

MRI-骨性泪滴眉弓线预测发育性髋关节发育不良闭合复位后残余髋臼发育不良的研究



全文二维码

裴胤志 黄鹏 吴春星 宁波

复旦大学附属儿科医院儿童骨科,上海 201102

通信作者:宁波,Email:ningbo@fudan.edu.cn

【摘要】 目的 探讨 MRI-泪滴眉弓线(teardrop and sourcil line,TSL)预测发育性髋关节发育不良(developmental dysplasia of the hip,DDH)患儿闭合复位后残余髋臼发育不良(residual acetabular dysplasia,RAD)的可行性。**方法** 本研究为回顾性研究,研究对象为 2011 年 10 月至 2019 年 12 月复旦大学附属儿科医院儿童骨科 54 例(68 髋)临床诊断为 DDH 且接受闭合复位的患儿(单侧发病 40 例,双侧发病 14 例)。采用 MRI 测量并记录骨性 TSL 连续性以及髋臼开口最大连线(acetabular distance,AD);采用 X 线片观察并记录 DDH 患儿闭合复位时髋臼指数(acetabular index,AI)、国际髋关节发育不良协会(International Hip Dysplasia Institute,IHDI)分型。根据改良 Severin 分型将患髋分为 RAD 组和非 RAD 组,根据 MRI-骨性 TSL 的连续性将患儿分为 MRI-骨性 TSL 连续组和非连续组,比较上述各组间临床指标差异;运用受试者操作特征(receiver operating characteristic curve,ROC)曲线评估 AD 差值预测 RAD 发生的效能。**结果** 68 髋中,Severin 分型 I 型 2 髋、II 型 15 髋、III 型 46 髋、IV 型 5 髋;RAD 组 51 髋,非 RAD 组 17 髋。单因素分析发现,IHDI 分型、MRI-骨性 TSL 连续性以及正常侧和患侧 AD 的差值是 DDH 患儿闭合复位后 RAD 发生的相关因素($P < 0.05$);多因素 Logistic 回归分析发现,IHDI 分型($OR = 0.090, 95\% CI: 0.010 \sim 0.794$),MRI-骨性 TSL 连续性($OR = 0.015, 95\% CI: 0.002 \sim 0.128$)以及正常侧与患侧 AD 的差值($OR = 7.1 \times 10^8, 95\% CI: 370.6 \sim 1.4 \times 10^{15}$)是 DDH 患儿闭合复位后 RAD 发生的独立影响因素($P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示,正常侧与患侧 AD 差值预测 RAD 发生的临界值为 0.31 cm,对应的灵敏度、特异度分别为 0.900 及 0.833,曲线下面积为 0.917。**结论** IHDI 分型、MRI-骨性 TSL 连续性以及正常侧和患侧 AD 的差值可作为预测 DDH 患儿闭合复位后发生 RAD 的指标。与 X 线-TSL 相比,MRI-骨性 TSL 可以更早、更准确地预测 RAD 的发生。

【关键词】 发育性髋关节发育不良;残余髋臼发育不良;外科手术;儿童

基金项目:国家自然科学基金(82272441);上海市科学技术委员会科技创新行动计划(22Y11912200)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202403002-008

Application of MRI-Bony teardrop and sourcil line in predicting residual acetabular dysplasia after closed reduction of developmental dysplasia of the hip

Pei Yinzi, Huang Peng, Wu Chunxing, Ning Bo

Department of Pediatric Orthopedics, Pediatric Hospital of Fudan University, Shanghai 201102, China

