

·论著·

儿童髋臼前倾的发育规律研究

卢伟 李连永

全文二维码

开放科学码



【摘要】目的 通过MRI测量正常儿童的髋臼骨性前倾角(osseous acetabular anteversion, OAA)及软骨性前倾角(cartilaginous acetabular anteversion, CAA),明确从出生至骨成熟儿童OAA及CAA的发育规律。**方法** 回顾性收集2008年1月至2018年1月中国医科大学附属盛京医院收治的293例髋关节发育正常儿童的髋关节MRI影像学资料,其中男童147例,女童146例;年龄1个月至16岁,平均年龄8.01岁。在通过髋臼中心的轴面图像上测量OAA和CAA,比较正常儿童OAA和CAA随年龄变化的趋势。**结果** 正常儿童OAA在生后1岁时为 $(8.69 \pm 3.16)^\circ$,2岁时增大至 $(11.83 \pm 2.95)^\circ$;2~9岁之间维持恒定。9~16岁,OAA略有上升,16岁时达到 $(14.37 \pm 3.55)^\circ$ 。正常儿童CAA在生后1岁时为 $(12.29 \pm 3.13)^\circ$,2岁时增大至 $(15.19 \pm 2.68)^\circ$,之后不随年龄变化,维持在 $(15.17 \pm 3.38)^\circ$,直至16岁达到成人水平。**结论** CAA在生后2年内迅速发育至成人水平,后不随年龄而变化;骨性髋臼前倾则随年龄而逐渐增大。在儿童时期,不能用OAA代替CAA,在儿童髋关节手术前,应通过MRI评价CAA的前倾程度。

【关键词】 髋臼前倾; 骨性髋臼前倾角; 软骨性髋臼前倾角; 磁共振成像

【中图分类号】 R726.8 R681.6 R445.2

Developmental regularity of acetabular anteversion in normal children. Lu Wei, Li Lianrong. Department of Pediatric Orthopedics, Affiliated Shengjing Hospital, China Medical University, Shenyang 110004, China. Corresponding author: Li Lianrong, Email: loyo_ldy@163.com

【Abstract】Objective To observe the developmental and growth patterns of osseous acetabular anteversion (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA) with different ages on magnetic resonance imaging (MRI). **Methods** We retrospectively analyzed the medical records of children receiving hip MRI examination from January 2008 to January 2018. Among 293 children with normal development of the hips, there were 147 boys and 146 girls with a mean age of 8.01 years (1 month to 16 years). The values of OAA/CAA were measured on cross-sections on MRI and their normal developmental patterns determined by age-based cross-sectional analysis. The differences of OAA/CAA were compared between normal and DDH children. The data were statistically analyzed. **Results** Normal OAA increased from a mean value of $8.69 \pm 3.16^\circ$ to $11.83 \pm 2.95^\circ$ during the first two postnatal years. Then it stayed unchanged until 9 years. From 9 to 16 years, OAA showed a slight increase of $2^\circ-3^\circ$ again. The mean value of OAA rose to $14.37 \pm 3.55^\circ$ at the age of 16 years. Normal CAA spiked rapidly from a mean value of $12.29 \pm 3.13^\circ$ to $15.19 \pm 2.68^\circ$ within the first two years and then stabilized at a constant level of $15.17 \pm 3.38^\circ$ until 16 years. **Conclusion** Normal CAA has fully formed at birth and remains constant until adulthood. In childhood, osseous-anteversion does not represent cartilaginous-anteversion. And MRI is necessary for assessing acetabular cartilage components prior to hip surgery.

