

文章编号:1004-7220(2019)04-0417-07

先天性髋关节发育不良股骨近端髓腔内径曲线形态

危紫翼¹, 张国强^{2*}, 祁昕征¹, 王慧枝¹, 张敏^{1,3}, 马新硕¹, 姚杰¹, 郑诚功^{1,3}

(1. 北京航空航天大学 生物医学工程高精尖创新中心, 北京 102402; 2. 中国人民解放军总医院 骨科, 北京 100853;
3. 北京航空航天大学 生物与医学工程学院, 北京 100083)

摘要:目的 测量并分析国内先天性髋关节发育不良(developmental dysplasia of the hip, DDH)患者股骨近端形态参数与髓腔内径曲线,为 DDH 股骨柄设计提供参考依据。**方法** 进行股骨三维重建后,测量并比较分析 30 名正常人(30 髋,男 21 名,女 9 名,平均年龄 29.4 岁)和 64 名 DDH 患者(74 髋,男 12 名,女 52 名,平均年龄 45.3 岁)股骨近端形态参数和多个高度上髓腔内外径、前后径,建立不同人群的髓腔内径曲线并进行比较分析。**结果** DDH 患者与正常人群相比,前倾角($26.39^{\circ} \pm 14.74^{\circ}$ vs $15.68^{\circ} \pm 7.95^{\circ}$)显著较大($P=0.001$),颈干角($125.65^{\circ} \pm 5.73^{\circ}$ vs $129.19^{\circ} \pm 5.80^{\circ}$)、峡部高度[(99.14 ± 14.62) mm vs (110.13 ± 11.73) mm]、髓腔开大指数[(3.63 ± 0.77) vs (4.45 ± 0.79)]、股骨头直径[(44.01 ± 5.75) mm vs (47.26 ± 3.94) mm]和偏心距[(31.80 ± 3.82) mm vs (36.42 ± 4.84) mm]则显著较小($P < 0.05$)。结合测量所得的髓腔前后径、内外径与所拟合的内径曲线,DDH 近端髓腔呈现的特点为内外径变狭窄、前后径向前偏移。在不同分型 DDH 中,股骨的变形程度随着分型增大愈发严重,Crowe IV 型 DDH 患者与其他分型间的股骨髓腔形态存在较大差异。**结论** DDH 患者的平均股骨近端曲线与正常人群存在较大差异,且 DDH 的不同分型间也存在形态差异。研究结果有助于定量了解 DDH 患者的股骨近端形态特征,为设计适用于 DDH 患者的新型股骨柄提供参考依据。

关键词:先天性髋关节发育不良; 股骨柄; 解剖形态; 股骨近端髓腔

中图分类号: R 318.01 **文献标志码:** A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2019.04.013

Morphological Feature of the Fitting Curves of Proximal Femoral Canal in Adults with Developmental Dysplasia of the Hip

WEI Ziyi¹, ZHANG Guoqiang^{2*}, QI Xinzhen¹, WANG Huizhi¹, ZHANG Min^{1,3},
MA Xinshuo¹, YAO Jie¹, CHENG Chengkung^{1,3}

(1. Beijing Advanced Innovation Centre for Biomedical Engineering, Beihang University, Beijing 102402, China;
2. Department of Orthopaedic Surgery, Chinese General Hospital of People's Liberation Army, Beijing 100853,
China; 3. School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing 100083, China)

Abstract: Objective To measure and investigate the anatomical characteristics of the proximal femur canal curves in patients with developmental dysplasia of the hip (DDH), and to provide references for the design of femoral stem of DDH patients. **Methods** Three-dimensional reconstructions of the proximal femur were conducted from the CT data, and the anatomical morphology characteristics were obtained from 64 patients with DDH (74 hips, 12 males, 52 females, average age of 45.3 years) and 30 healthy controls (30 hips, 21 males, 9 fe-

收稿日期:2018-03-30; 修回日期:2018-05-23

基金项目:国家科技计划(国家重点研发计划)(210YBXM2016110002)