Corresponding author: Ning Bo, Email: ningbo@fudan.edu.cn

【Abstract】 Objective To explore the feasibility of using magnetic resonance imaging (MRI) to measure the teardrop and sourcil line (TSL) for predicting the occurrence of residual acetabular dysplasia (RAD) after closed reduction (CR) in children with developmental dysplasia of the hip (DDH). **Methods** This study measured and recorded the continuity of the bony TSL and the maximum acetabular distance (AD) on MRI in 54 children, totaling 68 hips (40 unilateral cases and 14 bilateral cases) clinically diagnosed with DDH and who underwent CR. X-ray images were used to observe and record the acetabular index (AI) at the time of CR, as well as the International Hip Dysplasia Institute (IHDI) classification. According to the modified Severin

classification, the affected hips were divided into RAD and non-RAD groups, and differences between the two groups were compared. Additionally, patients were categorized into MRI-bony TSL continuous and non-continuous groups to compare differences in indicators between these groups. The receiver operating characteristic curve (ROC) was used to evaluate the effectiveness of the AD difference in predicting the occurrence of RAD. **Results** Among the 68 hips, 2 were classified as Severin type I, 15 as type II, 46 as type III, and 5 as type IV; 51 hips in the RAD group, and 17 in the non-RAD group. Univariate analysis showed that IHDI classification, the continuity of the bony TSL, and the AD difference between the normal and affected sides were related factors for the occurrence of RAD after CR in DHH children. Multivariate logistic regression analysis revealed that IHDI classification ($OR = 0.090, 95\% CI: 0.010 - 0.794$), MRI-bony TSL continuity ($OR = 0.015, 95\% CI: 0.002 - 0.128$), and AD difference between the normal and affected sides ($OR = 7.1 \times 10^8, 95\% CI: 370.6 - 1.4 \times 10^{15}$) were independent factors influencing the occurrence of RAD after CR in DHH children ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the difference between normal side and affected side AD predicted the onset of RAD by 0.31cm, corresponding sensitivity and specificity were 0.900 and 0.833, respectively, and AUC was 0.917. **Conclusions** IHDI classification, MRI-bony TSL continuity, and the AD difference between the normal and affected sides can serve as indicators for predicting RAD occurrence after CR in DDH children. Compared to X-ray TSL, MRI-bony TSL can predict the occurrence of RAD earlier and more accurately.

【Key words】 Developmental Hip Dysplasia; Residual Acetabular Dysplasia; Surgical Procedures, Operative; Child

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82272441); Science and Technology Innovation Action Plan of Shanghai Science and Technology Committee (22Y11912200)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202403002-008

发育性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 是下肢常见的发育畸形之一,也是导致骨关节炎和髋关节置换术的主要原因之一,分为髋关节脱位、半脱位和髋臼发育不良,治疗的关键是早期诊断和实现稳定的同心圆复位^[1-2]。虽然常用的超声髋关节筛查方法可以尽早诊断 DDH,但仍有一些儿童出现延迟诊断^[3-4]。对于 2 岁以下的患儿,闭合复位 (closed reduction, CR) 是 DDH 的主要治疗方法,而残余髋臼发育不良 (residual acetabular dysplasia, RAD) 是 CR 后主要的并发症之一,如果 RAD 持续存在,则需要行骨盆截骨术^[5-8]。既往研究显示,髋臼指数 (acetabular index, AI)、中心边缘角 (center-edge angle, CEA) 可以作为预测 RAD 是否发生的指标,但这些参数仍具有一些局限性^[8-16]。MRI 能够清晰显示关节软骨,并且能够进行多平面三维成像,对股骨头位置和髋臼形状的评估尤为精确。可通过观察和测量 MRI 上的一些参数 (如头部覆盖指数、髋臼头部指数和球形度等指标) 来帮助预测 CR 预后^[13,17-18]。本课题组前期研究发现, X 线-泪滴眉弓线 (teardrop and sourcil line, TSL) 可以预测 CR 后 RAD 的发生,但是, X 线-TSL 从不连续到连续可能需要一定的时间^[19]。本研究旨在初步探讨和分析 DDH 患儿 CR 术后 RAD 发生的影响因素,特别是探究 MRI-骨性

