

# 3D 打印技术测量儿童发育性髋关节脱位股骨颈前倾角

曹进, 胡珊珊, 郑华江, 张楠, 仲肇平  
(宁波市第六医院骨科, 浙江 宁波 315040)

**【摘要】 目的:** 探讨利用 3D 打印技术测量发育性髋关节脱位儿童股骨颈前倾角的方法及准确性以期找到准确测量该类患儿股骨颈前倾角的方法并指导制定手术方案。**方法:** 纳入 2016 年 6 月至 2018 年 9 月需行手术治疗的单侧发育性髋关节脱位患者 17 例, 男 2 例, 女 15 例; 年龄 2~13 (5.47±0.81) 岁; 左侧 11 例, 右侧 6 例。用 CT 测量法 (CT 法)、3D 打印的股骨实物模型测量法 (模型法) 和术中股骨颈前倾角测量法 (术中法) 分别测量患儿股骨颈前倾角, 以术中法测量值作为标准参考值, 进行统计学分析, 比较前两种测量方法的准确性。**结果:** CT 法测量平均值为 (36.00±1.66)°, 模型法测量平均值为 (43.91±1.62)°, 术中法测得股骨颈前倾角平均值为 (44.21±1.62)°。CT 法测量值与模型法测量值、术中法测量值的比较差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ )。模型法测量值与术中法测量值差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。**结论:** 利用 3D 打印技术的模型法测量儿童发育性髋关节脱位股骨颈前倾角与传统 CT 测量法相比更简单、准确、可重复性强, 而且可以术前模拟术中操作, 是目前比较理想的测量股骨颈前倾角的方法。

**【关键词】** 打印, 三维; 股骨颈前倾角; 髋脱位, 先天性

中图分类号: R826.64

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.08.011

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



## Measurement of femoral neck anteversion of developmental dislocation of hip in children by 3D printing technique

CAO Jin, HU Shan-shan, ZHENG Hua-jiang, ZHANG Nan, and ZHONG Zhao-ping. Department of Orthopaedics, Ningbo No.6 Hospital, Ningbo 315040, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To explore the method and accuracy of measuring the femoral neck anteversion in children with developmental dislocation of the hip by using 3D printing technology, so as to find out the method of measuring the femoral neck anteversion accurately and guide the formulation of the operation plan. **Methods:** From June 2016 to September 2018, 17 patients with unilateral developmental dislocation of the hip were enrolled in the study, including 2 males and 15 females, aged 2 to 13 (5.47±0.81) years old, 11 on the left and 6 on the right. The methods of CT, 3D printing and intraoperative anteversion of femoral neck were used to measure the anteversion of femoral neck respectively. The intraoperative measurement was used as the standard reference value for statistical analysis, and the accuracy of the first two methods was compared. **Results:** The average value of CT was (36.00±1.66)°, the average value of model method was (43.91±1.62)°, and the average value of intraoperative method was (44.21±1.62)°. There were significant differences in CT measurement, model measurement and intraoperative measurement ( $P<0.05$ ). There was no significant difference between model method and intraoperative method ( $P>0.05$ ). **Conclusion:** Compared with the traditional CT method, the 3D printing model method is simpler, more accurate and more repeatable, and can simulate the operation before operation. It is an ideal method to measure the femoral neck anteversion.

**KEYWORDS** Printing, three dimensional; Femoral neck anteversion; Hip dislocation, congenital

发育性髋关节脱位 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 是小儿骨科常见疾病, 其主要病理改变之一是股骨颈前倾角 (femoral neck anteversion,

FNA) 增大, 从而导致髋关节不稳定。对于年龄 > 24 个月的儿童, 通常需要采用手术治疗, 治疗过程中, 需对过大的股骨颈前倾角予以矫正。因此, 术前的测量对于 DDH 的治疗有着极其重要的意义<sup>[1]</sup>。既往人们利用 X 线片、CT 及体表标志等方法测量前倾角, 以配合术前评估及确定治疗方案, 其中以 CT 测量法应用最为广泛<sup>[2-3]</sup>。但上述各方法测量结果误差较大, 一致性较差, 就目前而言, 测量股骨颈前倾角仍没有金标准。3D 打印技术的出现提供了一种更容易、简便的方法。通过股骨全长 CT 扫描,

基金项目: 浙江省宁波市鄞州区农业与社会发展领域科技项目 (编号: 20170220)

Fund program: Science and Technology Project in Agriculture and Social Development of Yinzhou District, Ningbo City, Zhejiang Province (No. 20170220)