通信作者:郑诚功,教授,E-mail: ckcheng2018@163.com

* 为共同第一作者

males, average age of 29.4 years). Multiple anteroposterior diameter and mediolateral diameter around the lesser trochanter at different heights and the fitting curves of different groups were obtained. **Results** The femoral neck anteversion angle, neck-shaft angle, height of the isthmus, canal flare index (CFI), femoral head diameter and femoral offset of DDH patients and healthy controls were $26.39^{\circ} \pm 14.74^{\circ}$ and $15.68^{\circ} \pm 7.95^{\circ}$, $125.65^{\circ} \pm 5.73^{\circ}$ and $129.19^{\circ} \pm 5.80^{\circ}$, (99.14 ± 14.62) mm and (110.13 ± 11.73) mm, 3.63 ± 0.77 and 4.45 ± 0.79 , (44.01 ± 5.75) mm and (47.26 ± 3.94) mm, (31.80 ± 3.82) mm and (36.42 ± 4.84) mm, respectively. DDH group had the significantly greater femoral neck anteversion angle, and other anatomical morphology characteristics were significantly smaller than the control group. The obtained anteroposterior diameter, mediolateral diameter and the fitting curves showed that DDH group had narrow medullary cavity and forward shifting anteroposterior diameter. In addition, there was a statistical significance between the Crowe IV DDH and other types of DDH, and deformation degree of the femur increased with the increase of DDH type. **Conclusions** The proximal femur of DDH patients was significantly different from the healthy controls. Moreover, there were significantly morphological differences between different types of DDH. The research findings can be used as quantitative references for understanding the morphological feature of DDH patients and the corresponding design of femoral stem for DDH patients.

Key words: developmental dysplasia of the hip (DDH); femoral stem; anatomical morphology; proximal femur canal

先天性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 患者由于股骨头长期无法被髋臼完全覆盖, 造成股骨头的生物力学环境异常^[1], 易引起继发性骨关节炎^[2-3], 髋关节严重脱位患者需选择全髋关节置换进行治疗^[4]。DDH 患者患髋形态异常主要表现为前倾角过大和股骨髓腔形态狭窄^[5-6], 过大的前倾角可能导致髋关节力学环境异常, 引起继发性骨关节炎^[5], 狭窄的髓腔内径影响植入物的寿命。近年来, 股骨柄的远期无菌性松动逐渐成为假体失效的主要原因^[7], 在股骨柄的设计过程中强调股骨柄与股骨近端髓腔的贴合程度, 可有效降低初期假体微动, 增加远期骨长入效果和固定效果^[8-11]。

髓腔形态与前倾角对 DDH 患者行全髋关节置换手术的影响较大, 历来是研究者的主要关注点。当前国内外对于股骨形态的研究重点集中在前倾角等股骨近端形态参数, 而有关髓腔内径曲线的研究较少。此外, 采取不同测量方式得到的髓腔内径结果也存在差异。张强等^[7]对国内股骨头缺血性坏死患者拟合了髓腔内径曲线, 但整体看髓腔内径曲线相关的研究结果较少。由于股骨柄与髓腔的贴合程度由股骨柄外形设计与髓腔曲线形态共同决定, DDH 患者异常的髓腔环境在应用常规股骨柄时易产生界面贴合程度低等状况, 故将 DDH 患者特殊的髓腔形态曲线纳入股骨柄设计参考中十分

有意义。

因此, 本研究的目的是定量分析国内 DDH 患者股骨近端的形态特征, 建立髓腔内径曲线, 为适用于 DDH 患者的股骨柄假体提供参考。

1 材料与方法

对 74 例 DDH 髋关节患者和 30 例正常人髋关节进行股骨 CT 影像拍摄, 在 Mimics 软件中进行股骨重建, 并测量股骨近端形态参数和髓腔内径参数。

1.1 实验对象

排除经髋关节影像学检查异常的患者资料后, 选取来自中国人民解放军总医院的 74 例 DDH 患者股骨 CT 资料 (10 例双髋), 其中左髋 43 例, 右髋 31 例; 男 12 名, 女 52 名; 年龄 22 ~ 70 岁, 平均 45.3 岁; 身高 143 ~ 183 cm, 平均 162.0 cm。在 74 例 DDH 资料中 (DDH I 型 27 例, II 型 13 例, III 型 18 例, IV 型 16 例), 全部 CT 资料都具有股骨近端 CT, 可进行髓腔内径参数测量。44 例缺少股骨远端 CT, 剩余 30 例 (DDH I 型股骨 17 例, II 型和 III 型各 4 例, IV 型 5 例) 可进行前倾角等各项股骨近端形态参数的测量。另选取 30 例正常人股骨作为对照组, 该组可实现全部参数测量, 包括左髋 10 例, 右髋 20 例; 男 21 名, 女 9 名; 年龄 20 ~ 60 岁, 平均 29.4 岁; 身高 157 ~ 189 cm, 平均 171.6 cm。

1.2 CT 影像学检查与软件

采用美国 GE 医疗 Discovery CT750 HD 仪拍摄股骨。患者取仰卧位,下肢保持为旋转中立位。扫描范围为近端股骨头至远端股骨髁,层厚为 1 mm。扫描条件:120 kV,100 mA。三维重建及测量软件为 Mimics 15.0 (Materialise 公司,比利时)。