TSL 在预测 DDH 患儿 CR 后 RAD 发生中的可行性。

资料与方法

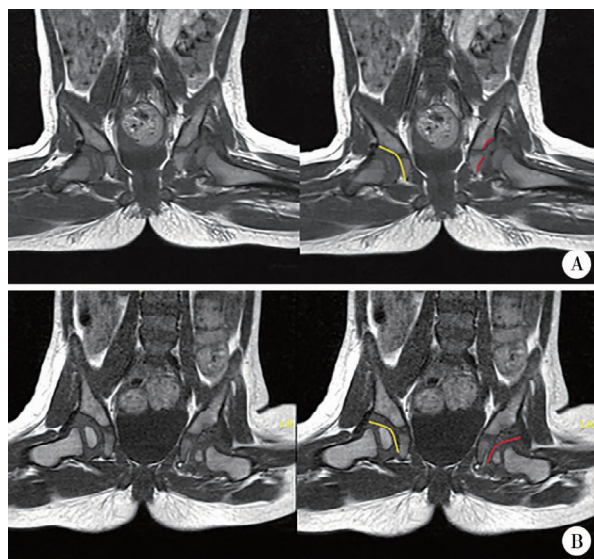
一、研究对象

本研究为回顾性研究,收集 2011 年 10 月至 2019 年 12 月于复旦大学附属儿科医院儿童骨科诊断为 DDH 并接受 CR + 石膏固定治疗的 54 例患儿 (共 68 髋) 作为研究对象。单侧发病 40 例,双侧发病 14 例;CR 时平均年龄 18 个月 (9 ~ 32 个月),平均随访时间 40.4 个月 (24 ~ 75 个月);根据 Severin 分型, I 型 2 髋, II 型 15 髋, III 型 46 髋, IV 型 5 髋。在 40 例单侧病例中,18 例 (26.5%) 为左髋,22 例 (32.4%) 为右髋。根据国际髋关节发育不良协会 (International Hip Dysplasia Institute, IHDI) 分型, III 型 34 髋 (50.0%)、IV 型 34 髋 (50.0%)。纳入标准:①术后 1 周内接受 MRI 检查,并有连续的 X 线片随访;②至少随访 2 年。排除标准:存在神经肌肉疾病、内分泌疾病及信息不全者。本研究经复旦大学附属儿科医院伦理委员会审批通过 (2019078),患儿家属均知情同意。

二、相关定义及分组方式

泪滴线是指沿着泪滴骨 (位于髋臼下方的一个

小骨突)的下缘画一条线;眉弓线是指沿着髋骨的“眉弓”(即髋臼边缘的上方部分)画的一条线^[19]。MRI 影像上,在冠状面股骨头面积最大平面,勾勒出髋关节骨性 TSL 和软骨 TSL(图 1A,1B);在横断面上股骨头面积最大平面,确定髋臼开口两端软骨最突出点并连线,即髋臼开口最大连线(acetabular distance, AD),见图 2。根据修改后的 Severin 分型^[20]: I 级、II 级判定为非残余髋臼发育不良(non-residual acetabular dysplasia, non-RAD), III ~ VI 级判定为残余髋臼发育不良(residual acetabular dysplasia, RAD)。根据 MRI-骨性 TSL 是否连续分为 RAD 组、非 RAD 组。



注 A:黄色曲线为正常侧髋关节骨性泪滴眉弓线,红色曲线为患侧髋关节骨性泪滴眉弓线;B:黄色曲线为正常侧髋关节软骨泪滴眉弓线;红色曲线为患侧髋关节软骨泪滴眉弓线

图 1 发育性髋关节发育不良患儿髋关节骨性泪滴眉弓线和软骨泪滴眉弓线

Fig. 1 Bony and cartilaginous teardrop and sourcil lines in hip joint of DDH children

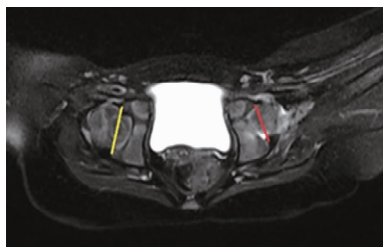


图 2 发育性髋关节发育不良患儿髋关节髋臼开口最大连线

Fig. 2 Maximum acetabular distance in hip joint of DDH children

三、治疗过程

于全身麻醉下行 CR,长收肌肌腱经皮松解。随后用人位髋人字石膏固定,保持髋关节 90°~100°屈曲和 40°~50°外展。术后 3 天内行常规检查。3 个月后将人字石膏固定改为外展支具固定,固定时

