

## 构建股骨 3D 数字化模型提出一种新的股骨颈前倾角测量方法

<https://doi.org/10.12307/2021.079>刘建友<sup>1</sup>, 贾中伟<sup>2</sup>, 牛佳伟<sup>1</sup>, 曹鑫杰<sup>1</sup>, 张栋<sup>1</sup>, 魏杰<sup>2</sup>

投稿日期: 2020-10-10

送审日期: 2020-10-13

采用日期: 2020-11-21

在线日期: 2021-02-10

中图分类号:

R459.9; R318; R687

文章编号:

2095-4344(2021)24-03779-05

文献标识码: A

## 文章快速阅读:

## 文章亮点—

△通过正常股骨 3D 数字化模型测量股骨颈前倾角及新型前倾角, 较传统 CT 方法测量更为精确及直观。

△与经典股骨颈前倾角相比, 新型前倾角具有术中方便定位的优势, 二者均能反映股骨颈前倾, 二者结合可提高全髋关节置换假体置入的准确性; 同时探究二者之间的关系, 可为导航及手术机器人等新技术提供股骨解剖学数据。

(1) 选择符合研究的对象, 收集、整理 CT 数据;  
(2) 分别对每侧股骨进行股骨三维重建。

(1) 测量股骨前倾角;  
(2) 测量新型前倾角;  
(3) 统计分析股骨颈前倾角与新型前倾角的数值, 并找出二者之间的关系。

## 结论:

(1) 新型股骨颈前倾角均值为  $(7.96 \pm 1.11)^\circ$ , 经典股骨颈前倾角均值为  $(13.21 \pm 1.28)^\circ$ ;  
(2) 经典股骨颈前倾角  $= 10.42^\circ + 0.35 \times$  新型前倾角。新型前倾角系新提出的一种测量股骨颈的方法, 其与经典股骨颈前倾角均能反映股骨颈前倾, 二者在一定范围内存在对应关系, 二者联合能多维地展现股骨颈真实前倾。

## 文题释义:

**通髁线:** 股骨远端内、外上髁处, 外上髁有一骨性突起, 为外侧副韧带附着点, 股骨内侧髁有一凹陷, 为内侧副韧带附着点, 两点的连线称为通髁线, 是膝关节测量的重要标志之一。

**股骨颈前倾角:** 即股骨颈轴线与股骨髁额状面(人体冠状面)所成的夹角, 是评估股骨发育程度、辅助髋部手术和术后评估髋关节功能等的重要角度之一。

## 摘要

**背景:** 全髋关节置换过程中假体置入的准确性非常重要, 经典股骨颈前倾角术中运用时需转化为骨性标志的相对位置, 全髋关节置换或翻修术中相关骨性标志可能缺失, 希望提出一种新型股骨颈前倾角的测量方法, 方便术中加以运用, 提高假体置入准确性。

**目的:** 通过股骨 3D 数字化模型, 提出一种新的股骨颈前倾角测量方法, 结合经典股骨颈前倾角为复杂性人工髋关节置换和翻修术中的股骨柄假体置入提供解剖学数据, 提高假体置入准确性。

**方法:** 以 CT 检查范围包括双侧股骨的 41 例患者共计 82 例正常股骨为观察对象, 患者年龄 50-80 岁。通过软件分别重建出每例股骨的 3D 数字化模型后, 选取股骨内上髁、外上髁、大转子上最突出点形成的面及股骨颈轴心线, 二者形成的线面夹角即为此次新提出的测量股骨颈前倾角, 为便于区分, 称其为新型前倾角。分别在重建出的股骨模型上对应取点测量新型前倾角与经典前倾角, 收集整理数据, 进行统计学分析并找出二者之间的关系。

**结果与结论:** ①经取点测量后, 82 例股骨数据以性别、左右分组独立行 *t* 检验分析, 不同性别、不同侧别之间的经典前倾角相比差异均无显著性意义 ( $P > 0.05$ ), 不同性别、不同侧别之间的新型前倾角相比差异均无显著性意义 ( $P > 0.05$ ); ②新型股骨前倾角平均值为  $(7.96 \pm 1.11)^\circ$ , 经典前倾角平均值为  $(13.21 \pm 1.28)^\circ$ , 二者线性回归方程为: 经典股骨前倾角  $= 10.42^\circ + 0.35 \times$  新型前倾角; ③提示新型前倾角系新提出的一种测量股骨颈的方法, 其与经典前倾角均能反映股骨颈前倾, 二者在一定范围内存在对应关系, 联合二者能多维地展现股骨颈真实前倾情况。