通讯作者: 曹进 E-mail: caojin111@163.com

Corresponding author: CAO Jin E-mail: caojin111@163.com

获得数据,经过软件处理,并通过 3D 打印机复制出形态完全相同的股骨模型,直接通过股骨模型进行前倾角的测量,方法简单,结果准确。本文收集了 2016 年 6 月至 2018 年 9 月接受手术治疗的单侧 DDH 患者 17 例,采用传统 CT 方法测量、3D 打印模型测量及术中测量法对实际股骨颈前倾角进行测量,研究各种测量方法的精确性,以寻求最准确测量股骨颈前倾角的方法。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

本组 17 例患者,男 2 例,女 15 例;年龄 2~13 (5.47±0.81)岁;左侧 11 例,右侧 6 例。纳入患者均为单髋脱位(包括术后再脱位 1 例),共计患髋 17 个。患儿临床表现主要为跛行、疼痛或 X 线异常。

### 1.2 测量方法

**1.2.1 CT 测量法 (CT 法)** 选择临床最常用的方法(二维测定法)<sup>[4]</sup>,以普通断层法选择股骨头与股骨颈基底部之间的显示股骨颈最佳的中间层面,确定股骨头颈纵轴线与水平线的夹角(图 1),然后减去股骨内外髁后连线与水平线之间夹角(图 2),即为股骨前倾角的测量值。

**1.2.2 3D 打印模型测量法 (模型法)** (1)影像学数据的获取:患者平卧于 CT 检查床,以层厚 1.0 mm 进行螺旋 CT 连续扫描双侧全长股骨。(2)三维数字模型建立:将 Dicom 格式数据导入电脑中,通过

Mimics 等专业软件重建股骨三维模型。(3)打印股骨模型:电脑中通过软件完成股骨重建后,即可利用 3D 打印机快速制作出双侧股骨等大实物模型。(4)前倾角测量:将股骨放置于一平面,使内外髁及大转子后缘处于同一平面,从近端向远端观察,用游标卡尺定位股骨头和股骨颈的中心点,根据中心点确定股骨颈轴线,用角度计测量股骨颈前倾角。

**1.2.3 术中测量法 (术中法)** 于股骨近端切口显露后、截骨前,于屈膝位自股骨外髁向内髁置入 1 枚克氏针 A,克氏针 A 与大腿、小腿构成平面垂直。C 形臂 X 线监视下置入股骨颈定位克氏针 B,B 针与股骨颈轴线平行。再于 B 针进针点旁自外向内置入与克氏针 A 平行针 C,消毒自制角度计测量 B 与 C 之间的夹角即为股骨前倾角。

3 种测量方法均由同一手术医师测量 3 次,取平均值。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析,定量资料数据以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,各测量方法分组间比较采用 LSD-t 检验,检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

不同方法测量股骨颈前倾角的结果如表 1 所示。术中测量的股骨颈前倾角为实际测量值。CT 法测量值较模型法、术中法偏小。采用 LSD-t 检验,对 3 种测量法进行两两比较,其分析结果表明:CT 法与

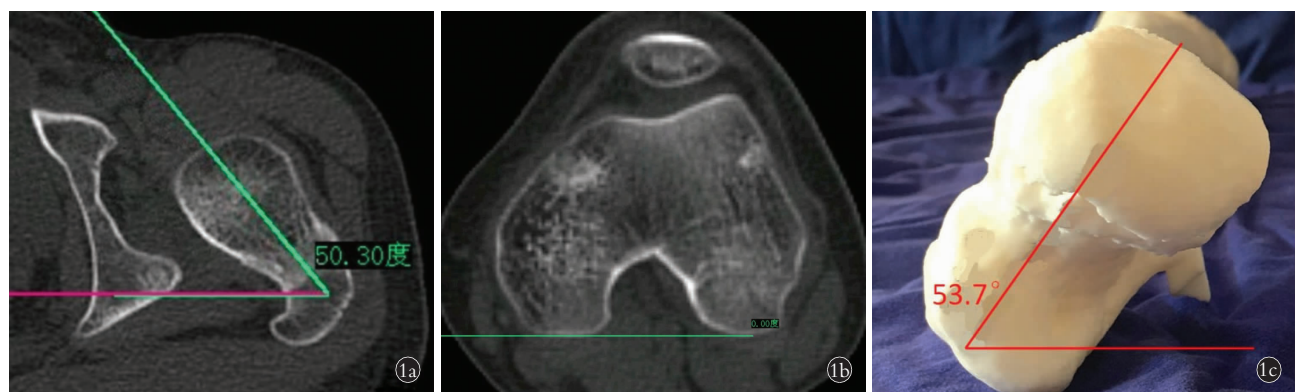


图 1 患者,女,12 岁,发育性髋关节脱位,进行性左髋疼痛 1 年,行左骨盆截骨联合股骨近端缩短内翻旋转截骨术 1a. 股骨头颈纵轴线与水平线的夹角 1b. 股骨内外髁后连线与水平线之间夹角 1c. 3D 打印股骨实物模型测量股骨颈前倾角大小 1d. 术中利用克氏针定位测量股骨颈前倾角大小