【Key words】 Acetabular Anteversion; Osseous Acetabular Anteversion; Cartilaginous Acetabular Anteversion; Magnetic Resonance Imaging

髋臼前倾角(acetabular anteversion, AA)是髋臼

相对于轴面上的开口方向,是描述髋臼形态和髋关节功能的重要定量指标之一。髋臼前壁和后壁的位置关系决定了髋臼的前倾,适当的髋臼前倾有利于股骨头的包容。同时,AA也是行各种骨盆旋转截骨术或髋关节置换术时的重要参考指标。在发育成熟的髋关节,3D-CT是测量AA的理想方法,但

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.013

基金项目:国家自然科学基金(编号:81772296)

作者单位:中国医科大学附属盛京医院小儿骨科(辽宁省沈阳市,110004)

通信作者:李连永, loyo_ldy@163.com

它仅代表骨性髋臼前倾角 (osseous acetabular anteversion, OAA)^[1];在发育期儿童,髋臼前、后壁均有明显的软骨性成分,软骨性的髋臼前后缘决定真正的髋臼前倾,既往在儿童髋臼前倾均参考成人的指标,但 OAA 是否可以代替软骨性的髋臼前倾角 (cartilaginous acetabular anteversion, CAA),OAA 及 CAA 在儿童时期是如何发育的尚不清楚。

髋臼前倾是发育性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 形态评价的重要方面,是手术矫正髋臼方向的重要参考指标。较多 3D-CT 研究表明骨性髋臼过度前倾是 DDH 的重要病理改变^[2,3]。但 CT 成像仅是对 OAA 的评价,关于 CAA 如何改变报道较少。因此对 CAA 进行评价具有重要临床意义。磁共振 (magnetic resonance imaging, MRI) 具有无创性,且能良好显示髋臼软骨,已被广泛用于 DDH 软骨病理形态的评估^[4-5]。本研究旨在通过 MRI 测量,明确从出生至骨成熟儿童 OAA 及 CAA 的发育规律,以指导临床治疗。

材料与方法

一、临床资料

回顾性收集 2008 年 1 月至 2018 年 1 月于中国医科大学附属盛京医院行包含髋部 MRI 检查患儿的影像资料。排除神经肌肉性、骨及软骨发育性、全身性或遗传性以及髋关节外伤性疾病等可能影响髋关节发育的情况。共纳入研究对象 293 例 (586 髋),其中男童 147 例,女童 146 例,年龄为 1 个月至 16 岁,平均年龄为 8.01 岁,按照不同年龄段分为 16 个亚组。临床诊断包括良性腹腔或盆腔肿瘤患儿 78 例,皮肤和皮下淋巴管瘤或血管瘤 126 例,臀部良性肿瘤 89 例。

本研究经中国医科大学盛京医院伦理委员会批准,经家属同意并签署知情同意书。

二、影像学测量

所有患儿摄片时采取仰卧位,臀部紧贴于托板,双下肢并拢自然伸直,双侧髌骨向前,4 岁以下儿童检查前予以镇静。采用 Philips 3.0T 影像系统 (Philips Achieva, Best, the Netherlands) 行髋关节及周围扫描,获得包括髋关节轴位、冠状位及矢状位的 T1、T2 加权图像,层厚 3 mm,间隔 0 mm。其余参数设定:T2 快速自旋回波 TR 4 500 ms,TE 120 ms;

T1 快速自旋回波 TR 450 ms,TE 12 ms;矩阵 512 × 512。应用 PACS (Picture Archiving and Communication Systems, 东软,沈阳,中国) 系统,使用 Flynn 等^[6]的方法测量 OAA 和 CAA。

在通过髋臼中心的 T1 加权轴面 MRI 图像上,可显示出清晰的髋臼前倾图像,连接两侧坐骨最低点的直线为 a,再识别髋臼骨性和软骨性前后缘的最外侧点,骨性前后缘最外侧点的连线与 a 线的垂线所成的锐角为 OAA;软骨性髋臼前后缘最外侧点的连线与 a 线的垂线所成的锐角为 CAA (图 1)。

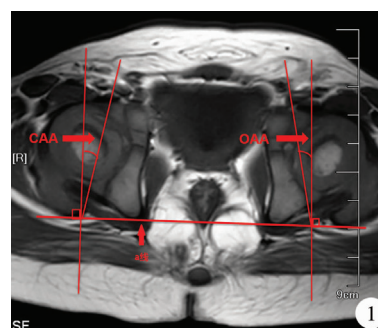


图 1 骨性及软骨性前倾的磁共振测量方法

Fig. 1 T1-weighted axial MRI showing the measurements of osseous acetabular anteversion (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA)