间为 3~6 个月。

四、资料收集及随访

收集资料包括患儿 CR 时年龄、性别、患侧等。采用图像存档与通信系统(Picture Archiving and Communication System, PACS)成像技术测量 CR 时 AI。通过系列骨盆正位 X 线片,观察 TSL 连续性的变化,并记录出现连续的时间。采用 MRI 成像技术观察和记录 MRI-骨性 TSL 连续性;测量并记录 AD 长度;根据国际髋关节发育不良 IHDI 分型对髋关节脱位程度进行分类并记录^[21]。

五、统计学处理

采用 SPSS 23.0 进行统计学分析。服从正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用两独立样本 t 检验;计数资料用频数表示,两组间比较采用 χ^2 检验。采用二元 Logistic 回归分析探讨 DDH 患儿 CR 后发生 RAD 的影响因素。将差异有统计学意义的计量指标纳入受试者操作特征(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线运算,得到其预测 RAD 发生的最佳截断值、曲线下面积(area under the ROC curve, AUC)、灵敏度、特异度。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入 54 例患儿,共 68 髋。其中 RAD 组 51 髋(男 5 髋,女 46 髋),CR 时 AI 为 $(39.2 \pm 4.3)^\circ$,年龄为 (19.0 ± 4.6) 个月,左侧 27 髋,右侧 24 髋;III 型 22 髋,IV 型 29 髋;MRI-骨性 TSL 连续 4 髋,不连续 47 髋。非 RAD 组 17 髋(男 3 髋,女 14 髋),CR 时 AI 为 $(37.6 \pm 3.7)^\circ$,年龄 (17.4 ± 3.5) 个月;左侧 9 髋,右侧 8 髋;III 型 12 髋,IV 型 5 髋;MRI-骨性 TSL 连续 12 髋,不连续 5 髋。

MRI-骨性 TSL 连续组 16 髋(男 2 髋,女 14 髋),CR 时 AI 为 $(37.5 \pm 3.2)^\circ$,年龄为 (17.7 ± 3.7) 个月,左侧 9 髋,右侧 7 髋;III 型 8 髋,IV 型 8 髋;4 髋发生 RAD,12 髋未发生 RAD。MRI-骨性 TSL 非连续组 52 髋(男 6 髋,女 46 髋),CR 时 AI 为 $(39.2 \pm 4.4)^\circ$,年龄 (18.8 ± 4.6) 个月,左侧 27 髋,右侧 25 髋;III 型 26 髋,IV 型 26 髋;47 髋发生 RAD,5 髋未发生 RAD。

单因素分析发现,IHDI 分型、MRI-骨性 TSL 连续性以及正常侧和患侧 AD 的差值是 DDH 患儿 CR 后 RAD 发生的影响因素($P < 0.05$)。见表 1。多因素 Logistic 回归分析发现,IHDI 分型($OR = 0.090, 95\%$

CI:0.010 ~ 0.794)、MRI-骨性 TSL 连续性($OR = 0.015, 95\% CI:0.002 \sim 0.128$)及正常侧与患侧 AD 的差值($OR = 7.1 \times 10^8, 95\% CI:370.6 \sim 1.4 \times 10^{15}$)是 DDH 患儿 CR 后 RAD 发生的独立影响因素($P < 0.05$)。见表 2。

MRI-骨性 TSL 非连续组 RAD 的发生率为 90.4% (47/52), 明显高于 MRI-骨性 TSL 连续组的 25.0% (4/16), 差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组间 CR 时的 AI、年龄、性别、和 IHDI 分型差异均无统计学意义($P > 0.05$)。ROC 曲线分析显示, 正常侧与患侧 AD 的差值预测 RAD 发生的界值为 0.31 cm, 对应灵敏度和特异度分别为 0.900 及 0.833, AUC 为 0.917。见表 3 和图 3。

