DOI:10.16016/j.1000-5404.202006166

股骨颈干角在前后位X线平片与CT三维重建图像上的差异性研究

刘力铭,雷 凯,范华全,陈 欣,杨 柳,郭 林 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院关节外科中心

[摘要] **目的** 探讨股骨颈干角在前后位X线平片与CT三维重建图像上的差异及其主要相关因素。**方法** 通过陆军军医大学第一附属医院电子病历系统回顾性收集2016年8月至2018年6月于关节外科中心住院患者资料265例(265侧下肢)。判定其股骨颈干角在前后位X线平片与CT三维重建图像上的差异性。通过记录其年龄、性别、BMI、左右侧别,测量其髋膝踝角、股骨干弓形角、股骨扭转角、股骨远端机械轴外侧角、股骨干长度,并建立统计学模型,筛选导致其差异的最主要因素。同时设立对照组及试验组,通过1∶1倾向性评分匹配验证导致差异的最主要相关因素。**结果** 股骨颈干角X线平片测量值(128.02±6.26)°与其CT三维图像测量值(124.22±6.45)°具有统计学差异($P<0.001$),且差异大于3°的占比高达56.6%。多重线性回归模型($P<0.001$,调整$R^2=0.747$)显示股骨扭转角(标化系数=-0.233,$P<0.001$)是其差异的最主要相关因素。**结论** 股骨颈干角在前后位X线平片与CT三维重建图像上存在显著差异,股骨扭转角是导致差异的主要相关因素,较大的股骨颈外旋扭转会伴有股骨颈干角的X线测量结果偏大。

[关键词] 股骨颈干角;股骨扭转角;三维重建图像;X线平片

[中图法分类号] R322.71; R681.8; R813 [文献标志码] A

Differences in femoral neck shaft angles between anteroposterior X-ray and 3-dimensional CT reconstruction images: report of 265 cases

LIU Liming, LEI Kai, FAN Huaquan, CHEN Xin, YANG Liu, GUO Lin Center of Joint Surgery, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[**Abstract**] **Objective** To explore the differences in measurement result of femoral neck shaft angle between anteroposterior X-ray film and 3-dimensional CT reconstruction image, and investigate the main related factors that lead to the differences. **Methods** The clinical data of 265 lower limbs from 265 patients hospitalized in our center from August 2016 to June 2018 were retrospectively collected from the electronic medical record system of our hospital. The femoral neck shaft angle was measured on the anteroposterior X-ray films and 3-dimensional CT reconstruction images, and the difference was tested. Age, gender, BMI, left and right difference, hip-knee-ankle angle, femoral bowing angle, femoral torsion angle, mechanical lateral distal femoral angle and femoral shaft length were included to establish a statistical model to screen the most important factors leading to the difference. Finally, a control group and an experimental group were set up through the 1∶1 propensity score matching to verify the the most important factors. **Results** The femoral neck shaft angle was (128.02±6.26)° on the anteroposterior X-ray films and (124.22±6.45)° on the 3-dimensional CT reconstruction images, and statistical difference was found between them ($P<0.001$), with a difference greater than 3° (accounting for 56.6% of the patients). The established multiple linear regression model ($P<0.001$, adjusted $R^2=0.747$) showed that femoral torsion angle (standardized regression coefficient=

[通信作者] 郭 林,E-mail:guolin6212@163.com

−0.233, $P<0.001$) was the most important factor of the difference. **Conclusion** There is a difference in the measurement result of femoral neck shaft angle between anteroposterior X-ray film and 3-dimensional CT reconstruction image. Femoral torsion angle is the most important factor. Larger femoral extorsion angle causes larger femoral neck shaft angle measured on the anteroposterior X-ray film.

[**Key words**] femoral neck shaft angle; femoral torsion angle; 3-dimensional reconstruction image; X-ray film

Corresponding author: GUO Lin, E-mail: guolin6212@163.com

股骨颈干角是股骨近端的重要解剖参数[1-6],并与其他股骨近端解剖参数密切相关[3,7-9],是髋部及下肢手术术前必须测量的一组重要解剖参数。X线平片是目前观测股骨颈干角的最常用方法[4,8,10-11]。下肢CT成像可以还原其解剖外形与结构,其重建的三维图像可以获得准确的股骨颈干角[4,12-13]。临床实践及文献研究发现,股骨颈干角在X线平片与CT三维图像上的测量值差异较大[8,10-14],特别是在伴有严重股骨颈外旋扭转时,其差异更加明显。因此,明确同一患者股骨颈干角在同期X线平片及CT三维重建图像上的测量值差异,并探讨其主要相关因素,可为其相关伤病的诊断、治疗及其疗效评价提供重要的临床指导。