Fig.1 A 12-year-old female patient with developmental dislocation of the hip and progressive pain of the left hip for one year underwent left pelvic osteotomy combined with proximal femoral shortening and varus rotation osteotomy 1a. The angle between the longitudinal axis and the horizontal line of the femoral head and neck 1b. The angle between the posterior line of the internal and external condyles of the femur and the horizontal line 1c. 3D printed physical model of the femur to measure the anteversion of the femoral neck 1d. The anteversion of femoral neck was measured by Kirschner wire during operation

**表 1 单侧发育性髋关节脱位 17 例患者不同方法测量股骨颈前倾角结果**  
**Tab.1 FNA results of femoral neck anteversion measured by different methods of 17 cases of unilateral developmental dislocation of hip**

患者	性别	年龄(岁)	侧别	股骨颈前倾角(°)		
				CT 法	模型法	术中法
1	女	6	左	35.56	60.12	61.21
2	女	3	左	28.36	35.54	35.9
3	女	2	右	29.21	37.88	36.91
4	男	3	左	34.26	46.12	46.98
5	女	13	左	50.25	53.23	52.76
6	女	10	左	45.49	43.66	45.03
7	女	4	右	35.08	36.25	37.16
8	女	3	右	34.56	44.13	45.86
9	女	3	左	29.85	37.53	38.43
10	女	4	左	34.42	40.25	39.22
11	女	2	左	28.36	41.33	40.31
12	女	5	右	40.39	50.11	49.53
13	女	4	左	31.52	40.41	42.14
14	女	12	右	45.53	47.29	48.27
15	女	7	左	34.45	47.72	49.51
16	男	6	右	29.86	37.46	36.31
17	女	6	左	44.79	47.44	46.07
平均值( $\bar{x}\pm s$ )		5.47±0.81		36.00±1.66	43.91±1.62	44.21±1.62

注:3 种方法测量 FNA 结果采用 LSD-*t* 检验, 术中法与 CT 法比较,  $t=0.001, P<0.05$ ; 术中法与模型法比较,  $t=0.898, P>0.05$ ; CT 法与模型法比较,  $t=0.001, P<0.05$   
 Note: three methods were used to measure FNA results; LSD-*t* test, intraoperative method vs CT method,  $t=0.001, P<0.05$ ; intraoperative method vs model method,  $t=0.898, P>0.05$ ; CT method vs model method,  $t=0.001, P<0.05$

模型法、术中法的测量结果差异均有统计学意义( $P<0.05$ ), 而模型法测量与术中法的测量结果差异无统计学意义( $P>0.05$ ); 本研究显示模型法较 CT 法测量股骨颈前倾角的测量结果更精确。

### 3 讨论

DDH 治疗的目的是实现头臼同心圆复位, 以恢复髋关节正常的解剖结构及最佳的关节功能, 也是术后评价治疗效果的关键<sup>[5-6]</sup>。股骨颈前倾角增大是 DDH 的重要病理变化之一。股骨近端去旋转截骨术在 DDH 患儿术中常被使用以纠正较大的前倾角<sup>[7-8]</sup>, 以最终恢复股骨近端近似正常解剖结构, 但是否需要去旋转或者需要去旋转角度大小如何精确, 需要术前做出准确评估。传统方法多依靠术者术中根据经验确定最佳复位, 显然缺少准确性会影响手术效果, 限制手术技术的推广。许多小儿骨科医生都有这样的困扰, 知道 DDH 患者前倾角大, 但不知角度具体多大, 术中是否必须矫正, 若矫正需要矫正多少, 术前无法做到心中有数, 而且术中目测的方法并不

精确, 在做股骨近端去旋转截骨术时全凭术中的目测和估计, 没有一个定量的标准, 对于经验并不丰富的医生必然会影响手术效果。因此, 需要一种更准确的术前测量方法, 辅助该手术精准、快速完成以获得更好的手术疗效。

