

文章编号:1004-7220(2013)01-0109-06

# 髋部骨折的发生与股骨近端三维几何解剖形态的相关性研究

龚伟华, 曾一鸣, 唐 坚, 朱振安

(上海市骨科内植物重点实验室 上海交通大学医学院附属第九人民医院 骨科, 上海 200011)

**摘要:** **目的** 运用计算机辅助设计(computer aided design, CAD)及三维重建技术测量髋部几何解剖形态学参数,探究骨折人群股骨近端解剖形态与正常组人群(未骨折人群)的差异,分析其对髋部骨折发生率和发生类型的影响。**方法** 通过髋部骨折患者正常侧下肢CT扫描图像,运用Mimics 10.01软件建立三维解剖形态模型,并测量股骨颈前倾角(femoral neck anteversion angle, FNAA)、颈干角(neck-shaft angle, NSA)、股骨头直径(femoral head diameter, FHD)及股骨颈轴长(length of femoral neck axis, LFNA)等正常股骨近端三维几何解剖形态学参数。**结果** 股骨颈骨折组中FNAA、NSA、FHD、LFNA平均值为分别为 $(7.9 \pm 4.6)^\circ$ 、 $(128.6 \pm 4.6)^\circ$ 、 $(46.0 \pm 4.6)$  mm、 $(47.1 \pm 5.1)$  mm。股骨粗隆间骨折组中FNAA、NSA、FHD、LFNA平均值分别为 $(15.5 \pm 6.8)^\circ$ 、 $(134.7 \pm 6.9)^\circ$ 、 $(45.3 \pm 3.6)$  mm、 $(46.7 \pm 3.4)$  mm。股骨粗隆间骨折组FNAA及NSA无论男性还是女性都显著大于股骨颈骨折组( $P < 0.01$ ),股骨颈骨折组、股骨粗隆间骨折组FNAA和NSA均与正常对照组有非常显著的差异性。**结论** 中国人群FNAA较正常值大越容易发生股骨粗隆间骨折,较正常值小越容易发生股骨颈骨折。髋部骨折患者NSA较正常值大,其中NSA越大越容易发生股骨粗隆间骨折。骨折组人群的股骨近端解剖结构与正常人存在一定的差异,以角度解剖学参数影响为主。年龄越大越容易发生股骨粗隆间骨折,年龄越小越容易发生股骨颈骨折。

**关键词:** 髋部骨折; 解剖学; 计算机辅助设计; 三维重建; CT扫描

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

## Correlation between the incidence of hip fractures and the proximal femur by 3D geometric anatomy

GONG Wei-hua, ZENG Yi-ming, TANG Jian, ZHU Zhen-an (Shanghai Key Laboratory of Orthopaedic Implants, Department of Orthopaedics, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200011, China)

**Abstract: Objective** To measure the hip anatomic parameters and explore the differences between the hip fracture group and the normal group, analyze their effect on the incidence of hip fractures and fracture types by using computer aided design (CAD) and three-dimensional reconstruction technique. **Methods** Through CT scan images from the lower-extremity of hip fracture patient, the 3D anatomic model was established by Mimics10.01 software, and the 3D anatomic parameters of the normal proximal femur, namely femoral neck anteversion angle (FNAA), neck-shaft angle (NSA), femoral head diameter (FHD), length of femoral neck axis (LFNA) in the lower-extremity were measured. **Results** The averages of FNAA, NSA, FHD, LFNA in femoral neck fracture group were  $(7.9 \pm 4.6)^\circ$ ,  $(128.6 \pm 4.6)^\circ$ ,  $(46.0 \pm 4.6)$  mm,  $(47.1 \pm 5.1)$  mm, and those parameters in intertrochanteric fracture group were  $(15.5 \pm 6.8)^\circ$ ,  $(134.7 \pm 6.9)^\circ$ ,  $(45.3 \pm 3.6)$  mm,  $(46.7 \pm 3.4)$  mm. The FNAA and NSA in intertrochanteric fracture group were significantly larger than those in femoral neck fracture group regardless of gender ( $P < 0.01$ ). The FNAA and NSA in both fracture groups showed significant differ-