1 资料与方法

1.1 研究资料

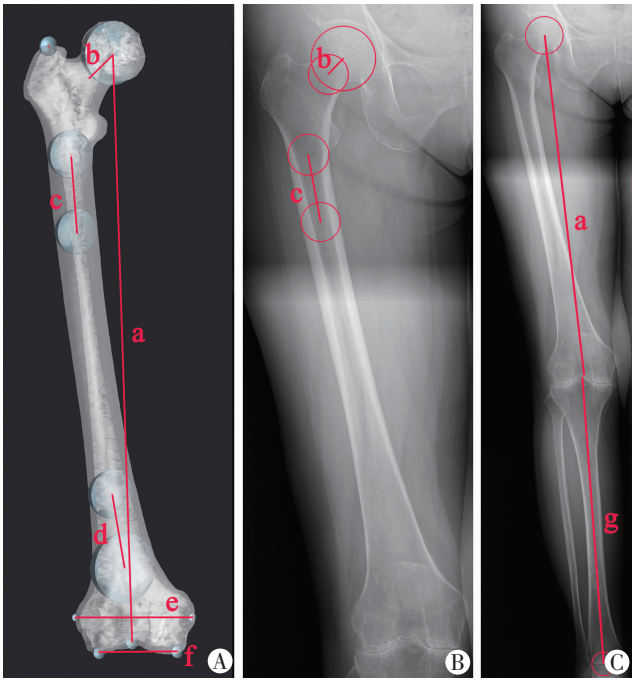
于陆军军医大学第一附属医院电子病历系统中收集2016年8月至2018年6月在关节外科中心住院患者1 261例的相关病历资料及影像学数据。纳入标准:①已进行负重前后位下肢全长X线平片检查者;②已进行全下肢CT成像与三维重建图像者。排除标准:①曾进行全髋关节置换术者;②髋部外伤或股骨近段骨折病史者;③严重髋关节畸形者;④股骨头坏死或股骨近端骨缺损者;⑤拍摄X线平片时下肢未能完全伸直或存在旋转者。最终纳入265例(265侧下肢),其中男性63例,女性202例,左下肢147例,右下肢118例,年龄44~89(66.6±8.1)岁,BMI(25.24±3.76)kg/m^2。本研究方案获陆军军医大学第一附属医院伦理委员会批准(KY201861)。

1.2 研究方法

1.2.1 研究步骤及分组 采用自身对照方法,分别测量记录同一患者同侧X线平片及CT三维重建图像的股骨颈干角(记为颈干角-2D、颈干角-3D),观测二者的差异。分别对比不同性别、年龄、身高及左右侧别患者间颈干角-2D与-3D的差异。并通过颈干角-2D及其可能的相关因素(年龄、性别、左右侧别、BMI、髋膝踝角、股骨干弓形角、股骨扭转角、股骨远端机械轴外侧角、股骨干长度)建立其统计学模型预测其颈干角-3D,探究影响其颈干角-2D与-3D差异的最主要相关因素。

设立对照组及试验组验证其差异的最主要相关因素。即对照组将265侧下肢按随机数表法分成两亚组,通过1∶1倾向性评分匹配使两亚组间各相关因素(上述9项相关因素)无统计学差异,对比两亚组间颈干角-2D与-3D的差异。试验组以统计学模型筛选出的最主要相关因素为分组指标,将265侧下肢分成两亚组,通过1∶1倾向性评分匹配使两亚组间其余相关因素无统计学差异,对比两亚组间颈干角-2D与-3D的差异。