三、统计学方法

采用 SPSS20.0 软件进行数据分析。正常儿童左、右侧 OAA、CAA 比较采用配对样本 *t* 检验;OAA、CAA 在正常组各个年龄段的比较采用单因素方差分析 (one-way analysis of variance, ANOVA),以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

为比较测量结果的组内、组间一致性,作者 A 及 2 名观察者 (B and C) 随机抽取 30 例分别对 OAA、CAA 进行重复测量,采用 Pearson 相关系数及组内相关系数 (intra-class correlation coefficient, ICC) 评价 OAA 及 CAA 测量结果的组间及组内一致性,ICC > 0.75 为一致性优异,ICC 0.40 ~ 0.75 为一致性一般,ICC < 0.40 为一致性较差。

结 果

OAA 和 CAA 的组间、组内比较一致性结果如表 1,ICC 最小值为 0.8733,表明具有优异的组内、组间一致性。

表1 骨性及软骨性髋臼前倾角测量的组内、组间一致性评价

Table 1 Assessments of intra-and inter-observer agreement of osseous acetabular anteversion and cartilaginous acetabular anteversion (ICC, intraclass correlation coefficient; CI, confidence interval)

观察者	骨性髋臼前倾角(°)			软骨性髋臼前倾角(°)		
	ICC	95% CI	P 值	ICC	95% CI	P 值
A-A	0.9953	0.9955~0.9978	<0.001	0.9758	0.9725~0.9817	<0.001
A-B	0.8817	0.8577~0.9109	<0.001	0.8861	0.8638~0.9105	<0.001
A-C	0.9869	0.9673~0.9948	<0.001	0.8733	0.8489~0.8916	<0.001
B-C	0.8976	0.8754~0.9123	<0.001	0.9014	0.8815~0.9230	<0.001

注 A、B、C 分别代表不同的测量人;ICC:组内相关系数;CI:置信区间。

293 例(586 髋)儿童正常髋关节的 OAA 及 CAA 均值、标准差见表 2。在正常儿童 OAA 生后 1 岁时为(8.69 ± 3.16)°,在生后 2 年内逐渐增加,2 岁时达到(11.83 ± 2.95)°,此后至 9 岁保持恒定;青春期后(9~16 岁)OAA 略有增加,约为 2°(图 2)。值得注意的是,正常儿童 CAA 的发育规律与 OAA 显著不同,在生后的前两年,CAA 从(12.29 ± 3.13)°迅速增大至(15.19 ± 2.68)°,之后不随年龄变化,维持在(15.17 ± 3.38)°直至 16 岁(图 2)。在所有儿童中均未发现髋臼后倾情况。

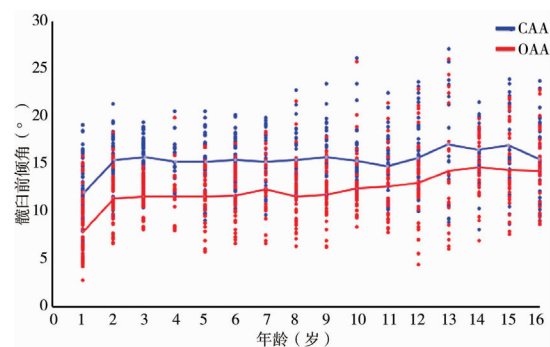


图2 髋关节发育正常儿童骨性及软骨性髋臼前倾随年龄发育趋势及散点图

Fig.2 Graphs of the values for osseous (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA) versus age in a scatter graph of all measurements in normal hips and trend lines

表2 髋关节发育正常儿童不同年龄骨性及软骨性髋臼前倾角的测量结果

Table 2 Values of osseous (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA) corresponding to age in normal children