1.3 测量项目

1.3.1 股骨近端形态参数 ① 前倾角:在股骨三维模型中拟合股骨干轴线和股骨头球心,连接股骨头球心和股骨颈中心得到股骨颈轴线,股骨干轴线与股骨颈轴线所成平面为股骨头颈平面,股骨后髁连线与股骨干轴线所成平面为股骨后髁平面,两平面所成夹角即为股骨前倾角。本研究使用 Weiner 法与 Murphy 法^[12-14]进行测量,比较测量结果差异;② 颈干角:股骨头颈轴线与股骨干长轴的夹角;③ 偏心距:股骨头球心距离股骨干长轴的长度;④ 股骨头直径:股骨头拟合所得球形的直径;⑤ 峡部高度:比较 CT 资料中髓腔各高度的内切圆直径,直径最小的位置即为股骨峡部,小粗隆中心(T)到股骨峡部(I)的距离(T-I)即为峡部高度;⑥ 髓腔开大指数 (canal flare index, CFI):小粗隆以上 20 mm (T+20) 的髓腔内外径与股骨峡部(I)的髓腔内外径比值。

1.3.2 髓腔内径曲线形态参数 选取小粗隆与峡部周围的前后径与内外径为测量对象,测量范围包括股骨小粗隆(T)以上 20 mm 至以下 40 mm,峡部(I)以上 10 mm 至以下 10 mm,每隔 5 mm 进行测量(见图 1)。操作方法为:在股骨 CT 资料横截面中,以股骨后髁连线 B 作为内外径参考线,B 的垂线 A 为前后径参考线,A、B 参考轴通过平移得到髓腔外

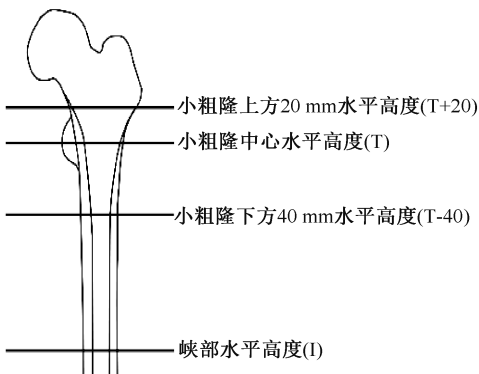


图 1 各内径测量高度示意图

Fig.1 Schematic diagram of multiple diameter around the lesser trochanter at different heights

切矩形的长和宽即为髓腔前后径 a 及内外径 b ,通过峡部中心拟合股骨干轴线将内径分为 4 个部分, c 为前侧径, d 为后侧径, e 为外侧径, f 为内侧径(见图 2),收集各项数值即可拟合髓腔内径曲线。

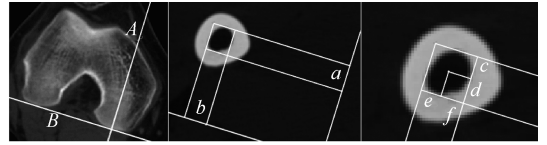


图 2 髓腔内径测量方法

Fig.2 Method of measuring anteroposterior and mediolateral diameter in isthmus

1.4 统计学方法

统计学数据分析软件为 SPSS 25.0 (IBM 公司,美国),数据均以均值 \pm 标准差表示,对单因素样本采用 t 检验分析,对多因素样本采用 ANOVA 检验分析, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

所测量的股骨近端形态参数包括前倾角、颈干角、峡部高度、CFI、股骨头直径与偏心距,测量髓腔内径参数以拟合 4 条髓腔内径曲线。

2.1 股骨近端形态参数

74 例 DDH 患者中有 30 例可用于各项股骨近端形态参数测量。使用三维重建测量法、Weiner 法和 Murphy 法测量 DDH 组和正常人群的前倾角(见表 1)。

表 1 不同测量方法得到前倾角结果对比

Tab.1 Comparison of femoral anteversion angle results form three different methods

组别	前倾角/($^{\circ}$)		
	三维重建法	Weiner 法	Murphy 法
正常人群	15.68 \pm 7.95	11.43 \pm 8.70	23.12 \pm 9.34
DDH 组	26.39 \pm 14.74	22.35 \pm 15.48	35.14 \pm 17.58