**关键词:** 股骨颈前倾角; 髋关节; 全髋关节置换; 翻修; 假体置入; 数字化

## A new method for measuring the anteversion angle of the femoral neck by constructing the three-dimensional digital model of the femur

Liu Jianyou<sup>1</sup>, Jia Zhongwei<sup>2</sup>, Niu Jiawei<sup>1</sup>, Cao Xinjie<sup>1</sup>, Zhang Dong<sup>1</sup>, Wei Jie<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China; <sup>2</sup>Department of Orthopedics, People's Hospital Affiliated to Shanxi Medical University, Taiyuan 030012, Shanxi Province, China

Liu Jianyou, Master candidate, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China

**Corresponding author:** Wei Jie, Professor, Chief physician, Master's supervisor, Department of Orthopedics, People's Hospital Affiliated to Shanxi Medical University, Taiyuan 030012, Shanxi Province, China

<sup>1</sup>山西医科大学, 山西省太原市 030001; <sup>2</sup>山西医科大学附属人民医院骨科, 山西省太原市 030012

**第一作者:** 刘建友, 男, 1994 年生, 四川省会东县人, 汉族, 山西医科大学在读硕士, 主要从事骨科关节方向的研究。

**通讯作者:** 魏杰, 教授, 主任医师, 硕士生导师, 山西医科大学附属人民医院骨科, 山西省太原市 030012

<https://orcid.org/0000-0002-0632-1185> (刘建友)

**基金资助:** 山西省教育厅研究生联合培养基地人才培养项目 (2017JD20), 项目负责人: 魏杰

**引用本文:** 刘建友, 贾中伟, 牛佳伟, 曹鑫杰, 张栋, 魏杰. 构建股骨 3D 数字化模型提出一种新的股骨颈前倾角测量方法 [J].

中国组织工程研究, 2021, 25(24):3779-3783.



## Abstract

**BACKGROUND:** The accuracy of prosthesis placement in total hip arthroplasty is very important. The classic femoral neck anteversion should be transformed into the relative position of bone markers, and the relevant bone markers may be missing in total hip arthroplasty or revision. We hope to put forward a new method to measure the anterior inclination of the femoral neck, which can be used conveniently in order to improve the accuracy of prosthesis placement.

**OBJECTIVE:** To propose a new method for measuring the anteversion of the femoral neck through the three-dimensional digital model of the femur, combined with the classical anteversion angle of the femoral neck, to provide anatomical data for the implantation of the femoral stalk prosthesis during complex hip arthroplasty and revision, and to improve the accuracy of prosthesis placement.

**METHODS:** A total of 82 normal femurs from 41 patients who underwent CT with bilateral femurs aged from 50 to 80 years old were selected as subjects. After the three-dimensional digital model of the femur was reconstructed by software, the surface formed by the most prominent points on the medial epicondyle, the lateral epicondyle, the greater trochanter and the axis of the femoral neck was selected, and the angle between them was our new method for measuring the anteversion of the femoral neck. This new angle was called New Anteversion angle. The corresponding points were taken to measure the New Anteversion angle and the classical anteversion angle on the reconstructed femoral model, and the data were collected and statistically analyzed to find out the relationship between them.

**RESULTS AND CONCLUSION:** (1) The data of 82 cases of femur were independently analyzed by t-test according to sex and orientation groups after point measurement. There was no significant difference in the classical anteversion angle between different genders and different sides ( $P > 0.05$ ), and there was no significant difference in the New Anteversion angle between different genders and different sides ( $P > 0.05$ ). (2) The average New Anteversion angle was  $(7.96 \pm 1.11)^\circ$ ; the average classical anteversion angle was  $(13.21 \pm 1.28)^\circ$ . The linear regression equation was: classical anteversion angle =  $10.42^\circ + 0.35 \times$  New Anteversion angle. (3) It is concluded that both the New Anteversion angle and the classical anteversion angle of the femoral neck can reflect the anteversion of the femoral neck, and there is a corresponding relationship between them in a certain range, and the combination of the two can show the true anteversion of the femoral neck in many dimensions.

**Key words:** femoral anteversion; hip; total hip arthroplasty; revision; prosthesis implantation; digitization

**Funding:** Joint Cultivation Base for Postgraduate Students of Shanxi Education Department, No. 2017JD20 (to WJ)

**How to cite this article:** LIU JY, JIA ZW, NIU JW, CAO XJ, ZHANG D, WEI J. A new method for measuring the anteversion angle of the femoral neck by constructing the three-dimensional digital model of the femur. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(24):3779-3783.