讨论

RAD 可导致早期退行性关节疾病, 是导致 DDH 手术效果不良的主要因素, 到成人期则需要进

行全髋关节置换。RAD 在 DDH 患者中并不罕见, 超过三分之一接受 CR 的 DDH 患者可发展成 RAD。本研究中, RAD 的发病率为 75% (51/68), 高于以往的研究报道^[9,22]。这可能是由于本研究随访时间较短和研究对象年龄较大。

RAD 在早期阶段往往不表现出明显症状, 其诊断主要依赖于 X 线检查。近来, 放射学参数(如 AI、CEA 和 RI 等)被用于预测 RAD 的发生。然而, 很大一部分 DDH 患儿在 CR 后早期 CEA 或 RI 正常, 最终随访时可能会出现 CEA 或 RI 异常。此外, CEA 和 RI 随时间的变化难以预测, 且两者的测量都受股骨头形状的影响^[9,14]。国内一项多中心临床研究表明, AI 是 RAD 最优质的预测因子。与 CEA 或 RI 相比, AI 对于预测 DDH 患儿 CR 术后 RAD 的发生更具优势, 其灵敏度、特异度和诊断准确性均较高^[14]。但由于 DDH 患儿的 X 线片上有不规则和模糊的骨影, 很难准确地标记出髋臼的外侧骨缘^[14-15]。

表 1 影响 DDH 患儿 CR 后 RAD 发生的单因素分析结果

Table 1 Univariate analysis results of influencing factors for the occurrence of RAD after CR in DDH children

分组	髋臼指数 ($\bar{x} \pm s, ^\circ$)	年龄 ($\bar{x} \pm s, \text{月}$)	性别(例)		侧别(例)		IHDI 分型(例)		MRI-骨性 TSL 连续性(例)		AD 差值 ($\bar{x} \pm s, \text{cm}$)
			男	女	左	右	Ⅲ级	Ⅳ级	是	否	
RAD 组($n=51$)	39.2 ± 4.3	19.0 ± 4.6	5	46	27	24	22	29	4	47	0.412 ± 0.087
非 RAD 组($n=17$)	37.6 ± 3.7	17.4 ± 3.5	3	14	9	8	12	5	12	5	0.215 ± 0.117
t/χ^2 值	$t=1.405$	$t=1.626$	$\chi^2=0.189$		$\chi^2=0.000$		$\chi^2=3.843$		$\chi^2=27.897$		$t=5.433$
P 值	0.165	0.109	0.664		0.997		0.048		<0.001		<0.001

注 DDH:发育性髋关节发育不良; CR:闭合复位; RAD:残余髋臼发育不良; IHDI:国际髋关节发育不良协会; TSL:X 线-泪滴眉弓线; AD:髋臼开口最大连线; 样本量以“髋”计

表 2 影响 DDH 患儿 CR 后 RAD 发生的多因素 Logistic 回归分析结果

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis results of influencing factors for the occurrence of RAD after CR in DDH children

因素	β 值	SE 值	wald χ^2 值	OR 值	OR 值 95% CI	P 值
IHDI	-2.410	1.112	4.696	0.090	0.010 ~ 0.794	0.030
MRI-骨性 TSL	-4.230	1.111	14.492	0.015	0.002 ~ 0.128	<0.001
正常侧与患侧 AD 差值	20.379	7.380	7.626	7.1×10^8	$370.6 \sim 1.4 \times 10^{15}$	0.006

注 DDH:发育性髋关节发育不良; CR:闭合复位; RAD:残余髋臼发育不良; IHDI:国际髋关节发育不良协会; TSL:X 线-泪滴眉弓线; AD:髋臼开口最大连线

表 3 DDH 患儿 MRI-骨性 TSL 连续组与非连续组各参数比较

Table 3 Comparison of parameters between the MRI-bony TSL continuous and non-continuous groups in DDH children