收稿日期:2012-09-20; 修回日期:2012-11-18

基金项目:上海教委重点学科建设基金(J50206)。

通信作者:朱振安,教授,博士研究生导师,E-mail: zhuzhenan2006@126.com。

ences as compared with the normal group. **Conclusions** The risk of femoral intertrochanteric fracture will increase when the FNAA is larger than the normal range in Chinese, while the risk of femoral neck fracture will increase when the FNAA is smaller than the normal range in Chinese. The NSA of hip fracture patients was larger as compared with normal Chinese. The larger NSA will lead to a higher risk of femoral intertrochanteric fracture. There exist some differences in anatomic parameters of the proximal femur between the fracture group and the normal group, especially in the angle parameter. The femoral intertrochanteric fractures are more prone to occur in the older people, while the femoral neck fractures are more prone to occur in the younger people.

**Key words:** Hip fracture; Anatomy; Computer-aided design (CAD); Three-dimensional reconstruction; CT scans

髋部骨折是老年人的常见骨折,包括股骨粗隆间骨折、股骨粗隆下骨折、股骨颈骨折等,其主要原因是老年人骨质疏松<sup>[1]</sup>。髋部局部骨密度(bone mineral density, BMD)的双能X线吸收测定目前仍广泛用于骨质疏松症诊断和骨折风险评估,然而BMD并不能精确反映出一些特定的形态学改变<sup>[2]</sup>。股骨近端的骨强度不仅与BMD有关,还与髋部的几何解剖学形态有关<sup>[3]</sup>。而有临床研究表明不同年龄、不同性别及股骨近端几何解剖形态特点等因素也会对髋部骨折的发生及发生类型产生影响<sup>[4-6]</sup>。

目前计算机辅助设计(computer-aided design, CAD)及三维重建技术的应用迅速发展,使得股骨近端三维几何解剖形态的研究较以往更为方便和准确。迄今为止,国内对于中国人股骨近端三维几何解剖形态的研究开展不多,较为权威及大样本的研究为Zhang等<sup>[4]</sup>运用骨密度双能X线吸收法测定18 502名中国股骨颈骨折人群髋部解剖结构数据,并指出与年龄增长相关的髋部骨皮质变薄和强度下降是股骨颈骨折的危险因素。但此研究为X线二维测量,并没有比较分析股骨粗隆间骨折人群的髋部解剖形态。Zeng等<sup>[7]</sup>在骨盆平片上对200例正常中国人髋关节相关数据进行测量,初步建立了国人髋关节解剖参数的数据库,但没有结合髋部骨折进行分析。国外对于股骨近端解剖结构研究较早也较多,如Leslie等<sup>[5]</sup>同样运用骨密度双能X线吸收法分析髋关节轴线长度及强度对预测髋部骨折发生的影响,Masako等<sup>[8]</sup>运用CT扫描分析老年日本人群髋部形态与髋部骨折发生的联系;但上述研究大部分是X线平片或者CT图像测量,缺少三维模型上的测量研究。故本研究拟通过髋部骨折患者正常侧下肢CT扫描图像,建立三维解剖形态模型,并测量正常股骨近端三维几何解剖形态学参数,探究骨折人群股骨近端解剖形态与正常组人群(未骨折人

群)有无差异,分析其对髋部骨折的发生率和发生类型有何影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例资料

选择2011年4月~2011年10月入住上海交通大学医学院附属第九人民医院的一侧单纯髋部骨折患者60例(股骨颈骨折和股骨粗隆间骨折各30例)。股骨颈骨折组中男性15名,女性15名,平均年龄68.6岁(47~87岁);股骨粗隆间骨折组中男性15名,女性15名,平均年龄76.1岁(60~83岁)。受伤机制均为自行跌倒。正常对照组(未骨折人群)男性15名,女性15名,平均年龄55.6岁(48~60岁),病例来源于本课题组以往的研究数据<sup>[9]</sup>,所有患者签署知情同意书。

### 1.2 CT扫描及三维重建

所有患者入院后进行正常侧下肢CT扫描,使用GE公司64排螺旋CT(GE Healthcare, 英国)。扫描过程中患者仰卧位,健侧下肢完全伸直,髌骨向上,扫描范围从髌前上棘至胫骨结节,扫描电压120 kV,电流100 mA,层厚0.625 mm。所有CT扫描数据以DICOM格式刻录光盘并编号。将DICOM数据导入医学图像处理软件Mimics 10.01 (Materialise, 比利时)用于建立骨骼的三维几何解剖形态模型。