## 0 引言 Introduction

全髋关节置换是治疗髋关节疾病如重度髋关节骨性关节炎、股骨颈骨折、部分转子间骨折患者最持久和最有效的治疗方法之一<sup>[1-5]</sup>。在全髋关节置换治疗的患者中约有 4.4% 术后出现假体松动脱落、感染、假体周围型骨折等并发症，常需行二次翻修手术，甚者需多次手术<sup>[6-7]</sup>。全髋关节置换术中会将假体安放在最理想的位置能显著降低假体松动和假体周围骨折的发生率<sup>[8-9]</sup>，目前全髋关节置换术中股骨柄放置常用的参考角度主要有股骨颈前倾角及联合前倾角等<sup>[10]</sup>，这些角度在术中运用时存在定位困难、易受干扰等不便因素，多需要借助骨性标志和主刀医生经验。由于全髋关节置换的普及，出现因松动、感染、不稳定需翻修的病例越来越多<sup>[11-12]</sup>，部分全髋关节置换及翻修术中存在股骨骨性标志缺失、股骨小转子暴露不清等困难，此时常规安放股骨柄的方法运用出现困难。

因此作者希望提出一个新型测量角度来描述股骨颈的前倾，在常规方法安装股骨柄假体前倾困难时提供一种新的定位方法。为了更好地区别两种测量方法下的股骨颈前倾角，作者将这个新的测量角度称为新型前倾角，原方法测量得到的股骨颈前倾角称为经典股骨颈前倾角。通髌线是全膝关节置换术中常用的参考线及测量线之一<sup>[13]</sup>，选取健康人群的通髌线在股骨的体表投影（即股骨内外上髌两点）与股骨大转子上最突出点确定的一个平面，然后确定股骨颈轴心线，二者形成的线面角即为新型前倾角，依次测量新型前倾角和经典方法测量的前倾角，统计分析新型前倾角与股骨颈前倾角，并通过分析找出二者之间的关系。待后期研究丰富后结合测量时的选点与新型前倾角度数值，设计制造相关的工具，结合经典股骨前倾角，为临床全髋关节置换股骨柄假体置入困难时提供一种新的方法。此次研究为系列研究的第一步，即通过建模及测量新型股骨颈前倾角和经典股骨颈前倾角，完成统计分析，为后续研究提供解剖学依据及数据支持。

需要指出的是，股骨颈前倾角是确立已久的概念且具有重大临床意义，此次研究旨在尝试一种股骨颈前倾新的测量方式，使其后期便于术中运用，本意不在否定经典股骨前倾角的临床价值与临床意义。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 三维建模，对比测量实验。

1.2 时间及地点 于 2019 年 8 月至 2020 年 8 月在山西省人民医院骨科完成。

1.3 对象 利用 CT 扫描、三维股骨重建和数字化测量手段，以 2017 年 6 月至 2019 年 6 月在山西省人民医院行螺旋 CT(Brilliance iCT Elite, 256 层, Philip) 检查的 41 例患者的检查数据作为观察对象，其中男 20 例，女 21 例，共计 82 侧股骨。患者对实验过程完全知情同意，并签署了“知情同意书”，测量方案获得山西省人民医院机构审查委员会的批准。

**纳入标准:** ①检查范围包括髋部和双侧股骨，病例 CT 扫描数据齐全；②患者年龄 50-80 岁；③无髋部疾病及股骨畸形。

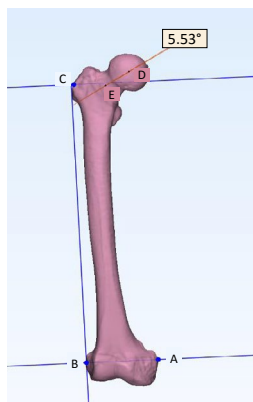
**排除标准:** ①既往有股骨骨折、骨关节炎、类风湿性关节炎、代谢性骨病等病例；②股骨存在先天畸形的病例；③既往股骨手术史以及扫描范围不够的样本。

1.4 方法 运用螺旋 CT 扫描患者，双下肢固定于中立位，双侧脚尖与检查台保持垂直。扫描范围包括股骨头近端 160 mm 及股骨远端 160 mm，扫描层厚 1 mm。双侧股骨 CT 平扫后获取股骨容积性数据，以 Dicom 格式储存。

**三维重建和测量:** 用医学图像处理软件 MIMICS 20.0 软件加载 CT 扫描后的 Dicom 数据，进行三维重建。三维重建图像中膝关节内外侧副韧带在股骨内、外侧髌的附着点通常表现为股骨内、外上髌一个相应的骨性标志点，膝关节通髌线即为两点间的连线。重建出每例股骨 3D 数字化模型，再随机排序后导入图像处理软件 3-Matic Medical