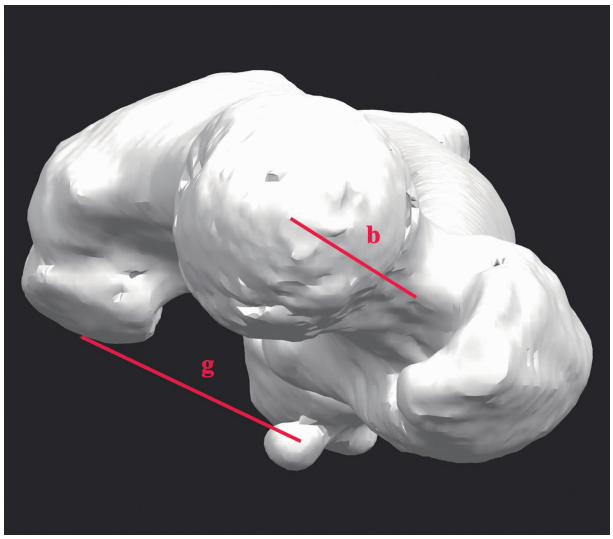
1.2.2 股骨解剖标记定位 下肢全长X线平片(SIEMENS DR Ysio Max, 德国)及全下肢CT(SIEMENS SOMATOM Definition Flash, 德国)拍摄标准如PALEY[15]所述,并通过医院医学影像信息采集系统(INFINITT PACS, 韩国)进行采集。X线平片使用RadiAnt DICOM Viewer 4.2.1(64-bit)调整至下肢骨骼显影最清晰状态后导入CAD(P.46.0 AutoCAD 2019, 美国)进行测量。CT图像使用Mimics(Materialise Mimics Research 19.0,比利时)综合股骨横断面、冠状面、矢状面以及三维整体视图定位解剖标记并对股骨进行三维重建,然后导入CATIA(Dassault Systèmes CATIA 5.20,法国)进行拟合,最后使用NX(Siemens NX 12, 德国)进行测量。对股骨头进行Mose圆拟合,所得中心点确定为髋关节中心点[16](图1)。髋关节中心点与股骨髁间窝顶点的连线为股骨机械轴;胫骨平台髁间脊中点与踝穴中点的连线为胫骨机械轴。股骨内外侧髁远端切线为股骨远端膝关节走行方向线。膝关节走行方向线近端5 cm与10 cm处股骨干中心点连线命名为股骨干远端解剖轴[17-18];股骨小转子下部及其远端5 cm处股骨干中心点的连线命名为股骨干近端解剖轴[19-20]。股骨颈最狭窄处中点与髋关节中心点的连线命名为股骨颈轴[19];股骨外上髁最突点与内上髁最凹点的连线为外科通髁轴[21];股骨双后髁后方顶点连线为股骨后髁线。



A:股骨三维模型测量;B:股骨X线测量;C:全下肢X线测量;a:股骨机械轴;b:股骨颈轴;c:股骨近端解剖轴;d:股骨远端解剖轴;e:外科通髁轴;f:股骨远端关节走行方向线;g:胫骨机械轴;股骨颈干角为b与c的内侧夹角;股骨干弓形角为c与d的夹角;股骨远端机械轴外侧角为a与f的外侧夹角;髋膝踝角为a与g的夹角;冠状面为a与e所形成的平面

图1 CT三维重建图像及X线平片下肢数据测量方法示意图

在CT三维图像上测量股骨髁间窝顶点与股骨干近端顶点距离记为“股骨干长度”;测量股骨机械轴与股骨远端膝关节走行方向线外侧夹角记为“股骨远端机械轴外侧角”;测量股骨颈轴与股骨后髁线在横断面上的投影夹角记为“扭转角”[22](图2);测量股骨近端解剖轴与远端解剖轴的夹角记为“股骨干弓形角”。在前后位X线平片上测量股骨机械轴与胫骨机械轴夹角记为“髋膝踝角”。股骨机械轴和外科通髁轴所确定的平面定义为股骨冠状面,通过股骨机械轴与冠状面垂直的平面定义为矢状面,与股骨械轴垂直的平面定义为横断面。针对髋膝踝角和股骨干弓形角,内翻记为正,外翻记为负;针对扭转角,股骨颈相对于股骨后髁线,内旋记为负,外旋记为正。以上观测指标由3名关节外科医师分别盲测2次,同时为了保证测量者拥有足够的遗忘时间,要求测试者2次测量间期大于2周[23],使用组内相关系数(ICC)验证同一测量者前后2次测量以及不同测量者之间测量结果的一致性。



b:股骨颈轴;g:股骨后髁线;股骨扭转角为b与g的横断面投影夹角

图2 CT三维重建图像横断面股骨扭转角测量方法示意图

1.2.3 观测指标 ①颈干角-2D:在前后位X线平片上测量股骨颈轴与股骨干近端解剖轴内侧夹角;②颈干角-3D:在CT三维图像上测量股骨颈轴与股骨干近端解剖轴内侧夹角(图1);③差异度:颈干角-2D与颈干角-3D的差值。差异度绝对值小于1°定义为较小差异,比例公式为:差异绝对值小于1°样本量÷265×100%;差异绝对值大于3°定义位较大差异,比例公式为:差异绝对值大于3°样本量÷265×100%。

1.3 统计学方法

采用SPSS 22.0统计软件。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,进行Shapiro-Wilk正态性检验,自身对照的正态资料使用配对样本 t 检验,非正态资料使用两个相关样本Wilcoxon检验;两两比较的正态数据使用独立样本 t 检验,非正态数据使用两个独立样本Wilcoxon检验。计数资料采用百分比(%)表示,使用卡方检验。若颈干角-2D与-3D存在差异,纳入相关因素,通过逐步回归法建立多重线性回归模型,筛选导致差异的最主要相关因素。设立对照组及试验组,通过1∶1倾向性评分匹配(卡钳为0.02)进行基线数据匹配,消除相关因素影响后,对统计学模型筛选出的最主要相关因素进行验证。$P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 同一股骨颈干角于X线平片与CT三维重建图像上的差异