既往有很多学者研究如何精确测量股骨颈前倾角<sup>[9-13]</sup>, 发明了很多测量方法, 但遗憾的是至今没有金标准。目前较为广泛使用的是 CT 测量法, CT 测量方法亦有多种<sup>[14-15]</sup>。二维 CT 测量法因其对技术要求相对更低, 应用最广泛。此方法简单易用, 可以让影像科医生测量, 也可以骨科医生自己通过 PACS 系统进行测量。但是, CT 测量法有着自身的缺陷, 用二维图像去精确测量三维结构显然是不准确的。原因在于图像为二维平面图像, 无法同时显示股骨近端完整结构; 选择用于测量的 CT 断层随机性较大, 主观性较强, 导致不同医生之间的测量结果差异较大。本研究发现 CT 测量法与术中实测值之间差异有统计学意义, 说明两种方法测量结果并不一致, 仍需进一步研究才能更精确测量股骨颈前倾角。

本研究采用股骨三维模型法进行测量, 获得更准确的测量结果。通过 3D 打印技术复制出股骨等大模型后, 通过定位股骨头颈上的中心点, 画出股骨颈的轴线, 直接测量其大小。在测量前倾角时, 将股骨颈和股骨头二者作为统一整体来考虑, 这样的测量结果更加准确, 通过 3D 模型可以很容易实现这一目的。操作中选股骨头最长径的中点和股骨颈长径中点来确定股骨头颈轴线, 这样可以将股骨头在前倾中所起的作用包含在内, Kim 等<sup>[16]</sup>在采用三维 CT 测量时就是应用此方法。应用模型法后, 术前就可以知道前倾角的精确大小, 通过对侧正常股骨颈前倾角参照, 术中矫正多少在术前即可确定。借助术前股骨模型在需要截骨处如小转子下截断股骨模型, 模拟手术, 根据对侧前倾角大小确定矫正角度, 测量截骨部位旋转距离, 术中正确定位截骨处后, 按此距离旋转截骨, 即可达到理想的矫正角度。本研究结果表明模型法和术中法测量值之间差异无统计学意义, 说明此两种测量方法结果一致。因此, 3D 打印模型测量股骨颈前倾角结果精确, 方法简单, 一致性强, 是一种较为准确的测量方法。

DDH 术中股骨旋转截骨成功与否的重要条件

之一就是如何测量股骨前倾角<sup>[17-19]</sup>,而如何评价某种测量方式更准确,需要准确的参照方法,本研究采用术中测量法。术中测量法首先必须保证股骨颈及股骨远端定位克氏针在 C 形臂 X 线机监视下准确置入,是对手术侧股骨前倾角的直接测量,是准确性最高的测量方法,通过此方法可确定股骨前倾角的真实大小。其关键点在于要保证 A、B、C 3 枚定位针的位置准确,通过本组研究结果表明,模型法测量结果与术中法差异无统计学意义,而 CT 测量法相比较而言,误差较大,只能作为参考,在有条件的地区,建议采用模型法测量股骨前倾角。