由表 2 股骨形态参数可知,DDH 组与正常人群的各项股骨形态参数均存在显著性差异($P < 0.05$)。

2.2 髓腔内径数据与内径曲线

DDH 组和正常人群的髓腔内径数据如表 3 所示,不同分型 DDH 组的髓腔内径数据如表 4 所示。

结合以上数据作 4 条股骨髓腔内径曲线:前侧曲线(A)、后侧曲线(P)、内侧曲线(M)与外侧曲线

表2 不同人群股骨近端形态参数

Tab.2 Anatomical morphology results of the proximal femur in different groups

组别	前倾角/(°)	颈干角/(°)	峡部高度/mm	CFL/(mm·mm ⁻¹)	股骨头直径/mm	偏心距/mm
正常人群	15.68±7.95	129.19±5.80	110.13±11.73	4.45±0.79	47.26±3.94	36.42±4.84
DDH组	26.39±14.74	125.65±5.73	99.14±14.62	3.63±0.77	44.01±5.75	31.80±3.82
DDH I型	22.35±11.41	126.28±5.02	100.37±13.51	3.85±0.53	45.88±3.33	32.35±3.63
DDH II型	25.52±12.84	122.35±6.63	94.64±13.38	3.70±0.93	46.97±3.39	31.87±1.04
DDH III型	31.70±15.23	130.54±4.14	99.45±17.36	3.52±0.98	44.98±5.55	27.37±2.24
DDH IV型	36.57±19.01	121.60±4.58	100.36±13.22	3.34±0.57	34.52±3.68	33.43±3.99

表3 正常人群和DDH组髓腔内径

Tab.3 Proximal canal diameters from patients with DDH and normal controls

高度	正常人群		DDH组		高度	正常人群		DDH组	
	前后径/mm	内外径/mm	前后径/mm	内外径/mm		前后径/mm	内外径/mm	前后径/mm	内外径/mm
T+20	36.84±3.68	48.94±4.84	35.74±6.01	38.77±7.39	T-25	18.96±3.44	19.05±3.39	18.03±3.35	16.30±3.59
T+15	34.19±3.63	45.24±5.86	33.24±5.35	36.08±6.95	T-30	17.91±3.23	17.60±3.10	17.25±3.10	15.12±3.25
T+10	31.52±3.40	40.10±6.26	30.31±5.00	32.54±6.16	T-35	17.28±3.14	16.61±3.11	16.80±2.72	14.07±2.94
T+5	29.26±3.20	34.67±5.35	27.62±4.58	28.22±5.60	T-40	16.72±2.78	15.64±2.85	16.38±2.53	13.25±2.72
T	27.32±3.65	30.38±4.76	25.51±4.26	25.23±4.96	I+10	14.84±2.03	11.52±1.71	14.87±2.26	11.09±1.84
T-5	25.48±3.77	26.69±3.83	23.48±4.22	22.69±4.46	I+5	14.70±2.21	11.37±1.70	14.71±2.10	10.93±1.77
T-10	23.43±3.66	23.97±3.53	21.65±4.09	20.64±4.06	I	14.57±2.17	11.28±1.83	14.41±2.14	10.85±1.73
T-15	21.77±3.47	22.04±3.18	20.18±3.97	18.99±3.80	I-5	14.76±2.11	11.36±1.69	14.48±2.11	10.90±1.70
T-20	20.44±3.42	20.68±3.39	18.96±3.63	17.73±3.79	I-10	14.87±2.11	11.28±1.65	14.37±2.10	10.87±1.65

表4 DDH组不同分型人群髓腔内径

Tab.4 Proximal canal diameters from patients with different types of DDH

高度	I型		II型		III型		IV型	
	前后径/mm	内外径/mm	前后径/mm	内外径/mm	前后径/mm	内外径/mm	前后径/mm	内外径/mm
T+20	36.82±4.24	42.61±5.08	39.61±5.19	41.07±8.35	34.41±6.99	36.93±6.90	32.28±5.64	32.49±5.13
T+15	34.63±3.56	39.28±4.61	36.64±4.38	40.07±6.61	31.55±5.58	34.17±5.97	30.03±5.87	29.57±5.95
T+10	31.74±3.44	35.23±4.60	33.83±3.74	36.47±4.09	28.68±4.66	30.47±5.81	26.85±5.61	27.15±5.43
T+5	29.12±3.03	30.57±4.00	30.79±3.16	31.76±4.24	25.91±4.08	26.22±5.46	24.42±5.42	23.63±4.99
T	26.95±2.98	27.35±3.34	28.36±2.74	28.41±3.98	24.11±3.99	23.46±4.72	22.34±4.74	21.06±4.52
T-5	25.26±3.12	24.60±3.00	25.99±2.53	24.56±4.16	21.72±3.84	21.31±4.18	20.43±4.58	19.47±4.65
T-10	23.52±3.06	22.58±2.77	23.45±2.46	22.31±3.90	20.11±4.05	19.43±4.01	18.77±4.32	17.35±3.43
T-15	22.06±3.05	20.81±2.65	21.80±2.36	20.75±3.53	18.76±4.05	17.62±3.85	17.30±3.96	16.04±3.04
T-20	20.56±2.73	19.45±2.66	20.37±2.38	19.99±3.39	17.61±3.66	16.24±3.97	16.62±3.88	14.65±2.56
T-25	19.58±2.76	17.98±2.51	19.10±2.10	18.23±3.37	16.84±3.24	14.94±3.75	15.89±3.54	13.40±2.36
T-30	18.67±2.62	16.70±2.39	18.12±2.34	16.83±2.79	16.17±2.76	14.07±3.44	15.34±3.30	12.25±1.84
T-35	17.82±2.44	15.47±2.29	17.82±1.96	15.48±2.42	16.06±2.56	13.23±3.16	15.08±2.74	11.52±1.69
T-40	17.24±2.41	14.60±2.23	17.07±1.99	14.41±2.28	15.75±2.55	12.48±2.82	15.07±2.33	10.89±1.51
I+10	15.33±2.36	11.51±1.80	14.86±1.72	11.57±1.51	14.77±2.28	11.01±1.84	14.23±2.25	10.09±1.75
I+5	15.17±2.18	11.38±1.75	14.61±1.43	11.35±1.45	14.64±2.10	10.85±1.67	14.11±2.25	9.93±1.72
I	14.81±2.17	11.22±1.66	14.32±1.47	11.12±1.31	14.35±2.21	10.81±1.79	13.88±2.32	9.87±1.70
I-5	15.05±2.23	11.38±1.63	14.34±1.43	11.17±1.18	14.30±2.07	10.80±1.85	13.95±2.16	10.04±1.64
I-10	14.85±2.29	11.37±1.64	14.30±1.48	11.27±1.22	14.41±2.00	11.05±1.66	13.75±2.07	10.00±1.58