265侧颈干角-2D值为(128.02±6.26)°,范围

111.69°~143.21°;其颈干角-3D 值为(124.22±6.45)°,范围 108.24°~140.64°,二者具有统计学差异(P<0.001)。二者间差异度的值为(3.45±3.35)°,范围-4.65°~15.07°,差异度绝对值 1°以内者占 14.3%,大于 3°者达 56.6%(图 3)。

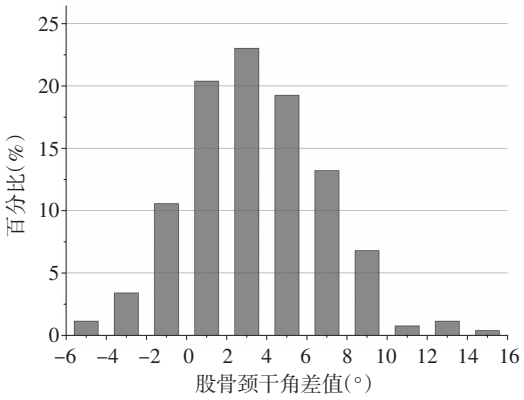


图 3 X 线平片与 CT 三维重建图像上股骨颈干角差异度的分布

2.2 同一股骨颈干角-2D 与-3D 之间差异的最主要相关因素

以不同性别、年龄(大于 70 岁或小于 60 岁)、身高(大于 160 cm 或小于 155 cm)、侧别为分组指标,分别将 265 侧下肢分成 2 组,并通过倾向性评分匹配进行配对,使两组间基线资料无统计学差异后进行比较。结果显示,不同性别、年龄、身高及侧别之间,颈干角-2D、颈干角-3D 及二者的差值均无统计学差异(表 1、2)。

纳入相关自变量建立的多重线性回归模型具有统计学意义(P<0.001,调整 R^2=0.747),模型对目标变量高度拟合。除颈干角-2D 外,只有股骨扭转角(标化系数=-0.233,P<0.001)和股骨远端机械轴外侧角(标化系数=-0.094,P=0.005)对颈干角-3D 的影响具有统计学意义,而股骨扭转角是导致差异的最主要相关因素。

2.3 同一股骨颈干角-2D 与-3D 之间差异最主要相关因素的验证

对照组共计匹配 96 对,各相关因素在两亚组间均衡可比,两亚组间颈干角-2D、颈干角-3D 及二者差值均无统计学差异。试验组以扭转角是否大于 12°将 265 侧下肢分成两亚组,共计匹配 100 对,各相关因素在两亚组间均衡可比。两亚组间颈干角-2D 无统计学差异。与扭转角≤12°组相比,扭转角>12°组的颈干角-3D 更小(P<0.001),而颈干角-2D 与-3D 差值更大(P<0.001,表 3)。此外,根据股骨扭转角进行分组,也可看出随着股骨颈外旋扭转角增大,颈干角-2D 与-3D 的差值增大(表 4)。

3 讨论

股骨颈干角是评估股骨近端畸形的重要解剖参数[6],对髋关节相关伤病的诊断、治疗及其疗效评价具有重要的临床意义[1-5]。股骨颈干角可以被用来预测髋关节骨折的风险[2,5],并与很多股骨解剖参数密切相关,如股骨偏心距、股骨前倾角、股骨颈长度、机械轴与解剖轴夹角及大转子高度等[3,7-9]。股骨颈干角的准确性与全髋关节置换术的预后密切相关[4,9],当颈干角减小 1°时,需要减少髋臼杯前倾角 2°,增加髋臼杯外展角 0.45°[24]。由此可见,股骨颈干角测量的准确与否会影响患者的病情评估及术前计划的准确性,进而对临床疗效产生影响。

通过前后位 X 线平片测量股骨颈干角是目前最常用的方法,但很多研究显示此方法并不准确。GUENOUN 等[25]利用 EOS 三维立体全身骨骼 X 线成像系统对 50 例股骨颈干角-2D 和-3D 进行对比,指出使用 X 平片测量股骨颈干角平均偏大 8°。ANASTOPOULOS 等[26]对 22 具尸体的股骨进行三维建模后发现,股骨颈干角的冠状面投影比其三维值平均偏大 5°。BONNEAU 等[27]利用三维模型测量了 91 例欧洲人群股骨颈干角,

表 1 不同性别及年龄患者股骨颈干角的差异对比(°,$\bar{x}\pm s$)

观测指标	男性(n=24)	女性(n=24)	P 值	年龄<60 岁 (n=44)	年龄>70 岁(n=44)	P 值
颈干角-2D	125.30±5.39	126.94±5.62	0.406	126.04±5.76	128.37±5.29	0.052
颈干角-3D	122.16±6.31	123.53±6.38	0.465	123.08±6.19	124.81±6.00	0.188
2D-3D 差值	3.13±2.91	3.41±3.25	0.858	2.96±2.70	3.56±3.62	0.378
P(2D-3D)	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	