年龄 (岁)	髋关节数	骨性髋臼前倾角(°)		软骨性髋臼前倾角(°)		t 值	P 值
		$\bar{x} \pm s$	95% CI	$\bar{x} \pm s$	95% CI		
1	58	8.69 ± 3.16	7.86~9.52	12.29 ± 3.13	11.46~13.11	6.16	<0.001
2	48	11.83 ± 2.95	10.98~12.69	15.19 ± 2.68	14.41~15.97	5.84	<0.001
3	40	11.96 ± 1.73	11.40~12.51	15.49 ± 2.43	14.72~16.27	7.14	<0.001
4	16	12.01 ± 3.08	10.36~13.65	15.08 ± 2.62	13.69~16.47	3.04	<0.001
5	36	11.94 ± 2.91	10.95~12.92	15.04 ± 2.68	14.07~16.00	4.56	<0.001
6	44	12.05 ± 2.61	11.25~12.84	15.20 ± 2.62	14.40~16.00	5.66	<0.001
7	28	12.68 ± 3.40	11.36~14.00	15.05 ± 3.20	13.81~16.29	2.69	<0.001
8	48	11.99 ± 3.12	11.08~12.89	15.18 ± 2.80	14.37~16.00	5.28	<0.001
9	36	12.16 ± 2.98	11.15~13.17	15.46 ± 2.97	14.45~16.46	4.70	<0.001
10	38	12.73 ± 3.35	11.63~13.83	15.15 ± 3.14	14.12~16.18	3.25	<0.001
11	32	12.91 ± 3.43	11.67~14.14	14.67 ± 3.30	13.48~15.86	2.10	<0.001
12	40	13.25 ± 4.14	11.93~14.58	15.41 ± 3.64	14.25~16.58	2.48	<0.001
13	20	14.37 ± 6.32	11.41~17.33	16.69 ± 6.22	13.78~19.60	1.70	<0.001
14	30	14.66 ± 3.22	13.46~15.87	16.18 ± 3.20	14.99~17.38	1.83	<0.001
15	34	14.46 ± 4.19	13.00~15.92	16.58 ± 4.30	15.08~18.08	2.06	<0.001
16	38	14.37 ± 3.55	13.21~15.54	15.29 ± 3.67	14.09~16.50	0.70	<0.001

注 CI:置信区间

正常髋关节 OAA 与 CAA 呈正相关($r=0.916$, $P<0.001$)(图 3 至图 5)。10 岁前,OAA 无明显性

别差异,而在 10 岁后至 16 岁,女性 OAA 略大于男性(表 3)。CAA 与性别的关系与 OAA 类似(表 3)。

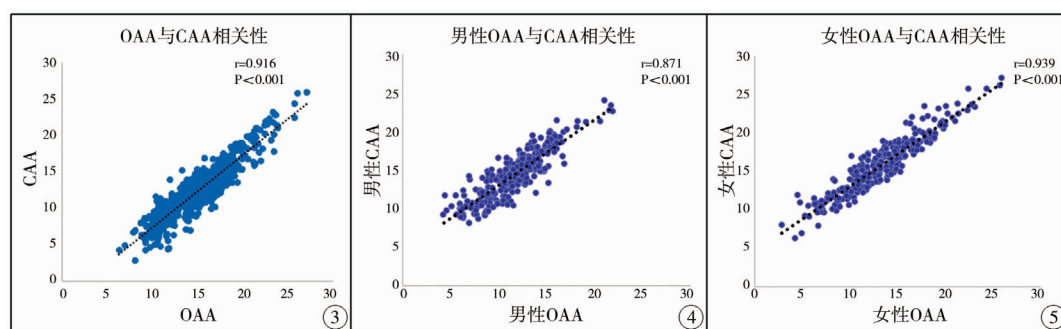


图3 髋关节发育正常儿童骨性及软骨性髋臼前倾角相关性散点图 图4 髋关节发育正常男性骨性及软骨性髋臼前倾角相关性散点图 图5 髋关节发育正常女性骨性及软骨性髋臼前倾角相关性散点图