(L),将正常人群绘制为虚线、DDH 组绘制为实线,以便于直观比较形态差异(见图 3、4)。

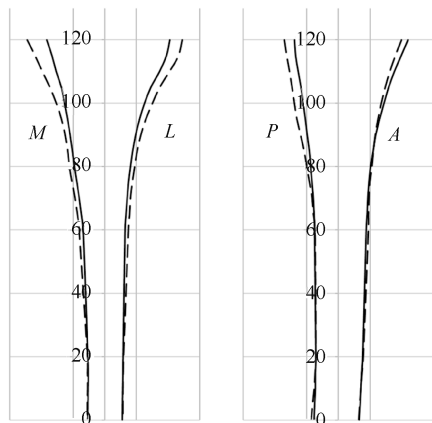


图 3 正常人群(虚线)与 DDH 组(实线)平均髓腔内径曲线对比

Fig.3 Fitting curves of proximal canal in controls (full line) and patients with DDH (dotted line)

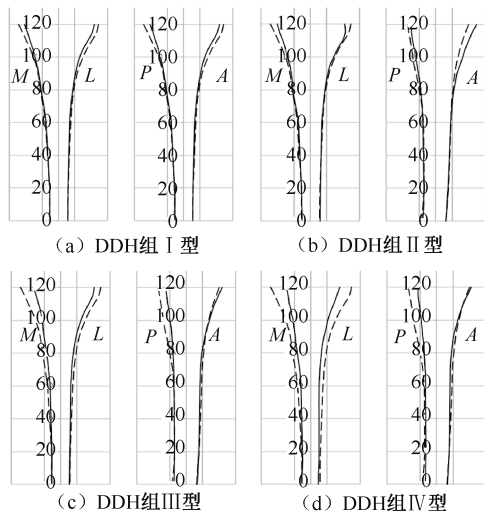


图 4 正常人群(虚线)与不同分型 DDH 患者(实线)平均髓腔内径曲线对比

Fig.4 Comparison of fitting curves of proximal canal in controls (full line) and patients with different types of DDH (dotted line) (a) Type I DDH, (b) Type II DDH, (c) Type III DDH, (d) Type IV DDH

3 讨论

DDH 患者畸形的股骨在全髋关节置换术中会影响假体寿命,研究其形态特征将有利于优化相应股骨柄设计。本研究对 DDH 组股骨形态进行测

量,对比正常人群分析 DDH 组股骨形态和内径曲线的特征。

3.1 测量方法

研究表明,前倾角最佳测量方法为解剖法,该方法适用于体外操作,需将完整股骨置于体外,其股骨头颈连线与水平面的夹角为股骨前倾角^[17-18]。近年来应用 CT 进行前倾角的测量得到长足发展,典型测量方法为 Weiner 法^[12]与 Murphy 法^[13]。Weiner 法定义股骨头颈中心连线与后髌连线的夹角为前倾角, Murphy 法定义股骨头中心和股骨颈起始处的中心连线与后髌连线的夹角为前倾角[见图 5(a)、(b)]。在实际拍摄中,股骨相对 CT 垂直轴多是倾斜的,故在 CT 图像中选点测量得到的前倾角往往与真实值存在偏差。张权等^[14]研究表明,对于相同的样本,Weiner 法与 Murphy 法测量的前倾角分别为 $12.28^{\circ} \pm 8.79^{\circ}$ 、 $17.18^{\circ} \pm 6.85^{\circ}$,具有显著性差异。本研究表明,DDH 患者与正常人群 Murphy 法测量的前倾角均显著大于 Weiner 法测量值,该结果与张权等^[14]研究结果一致。推测产生上述差异是由于 Murphy 法与 Weiner 法选择的参考点为 CT 水平面上的解剖标志点,测量结果具有偏向性。本研究则采用三维重建方法,更加真实评价了股骨的几何形态,模拟体外解剖测量法,测量结果能反映前倾角的真实值[见图 5(c)]。

