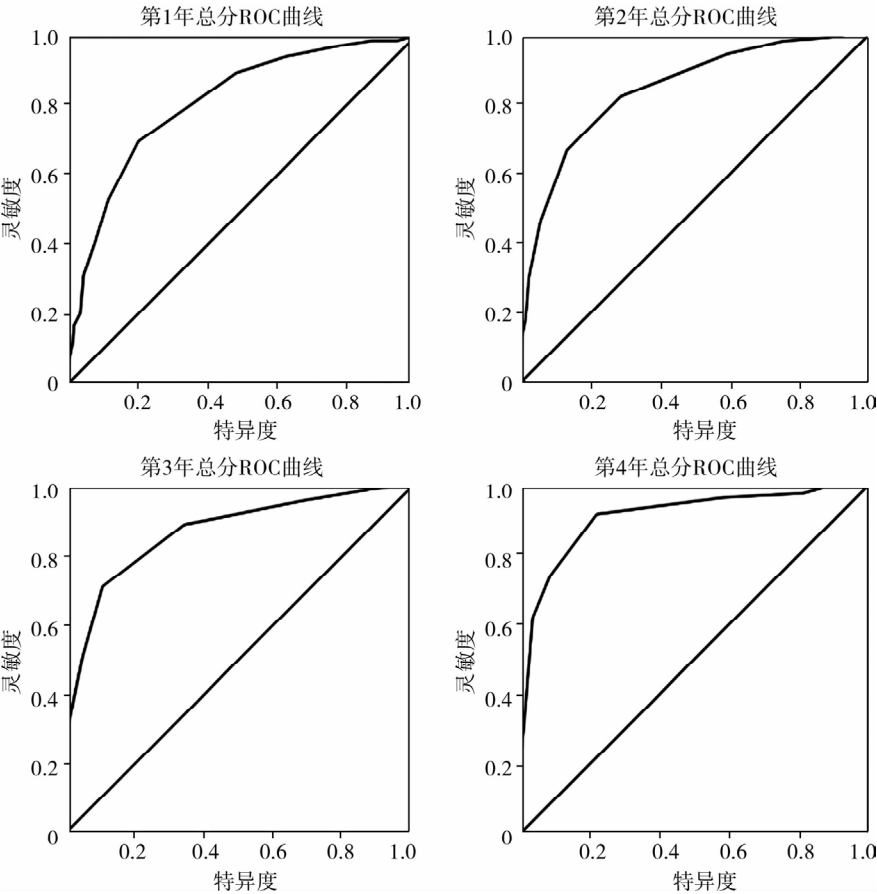
根据临界总分进行分组,最终分别有 80.4%、83.6%、84%、95.5% 的患者获得痊愈(表 8)。同时,计算出该模型预测最终痊愈的 Kappa 系数为 0.497~0.645,由此可见,该模型内部具有中等至较强的校准度或一致性。

四、典型病例

病例 1(图 2):女性,16.2 个月,左侧 DDH,术前 IHDI 分型Ⅲ型,有股骨头骨化核,采用闭合复位

石膏固定。术后第 1 年 AI 为 25.7°,CEA 为 14°,RI 为 27%,股骨头无 AVN,总分为 0+2+(-2)+0+1+1+0=2 分(<2.5 分),预测痊愈概率为 0.897552133。术后第 7 年 X 线检查提示髋关节 Severin 分级为 I 级,患者获得痊愈。

病例 2(图 3):女,20.2 个月,左侧 DDH,术前 IHDI 分型Ⅳ型,有股骨头骨化核,采用闭合复位石膏固定治疗。术后第 1 年 AI32.5°(1 分),CEA10.7°



注 DDH:发育性髋关节发育不良; ROC:受试者工作特征曲线

图1 DDH 患儿术后第 1~4 年各指标总分的 ROC 曲线图

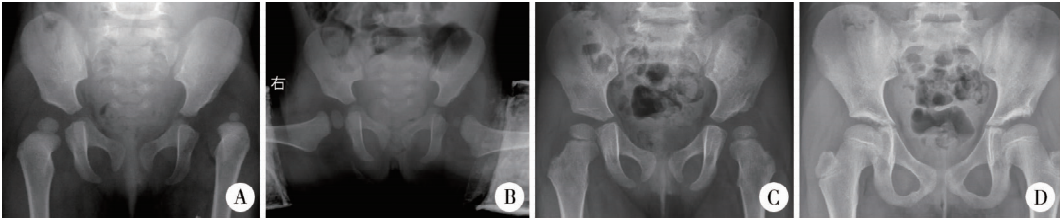
Fig.1 ROC curve of total scores of different factors at Year 1/2/3/4 post-reduction in DDH children