Fig. 3 Correlation and scatter diagram of osseous (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA) in normal children

Fig. 4 Correlation and scatter diagram of osseous (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA) in normal male children

Fig. 5 Correlation and scatter diagram of osseous (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA) in normal female children

表3 正常儿童各年龄段不同性别骨性及软骨性髋臼前倾角的测量结果($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Values of osseous (OAA) and cartilaginous acetabular anteversion (CAA) based upon age and gender in normal children($\bar{x} \pm s$)

年龄 (岁)	OAA(°)					CAA(°)				
	髋关节数 (男/女)	男性	女性	t 值	P 值	髋关节数 (男/女)	男性	女性	t 值	P 值
1	28/30	7.96 ± 2.37	9.38 ± 3.66	-1.76	0.088	28/30	11.69 ± 2.46	12.85 ± 3.59	-1.44	0.159
2	20/28	12.08 ± 2.93	11.66 ± 3.00	0.49	0.629	20/28	15.96 ± 2.62	14.65 ± 2.64	1.70	0.096
3	20/20	11.69 ± 1.83	12.22 ± 1.63	-0.98	0.333	20/20	15.06 ± 2.27	15.93 ± 2.58	-1.14	0.264
4	8/8	11.75 ± 2.72	12.26 ± 3.59	-0.32	0.756	8/8	15.27 ± 2.57	14.89 ± 2.82	0.28	0.785
5	18/18	11.42 ± 2.57	12.46 ± 3.20	-1.08	0.289	18/18	14.68 ± 2.68	15.39 ± 3.06	-0.74	0.468
6	28/16	12.05 ± 2.61	11.76 ± 2.70	0.20	0.590	28/16	15.26 ± 2.70	15.10 ± 2.55	0.54	0.847
7	14/14	12.21 ± 2.60	13.10 ± 4.12	-0.66	0.517	14/14	14.54 ± 2.77	15.54 ± 3.61	-0.83	0.416
8	26/22	12.02 ± 3.89	11.95 ± 2.85	0.72	0.943	26/22	15.13 ± 3.06	15.24 ± 2.52	-0.13	0.896
9	20/16	11.16 ± 3.07	13.42 ± 2.38	-2.42	0.021	20/16	14.78 ± 2.67	16.30 ± 3.20	-1.55	0.132
10	18/20	12.10 ± 2.02	13.29 ± 4.18	-1.10	0.278	18/20	14.50 ± 1.96	15.73 ± 3.87	-1.25	0.220
11	18/14	11.67 ± 2.53	14.51 ± 3.85	-2.52	0.017	18/14	13.55 ± 2.81	16.11 ± 3.41	-2.33	0.027
12	18/22	11.59 ± 3.00	14.61 ± 4.50	-2.43	0.020	18/22	14.02 ± 1.97	16.55 ± 4.30	-2.46	0.020
13	6/14	11.98 ± 3.06	16.25 ± 6.48	-2.24	0.038	6/14	14.52 ± 3.15	18.90 ± 5.93	-3.62	0.002
14	14/16	12.69 ± 2.63	16.37 ± 2.70	-3.79	0.001	14/16	14.13 ± 2.72	17.98 ± 2.54	-4.07	<0.001
15	24/10	13.80 ± 4.33	16.03 ± 3.54	-2.52	0.016	24/10	15.87 ± 4.36	18.29 ± 3.82	-3.44	0.038
16	14/24	13.45 ± 2.49	16.61 ± 2.68	-5.86	<0.001	14/24	14.98 ± 2.33	17.23 ± 2.83	-5.98	<0.001

讨论

尽管MRI检查价格昂贵且有时需要镇静,但它无辐射,且可多平面清楚地显示骨和软骨结构之间的界限,因此仍是对未成熟髋关节进行评估的常用方法。大量研究表明,MRI能准确显示发育中髋关节的各种形态学变化,但很少有研究关注MRI测量OAA和CAA的可靠性^[5]。本研究证实,各测量结果在观察者之间的一致性均良好,表明MR图像测量的可重复性非常高。