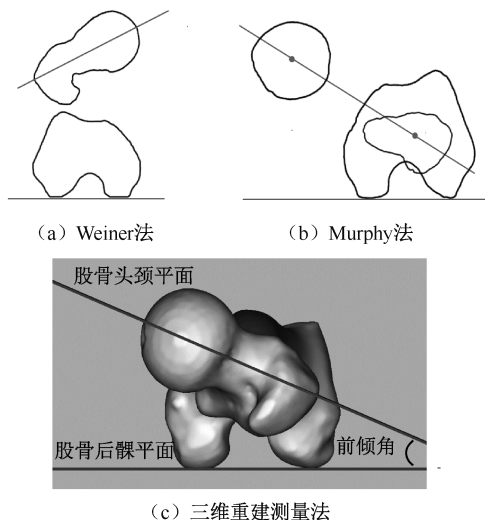


图 5 不同前倾角测量法示意图

Fig.5 Schematic diagram of different methods for measuring anteversion angle (a) Weiner method, (b) Murphy method, (c) Three-reconstruction measuring method

早期髓腔内径测量通过在患者 X 线片的标准正位片和侧位片上完成前后径与内外径测量,操作简便且精确度较高,张强等^[7]采用该方法拟合了股骨头缺血性坏死患者的髓腔曲线。但该方法对 X 线片拍摄要求高,X 线片拍摄角度不当可能引起误差,而本研究在 CT 中以股骨后髁连线作为参考,能得到较准确的内径数据。

3.2 股骨近端形态参数分析

比较本文与刘宏伟等^[15]的正常人群形态参数发现,两者仅在峡部高度上有较大差异,该差异可能来源于样本间的身高差异(见表5)。

表5 本文正常人股骨近端形态参数与文献[15]结果对比

Tab.5 Comparison of anatomical morphology parameters of normal controls from this study and Ref. [15]

组别	前倾角/ (°)	颈干角/ (°)	峡部高度/ mm	CFI/ (mm·mm ⁻¹)
文献[15]	18.97±12.83	133.03±7.49	120.3±12.2	4.53±0.65
本文	15.68±7.95	129.19±5.80	110.13±11.73	4.45±0.79

在不同人群的前倾角数据中,DDH 组前倾角(26.39°±14.74°)显著大于正常人群的前倾角($P=0.001$)。随着分型增大,前倾角呈现依次增大的趋势,但组间并不存在显著性差异,前倾角相差最大的 I 型(22.35°±11.41°)与 IV 型(36.57°±19.01°)间也不存在显著性差异($P=0.068$)。对于其他形态参数,DDH 组的颈干角(125.65°±5.73°)、峡部高度[(99.14±14.62)mm]、CFI(3.63±0.77)、股骨头

表6 正常人群和 DDH 组髓腔内径与文献[4]结果对比

Tab.6 Comparison of proximal canal diameter results of patients with DDH and normal controls from this study and Ref. [4] mm

高度	本文				文献[4]			
	正常人群		DDH 组		正常人群		DDH 组	
	前后径	内外径	前后径	内外径	前后径	内外径	前后径	内外径
T+20	36.84±3.68	48.94±4.84	35.74±6.01	38.77±7.39	35.5±3.6	42.2±5.7	34.6±4.2	40.4±9.7
T+10	31.52±3.40	40.10±6.26	30.31±5.00	32.54±6.16	31.0±2.9	40.0±4.1	30.9±3.7	38.5±7.9
T	27.32±3.65	30.38±4.76	25.51±4.26	25.23±4.96	25.5±2.9	39.1±4.0	25.8±4.0	37.8±8.6
T-20	20.44±3.42	20.68±3.39	18.96±3.63	17.73±3.79	18.8±2.4	19.1±2.4	19.4±3.9	19.0±4.9
T-40	16.72±2.78	15.64±2.85	16.38±2.53	13.25±2.72	16.0±2.3	13.4±2.0	16.6±3.4	13.8±3.5
I	14.57±2.17	11.28±1.83	14.41±2.14	10.85±1.73	13.5±2.5	9.5±1.8	14.1±3.4	10.1±2.7

在 DDH 不同分型中,Ⅲ型的前后径在 T+20 mm 至 T-40 mm 内,显著小于Ⅱ型的前后径,且Ⅲ型在该节段的内外径亦显著小于Ⅰ型的内外径;而Ⅳ型在股骨近端各个高度的前后径与内外径均是各分型间最小;此外,在峡部仅有Ⅳ型的峡部内