表 8 DDH 闭合复位术后第 1、2、3、4 年时根据临界分数分组与最终结局的关系

Table 8 Relationship of final outcomes and different groups assigned according to cutoff values at Year 1/2/3/4 post-reduction in DDH children

时间点	总分	RAD 组	痊愈组	Kappa 系数	χ^2 值	P 值
术后第 1 年	>2.5	134 (67.3%)	65 (32.7%)	0.491	124.511	<0.001
	≤2.5	59 (18.6%)	259 (81.4%)			
术后第 2 年	>1.5	125 (74.4%)	43 (25.6%)	0.547	155.635	<0.001
	≤1.5	63 (18.1%)	286 (81.9%)			
术后第 3 年	>2.5	111 (78.2%)	31 (21.8%)	0.618	172.117	<0.001
	≤2.5	45 (14.7%)	261 (85.3%)			
术后第 4 年	>1.5	77 (61.1%)	49 (38.9%)	0.603	122.478	<0.001
	≤1.5	7 (3.9%)	174 (96.1%)			

注 DDH:发育性髋关节发育不良; RAD:残余髋臼发育不良



注 A:术前 IHD 分型Ⅲ型,有股骨头骨化核; B:采用闭合复位石膏固定; C:术后第 1 年总分为 2 分 (<2.5 分),预测痊愈概率为 0.897552133; D:术后第 7 年(D)X 线检查提示髋关节 Severin 分级为 I 级

图2 1 例女性左侧 DDH 患儿手术前后 X 线片

Fig.2 Preoperative and postoperative radiographic films of a girl with left DDH



注 A:术前 IHDI 分型Ⅳ型,有股骨头骨化核;B:采用闭合复位石膏固定;C:术后第1年总分为9分。D:术后第2年总分为7分,预测痊愈概率很低;E:术后第6年X线检查结果为 Severin Ⅲ级,患者有 RAD。DDH:发育性髋关节脱位

图3 1例女性20.2月龄左侧DDH患儿手术前后X线片

Fig.3 Preoperative and postoperative radiographic films of a 20.2-month-old girl with left DDH

(1分), RI 31% (1分), 有 AVN (0分)。术后第1年总分为 $1+2+(-2)+1+1+1+5=9$ 分 (>2.5 分), 痊愈概率为 0.35580903, 预计很难获得痊愈, 予继续观察。术后第2年 AI 33.2° (1分), CEA 7.6° (1分), RI 42% (2分), Ⅱ型 AVN (3分), 总分为 $1+2+(-2)+1+1+2+3=7$ 分, 痊愈概率为 0.227746, 痊愈概率很低。术后第6年影像学检查结果为 Severin Ⅲ级。

讨 论

目前,国内外对于 DDH 闭合复位术后结局的预测还存在很多争议。Albinana 等^[10] 回顾性研究了 72 例采用闭合复位的 DDH 患者, 末次随访时 47 髋 (65%) 为 Severin Ⅰ、Ⅱ级, 25 髋 (35%) 为 Severin Ⅲ、Ⅳ级, 发现 AI 可以预测最终结局, 复位后 2 年 AI $>35^\circ$ 的患者有 80% 的概率出现 Severin Ⅲ、Ⅳ级的结局。Li 等^[13] 回顾性研究了多个中心的 89 例 DDH 患者资料, 发现 AI 是预测结局的最优指标, 闭合复位术后如果 1 年 AI $>28^\circ$, 2~4 年 AI $>25^\circ$, 则很可能出现 RAD。Fu 等^[20] 回顾性研究了 36 例 (48 髋) 采用闭合复位治疗的 DDH 患者资料, 术后每年测量 AI、CEA、RI, 结果显示, 如果在 3~4 岁时 RI $>38\%$ 或 4~5 岁时 RI $>33\%$ 且髋臼眉弓向上, 则很可能出现不满意的结局。