表 2 不同身高及左右侧别患者股骨颈干角的差异对比(°,$\bar{x}\pm s$)

观测指标	左侧 (n=112)	右侧 (n=112)	P 值	身高<155 cm (n=47)	身高>160 cm (n=47)	P 值
颈干角-2D	126.92±5.62	128.44±5.97	0.051	128.91±5.79	127.96±5.39	0.626
颈干角-3D	123.59±6.09	124.86±5.95	0.115	124.93±5.46	125.23±6.41	0.543
2D-3D 差值	3.33±2.57	3.58±3.53	0.588	3.99±3.50	2.73±3.28	0.090
P(2D-3D)	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	

表 3 不同扭转角对股骨颈干角 X 线平片与 CT 三维重建图像测量值差异的影响

相关因素/观测指标	对照组（n=192）			试验组（n=200）		
	第 1 亚组（n=96）	第 2 亚组（n=96）	P 值	扭转角≤12°（n=100）	扭转角>12°（n=100）	P 值
年龄	66.9±7.3	67.4±8.2	0.623	66.4±8.1	66.2±7.5	0.458
性别（男:女）	23:73	22:74	0.865	23:77	20:80	0.607
BMI	25.20±3.69	25.35±3.66	0.783	26.02±4.03	25.10±3.51	0.087
左:右	54:42	55:41	0.884	57:43	56:44	0.887
股骨干长度/mm	38.87±1.85	38.91±2.25	0.892	38.73±2.31	38.63±1.99	0.739
股骨远端机械轴外侧角/°	88.76±3.68	88.48±3.27	0.876	88.91±3.00	89.03±3.28	0.882
髋膝踝角/°	8.50±8.73	8.05±9.76	0.543	9.03±8.68	9.58±9.02	0.730
股骨干弓形角/°	14.44±3.72	14.74±3.07	0.147	14.50±3.63	14.45±3.59	0.699
扭转角/°	10.37±8.91	12.11±8.73	0.172	4.01±5.49	18.75±4.60	<0.001
颈干角-2D/°	127.97±5.78	127.27±5.00	0.375	128.02±5.38	126.85±5.79	0.141
颈干角-3D/°	125.24±5.70	123.80±5.46	0.077	125.66±5.19	122.47±5.97	<0.001
2D-3D 差值/°	2.73±3.59	3.47±2.95	0.121	2.36±2.86	4.38±3.19	<0.001
差值绝对值/°	3.58±2.73	3.77±2.55	0.496	2.89±2.32	4.63±2.82	<0.001

表 4 股骨颈干角 X 线平片与 CT 三维重建图像测量值差异在不同股骨扭转角分组中的分布

扭转角	数量	颈干角-2D 与-3D 差值
<-5°（内旋）	6	0.62±1.63
-5°~0°（内旋）	16	1.79±2.60
>0°~5°（外旋）	40	2.11±3.01
>5°~10°（外旋）	47	2.70±3.48
>10°~15°（外旋）	48	3.41±3.12
>15°~20°（外旋）	61	3.93±2.63
>20°~25°（外旋）	32	4.64±3.27
>25°~30°（外旋）	10	6.65±3.93
>30°（外旋）	5	9.40±3.96

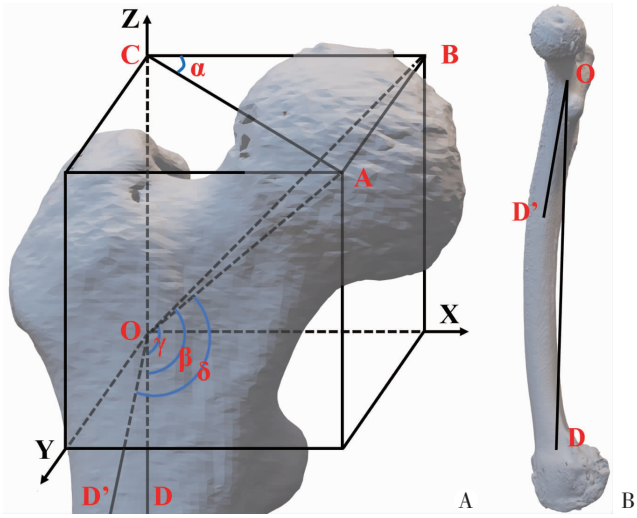
与 X 线测量结果的差异均值为 4.5°（2.4°~6.0°），并指出使用三维模型测量股骨颈干角是最准确的方式。曹梦琦等[8,11,13]对不同中国人群股骨颈干角进行研究，使用前后位 X 线平片测量结果平均约 128°，计算机三维自动化测量结果平均约 125°，X 线平片测量结果平均偏大约 3°。本研究纳入 265 侧下肢的股骨颈干角分别在 X 线平片及 CT 三维重建图上进行测量，发现使用 X 线平片测量股骨颈干角平均偏大 3.45°，其中差异绝对值在 1°以内的比例仅为 14.3%，大于 3°的占 56.6%。由此可见，直接应用前后位 X 线平片测量的股骨颈干角有很大可能产生较大偏差。