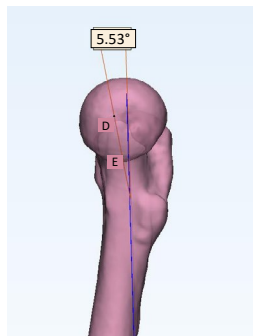
13.0(Materialise 公司)测量新型前倾角及经典股骨颈前倾角。为减少误差,在开始前认真学习股骨相关解剖学知识,反复熟悉 MIMICS 20.0 和 3-Matic Medil 13.0 软件,在 2 个软件内将所有的股骨模型统一调整成标准体位后进行测量,测量时 3 个参与研究人员同时在场,所选点的确认需 3 人意见一致。

**测量新型股骨颈前倾角:**在重建出的 3D 数字化模型上选取体表可扪及的股骨内上髁、外上髁和大转子上最突出点(依次对应 A, B, C),线 AB 对应通髁线, A、B、C 三点确定一个面 ABC。选取股骨头球面中心(D)和股骨颈长轴截面圆心(E),两点连线为股骨颈轴心线,直线 DE 与面 ABC 所成夹角即为新型前倾角,依次测量并记录数值(图 1, 2)。



图注:在重建出的 3D 数字化模型上选取体表可扪及的股骨内上髁、外上髁和大转子上最突出点(依次对应 A, B, C),线 AB 对应通髁线, A、B、C 三点确定一个面 ABC。选取股骨头球面中心(D)和股骨颈长轴截面圆心(E),两点连线为股骨颈轴心线,直线 DE 与面 ABC 所成夹角即为新型前倾角

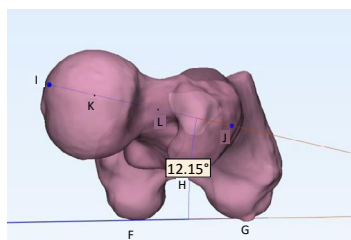
图 1 | 新型股骨颈前倾角正视图  
Figure 1 | New Anteversion inclination view



图注:选取股骨头球面中心(D)和股骨颈长轴截面圆心(E),两点连线为股骨颈轴心线

图 2 | 新型股骨颈前倾角侧视图  
Figure 2 | New Anteversion side view

**测量经典股骨颈前倾角(图 3):**选择俯视观察股骨,采用平面几何方法确定股骨头的中心点(K),在股骨颈的最狭窄部取股骨颈中心点(L),两点连线为股骨颈轴线(IJ),选取股骨大转子后方(H)与内外髁(F, G)三点,三点形成的面(FGH)与股骨颈轴线(IJ)的夹角即为经典股骨颈前倾角,依次测量并记录数值。



图注:俯视观察股骨,采用平面几何方法确定股骨头的中心点(K),在股骨颈的最狭窄部取股骨颈中心点(L),两点连线为股骨颈轴线(IJ),选取股骨大转子后方(H)与内外髁(F, G)三点,三点形成的面(FGH)与股骨颈轴线(IJ)的夹角即为经典股骨颈前倾角

图 3 | 经典股骨颈前倾角  
Figure 3 | Classical femoral anteversion angle

1.5 主要观察指标 在正常股骨的三维模型上,准确选取股骨颈轴线、通髁线、股骨大转子上最突出点,测量经典股骨

颈前倾角及新型前倾角,将以上数据与既往研究相关参数进行对比。观察指标采用盲法评估。

1.6 统计学分析 运用软件 SPSS 22.0 对数据进行统计学分析。测得数据经正态性检验均符合正态分布,数据使用  $\bar{x} \pm s$  表示。分别以性别、股骨方位分组独立行  $t$  检验分析,运用回归分析确定新型前倾角及传统股骨前倾角之间的关系。

## 2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 纳入 41 例股骨无畸形患者 CT 检查数据为观察对象,其中男 20 例,女 21 例,共计 82 侧股骨。以性别、左右侧分组,全部数据均进入结果分析。

2.2 试验流程图 见图 4。

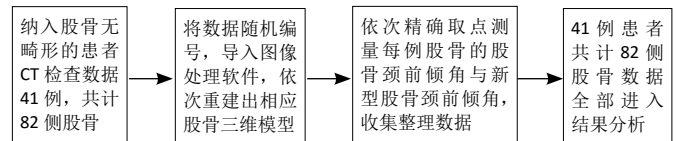


图 4 | 试验流程图  
Figure 4 | Trial flow chart

2.3 测量结果和统计分析 经取点测量后,82 侧股骨数据以性别、左右侧分组独立行  $t$  检验分析,不同性别之间的经典股骨颈前倾角相比差异无显著性意义( $t=0.63, P=0.532 > 0.05$ ),不同性别之间的新型股骨颈前倾角相比差异无显著性意义( $t=-0.89, P=0.376 > 0.05$ ),见表 1。