鉴于此,目前国内外对于 RAD 行骨盆截骨矫形的手术指征和时机存在很大争议。Schwartz^[21] 回顾性研究了 50 例采用闭合复位的 DDH 患者资料, 认为 DDH 闭合复位后 2 年, 如果 AI $>25^\circ$ 则建议行骨盆截骨术。Shin 等^[22] 则认为, DDH 复位 3 年后, 如果 AI $>32^\circ$ 、CEA $<14^\circ$ 则有行骨盆截骨矫形的指征。Tasnavites 等^[23] 认为, 二期骨盆截骨矫形应在闭合复位 3 年以后进行, 且 AI 值要大于正常值的 2 个标准差。此外, Tönnis^[24]、Vrdoljak 等^[25]、Kim 等^[26]、Gotoh 等^[27]、Albinana 等^[10]、Kitoh 等^[28]、Terjesen^[29]、Fu 等^[20]、Li^[13] 也通过研究提出了不同的手

术指征和手术时机。他们提出的手术时机从术后 2 年至术后 8~10 年不等, 手术指征主要依据 AI、CEA 和 RI 值, 但各研究得出的数值存在较大差距。可见, 目前不同研究者对于 RAD 行骨盆截骨术的手术指征和手术时机存在较大差异。

既往研究中有关 DDH 闭合复位术后结局的预测, 国内外研究主要存在以下缺陷。一是部分研究者得出的结论缺乏数据支持, 而是仅凭自己的经验。二是多数研究中评估髋关节影像学表现的指标单一, 绝大多数研究只纳入了 AI, 少部分还包括了 CEA、RI。众所周知, 髋关节的发育可能受到很多因素的影响, 如年龄、脱位严重程度、治疗前 AI、股骨头骨化核是否出现、AVN 等。仅凭 AI 或 CEA 等单一指标很难充分评估髋臼的发育情况。因此, 建立一个可以综合多个因素的模型对于预测 DDH 闭合复位术后结局具有重要意义。

本研究构建了 DDH 闭合复位后痊愈预测模型。目前, 国内外尚无研究者通过构建模型来预测 RAD 的发生。本研究构建的模型纳入了 3 个基础指标 (复位年龄、复位前的脱位程度 IHDI 分型和股骨头骨化核是否出现) 和 4 个当前指标 (AI、CEA、RI、AVN)。既往研究显示, 这些指标都是影响 DDH 闭合复位术后结局的重要因素^[13,20,30-33]。利用该模型, 我们可以预测 DDH 闭合复位术后的结局, 且具有可操作性。对于 DDH 闭合复位后 4 年以内的任意一个时间点, 我们获取复位年龄、复位前 IHDI 分型、有无股骨头骨化核, 以及当前 AI、CEA、RI、AVN 等指标数据, 通过该模型便可以得到获得痊愈的概率值。此外, 为了进一步指导该预测模型的应用, 本模型还确定了是否获得痊愈的临界总分。术后第 1 年总分 <2.5 分、术后第 2 年总分 <1.5 分、术后第 3 年总分 <2.5 分、术后第 4 年总分 <1.5 分时, 痊愈概率将显著升高。反之则出现 RAD 的概率显著升高 (图 2、图 3)。验证结果显示, 当总分小于临界分数时, 81.4%~96.1% 的患儿可以获得痊愈, 可见该模型具有良好的

可靠性。

本模型中,AVN 是预测模型中权重最大的因素。既往研究也表明,AVN 是影响最终影像学结果的重要因素。Malvitz 等^[34]回顾性研究了 119 例(152 髋)采用闭合复位治疗的 DDH 患者,平均随访时间达 30 年,结果显示,有 AVN 的 DDH 患者最终影像学 and 髋关节功能较没有 AVN 的患者明显变差。Terjesen 等^[35]也对 71 例(90 髋)DDH 患者进行了 50 年的随访研究,这些患者中有 83 髋获得稳定复位,末次随访时有 27 髋(33%)出现骨性关节炎,进一步分析发现,AVN 是骨性关节炎的重要风险因素。AVN 的出现会严重影响股骨头以及股骨颈的形态,导致股骨头外翻或内翻、扁平、变粗,股骨颈变短,造成股骨头包容欠佳,从而严重影响影像学结果和髋关节功能。