### 1.3 模型处理及测量

以往对于股骨近端几何解剖形态的测量大多在前后位X线片上测量。为了使测量更为精确及更适应临床的需要,本研究在三维几何解剖形态模型上进行三维空间测量(见图1)。如图2所示,在三维模型上确定轴线,A点为股骨头中心点,由软件自动生成的模拟圆拟合股骨头自动生成A点;B点为股骨颈轴线与股骨解剖轴线的交点;C点为膝关节

中心点,由股骨远端髁切线与股骨髁间窝中点和胫骨内外侧平台连线中点连线的交点形成<sup>[9]</sup>;线段 AB 为股骨颈轴线,线段 BC 为股骨解剖轴线,线段 CA 为股骨机械轴线。

#### 1.4 关键标志点及轴线确定

股骨颈轴:股骨颈中心点理论上为股骨颈最狭

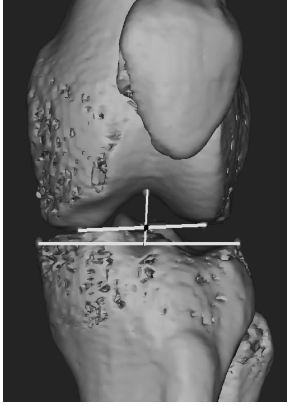


图1 股骨近端三维解剖形态模型  
 Fig. 1 Three-dimensional anatomic model of the proximal femur



图2 三维解剖形态模型测量示意图  
 Fig.2 Schematic of the measurement points in 3D anatomic model

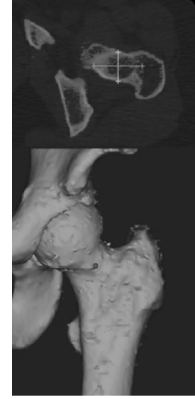


图3 股骨颈轴示意图  
 Fig.3 Schematic of the femoral neck axis

窄处截面的中心点。它在显示股骨颈结构最大的CT横断面图像上股骨颈内外侧皮质边缘连线和前后皮质连线中点的交点(见图3)。取股骨颈最狭窄处中心点<sup>[9]</sup>,此点与股骨头中心点的连线可近似作为三维股骨头颈轴线。

股骨解剖轴:Tang 等<sup>[10]</sup>认为在人工全膝置换术(total knee arthroplasty, TKA)中股骨远端截骨时髓内定位杆应与股骨解剖轴相一致,此处的股骨解剖轴定义为膝关节间隙上 10 cm 处股骨横轴中点与平分股骨全长(自股骨头上缘切线至股骨内髁下缘切线)处股骨横轴中点的连线。本研究采用股骨小转子处股骨髓腔中心点与平分股骨全长(自股骨头上缘切线至股骨内髁下缘切线)处股骨髓腔中心点的

连线作为股骨解剖轴。该轴比较接近股骨干中心,更符合股骨近端的解剖形态。

将这些标志点、轴线与下肢标准冠状面的坐标输入至 Unigraphics NX4.0 (Siemens PLM Software, 美国)软件中,生成对应的点和平面。在三维空间中,将这些标志点投影至下肢标准冠状面上,在此平面上进行相关的测量(见图4)