表 1 | 不同性别经典股骨颈前倾角、新型股骨颈前倾角比较 ( $\bar{x} \pm s, ^\circ$ )  
Table 1 | Comparison of classic femoral neck anteversion angle and new femoral neck anteversion angle in different genders

性别	n(股骨)	经典股骨颈前倾角	新型股骨颈前倾角
男性	40	13.30 $\pm$ 1.14	7.84 $\pm$ 1.14
女性	42	13.12 $\pm$ 1.40	8.06 $\pm$ 1.08
t 值		0.63	-0.89
P 值		0.532 2	0.376 5

男性中不同股骨方位之间的经典股骨颈前倾角相比差异无显著性意义( $t=-0.57, P=0.568 9 > 0.05$ );男性中不同股骨方位之间的新型股骨颈前倾角相比差异无显著性意义( $t=-0.34, P=0.735 9 > 0.05$ ),见表 2。

表 2 | 男性中不同股骨方位的经典股骨颈前倾角、新型股骨颈前倾角比较 ( $\bar{x} \pm s, n=20, ^\circ$ )  
Table 2 | Comparison of classic femoral neck anteversion angle and new femoral neck anteversion angle in different femoral orientations in men

组别	经典股骨颈前倾角	新型股骨颈前倾角
左侧	13.19 $\pm$ 1.25	7.78 $\pm$ 1.23
右侧	13.41 $\pm$ 1.05	7.91 $\pm$ 1.06
t 值	-0.57	-0.34
P 值	0.568 9	0.735 9

女性中不同股骨方位之间的经典股骨颈前倾角相比差异无显著性意义( $t=0.15, P=0.883 4 > 0.05$ ),女性中不同股骨方位之间的新型股骨颈前倾角相比差异无显著性意义( $t=-0.62, P=0.539 2 > 0.05$ ),见表 3。

表 3 | 女性中不同股骨方位的经典股骨颈前倾角、新型股骨颈前倾角比较 ( $\bar{x}\pm s, n=21, ^\circ$ )

Table 3 | Comparison of classic femoral neck anteversion angle and new femoral neck anteversion angle in different femoral orientations in women

组别	经典股骨颈前倾角	新型股骨颈前倾角
左侧	13.15±1.53	7.95±0.98
右侧	13.09±1.30	8.16±1.18
t 值	0.15	-0.62
P 值	0.883 4	0.539 2

数据显示新型股骨颈前倾角平均值为  $(7.96\pm 1.11)^\circ$ ，经典股骨颈前倾角平均值为  $(13.21\pm 1.28)^\circ$ ，二者线性回归方程为：经典股骨前倾角 =  $10.42^\circ + 0.35 \times$  新型前倾角，见表 4。

表 4 | 经典股骨颈前倾角与新型股骨颈前倾角之间的线性回归分析

Table 4 | Linear regression analysis between classic femoral neck anteversion angle and new femoral neck anteversion angle

变量	自由度	参数估计	标准误差	t 值	$P_t >  t $
Intercept	1	10.428 91	0.985 84	10.58	< 0.000 1
新型前倾角	1	0.349 64	0.122 74	2.85	0.005 6

表注：均方根误差为 1.226 22，因变量均值为 13.210 61，变异系数为 9.282 09， $R^2=0.092 1$ ，调整  $R^2=0.080 7$

### 3 讨论 Discussion

全髋关节置换广泛用于股骨颈骨折、重度髋关节骨性关节炎和部分罹患重度发育性髋关节发育不良合并早期股骨头坏死塌陷等髋部疾病的患者<sup>[1, 6]</sup>。术中将髋臼和股骨假体置于适当的位置是至关重要的<sup>[8, 14-15]</sup>，适当的位置可以最大限度地减少假体撞击的风险，从而减少其他潜在并发症的发生，如关节不稳定、脱位、聚乙烯加速磨损、骨溶解和植入物过早松动等<sup>[12, 16-20]</sup>。LEBLEBICI 等<sup>[21]</sup>研究也发现，股骨前倾角增加会导致功能问题，表现在跑步及快走时摔倒频率较正常同年龄升高约 3 倍，易疲劳，可能会继发下肢功能恶化，负重时重力线承压过程中在髋关节出现剪力，改变了解剖力线，不利于髋关节的活动。