众所周知,在正常新生儿时期,髋臼是由髋臼

软骨和Y型软骨组成的软骨复合体,髋臼的发育主要表现为出生后软骨内骨化,所以软骨性的髋臼前后缘才是决定真正髋臼前倾的结构。Liu等^[7]用MRI测量了180例6个月至16岁不同年龄组正常儿童髋关节的OAA及CAA,结果表明OAA和CAA在这一期间变化不大,他们推测这可能是由于在正常髋关节中,股骨头对髋臼的挤压应力是均匀的,使髂骨、坐骨和耻骨生长趋于平衡,从而使髋臼保持稳定的轴面开口方向,本研究结果与之略有不同。本研究发现OAA及CAA在出生后的2年内迅速增加,并在2~9岁间保持恒定,这与Li等^[8]对正常儿童骨性和软骨性髋臼指数变化趋势的研究结

果相似。在9岁前,OAA比CAA小 3° 左右,且保持恒定,表明在这一时期,髋臼前壁和后壁的骨化速率相同。OAA的第二个发育阶段为9~16岁,平均增加约 $2\sim 3^{\circ}$,这种变化主要归功于后壁的骨化速度较前壁更快。Albers等^[9]指出髋臼前倾会随着髋臼缘骨化程度的增加而增加,髋臼前后缘的次级骨化中心9岁后开始出现,这是导致OAA发生变化的主要原因。

与OAA不同,CAA在整个儿童期和青春期几乎保持恒定($15.17\pm 3.38^{\circ}$),表明软骨性髋臼前壁和后壁的相对位置在出生时已达到青春期水平。Johnson等^[10]通过MRI观察婴儿髋关节的解剖结构,也发现了类似的规律。但从出生至骨成熟期评估髋臼前后缘的发育情况尚未见报道。本研究首次通过横断面研究详细观察了从1~16岁儿童OAA和CAA的发育规律,为各年龄儿童骨性及软骨性髋臼前倾程度提供了正常值参考标准。本研究发现2岁以后,CAA超过 21° ($>2SD$)的髋关节应该考虑为软骨性髋臼过度前倾。此外,尽管OAA和CAA具有明显的正相关性,但两者的前倾程度并不相同,因此并不能用OAA代替CAA对髋臼在轴面上的方向进行评估,而CAA则代表真正的髋臼前倾和真性的髋臼前后缘对股骨头的包容程度。

此外,本研究还发现,在青春期前,男性和女性的OAA发育基本一致,在青春期后直到16岁,女性OAA略大于男性,既往的研究结果也支持这一结论^[11,12]。CAA的发育在性别间的差异与OAA相似,但目前尚不清楚这种现象产生的原因,可能与男性和女性骨盆形态的差异有关。

虽然OAA与CAA之间存在相关性($r=0.916$, $P<0.001$),表明OAA和CAA均能反映髋臼前倾的程度,但是由于髋臼的形态个体化差异大,软骨性髋臼缘的差异更为明显,因此直接用OAA取代CAA是不合理的,特别是在评估DDH患儿髋臼发育情况时,不应仅仅关注骨性髋臼缘的发育情况,软骨性髋臼的发育同样需要足够的重视。目前,越来越多的学者提出,髋臼的软骨性前倾比髋臼的骨性前倾更能代表髋臼发育的最终状态^[13,14]。了解真性(软骨性)髋臼前后缘的位置在行改变髋臼方向的骨盆截骨术时有重要参考价值。如在行Salter骨盆截骨术时特别容易导致髋臼后倾,既往多通过术前CT来评估骨性的髋臼前倾,以指导术中矫正,但它并不能代表真正的髋臼前倾程度,尤其是在骨化严重延迟时,误差更为明显。本研究结果表明,