分组	髋臼指数 ($\bar{x} \pm s, ^\circ$)	年龄 ($\bar{x} \pm s, \text{月}$)	性别(例)		侧别(例)		IHDI 分型(例)		RAD(例)	
			男	女	左	右	Ⅲ级	Ⅳ级	是	否
MRI-骨性 TSL 连续组($n=16$)	37.5 ± 3.2	17.7 ± 3.7	2	14	9	7	8	8	4	12
MRI-骨性 TSL 非连续组($n=52$)	39.2 ± 4.4	18.8 ± 4.6	6	46	27	25	26	26	47	5
t/χ^2 值	$t=-1.695$	$t=-0.889$	$\chi^2=0.011$		$\chi^2=0.092$		$\chi^2=0.000$		$\chi^2=27.897$	
P 值	0.099	0.337	0.917		0.762		1.000		<0.001	

注 DDH:发育性髋关节发育不良; RAD:残余髋臼发育不良; IHDI:国际髋关节发育不良协会; TSL:X 线-泪滴眉弓线; 样本量以“髋”计

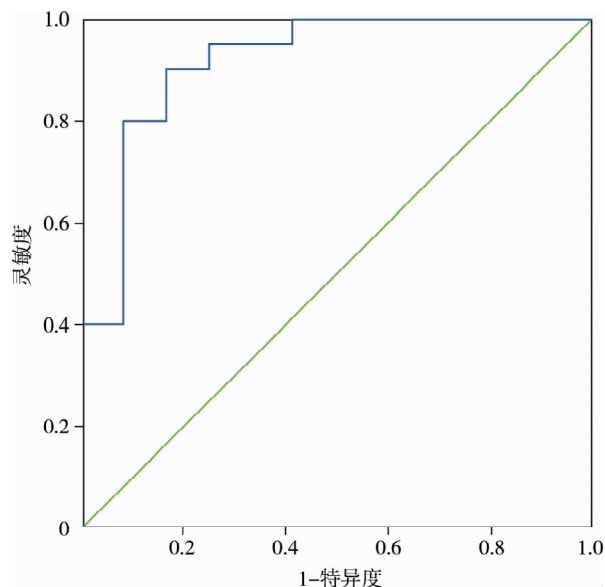


图3 髋臼开口最大连线差值预测闭合复位后残余髋臼发育不良发生的受试者操作特征曲线

Fig.3 ROC curve for predicting residual acetabular dysplasia after closed reduction based upon maximal acetabular distance

当前,对于 DDH 的影像学诊断和术后评估,主要依赖于 X 线、CT 和 MRI 成像等多种技术^[9-11,23]。MRI 能够清晰展示关节软骨,对股骨头位置的评估尤为精确。此外,MRI 不产生对人体有害的电离辐射,因此 MRI 在 DDH 的诊断和术前、术后评估中越来越受到青睐^[12,24-26]。在既往研究中,有学者在 MRI 影像上测量头部覆盖指数、髋臼头部指数等可以反映髋臼和股骨头匹配程度的指标,帮助判断闭合复位是否成功,也可通过动态评估这些指标在一定程度上预测 CR 的预后^[13]。但是这些指标的测量过程较为复杂,且容易受到测试者主观因素的影响。本研究中,我们试图找到一个更可靠、更容易测量的参数。

本研究结果显示,髋关节 MRI-骨性 TSL 可预测 DDH 患儿 CR 后 RAD 发生。与 CEA、RI 和 AI 相比,MRI 骨性 TSL 不受股骨头形状的影响,不需要确定股骨头中心和髋臼外侧骨缘的确切位置,可用于单、双侧病例。但是,MRI-软骨性 TSL 术后均显示连续,对于预测髋关节 CR 术后 RAD 的发生并无价值。此外,X 线-TSL 与 MRI-骨性 TSL 相比,其中 5 例 X 线-TSL 显示不连续,而髋关节 MRI-骨性 TSL 显示连续,最终患儿未发生 RAD,而且 X 线-TSL 连续出现的时间较晚。MRI-骨性 TSL 可以更早、更准确预测 RAD 的发生,体现了 MRI 在观察 TSL 上更具优势。这是因为 MRI 检查分辨率更高,可展现任意断面图像,而 X 线检查只能显示二维结构,故对 DDH 患儿 CR 术后的治疗效果及术后预后评估存