直径[(44.01±5.75)mm]和偏心距[(31.80±3.82)mm]均显著小于正常人群。在不同分型的 DDH 组中,随着分型增大,多项形态参数呈现缩小的趋势。Ⅳ型的股骨形态存在特殊性,其具有各分型中最大的前倾角、偏心距和最小的颈干角、CFI 和峡部高度,这与Ⅳ型股骨形态变异严重且无规律的临床现象相符合。DDH 患者受异常股骨形态和髌臼形态的影响,过大的前倾角难以在全髁置换中恢复,植入物使用寿命会受到影响^[6],较小的偏心距和峡部高度会影响可植入股骨柄的尺寸。此外,不同分型 DDH 间的股骨形态差异较大,常规股骨柄难以满足其多样的需求。

3.3 股骨髓腔形态曲线分析

比较本文与文献[4]的髓腔内径数据可见,两者仅在小粗隆处内外径数据上相差较大(见表6)。推测产生该差异是由于对该处内外径的判定不同,文献[4]中将股骨距纳入测量范围,但由于股骨距对股骨柄起支撑作用,常规 X 光内径测量不会纳入该部分,故本研究也将其排除。

在表3中,DDH 组在 T+20 mm 到 T-40 mm 的内外径均显著小于正常人群,结合图3内径曲线可观察到 DDH 组的内侧、外侧曲线向股骨干轴线收缩。尽管 DDH 组与正常人群在髓腔前后径并无显著差异,但 DDH 组的前侧与后侧曲线向身体前侧倾斜。综上所述,DDH 组髓腔内径的特点为狭窄的内外径和向前侧倾斜的前后径。

外径显著小于正常人群的峡部内外径。本文测量结果表明,髓腔内外径与前后径随分型增大而愈发狭窄。随着分型增大,髓腔的前侧、后侧曲线在数值变小的同时,逐渐向身体前侧倾斜(见图4)。研究表明,DDH 组的股骨变形程度随分型增大而加

剧,IV型的畸形程度已超过了其他分型。受到狭窄髓腔环境的影响,常规股骨柄难以良好匹配股骨髓腔。此外,不同分型间的DDH组髓腔环境存在差异,临床上应当区别对待。DDH患者向前偏移的前侧、后侧曲线可能影响股骨柄植入后的3点支撑力学环境,研究DDH患者的髓腔特点将有利于优化假体设计,以提高髓腔贴合度和降低失效率。

为满足DDH患者髓腔形态需求,研究者开发出组配式股骨柄(如S-ROM),通过调整装配角度调整前倾角以及选择组件尺寸满足髓腔^[19-21]。尽管组配式假体具有系列尺寸可供选择,其对于DDH患者股骨仍有设计不足,如S-ROM设计中远端最小直径为11 mm,大于IV型平均峡部内外径 $[(10.85 \pm 1.73) \text{ mm}]$,部分患者峡部内径不足9 mm,故该股骨柄可能无法有效植入体内。此外研究发现,组配式假体模块间磨损可能导致术后积聚金属离子^[21],因此,有必要设计适用于DDH患者的新型一体化股骨柄。

3.4 本研究限制与假设

由于DDH发病率较低,可收集得到的DDH患者CT资料较少,且有部分资料因缺少股骨远端图像而导致无法测量前倾角。若能获得更多DDH患者资料,将更能展现DDH患者的股骨近端形态特点。此外,所选取的内径测量高度间隔为5 mm,测量对象的身高差异可能会影响测量结果。

4 结论

DDH患者与正常人群的股骨形态和内径曲线存在较大差异,DDH患者股骨近端形态特征为前倾角增大,股骨头直径缩小,偏心距减小,髓腔内外径变狭窄、前后径向前偏移。结合所测数据与4条髓腔内径曲线可知,在不同分型DDH患者中,股骨的变形程度随着分型增大愈发严重,Crowe IV型DDH患者与其他分型DDH患者的股骨形态存在较大差异。研究者应考虑DDH患者特殊的股骨形态,并针对不同分型DDH进行假体设计;医师在临床中应考量不同分型患者的股骨形态,并选择适当假体。研究结果有助于定量了解DDH患者的股骨近端形态特征,为设计适合DDH患者使用的新型股骨柄提供参考依据。

参考文献:

- [1] NAKAHARA I, TAKAO M, SAKAI T, et al. Three-dimensional morphology and bony range of movement in hip joints in patients with hip dysplasia [J]. *Bone Joint J*, 2014, 96B(5): 580-589.
- [2] LIU S, ZUO J, LI Z, et al. Study of three-dimensional morphology of the proximal femur in developmental adult dysplasia of the hip suggests that the on-shelf modular prosthesis may not be an ideal choice for patients with Crowe type IV hips [J]. *Int Orthop*, 2016, 41(4): 707-713.
- [3] SUGANO N, NOBLE PC, KAMARIC E, et al. The morphology of the femur in developmental dysplasia of the hip [J]. *J Mol Biol*, 1998, 80(4): 711-719.
- [4] 严亮, 夏军, 黄钢勇, 等. 成人髋关节发育不良患者股骨近端的解剖形态学特征[J]. *中华骨科杂志*, 2013, 33(9): 941-947.
- [5] 肖凯, 张洪. 股骨颈前倾角对髋关节发育不良患者临床症状及治疗策略的影响[J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34(12): 1258-1263.
- [6] WIDMER KH, ZURFLUH B. Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion [J]. *J Orthop Res*, 2004, 22(4): 815-821.
- [7] 张强, 王岩, 陈怡婷, 等. 中国人股骨头缺血性坏死股骨近端的形态研究[J]. *医用生物力学*, 2009, 24(2): 138-142. ZHANG Q, WANG Y, CHEN YT, et al. Geometric study of proximal femur for the Chinese AVN population [J]. *J Med Biomech*, 2009, 24(2): 138-142.
- [8] HAYASHI S, FUJISHIRO T, HASHIMOTO S, et al. The contributing factors of tapered wedge stem alignment during mini-invasive total hip arthroplasty [J]. *J Orthop Surg Res*, 2015, 10(1): 52.
- [9] SARIALI E, MOUTTET A, PASQUIER G. Accuracy of reconstruction of the hip using computerised three-dimensional pre-operative planning and a cementless modular neck [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2009, 91(3): 333-340.
- [10] 马如宇, 顾奇南, 韦建和. 基于X线片定制股骨柄假体的设计原理及方法[J]. *医用生物力学*, 2014, 29(6): 536-542. MA RY, GU JN, WEI JH. Design principle and method of customized hipstem prosthesis based on X-ray films [J]. *J Med Biomech*, 2019, 29(6): 536-542.
- [11] 马如宇, 顾奇南, 韦建和. 标准截面形状定制型股骨柄假体设计[J]. *医用生物力学*, 2014, 29(5): 418-423. MA RY, GU JN, WEI JH. Design of customized hipstem prosthesis with standard cross-section shape [J]. *J Med Biomech*, 2019, 29(5): 418-423.
- [12] WEINER DS, COOK AJ, HOYT WA, et al. Computed tomography in the measurement of femoral anteversion

- [J]. *Orthopedics*, 1978, 1(4): 299-366.
- [13] MURPHY SB, SIMON SR, KJEWski PK, *et al.* Femoral anteversion [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1987, 69(8): 1169-1176.
- [14] 张权, 黄煌渊, 周强. CT在测量股骨前倾角中的应用及方法比较[J]. *中华骨科杂志*, 2000, 20(6): 342-344.
- [15] 刘宏伟, 徐南伟, 张云坤, 等. Crowe IV型成人发育性髋关节发育不良股骨近段形态研究及其临床意义[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2015(8): 931-935.
- [16] 刘瑞宇, 王春生, 王坤正, 等. Crowe II/III型发育性髋关节发育不良股骨近端形态学变化及其对全髋关节置换术的意义[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2007, 21(10): 1050-1053.
- [17] BILLING L. Roentgen examination of the proximal femur end in children and adolescents; a standardized technique also suitable for determination of the collum-, anteversion-, and epiphyseal angles; a study of slipped epiphysis and coxa plana [J]. *Acta Radiol Suppl*, 1954, 110: 1-80.
- [18] TAYTON E. Femoral anteversion [J]. *J Bone Joint Surg*, 2007, 89(10): 1283-1288.
- [19] 汪轶平, 张恒辉, 王燎, 等. 股骨近端解剖参数的自动化三维测量[J]. *医用生物力学*, 2016, 31(1): 1-7.
- WANG YP, ZHANG HH, WANG L, *et al.* Automated three-dimensional measurement on anatomic parameters of proximal femur [J]. *J Med Biomech*, 2016, 31(1): 1-7.
- [20] PARK YS, LIM SJ. Long-term comparison of porous and hydroxyapatite sleeves in femoral revision using the S-ROM modular stem [J]. *Hip Int*, 2010, 20(2): 179-186.
- [21] MEHRAN N, NORTH T, LAKER M. Failure of a modular hip implant at the stem-sleeve interface [J]. *Orthopedics*, 2013, 36(7): 978-981.
- [22] 皮益刚, 赵耀超, 王万春, 等. 500例湖南地区股骨近端形态样本测量分析[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2013, 38(9): 925-930.
- [23] ZHU C, DONG S. Research progress in the association between gene polymorphism and developmental dysplasia of the hip [J]. *Med Recapitulate*, 2013, 5(5): 1753-1767.