髋臼前倾的真实程度应取决于软骨性髋臼前倾的程度,这通常大于骨性髋臼前倾,在术中调整髋臼骨块旋转角度时应予充分考虑。此外,在行Pemberton截骨术时,髋臼中心在以“Y”型软骨为支点旋转的过程中,在改变髋臼对股骨头的覆盖的同时也往往改变了髋臼前倾角的程度。髋臼过度前倾可诱发髋臼早期退行性关节炎^[15];而髋臼过度前倾亦可导致后缘对股骨头的过度包容,进而导致头臼间撞击,导致骨性关节炎的发生。因此,在行髋臼旋转的手术时对髋臼前倾程度的评估至关重要,应术前对软骨性的髋臼前后缘位置进行评估,以免发生过前倾或后倾。由于术中MRI应用的限制,术中对软骨性髋臼前倾的评估异常困难。我们建议在术前应通过MRI仔细评估髋臼OAA及CAA的差异程度,术中以放射线学的方法参考二者间的差异,间接地评估CAA的程度,但术中摄片的条件限制,评估CAA的难度较大;其次,也可以按照Forlin等^[16]的方法,通过术中关节造影来直接观察髋臼前后缘的位置,从而准确评估软骨性髋臼缘的前倾程度。

此外,有报道指出DDH患儿股骨颈前倾角(femoral neck anteversion, FNA)同样存在过度前倾,但前倾程度在个体间变异较大,且与年龄相关^[17]。对于前倾较大的患儿行髋臼手术时应同时行股骨去旋转截骨术,但是目前对于行股骨去旋转截骨术的指征尚存在争议。Berkeley等^[18]建议对FNA $>60^{\circ}$ 的患儿行股骨去旋转截骨术矫正过大的前倾角;Sankar等^[19]主张对FNA $>50^{\circ}$ 的患儿行股骨去旋转截骨术,矫正过大的前倾角至 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。但以上均是通过3D-CT测量的骨性指标,忽略了软骨成分。而通过MRI测量FNA行股骨去旋转截骨的指征尚不明确,但Mootha^[20]指出评估股骨头和髋臼的病理解剖在DDH术前是必要的,且应该选择MRI作为首选方法。

总之,通过MRI测量,髋臼骨性成分和软骨性成分的生长发育模式明显不同。CAA在出生后已近似青春期时的大小,并且随着年龄的增长几乎没有明显变化。然而,OAA在出生后的前2年迅速增加,然后至9岁前保持不变,在青春期后(9~16岁)增加约 2° ,达到成人水平。在行髋关节手术前通过MRI对软骨性髋臼和股骨前倾进行评估,对准确矫正髋臼方向和股骨去旋转具有重要的指导意义。