现行手术过程中可利用股骨传统前倾角及联合前倾角等定位<sup>[10]</sup>，其中经典前倾角运用多须在置入假体时转化为股骨近端骨性标志，使得手术假体安放达到了很高的准确率<sup>[6]</sup>。在安装股骨柄假体的过程中，一定要稳固可靠，增加和假体的接触面积，减少剪力，应力集中，受力均衡，并和股骨端匹配骨性平衡，增加关节稳定性。

目前普遍认为横断面 CT 扫描提供了较准确的股骨前倾角测量，但对股骨前倾角的估计取决于计算出的股骨颈轴线的准确性，此外，个体之间也存在解剖学差异<sup>[22]</sup>。大多数以前使用横断面 CT 的研究都得出结论，平均前倾角在  $12^\circ-26^\circ$  之间<sup>[23]</sup>，此次研究测量股骨颈前倾角的结果与 CT 研究的结果是一致的。由于股骨颈前倾角测量是依靠 CT 检查时在不同断层取线、利用平移法测出的线与线之间的夹角<sup>[24]</sup>，经过分析，这种测量方法不同程度地受患者检查体位影响<sup>[22]</sup>，同时准确选择测量线有一定困难<sup>[25-26]</sup>。因为股骨颈前倾角测量需依赖 CT 检查的断层平面，目前术中缺乏相关工具使其转换为肉眼可见的角度，同时股骨颈处截面术中难以把握，上

述原因致使其手术时运用受限。因此多数学者将其作为术前、术后分析的一项重要指标，术中运用时多将其转换为骨性标志运用，一般经验性参考股骨矩、股骨小转子等骨性标志进行定位。术中发现部分股骨转子间骨折与全髋关节置换术后翻修等病例，前述骨性标志缺失或移位，这时运用经典股骨前倾角术中确定股骨柄前倾角度时存在困难。

联合前倾角是髋臼前倾与股骨前倾整体的描述<sup>[27-28]</sup>。MCKIBBIN<sup>[29]</sup>第一次引入了这一术语后，并将解剖髋关节的稳定性指数定义在  $30^\circ-40^\circ$  之间。YOSHIMINE<sup>[30]</sup>和 MALIK 等<sup>[31]</sup>进一步证明，联合前倾角的“安全区”决定了全髋关节置换术后的稳定性和活动范围，并且描述了一种外科医生术中目测确定联合前倾角的手法。股骨颈前倾角的定位不准会直接或间接影响联合前倾角，增大假体置入的误差。

使用三维重建骨骼模型的图像进行测量可以提供更一致的人体测量信息<sup>[25, 32-33]</sup>。此次作者测量的新型前倾角，重建出股骨三维可视化模型后，利用计算机软件准确选点，在空间坐标系精确测量，以空间线与面的关系来描述股骨颈前倾。

目前全髋关节置换术中股骨柄假体置入时缺乏能较为准确地反映股骨颈前倾角简单易用的工具，在细致研究股骨解剖特点和查阅大量文献后，通过提出一个新的股骨前倾角测量方法，方便其在术中运用，为复杂全髋关节置换及术后翻修股骨柄置入困难时提供一个新的定位方法。此次研究中的选点经过精心地筛选，选择建立平面和轴线的点，位置相对人体较为表浅。通髌线是膝关节测量重要的标志之一<sup>[34]</sup>，被广泛用于膝关节置换术前、术中、术后的分析中，现在已经有人提出，可采用经过股骨内外上髌的通髌线来近似代表膝关节的实际屈伸轴线<sup>[13]</sup>，其在股骨上的投影即为股骨内、外上髌。双侧股骨上髌体表较易扪及，股骨转子最突出点术中暴露后较易触及，受到肌肉等软组织的影响减少，使得后期对新型前倾角进一步深入研究之后，有望设计合理的工具，使之能与测量的双侧股骨上髌、股骨转子相对应，结合工具的量角器可直观测量和提示假体置入的角度。限于此次研究目前处于提出并测量新型股骨前倾角阶段，文中所述工具拟在后续研究中进行运用并判断术后假体位置。

新型前倾角可实现的临床运用前景包括：①术前行 CT 检查后，运用计算机工具测量出患者的新型前倾角和股骨前倾角等角度，术中运用工具与上述点准确对应后，运用工具所带的量角器直观地反映股骨颈的前倾，全髋关节置换术中股骨柄假体置入时前倾角度与此角度相同，同时联合前倾角与股骨颈前倾角等，提高股骨柄假体置入的准确性；②研究深入后可为手术导航、手术机器人等新技术提供术中股骨解剖学数据，便于术中准确定位，缩短手术时间，进一步提高手术假体置入准确性<sup>[35]</sup>，降低术后并发症及翻修的概率，更好地造福患者，对患者长期生存有重要的临床意义。