通过分组对比发现，年龄、性别、身高及左右侧别对股骨颈干角及其 X 线测量偏差并无影响，这与 YI 等[4]的研究结果相同。建立多重线性回归模型显示，股骨扭转角是导致差异的最主要相关因素，股骨扭转角增大会使股骨颈干角在 X 线上的测量结果偏大。股骨颈干角是由股骨颈轴与股骨近端解剖轴构成的三维夹角，而股骨颈相对于股骨远端存在不同程度的扭转（通常为外旋扭转），这使得股骨颈干角所在平面与前后位 X 线平片投影平面存在角度。由于 X 线拍摄具有二维投影的特点，无法体现股骨颈的扭转程度，从而造成了 X 线测量股骨颈干角的不准确。朱建炜等[14]的研究结果也印证了此观点，他们利用前后位 X 线平片对 100 例中国人健康髋关节进行研究，有趣的是他们要求研究对象拍摄 X 线平片时股骨内旋，使股骨颈与近端解剖轴所构成的平面更接近前后位 X 线平片投影平面，抵消了股骨颈外旋扭转的影响，最终测得股骨颈干角为（124.24±5.54）°，与我们三维重建图像测量结果非常相似。

为了排除混杂因素影响并对模型结果进行验证，本研究对 265 侧下肢进行分组并对基线数据进行 1:1 倾向性评分匹配。从对照组结果看，两亚组患者在 X 线及 CT 拍摄仪器及拍摄条件相同的情况下，当 9 项相关因素无统计学差异时，两亚组间颈干角-2D、颈干角-3D 及二者差值均无统计学意义，说明导致差异的相关因素存在于上述 9 项匹配因素中。试验组的两亚组间除扭转角外的 8 项相关因素无统计学差异，结果显示扭转角的变化对 X 线上的颈干角-2D 并无显著影响，但较大的扭转角会使颈干角-3D 减小，同时增大颈干角-2D 与-3D 的差异（P<0.001）。证明较大的股骨颈外旋扭转确实会增大股骨颈干角 X 线平片测量结果的偏差。

为了解释股骨扭转角对 X 线平片测量股骨颈干角偏差的影响，本研究将股骨颈放入三维坐标中（图 4），并将股骨干长解剖轴（股骨干近端与远端中心点连线）与人体垂直轴重叠。根据三角函数关系推导出颈干角-2D、颈干角-3D 及扭转角的换算公式：$\beta = \arctan(\tan\gamma \times \cos\alpha)$。已知 $\angle\gamma$（颈干角-3D）不变，当 $\angle\alpha$（扭转角）为 0°时，$\angle\gamma$ 与 $\angle\beta$（颈干角-2D）相等；而 $\angle\alpha$ 越大（范围 0°~90°），$\angle\beta$ 越接近 180°，$\angle\beta$ 与 $\angle\gamma$ 的差值越大。这合理解释了股骨扭转角对颈干角

-2D 与-3D 差异的影响。此外,由于股骨干普遍存在前向弓形,导致股骨干近端解剖轴后倾,并与股骨干长解剖轴在矢状面成角(角 DOD′),此时颈干角-3D 为∠AOD′,即∠δ。



A:股骨颈三维坐标建立;B:股骨干长解剖轴与股骨干近端解剖轴;X 轴为人体冠状轴,Y 轴为人体矢状轴,Z 轴为人体垂直轴;XOZ 为人体冠状面,YOZ 为人体矢状面,XOY 为人体横断面;A 为股骨头中心,O 为股骨颈与股骨干交界中心,由 A 向 XOZ 面做垂线,垂足为 B,由 B 向 Z 轴做垂线,垂足为 C;AO 为股骨颈轴,AC 为股骨颈轴在横断面上的投影,OD 为股骨干长解剖轴(与 Z 轴重合),OD′为股骨干近端解剖轴(位于矢状面 YOZ 上);角 DOD′为股骨干长解剖轴与股骨干近端解剖轴在矢状面的成角,角 ACB 为股骨扭转角,记为∠α,角 BOD 为前后位 X 线平片颈干角,即颈干角-2D,记为∠β,角 AOD 为真实颈干角,即颈干角-3D,记为∠γ,角 AOD′为伴有股骨干前弓的颈干角-3D,记为∠δ;∠α 变化范围为 0°~90°,∠β、∠γ、∠δ 变化范围为 0°~180°