#### 参考文献

- [1] 韦宜山,刘万林,赵振群,等. Pemberton 骨盆截骨术联合股骨近端截骨治疗儿童期发育性髋关节脱位疗效分析[J]. 中华小儿外科杂志, 2015, 36(7): 501-505.  
WEI YS, LIU WL, ZHAO ZQ, et al. Efficacy analysis of Pemberton acetabuloplasty and proximal femur osteotomy in children with developmental dysplasia of hip[J]. Zhonghua Xiao Er Wai Ke Za Zhi, 2015, 36(7): 501-505. Chinese.
- [2] 朱求亮,袁剑锋,赵立来,等. CT 三维重建区分股骨颈扭转角与前倾角[J]. 中国骨伤, 2012, 25(10): 831-833.  
ZHU QL, YUAN JF, ZHAO LL, et al. Discerning the femoral neck anteversion (FNA) from the torsion angle on 3D CT[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(10): 831-833. Chinese with abstract in English.
- [3] 孙建峰,刘沂,蔡晓松,等. 股骨前倾角测量方法的探讨[J]. 中国骨伤, 2005, 18(2): 101-104.  
SUN JF, LIU Y, CAI XS, et al. Study on the methods for measuring femoral anteversion angle[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2005, 18(2): 101-104. Chinese.
- [4] Weiner DS, Cook AJ, Hoyt WA, et al. Computed tomography in the measurement of femoral anteversion[J]. Orthopedics, 1978, 1(4): 299-306.
- [5] Wyles CC, Vargas JS, Heidenreich MJ, et al. Natural history of the dysplastic hip following modern periacetabular osteotomy[J]. J Bone Joint Surg Am, 2019, 101(10): 932-938.
- [6] Thawrani D, Sucato DJ, Podeszwa DA, et al. Complications associated with the Berneseperiacetabular osteotomy for hip dysplasia in adolescents[J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92(8): 1707-1714.
- [7] 杨劼,吕学敏,李娜,等. 发育性髋关节发育不良切开复位、骨盆截骨术后再脱位的原因分析及手术治疗[J]. 骨科临床与研究杂志, 2019, 4(3): 143-147.  
YANG J, LV XM, LI N, et al. Analysis of reasons and surgical treatment for failure of open reduction and pelvic osteotomy in patients with developmental hip dislocation[J]. Gu Ke Lin Chuang Yu Yan Jiu Za Zhi, 2019, 4(3): 143-147. Chinese.
- [8] 徐鹏,陈杰,楼跃,等. 3D 打印导航模板在大龄 DDH 患儿股骨近端内翻旋转缩短截骨术中的应用[J]. 中华小儿外科杂志, 2017, 38(7): 506-510.  
XU P, CHEN J, LOU Y, et al. Application of three-dimensional printed navigation template in proximal femoral varus rotation and shortening osteotomy for elder children with developmental dysplasia of the hip[J]. Zhonghua Xiao Er Wai Ke Za Zhi, 2017, 38(7): 506-510. Chinese.
- [9] 周游,陆声,康晓鹏,等. 股骨颈前倾角 CT 三维重建测量的临床研究[J]. 中国骨与关节杂志, 2016, (2): 97-100.  
ZHOU Y, LU S, KANG XP, et al. Three dimensional reconstruction model measuring femoral anteversion angle[J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Za Zhi, 2016, (2): 97-100. Chinese.
- [10] 马信龙,张清功,马剑雄,等. 应用三维重建测量股骨颈前倾角的计算机方法研究[J]. 生物医学工程与临床, 2009, 13(5): 382-386.  
MA XL, ZHANG QG, MA JX, et al. Computerized approach for 3D-reconstruction measurement of femoral neck anteversion[J]. Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Yu Lin Chuang, 2009, 13(5): 382-386. Chinese.
- [11] 江海,苗武胜,袁会军,等. 螺旋 CT 三维重建在儿童发育性髋关节脱位治疗中的应用[J]. 中国骨伤, 2009, 22(6): 460-462.  
JIANG H, MIAO WS, YUAN HJ, et al. Three-dimensional CT imaging in the treatment of children's developmental dislocation of hip[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2009, 22(6): 460-462. Chinese.
- [12] 贾惊宇,张立军,殷明,等. 3D-CT 评价 18 至 48 个月单髋脱位 DDH 患儿股骨颈前倾角和结合前倾角[J]. 中华小儿外科杂志, 2013, 34(11): 834-838.  
JIA JY, ZHANG LJ, YIN M, et al. 3D-CT measurement of femoral neck anteversion and combined anteversion in unilateral DDH[J]. Zhonghua Xiao Er Wai Ke Za Zhi, 2013, 34(11): 834-838. Chinese.
- [13] 史强,李旭,吴伟平,等. 计算机辅助导航模板在 DDH 患儿股骨截骨术中的临床应用[J]. 中华小儿外科杂志, 2015, 36(7): 506-508, 512.  
SHI Q, LI X, WU WP, et al. Clinical application of computer-assisted navigational template for femoral corrective osteotomy in developmental dysplasia of the hip[J]. Zhonghua Xiao Er Wai Ke Za Zhi, 2015, 36(7): 506-508, 512. Chinese.
- [14] Chimhundu C, Sivarasu S, Steiner S, et al. Femoral neck anteversion measurement using linear slot scanning radiography[J]. Med Eng Phys, 2016, 38(2): 187-191.
- [15] Wells J, Nepple JJ, Crook K. Femoral Morphology in the Dysplastic Hip: Three-dimensional characterizations with CT[J]. Clin Orthop Relat Res, 2017, 475(4): 1045-1054.
- [16] Kim JS, Park TS, Park SB, et al. Measurement of femoral neck anteversion in 3D. Part 1: 3D imaging method[J]. Med Biol Eng Comput, 2000, 38(6): 603-609.
- [17] Tarpada SP, Girdler SJ, Morris MT. Developmental dysplasia of the hip: a history of innovation[J]. J Pediatr Orthop B, 2018, 27(3): 271-273.
- [18] Gholve PA, Flynn JM, Garner MR, et al. Predictors for secondary procedures in walking DDH[J]. J Pediatr Orthop, 2012, 32(3): 282-289.
- [19] Kothari A, Grammatopoulos G, Hopewell S, et al. How does bony surgery affect results of anterior open reduction in walking-age children with developmental hip dysplasia[J]. Clin Orthop Relat Res, 2016, 474(5): 1199-1208.