在局限性。

MRI 可以很好地观察关节软骨的功能形态,补充其他检查所不能提供的髋关节软组织解剖结构,并可展现任意断面图像。既往研究表明,MRI 可定量分析骨性髋臼指数和软骨性髋臼指数,可以更好地反映髋臼对股骨头的包容情况^[22]。本研究中我们同样利用 MRI 极佳的软组织分辨能力,选取在横断面上测量髋臼两端软骨最突出点连线(即 AD)。结果发现,在单侧病例中,正常侧与患侧 AD 差值也可作为 RAD 的一个预测因子($P=0.006$)。ROC 曲线显示 AD 差值预测 RAD 发生的灵敏度和特异度均较高,AUC 为 0.917,这说明正常侧与患侧 AD 差值可以很好地预测 CR 后 RAD 发生;正常侧和患侧 AD 的差值大于 0.31 cm 时,CR 后容易发生 RAD。这一数值使 CR 后 RAD 发生的预测更加具体、准确,且易于操作。同时,本研究发现 IHDI 分型也是 RAD 发生的危险因素,与既往研究相符^[12]。但本次研究显示,AI 不是 RAD 发生的显著预测因子,这一结论与前述研究存在差异,可能与样本数较少有关^[14]。

本研究为单中心回顾性研究,病例数量少,随访时间短,具有一定的局限性。未来需要更多的患者和更长的随访时间来进一步验证。综上所述,IHDI 分型、MRI-骨性 TSL 连续性以及正常侧和患侧 AD 差值可作为预测 DDH 患儿 CR 后发生 RAD 的指标。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 裴胤志、宁波负责研究的设计、实施和起草文章;裴胤志、吴春星进行病例数据收集及分析;裴胤志、宁波、黄鹏负责研究设计与酝酿,并对文章知识性内容进行审阅

参 考 文 献

- [1] Shipman SA, Helfand M, Moyer VA, et al. Screening for developmental dysplasia of the hip: a systematic literature review for the US Preventive Services Task Force [J]. *Pediatrics*, 2006, 117 (3): e557-e576. DOI:10.1542/peds.2005-1597.
- [2] Kuitunen I, Uimonen MM, Haapanen M, et al. Incidence of neonatal developmental dysplasia of the hip and late detection rates based on screening strategy: a systematic review and meta-analysis [J]. *JAMA Netw Open*, 2022, 5 (8): e2227638. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.27638.
- [3] Ortiz-Neira CL, Paolucci EO, Donnon T. A meta-analysis of common risk factors associated with the diagnosis of developmental dysplasia of the hip in newborns [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81 (3): e344-e351. DOI:10.1016/j.ejrad.2011.11.003.
- [4] Sharrock MN, Whelton CR, Paton RW. Selective sonographic screening for developmental dysplasia of the hip-increasing trends in late diagnosis [J]. *Acta Orthop Belg*, 2023, 89 (1): 15