图 4 股骨颈三维坐标示意图

根据三角函数关系,推导出伴有股骨干前弓的颈干角-3D 与扭转角换算公式:$\delta=\arccos(K\times\sin\alpha-M)$。其中 K 与 M 均为正值常数,且 K 普遍小于 M。当∠α(扭转角)增大(范围 0°~90°),∠δ 单调递减,且当∠α=90°时,∠δ 最小。这合理解释了股骨扭转角对颈干角-3D 的影响。

由于投影成像的特点,X 线平片无法体现股骨颈扭转对股骨颈干角的影响,从而造成使用前后位 X 线平片测量股骨颈干角会出现平均 3.45°的偏差。遗憾的是,目前尚无方法通过 X 线平片准确判断股骨颈扭转程度,建议尽量通过 CT 三维重建图像准确测量股骨颈干角。与以往研究不同,本研究不仅证明了使用前后位 X 线平片测量股骨颈干角不准确,而且利用统计学模型发现扭转角是导致差异的最主要相关因素,进一步采用倾向性评分匹配消除混杂因素影响后,对扭转角的影响作用进行了验证,同时解释了扭转角导致前后位 X 线测量股骨颈干角不准确的原因,为将来进一步研究如何通过 X 线平片准确判断股骨颈干角提供参考。此研究方法还可用于其他骨科解剖参数的研究。本研究仍存在一定局限性:①本研究为回顾性研究,其结果有待在前瞻性随机对照试验进一步研究;②本研究为单中心且病例数有限,研究结果需更大样本量进行验证。

股骨颈干角是评估股骨近端畸形的重要解剖参数,但即使严格控制拍摄体位,在前后位 X 线平片上测量结果也会有 50%以上几率发生大于 3°的偏差。股骨扭转角是导致差异的主要相关因素,较大的股骨颈外旋扭转角会造成股骨颈干角的 X 线测量结果偏大。

参考文献:

[1] TEO P C, KASSIM A Y, THEVARAJAN K. A 45-degree radiographic method for measuring the neck shaft angle and anteversion of the femur: a pilot study[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2013, 21(3): 340-346. DOI:10.1177/230949901302100316.

[2] RIPAMONTI C, LISI L, AVELLA M. Femoral neck shaft angle width is associated with hip-fracture risk in males but not independently of femoral neck bone density[J]. Br J Radiol, 2014, 87(1037): 20130358. DOI:10.1259/bjr.20130358.

[3] BIZDIKIAN A J, ASSI A, BAKOUNY Z, *et al*. Validity and reliability of different techniques of neck-shaft angle measurement[J]. Clin Radiol, 2018, 73(11): 984.e1-984.e9. DOI:10.1016/j.crad.2018.06.006.

[4] YI L H, LI R, ZHU Z Y, *et al*. Anatomical study based on 3D-CT image reconstruction of the hip rotation center and femoral offset in a Chinese population: preoperative implications in total hip arthroplasty[J]. Surg Radiol Anat, 2019, 41(1): 117-124. DOI:10.1007/s00276-018-2143-9.

[5] GNUDI S, SITTA E, PIGNOTTI E. Prediction of incident hip fracture by femoral neck bone mineral density and neck-shaft angle: a 5-year longitudinal study in post-menopausal females[J]. Br J Radiol, 2012, 85(1016): e467-e473. DOI:10.1259/bjr/57130600.

[6] WRIGHT D, WHYNE C, HARDISTY M, *et al*. Functional and anatomic orientation of the femoral head[J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469(9): 2583-2589. DOI:10.1007/s11999-010-1754-1.

[7] BULLER L T, ROSNECK J, MONACO F M, *et al*. Relationship between proximal femoral and acetabular alignment in normal hip joints using 3-dimensional computed tomography[J]. Am J Sports Med, 2012, 40(2): 367-375. DOI:10.1177/0363546511424390.

[8] 曹梦琦, 马俊, 黄泽宇, 等. 股骨机械-解剖轴夹角与颈干角、偏心距的相关性[J]. 中国矫形外科杂志, 2014, 22(15): 1397-1401.
CAO M Q, MA J, HUANG Z Y, *et al*. Correlation of femoral mechanical-anatomical angle with neck- shaft angle and offset [J]. Orthop J China, 2014, 22(15): 1397-1401.

[9] SOODMAND E, ZHENG G, STEENS W, *et al*. Surgically relevant morphological parameters of proximal human femur: a statistical analysis based on 3D reconstruction of CT data [J]. Orthop Surg, 2019, 11(1): 135-142. DOI:10.1111/os.12416.

[10] 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 (Baltimore), 2015, 94(21): 1-9. DOI:10.1097/MD.0000000000000891.