与既往研究采用的预测方法相比,本研究构建的模型具有诸多优点:①本模型综合了多个指标,避免了单一指标的局限性;②该模型可操作性好,基础指标和当前指标都很容易获取;③模型给出了具体的分数和预测痊愈概率值,医师可以更直观地判断患者当前的病情;④本模型提供了多个时间点的预测结果,临床医师可以比较前后多个时间点的预测概率,从而对患者的病情变化进行判断;⑤给出了临界分数,当总分小于等于临界分数时预计可以获得痊愈。因此,本研究制定的预测模型对于 DDH 闭合复位术后 RAD 的预测具有重要的临床价值,可以有效地甄别出哪些患者能够获得痊愈,哪些患者可能出现 RAD,从而决定是否行骨盆截骨术。当然,本研究也存在不足。由于数据所限,本研究还没有进行外部数据验证。下一步我们将通过中国儿童骨科多中心研究协作组平台,纳入更多病例,对该模型进行修正和外部验证。

综上所述,本研究构建的痊愈预测模型可以有效预测 RAD,并指导骨盆截骨手术时机的选择。该模型纳入了复位年龄、复位前 IHDI 分型、股骨头骨化核是否出现、AI、CEA、RI、AVN 等指标。在该模型下,如果术后第 1~4 年总分小于 1.5~2.5 分,则很可能获得痊愈;而大于 1.5~2.5 分,则很可能出现 RAD,建议行骨盆截骨矫形。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 石伟哲、林雪梅负责文献检索,黎艺强、刘行、郭跃明、徐宏文负责论文设计,韦胜、徐晨晨、刘行、郭跃明负责数据收集,黎艺强、刘远忠、徐宏文负责研究结果分析与讨论,黎艺强负责论文撰写;徐宏文负责全文知识性内容的审读与修正

参 考 文 献

- [1] Cooper AP, Doddabasappa SN, Mulpuri K. Evidence-based management of developmental dysplasia of the hip[J]. Orthop Clin North Am, 2014, 45(3): 341-354. DOI: 10.1016/j.ocl.2014.03.005.
- [2] Aresti NA, Ramachandran M, Paterson M, et al. Paediatric orthopaedics in clinical practice[M]. London: Springer, 2016. DOI: 10.1007/978-1-4471-6769-3.
- [3] Tao ZB, Wang J, Li YM, et al. Prevalence of developmental dysplasia of the hip (DDH) in infants: a systematic review and meta-analysis[J]. BMJ Paediatr Open, 2023, 7(1): e002080. DOI: 10.1136/bmjpo-2023-002080.
- [4] Almutairi FF. Incidence and characteristics of developmental dysplasia of the hip in a Saudi population: a comprehensive retrospective analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(6): e36872. DOI: 10.1097/MD.0000000000036872.
- [5] 蒋飞, 乔飞, 孙磊娇, 等. 大连地区婴幼儿发育性髋关节发育不良初步筛查及高危因素分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2017, 16(2): 159-163, 188. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2017.02.013.
Jiang F, Qiao F, Sun LJ, et al. Preliminary screening of infants with developmental dysplasia of the hip and analysis of risk factors in Dalian[J]. J Clin Ped Sur, 2017, 16(2): 159-163, 188. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2017.02.013.
- [6] 高国朋, 严双琴, 葛群, 等. 马鞍山市市区婴幼儿髋关节发育不良早期筛查[J]. 中国妇幼保健, 2018, 33(1): 124-126. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2018.01.44.
Gao GP, Yan SQ, Ge Q, et al. Early screening of infants with dysplasia of the hip in Maanshan[J]. Matern Child Health Care China, 2018, 33(1): 124-126. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2018.01.44.
- [7] 汤喆滢, 王雯雯, 潘蕾. 天津市 10262 名婴儿髋关节超声筛查结果及相关因素分析[J]. 中国妇幼保健, 2011, 26(33): 5177-5178.
Tang ZY, Wang WW, Pan L. The hip ultrasound screening outcome of 10262 infants and analysis of relative factors[J]. Matern Child Health Care China, 2011, 26(33): 5177-5178.
- [8] 中华医学会小儿外科分会骨科学组, 中华医学会骨科学分会小儿创伤矫形学组. 发育性髋关节发育不良临床诊疗指南(0~2岁)[J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(11): 641-650. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.11.001.
Chinese Medical Association Pediatric Surgery Branch Orthopaedic Group, Chinese Medical Association Orthopaedic Branch Pediatric Trauma and Orthopaedic Group. Detection and treatment of pediatric developmental dysplasia of the hip in children up to two year of age: clinical practice guideline[J]. Chin J Orthop, 2017, 37(11): 641-650. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.11.001.
- [9] Li YQ, Lin XM, Liu YH, et al. Effect of age on radiographic outcomes of patients aged 6-24 months with developmental dysplasia of the hip treated by closed reduction[J]. J Pediatr Orthop B, 2020, 29(5): 431-437. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000672.
- [10] Albinana J, Dolan LA, Spratt KF, et al. Acetabular dysplasia after treatment for developmental dysplasia of the hip. Implications for secondary procedures[J]. J Bone Joint Surg Br, 2004, 86(6): 876-886. DOI: 10.1302/0301-620x.86b6.14441.