- 19. DOI:10.52628/89.1.8636.
- [5] Morris WZ, Hinds S, Worrall H, et al. Secondary surgery and residual dysplasia following late closed or open reduction of developmental dysplasia of the hip[J]. J Bone Joint Surg Am, 2021, 103(3):235-242. DOI:10.2106/JBJS.20.00562.
 - [6] 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.
 - [7] Farsetti P, Caterini R, De Maio F, et al. Tönnis triple pelvic osteotomy for the management of late residual acetabular dysplasia: mid-term to long-term follow-up study of 54 patients[J]. J Pediatr Orthop B, 2019, 28(3):202-206. DOI:10.1097/BPB.0000000000000575.
 - [8] Grissom L, Harecke HT, Thacker M. Imaging in the surgical management of developmental dislocation of the hip[J]. Clin Orthop Relat Res, 2008, 466(4):791-801. DOI:10.1007/s11999-008-0161-3.
 - [9] 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.
 - [10] Zhang ZL, Fu Z, Yang JP, et al. Intraoperative arthrogram predicts residual dysplasia after successful closed reduction of DDH[J]. Orthop Surg, 2016, 8(3):338-344. DOI:10.1111/os.12273.
 - [11] Takeuchi R, Kamada H, Mishima H, et al. Evaluation of the cartilaginous acetabulum by magnetic resonance imaging in developmental dysplasia of the hip[J]. J Pediatr Orthop B, 2014, 23(3):237-243. DOI:10.1097/BPB.0000000000000032.
 - [12] Wakabayashi K, Wada I, Horiuchi O, et al. MRI findings in residual hip dysplasia[J]. J Pediatr Orthop, 2011, 31(4):381-387. DOI:10.1097/BPO.0b013e31821a556e.
 - [13] Druschel C, Placzek R, Selka L, et al. MRI evaluation of hip containment and congruency after closed reduction in congenital hip dislocation[J]. Hip Int, 2013, 23(6):552-559. DOI:10.5301/hipint.5000070.
 - [14] Kim HT, Kim JI, Yoo CI. Diagnosing childhood acetabular dysplasia using the lateral margin of the sourcil[J]. J Pediatr Orthop, 2000, 20(6):709-717. DOI:10.1097/00004694-200011000-00003.
 - [15] Erkula G, Celikbas E, Kilic BA, et al. The acetabular teardrop and ultrasonography of the hip[J]. J Pediatr Orthop B, 2004, 13(1):15-20. DOI:10.1097/00009957-200401000-00003.
 - [16] Smith JT, Matan A, Coleman SS, et al. The predictive value of the development of the acetabular teardrop figure in developmental dysplasia of the hip[J]. J Pediatr Orthop, 1997, 17(2):165-169. DOI:10.1097/00004694-199703000-00005.
 - [17] Walter SG, Endler CHJ, Remig AC, et al. Correction to: risk factors for failed closed reduction in dislocated developmental dysplastic hips[J]. Int Orthop, 2021, 45(11):3009. DOI:10.1007/s00264-021-05124-z.
 - [18] Walter SG, Bornemann R, Koob S, et al. Closed reduction as therapeutic gold standard for treatment of congenital hip dislocation[J]. Z Orthop Unfall, 2020, 158(5):475-480. DOI:10.1055/a-0979-2346.
 - [19] Huang P, Wang DH, Mo YQ, et al. Teardrop and sourcil line (TSL): a novel radiographic sign that predicts residual acetabular dysplasia (RAD) in DDH after closed reduction[J]. Transl Pediatr, 2022, 11(4):458-465. DOI:10.21037/tp-21-401.
 - [20] Morbi AHM, Carsi B, Gorianinov V, et al. Adverse outcomes in infantile bilateral developmental dysplasia of the hip[J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35(5):490-495. DOI:10.1097/BPO.0000000000000310.
 - [21] 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.
 - [22] Mansour E, Eid R, Romanos E, et al. The management of residual acetabular dysplasia: updates and controversies[J]. J Pediatr Orthop B, 2017, 26(4):344-349. DOI:10.1097/BPB.0000000000000358.
 - [23] 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.
 - [24] 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.
 - [25] Zamzam MM, Kremli MK, Khoshhal KI, et al. Acetabular cartilaginous angle: a new method for predicting acetabular development in developmental dysplasia of the hip in children between 2 and 18 months of age[J]. J Pediatr Orthop, 2008, 28(5):518-523. DOI:10.1097/BPO.0b013e31817c4e6d.
 - [26] Miyake T, Tetsunaga T, Endo H, et al. Predicting acetabular growth in developmental dysplasia of the hip following open reduction after walking age[J]. J Orthop Sci, 2019, 24(2):326-331. DOI:10.1016/j.jos.2018.09.015.

(收稿日期:2024-03-02)

本文引用格式:裴胤志, 黄鹏, 吴春星, 等. MRI-骨性泪滴眉弓线预测发育性髋关节发育不良闭合复位后残留髋臼发育不良的研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(10):940-945. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202403002-008.

Citing this article as: Pei YZ, Huang P, Wu CX, et al. Application of MRI-Bony teardrop and sourcil line in predicting residual acetabular dysplasia after closed reduction of developmental dysplasia of the hip[J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23(10):940-945. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202403002-008.