[11] 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.
PI Y G, ZHAO Y C, WANG W C, *et al*. Measurement of proximal femoral morphology and analysis of 500 cases in Hunan Province[J]. J Central South Univ Med Sci, 2013, 38(9): 925-930.

[12] 卢仲琳,曹志强,高国梁,等. 股骨假体颈干角、前倾角变化对全髋关节置换术后预后的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2018, 28(11): 68-74.
LU Z L, CAO Z Q, GAO G L, *et al*. Effect of post-operative changes of neck-shaft angle and femoral component anteversion on clinical outcome following uncemented total hip arthroplasty[J]. Chin J Mod Med, 2018, 28(11): 68-74.

[13] 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 Y P, ZHANG H H, WANG L, *et al*. Automated three-dimensional measurement on anatomic parameters of proximal femur[J]. J Med Biomech, 2016, 31(1): 1-7.

[14] 朱建炜, 董启榕, 刘璠, 等. 正常国人股骨近端解剖参数的研究[J]. 苏州大学学报(医学版), 2008, 28(4): 582-585.
ZHU J W, DONG Q R, LIU F, *et al*. Study on the proximal femoral parameters in the healthy Chinese[J]. J Soochow Univ Med Sci Ed, 2008, 28(4): 582-585.

[15] PALEY D. Principles of deformity correction[M]. Heidelberg: Springer, 2002: 1-60.

[16] CUOMO A V, FEDORAK G T, MOSELEY C F. A practical approach to determining the center of the femoral head in subluxated and dislocated hips[J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35(6): 556-560. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000281.

[17] LASAM M P, LEE K J, CHANG C B, *et al*. Femoral lateral bowing and Varus condylar orientation are prevalent and affect axial alignment of TKA in Koreans[J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471(5): 1472-1483. DOI: 10.1007/s11999-012-2618-7.

[18] LIU T, WANG C Y, XIAO J L, *et al*. Three-dimensional reconstruction method for measuring the knee Valgus angle of the femur in northern Chinese adults[J]. J Zhejiang Univ Sci B, 2014, 15(8): 720-726. DOI: 10.1631/jzus.B1400019.

[19] KIM J M, HONG S H, KIM J M, *et al*. Femoral shaft bowing in the coronal plane has more significant effect on the coronal alignment of TKA than proximal or distal variations of femoral shape[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 23(7): 1936-1942. DOI: 10.1007/s00167-014-3006-5.

[20] MULLAJI A B, MARAWAR S V, MITTAL V. A comparison of coronal plane axial femoral relationships in Asian patients with Varus osteoarthritic knees and healthy knees[J]. J Arthroplasty, 2009, 24(6): 861-867. DOI: 10.1016/j.arth.2008.05.025.

[21] BOISGARD S, MOREAU P E, DESCAMPS S, *et al*. Computed tomographic study of the posterior condylar angle in arthritic knees: its use in the rotational positioning of the femoral implant of total knee prostheses[J]. Surg Radiol Anat, 2003, 25(3/4): 330-334. DOI:10.1007/s00276-003-0144-8.

[22] HAN Q, ZHANG A B, WANG C Y, *et al*. Application of three-dimensional reconstruction to improve the preoperative measurement accuracy and applicability of femoral neck torsion angle[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(45): e17727. DOI:10.1097/MD.0000000000017727.

[23] LOHMAN M, TALLROTH K, KETTUNEN J A, *et al*. Changing from analog to digital images: does it affect the accuracy of alignment measurements of the lower extremity? [J]. Acta Orthop, 2011, 82(3): 351-355. DOI: 10.3109/17453674.2011.570670.

[24] WIDMER K H, MAJEWSKI M. The impact of the CCD-angle on range of motion and cup positioning in total hip arthroplasty[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2005, 20(7):723-728. DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.04.003.

[25] GUENOUN B, ZADEGAN F, AIM F, *et al*. Reliability of a new method for lower-extremity measurements based on stereoradiographic three-dimensional reconstruction [J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2012, 98(5): 506-513. DOI: 10.1016/j.otsr.2012.03.014.

[26] ANASTOPOULOS G, CHISSAS D, DOUROUNTAKIS J, *et al*. Computer-assisted three-dimensional correlation between the femoral neck-shaft angle and the optimal entry point for antegrade nailing[J]. Injury, 2010, 41(3): 300-305. DOI: 10.1016/j.injury.2009.09.007.

[27] BONNEAU N, LIBOUREL P A, SIMONIS C, *et al*. A three-dimensional axis for the study of femoral neck orientation [J]. J Anat, 2012, 221(5): 465-476. DOI:10.1111/j.1469-7580.2012.01565.x.

(收稿:2020-06-18;修回:2020-08-20)
(编辑 张 维)