- [11] Cooperman DR, Wallensten R, Stulberg SD. Acetabular dysplasia in the adult[J]. Clin Orthop Relat Res, 1983, 175: 79-85.
- [12] Narayanan U, Mulpuri K, Sankar WN, et al. Reliability of a new radiographic classification for developmental dysplasia of the hip[J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35(5): 478-484. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000318.
- [13] Li YQ, Guo YM, Li M, et al. Acetabular index is the best predictor of late residual acetabular dysplasia after closed reduction in developmental dysplasia of the hip[J]. Int Orthop, 2018, 42(3): 631-640. DOI: 10.1007/s00264-017-3726-5.
- [14] Kalamchi A, MacEwen GD. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip[J]. J Bone Joint Surg Am, 1980, 62(6): 876-888.
- [15] Severin E. Contribution to the knowledge of congenital dislocation of the hip joint[J]. Acta Chir Scand, 1941, 84 (Suppl 63): 1-142.
- [16] Gage JR, Winter RB. Avascular necrosis of the capital femoral epiphysis as a complication of closed reduction of congenital dislocation of the hip. A critical review of twenty years' experience at Gillette Children's Hospital[J]. J Bone Joint Surg Am, 1972, 54(2): 373-388.
- [17] 石永言, 刘天婧, 赵群, 等. 中国人髋关节臼指数和 Sharp 角正常值的测量[J]. 中华骨科杂志, 2010, 30(8): 748-753. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2010.08.004.
Shi YY, Liu TJ, Zhao Q, et al. The measurements of normal acetabular index and Sharp acetabular angle in Chinese hips[J]. Chin J Orthop, 2010, 30(8): 748-753. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2010.08.004.
- [18] 刘远忠, 郭跃明, 沈先涛, 等. 牵引在闭合复位治疗儿童发育性髋关节脱位中的作用的的多中心回顾性研究[J]. 中华小儿外科杂志, 2017, 38(7): 500-505. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2017.07.004.
Liu YZ, Guo YM, Shen XT, et al. Effect of traction on developmental dysplasia of the hip treated via closed reduction: a multicenter retrospective study[J]. Chin J Pediatr Surg, 2017, 38(7): 500-505. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2017.07.004.
- [19] D'Agostino RB Sr, Grundy S, Sullivan LM, et al. Validation of the framingham coronary heart disease prediction scores: results of a multiple ethnic groups investigation[J]. JAMA, 2001, 286(2): 180-187. DOI: 10.1001/jama.286.2.180.
- [20] Fu Z, Yang JP, Zeng P, et al. Surgical implications for residual subluxation after closed reduction for developmental dislocation of the hip: a long-term follow-up[J]. Orthop Surg, 2014, 6(3): 210-216. DOI: 10.1111/os.12113.
- [21] Schwartz DR. Acetabular development after reduction of congenital dislocation of the hip: a follow-up study of fifty hips[J]. J Bone Joint Surg Am, 1965, 47: 705-714.
- [22] Shin CH, Yoo WJ, Park MS, et al. Acetabular remodeling and role of osteotomy after closed reduction of developmental dysplasia of the hip[J]. J Bone Joint Surg Am, 2016, 98(11): 952-957. DOI: 10.2106/JBJS.15.00992.
- [23] Tasnavites A, Murray DW, Benson MK. Improvement in acetabular index after reduction of hips with developmental dysplasia[J]. J Bone Joint Surg Br, 1993, 75(5): 755-759. DOI: 10.1302/0301-620X.75B5.8376433.