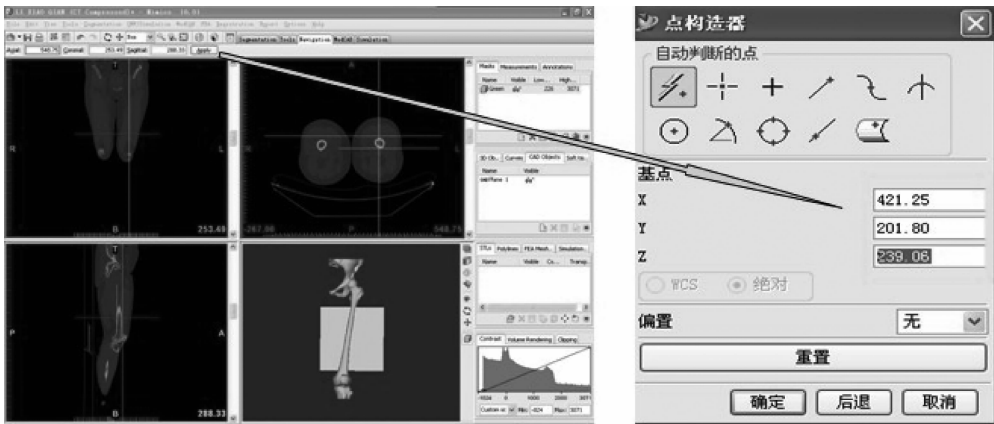


图4 Mimics 软件中解剖关键标志点坐标转换至 Unigraphics NX4.0

Fig.4 The key anatomical landmarks of the lower extremity in 3-dimensional coordinates were converted into Unigraphics NX4.0 software

本研究测量的参数有股颈前倾角 (femoral neck anteversion angle, FNAA): 线段 AB 与股骨远端后髌平面 (标准下肢冠状面) 的夹角 (见图 5)<sup>[9]</sup>; 颈干角 (neck-shaft angle, NSA): 线段 AB 与线段 BC 的夹角; 股骨头直径 (femoral head diameter, FHD); 股颈轴长度 (length of femoral neck axis, LFNA)。

### 1.5 统计学分析

所有数据运用 SAS 6.12 统计软件分析不同组间各测量指标的差异 (方差分析), 利用配对 *t* 检验, 相关回归分析研究不同性别、不同年龄及各测量指

表 1 不同组间和性别的解剖形态学参数测量结果

Tab. 1 Anatomic parameters of different fracture groups and between different genders

参数	股骨颈骨折组		股骨粗隆间骨折组		<i>P</i> <sub>1</sub>	<i>P</i> <sub>2</sub>
	男性	女性	男性	女性		
FNAA/(°)	8.8 ± 3.8	7.7 ± 3.7	19.3 ± 5.8	10.0 ± 4.2	0.011	0.508
NSA/(°)	131.8 ± 4.3	124.6 ± 5.5	135.8 ± 5.1	127.1 ± 6.1	0.001	0.559
FHD/mm	47.8 ± 3.4	40.7 ± 3.1	47.5 ± 3.8	41.3 ± 4.0	0.243	0.708
LFNA/mm	48.1 ± 5.6	44.2 ± 3.4	48.9 ± 4.9	44.8 ± 4.2	0.452	0.872

注: *P*<sub>1</sub> 值表示组间差异性, *P*<sub>2</sub> 表示性别差异性

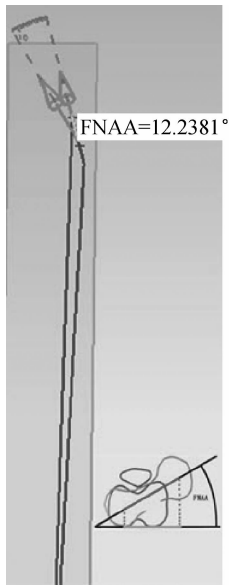


图 5 股骨颈前倾角示意图<sup>[9]</sup>

Fig. 5 Schematic of the femoral neck anteversion angle

## 2.2 不同组间 FNAA 及 NSA 测量结果和差异性分析

由表 2 可知, 股骨颈骨折组、股骨粗隆间骨折组

标对髋部骨折发生的影响。

## 2 结果

### 2.1 不同组间和性别的测量结果及差异性分析

由表 1 可知, 股骨粗隆间骨折组中 FNAA 及 NSA 无论男性还是女性都显著大于股骨颈骨折组 ( $P < 0.01$ )。而 FHD 及 LFNA 在两组间均没有显著性差异 ( $P > 0.05$ )。不同性别之间所有测量指标均没有体现出显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

FNAA 和 NSA 与正常对照组相比有非常显著的差异性 ( $P < 0.01$ )。中国人群股骨颈前倾角 FNAA 较正常值大越容易发生股骨粗隆间骨折, 较正常值小越容易发生股骨颈骨折。髋部骨折患者的颈干角 NSA 较正常值大, 其中 NSA 越大越容易发生股骨粗隆间骨折。骨折组患者的股骨近端解剖结构与正常人存在一定的差异。