此次研究目前也存在一定不足：首先是研究的局限性，此次研究所含的样本量相对较少，由于样本均来源于山西医科大学附属人民医院，可能存在一定程度的选择偏倚，后续

拟计划扩大样本量,多机构、多点随机采样等改善不足,进一步提高研究准确性;其次存在不同程度的测量误差,因此作者取点研究时力求准确,力求将误差降至最低;后续研究除了对比不同性别外,对其他因素,例如身高、体质量指数等潜在因素也将进行比较分析,以丰富整体研究结果。

综上所述,新型前倾角系新提出的一种测量股骨颈的方法,经统计学分析,其与经典股骨颈前倾角在一定范围内存在对应关系,对股骨颈前倾角和新型前倾角的测量方式综合分析后,作者认为二者都能反映股骨颈的前倾,二者可互为补充。此次研究测量的数据有助于从多个角度反映股骨前倾,后期研究进一步深入后,拟设计制造相关工具,使之与此次研究所选的点一一对应,结合股骨颈前倾角和联合前倾角等角度,为全髋关节置换术中提供解剖学数据支持,以提高复杂髋关节置换及翻修术中股骨柄假体置入的准确性,减少相关并发症。

**致谢:**感谢山西医科大学及附属山西省人民医院的大力支持,感谢导师魏杰教授的指导,感谢贾中伟副教授的付出,感谢团队其他人员的辛勤劳动,在此致以诚挚的谢意。

**作者贡献:**第六作者(通讯作者)负责研究设计,第一、三、四作者负责试验实施,第一、五作者负责数据收集和统计分析,第二作者负责审核,第一作者对文章负责。

**经费支持:**该文章接受了“山西省教育厅研究生联合培养基地人才培养项目(2017JD20)”的基金资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

**利益冲突:**文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程,不存在利益冲突。

**机构伦理问题:**该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和山西省人民医院对研究的相关伦理要求,获得了山西省人民医院伦理委员会批准。

**知情同意问题:**患者均对实验过程完全知情同意,并签署了“知情同意书”。

**写作指南:**该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE指南)。

**文章查重:**文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

**文章外审:**文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**生物统计学声明:**文章统计学方法已经由山西医科大学生物统计学专家审核。

**文章版权:**文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明:**这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

## 4 参考文献 References

- [1] TSAI TY, DIMITRIOU D, LI G, et al. Does total hip arthroplasty restore native hip anatomy? Three-dimensional reconstruction analysis. *Int Orthop*. 2014; 38(8):1577-1583.
- [2] SUN X, ZHEN X, HU X, et al. Osteoarthritis in the Middle-Aged and Elderly in China: Prevalence and Influencing Factors. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(23):4710.
- [3] CHANG JS, HADDAD FS. Long-term survivorship of hip and knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2020;102-b(4):401-402.
- [4] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南(2018年版)[J]. *中华骨科杂志*, 2018,38(12):75-715.
- [5] 王晓东,魏杰,郭秀生,等. 双动全髋关节假体置换术的中期疗效[J]. *中华骨科杂志*, 2019,39(15):956-934.
- [6] LEDFORD CK, PERRY KI, HANSSSEN AD, et al. What Are the Contemporary Etiologies for Revision Surgery and Revision After Primary, Noncemented Total Hip Arthroplasty? *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;27(24):933-938.
- [7] 张志彬. 联合前倾角对髋关节翻修术旋转中心的指导意义[D]. 石家庄:河北医科大学,2017.