- [24] Tönnis D. Congenital dysplasia and dislocation of the hip in children and adults[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1987. DOI: 10.1007/978-3-642-71038-4.
- [25] Vrdoljak J, Gogolja D. Development of acetabulum after closed reduction in developmental hip dysplasia[J]. Coll Antropol, 1999, 23(2): 745-749.
- [26] Kim HT, Kim JI, Yoo CI. Acetabular development after closed reduction of developmental dislocation of the hip[J]. J Pediatr Orthop, 2000, 20(6): 701-708. DOI: 10.1097/00004694-200011000-00002.
- [27] Gotoh E, Tsuji M, Matsuno T, et al. Acetabular development after reduction in developmental dislocation of the hip[J]. Clin Orthop Relat Res, 2000, 378: 174-182. DOI: 10.1097/00003086-200009000-00027.
- [28] Kitoh H, Kitakoji T, Katoh M, et al. Prediction of acetabular development after closed reduction by overhead traction in developmental dysplasia of the hip[J]. J Orthop Sci, 2006, 11(5): 473-477. DOI: 10.1007/s00776-006-1049-2.
- [29] Terjesen T. Residual hip dysplasia as a risk factor for osteoarthritis in 45 years follow-up of late-detected hip dislocation[J]. J Child Orthop, 2011, 5(6): 425-431. DOI: 10.1007/s11832-011-0370-2.
- [30] Li YQ, Liu H, Guo YM, et al. Variables influencing the pelvic radiological evaluation in children with developmental dysplasia of the hip managed by closed reduction: a multicentre investigation[J]. Int Orthop, 2020, 44(3): 511-518. DOI: 10.1007/s00264-020-04479-z.
- [31] Terjesen T. Long-term outcome of closed reduction in late-detected hip dislocation: 60 patients aged six to 36 months at diagnosis followed to a mean age of 58 years[J]. J Child Orthop, 2018, 12(4): 369-374. DOI: 10.1302/1863-2548.12.180024.
- [32] Eamsobhana P, Saisamorn K, Sisuchinthara T, et al. The factor causing poor results in late Developmental Dysplasia of the Hip (DDH)[J]. J Med Assoc Thai, 2015, 98 (Suppl 8): S32-S37.
- [33] Cummings JL, Oladeji AK, Rosenfeld S, et al. Severity of hip dysplasia as the major factor affecting outcome of closed reduction in children with hip dysplasia[J]. J Pediatr Orthop B, 2024, 33(4): 322-327. DOI: 10.1097/BPB.0000000000001122.
- [34] Malvitz TA, Weinstein SL. Closed reduction for congenital dysplasia of the hip. Functional and radiographic results after an average of thirty years[J]. J Bone Joint Surg Am, 1994, 76(12): 1777-1792. DOI: 10.2106/00004623-199412000-00004.
- [35] Terjesen T, Horn J, Gunderson RB. Fifty-year follow-up of late-detected hip dislocation: clinical and radiographic outcomes for seventy-one patients treated with traction to obtain gradual closed reduction[J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(4): e28. DOI: 10.2106/JBJS.M.00397.

(收稿日期: 2024-04-28)

本文引用格式: 黎艺强, 刘行, 郭跃明, 等. 儿童发育性髋关节发育不良闭合复位术后结局预测模型的构建[J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(6): 509-520. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202404061-003.

Citing this article as: Li YQ, Liu H, Guo YM, et al. Prediction model of final outcomes in children with developmental dysplasia of the hip treated by closed reduction[J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23(6): 509-520. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202404061-003.