表 2 不同组间 FNAA 及 NSA 测量结果

Tab. 2 FNAA and NSA in fracture groups and normal group

参数	股骨颈骨折组	股骨粗隆间骨折组	正常对照组	<i>P</i> 值
FNAA/(°)	7.9 ± 4.6	15.5 ± 6.8	14.0 ± 3.2	< 0.000 1
NSA/(°)	128.6 ± 4.6	134.7 ± 6.9	126.1 ± 5.2	< 0.000 1

### 2.3 骨折组年龄差异性分析

股骨颈骨折组的患者平均年龄为 (68.6 ± 16.3) 岁, 而股骨粗隆间骨折组的患者平均年龄为 (76.1 ± 9.2) 岁 ( $P < 0.01$ ), 显示年龄越大越容易发生股骨粗隆间骨折, 年龄越小越容易发生股骨颈骨折。

### 3 讨论

以往关于骨骼几何解剖形态学的研究有很多,但大部是基于X线片或荧光片上的二维前后位图像;由于肢体旋转等因素会使拍片时位置不准确,导致医源性测量误差<sup>[10-12]</sup>。随着目前CAD及导航技术的迅猛发展,将其与医学图像处理相结合将是大势所趋,利用CAD技术对骨骼形态等进行三维测量研究设计会成为骨科的发展方向之一。从文献看,西方人群骨骼几何解剖形态学三维测量开展较早且测量较多,早在20世纪80年代中期有学者<sup>[13-14]</sup>就已经开始通过计算机三维重建膝关节来分析研究骨骼几何解剖形态学。近些年来,国内外对髌关节及膝关节的三维几何解剖形态学研究也越来越多<sup>[7-9]</sup>。而目前国内对于股骨近端几何解剖形态学的研究不多,且几乎都是在X线片以及CT平扫图像上进行测量,相关的三维测量研究几乎没有。本研究采用基于CT图像的三维测量方法,相比于过往的二维图像测量,增加了空间立体的信息数据。该方法操作简便,可重复性强,精确性高,已经得到国外权威杂志的认可<sup>[9]</sup>。

髌部骨折是最常见的骨质疏松性骨折,1年内的死亡率接近20%<sup>[1]</sup>。据预测,世界上每年发生的髌部骨折人数将从1990年的166万增加到2050年的626万,其中超过50%发生在亚洲<sup>[15]</sup>。作为世界第一人口大国,中国的髌部骨折人数众多,由于老龄化社会的发展,髌部骨折将逐渐成为社会问题。股骨颈BMD测定能很好地预测髌部骨折的发生<sup>[16]</sup>,然而BMD并不能精确反应出一些特定的形态学改变<sup>[2]</sup>。股骨近端的骨强度不仅与BMD有关,还与髌部的几何解剖学形态有关<sup>[3]</sup>。股骨近端的解剖形态特点及年龄相关的骨形态学变化对股骨近端骨折的发生及发生类型也起到一定作用<sup>[4,6,17-19]</sup>,故了解患者正常股骨近端解剖特点对探究髌部骨折的发生原因以及发生类型就显得尤为重要。目前,国内对于中国人股骨近端三维几何解剖形态的研究开展不多,同时结合髌部骨折发生的研究分析较少,故本研究通过对股骨近端几何解剖形态精确的三维测量,探究股骨近端骨骼几何解剖形态特点对髌部骨折的发生及发生类型的影响。

本研究中股骨粗隆间骨折组中FNAA及NSA

无论男性还是女性都显著大于股骨颈骨折组( $P < 0.01$ ),显示FNAA及NSA越大的人群越容易发生股骨粗隆间骨折;相反, FNAA及NSA越小的人群越容易发生股骨颈骨折,这与以往的一些研究结果有所不同<sup>[4-5]</sup>。FHD及LFNA在消除身高因素后两组间均没有显著性差异( $P > 0.05$ ),提示髌部的线性解剖形态学参数可能对髌部骨折的发生没有太多影响。同时,不同性别之间的所有测量指标也没有体现出显著性的差异( $P > 0.05$ ),表明无论男性还是女性发生髌部骨折的风险与其股骨近端几何解剖形态学特点关系不大。股骨颈骨折组、股骨粗隆间骨折组FNAA和NSA与正常对照组有非常显著的差异性( $P < 0.01$ ),而FHD与LFNA与正常对照组没有显著性差异,提示骨折组患者的股骨近端解剖结构与正常人存在一定的差异,以角度解剖学参数影响为主。综上所述,这些几何解剖形态学的差异可能导致髌关节的力臂改变,引起受力不同,从而导致在外伤下更容易发生骨折,且骨折部位也会有相应的差异。