- [8] ABDEL MP, VON ROTH P, JENNINGS MT, et al. What Safe Zone? The Vast Majority of Dislocated THAs Are Within the Lewinnek Safe Zone for Acetabular Component Position. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(2):386-391.
- [9] 陈军,伏鹏,王旭刚,等. 全髋关节置换中C臂X射线机移位测量髋臼前倾角及外展角[J]. *中国组织工程研究*, 2016,20(39):5781-5787.
- [10] MAYEDA BF, HAW JG, BATTENBERG AK, et al. Femoral-Acetabular Mating: The Effect of Femoral and Combined Anteversion on Cross-Linked Polyethylene Wear. *J Arthroplasty*. 2018;33(10):3320-3324.
- [11] TURNBULL GS, SCOTT CEH, MACDONALD DJ, et al. Return to activity following revision total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019; 139(3):411-421.
- [12] 张偶,郑充,马海洋,等. 髋关节置换中期失败的原因分析[J]. *中华医学杂志*, 2015,95(3):214-216.
- [13] FITZ DW, JOHNSON DJ, HARTWELL MJ, et al. Relationship of the Posterior Condylar Line and the Transepicondylar Axis: A CT-Based Evaluation. *J Knee Surg*. 2020;33(7):673-677.
- [14] ZHANG J, WANG L, MAO Y, et al. The use of combined anteversion in total hip arthroplasty for patients with developmental dysplasia of the hip. *J Arthroplasty*. 2014;29(3):621-625.
- [15] HAYASHI S, NISHIYAMA T, FUJISHIRO T, et al. Evaluation of the accuracy of femoral component orientation by the CT-based fluoro-matched navigation system. *Int Orthop*. 2013;37(6):1063-1068.
- [16] JOLLES BM, ZANGGER P, LEVYRAZ PF. Factors predisposing to dislocation after primary total hip arthroplasty: a multivariate analysis. *J Arthroplasty*. 2002;17(3):282-288.
- [17] SURACE MF, MONESTIER L, D'ANGELO F, et al. Factors Predisposing to Dislocation After Primary Total Hip Arthroplasty: A Multivariate Analysis of Risk Factors at 7 to 10 Years Follow-up. *Surg Technol Int*. 2016;30:274-278.
- [18] BIEDERMANN R, TONIN A, KRISMER M, et al. Reducing the risk of dislocation after total hip arthroplasty: the effect of orientation of the acetabular component. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(6):762-769.
- [19] KENNEDY JG, ROGERS WB, SOFFE KE, et al. Effect of acetabular component orientation on recurrent dislocation, pelvic osteolysis, polyethylene wear, and component migration. *J Arthroplasty*. 1998;13(5):530-534.
- [20] 陈静,徐磊,邹月芬. 成人髋关节撞击综合征患者股骨前倾角的CT影像学研究[J]. *临床放射学杂志*, 2020,39(1):116-119.
- [21] LEBLEBICI G, AKALAN E, APTI A, et al. Increased femoral anteversion-related biomechanical abnormalities: lower extremity function, falling frequencies, and fatigue. *Gait Posture*. 2019;70:336-340.
- [22] SUH KT, KANG JH, ROH HL, et al. True femoral anteversion during primary total hip arthroplasty: use of postoperative computed tomography-based sections. *J Arthroplasty*. 2006;21(4):599-605.
- [23] SUGANO N, NOBLE PC, KAMARIC E. A comparison of alternative methods of measuring femoral anteversion. *J Comput Assist Tomogr*. 1998;22(4):610-614.
- [24] UOTA S, MORIKITA I, SHIMOKOCHI Y. Validity and clinical significance of a clinical method to measure femoral anteversion. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(11):1908-1914.
- [25] PARK J, KIM JY, KIM HD, et al. Analysis of acetabular orientation and femoral anteversion using images of three-dimensional reconstructed bone models. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2017;12(5):855-864.
- [26] 徐高翔,唐佩福. 股骨颈前倾角测量方法的回顾与展望[J]. *解放军医学院学报*, 2020,41(1):97-100.
- [27] 刘阳,陈俊文,周建林,等. 联合前倾角技术在成人发育性髋关节发育不良全髋关节置换术中的应用[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020,35(4):337-340.
- [28] 蒲超,张珊珊,李伟,等. 联合前倾角技术在发育性髋关节脱位患者人工全髋关节置换术中的应用[J]. *西部医学*, 2019,31(2):291-294.
- [29] MCKIBBIN B. Anatomical factors in the stability of the hip joint in the newborn. *J Bone Joint Surg Br*. 1970;52(1):148-159.
- [30] YOSHIMINE F. The safe-zones for combined cup and neck anteversions that fulfill the essential range of motion and their optimum combination in total hip replacements. *J Biomech*. 2006;39(7):1315-1323.
- [31] MALIK A, MAHESHWARI A, DORR LD. Impingement with total hip replacement. *The J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(8):1832-1842.
- [32] PARK KK, TSAI TY, DIMITRIOU D, et al. Utility of Preoperative Femoral Neck Geometry in Predicting Femoral Stem Anteversion. *J Arthroplasty*. 2015; 30(6):1079-1084.
- [33] 薛磊,李乾,胡刚峰,等. 成人股骨CT建模及解剖学参数三维自动测量[J]. *中华医学杂志*, 2019,99(39):3093-3099.
- [34] 袁景,甄平,宋焱峰,等. 膝外翻畸形全膝关节置换的假体匹配:三维模型数字化测量与分析[J]. *中国组织工程研究*, 2015,19(17):2768-2774.
- [35] 郭人文,柴伟,李想,等. 机器人辅助在股骨头坏死全髋关节置换术中的应用[J]. *中华骨科杂志*, 2020,13(40):819-827.

(责任编辑: GD, ZN, SX)