参考文献

- 1 Li L, Zhang L, Zhao Q, et al. Measurement of acetabular an-

- teversion in developmental dysplasia of the hip in children by two-and three-dimensional computed tomography [J]. J Int Med Res, 2009, 37 (2): 567-575. DOI: 10.1177/147323000903700234.
- 2 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, 2005, 86 (6): 876-886. DOI: 10.1302/0301-620x.86b6.14441.
 - 3 Jia JY, Li L, Zhang LJ, et al. Can excessive lateral rotation of the ischium result in increased acetabular anteversion? A 3D-CT quantitative analysis of acetabular anteversion in children with unilateral developmental dysplasia of the hip [J]. J Pediatr Orthop, 2011, 31 (8): 864-869. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31823832ce.
 - 4 Krasny R, Prescher A, Botschek A, et al. MR ~ anatomy of infants hip; comparison to anatomical preparations [J]. Pediatr Radiol, 1991, 21 (3): 211-215. DOI: 10.1007/bf02011051.
 - 5 Goronzy J, Blum S, Hartmann A, et al. Is MRI an adequate replacement for CT scans in the three-dimensional assessment of acetabular morphology [J]. Acta Radiol, 2019, 60 (6): 726-734. DOI: 10.1177/0284185118795331.
 - 6 Sankar WN, Flynn JM. The development of acetabular retroversion in children with Legg-Calvé-Perthes disease [J]. J Pediatr Orthop, 2008, 28 (4): 440-443. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318168d97e.
 - 7 Li YQ, Liu YZ, Zhou QH, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of acetabular orientation in normal Chinese children [J]. Medicine (Baltimore), 2016, 95 (37): e4878. DOI: 10.1097/MD.0000000000004878.
 - 8 Li LY, Zhang LJ, Li QW, et al. Development of the osseous and cartilaginous acetabular index in normal children and those with developmental dysplasia of the hip: a cross-sectional study using MRI [J]. J Bone Joint Surg Br, 2012, 94 (12): 1625-1631. DOI: 10.1302/0301-620X.94B12.29958.
 - 9 Albers CE, Schwarz A, Hanke MS, et al. Acetabular version increases after closure of the triradiate cartilage complex [J]. Clinical Orthopaedics and Relat Res, 2017, 475 (4): 983-994. DOI: 10.1007/s11999-016-5048-0.
 - 10 Johnson ND, Wood BP, Noh KS, et al. MR imaging anatomy of the infant hip [J]. AJR Am J Roentgenol, 1989, 153 (1): 127-133. DOI: 10.2214/ajr.153.1.127.
 - 11 Rubalcava J, Gómezgarcía F, Ríosreina JL. Acetabular anteversion angle of the hip in the Mexican adult population measured with computed tomography [J]. Acta Ortop Mex, 2012, 26 (3): 155-161.
 - 12 Jiang N, Peng L, Al-Qwbani M, et al. Femoral version, neck-shaft angle, and acetabular anteversion in Chinese Han population: a retrospective analysis of 466 healthy adults [J]. Medicine, 2015, 94 (21): e891. DOI: 10.1097/MD.0000000000000891.
 - 13 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.
 - 14 Duffy CM, Taylor FN, Coleman L, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of surgical management in developmental dysplasia of the hip in childhood [J]. J Pediatr Orthop, 2002, 22 (1): 92-100. DOI: 10.1097/01241398-200201000-00020.
 - 15 Kim SS, Frick SL, Wenger DR. Anteversion of the acetabulum in developmental dysplasia of the hip: analysis with computed tomography [J]. J Pediatr Orthop, 1999, 19 (4): 438-442. DOI: 10.1097/00004694-199907000-00004.
 - 16 Forlin E, Choi IH, Guille JT, et al. Prognostic factors in congenital dislocation of the hip treated with closed reduction. The importance of arthrographic evaluation [J]. J Bone Joint Surg Am, 1992, 74 (8): 1140-1152. DOI: 10.1007/BF00182695.
 - 17 Kim SS, Frick SL, Wenger DR. Anteversion of the acetabulum in developmental dysplasia of the hip: analysis with computed tomography [J]. J Pediatr Orthop, 1999, 19 (4): 438-442. DOI: 10.1097/00004694-199907000-00004.
 - 18 Berkeley ME, Dickson JH, Cain TE, et al. Surgery therapy for congenital dislocation of the hip in patients who are twelve to thirty-six months old [J]. J Bone Joint Surg Am, 1984, 66 (3): 412-420.
 - 19 Sankar WN, Neuburger CO, Moseley CF. Femoral anteversion in developmental dysplasia of the hip [J]. J Pediatr Orthop, 2009, 29 (8): 885-888. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181c1e961.
 - 20 Mootha AK, Saini R, Dhillon MS, et al. MRI evaluation of femoral and acetabular anteversion in developmental dysplasia of the hip. A study in an early walking age group [J]. Acta Orthop Belg, 2010, 76 (2): 174-180. DOI: 10.3109/17453671003667168

(收稿日期:2019-10-27)

本文引用格式: 卢伟, 李连永. 儿童髋臼前倾的发育规律研究 [J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19 (2): 155-160. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.013.

Citing this article as: Lu W, Li LY. Developmental regularity of acetabular anteversion in normal children [J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19 (2): 155-160. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.013.