本研究发现中国人群的年龄越大越容易发生股骨粗隆间骨折,年龄越小越容易发生股骨颈骨折,这与过往的大多数研究结果及观点是相符合的。与年龄相关的BMD变化以及股骨近端的解剖形态学改变与髌部骨折的发生密切相关,并能一定程度上预测骨折发生的类型。其中的机制则需要更多体内外的研究来进一步揭示。

骨骼的三维解剖形态学测量,方法新颖可行,操作直观简便,结果精确可信,能为临床工作及揭示骨折的发生机制提供一定的参考。在今后的研究中,拟将三维测量更多的解剖学参数,建立大样本的中国人参数数据库,为疾病的发生、发展以及预测提供更好更精确的数据。

### 4 结语

中国人群FNAA较正常值大越容易发生股骨粗隆间骨折,较正常值小越容易发生股骨颈骨折。髌部骨折患者的颈干角NSA较正常值大,其中NSA越大越容易发生股骨粗隆间骨折。骨折组人群的股骨近端解剖结构与正常人存在一定的差异,以角度解剖学参数影响为主。年龄越大越容易发生股骨粗隆间骨折,年龄越小越容易发生股骨颈骨折。

## 参考文献:

- [1] Lyles KW, Schenck AP, Colon-Emeric CS. Hip and other osteoporotic fractures increase the risk of subsequent fractures in nursing home residents [J]. *Osteoporos Int*, 2008, 19(8): 1225-1233.
- [2] LaCroix AZ, Beck TJ, Cauley JA, *et al.* Hip structural geometry and incidence of hip fracture in postmenopausal women: what does it add to conventional bone mineral density [J]. *Osteoporos Int*, 2010, 21(6): 919-929.
- [3] Beck TJ, Ruff CB, Warden KE, *et al.* Predicting femoral neck strength from bone mineral data. A structural approach [J]. *Invest Radiol*, 1990, 25(1): 6-18.
- [4] Zhang H, Hu YQ, Zhang ZL. Age trends for hip geometry in Chinese men and women and the association with femoral neck fracture [J]. *Osteoporos Int*, 2011, 22(9): 2513-2522.
- [5] Leslie WD, Pahlavan PS, Tsang JF, *et al.* Prediction of hip and other osteoporotic fractures from hip geometry in a large clinical cohort [J]. *Osteoporos Int*, 2009, 20(10): 1767-1774.
- [6] Pulkkinen P, Glüer CC, Jämsä T. Investigation of differences between hip fracture types: A worthy strategy for improved risk assessment and fracture prevention [J]. *Bone*, 2011, 49(4): 600-604.
- [7] Zeng Y, Wang Y, Zhu Z, *et al.* Differences in acetabular morphology related to side and sex in a Chinese population [J]. *J Anat*, 2012, 220(3): 256-262.
- [8] Masako I, Norimitsu W, Tetsuro H, *et al.* Analysis of hip geometry by clinical CT for the assessment of hip fracture risk in elderly Japanese women [J]. *Bone*, 2010, 46(2): 453-457.
- [9] Wang Y, Zeng Y, Dai K, *et al.* Normal lower-extremity alignment parameters in healthy Southern Chinese adults as a guide in total knee arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2010, 25(4): 563-570.
- [10] Tang WM, Zhu YH, Chiu KY. Axial alignment of the lower extremity in Chinese adults [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2000, 82-A(11): 1603-1608.
- [11] Siu D, Cooke TD, Broekhoven LD, *et al.* A standardized technique for lower limb radiography. Practice, applications, and error analysis [J]. *Invest Radiol*, 1991, 26(1): 71-77.
- [12] Swanson KE, Stocks GW, Warren PD, *et al.* Does axial extremity rotation affect the alignment measurements in deformed extremities [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2000, 371: 246-252.
- [13] Kurosawa H, Walker PS, Garg A, *et al.* Geometry and motion of the knee for implant and orthotic design [J]. *J Biomech*, 1985, 18(7): 487-499.
- [14] Siu D, Bryant JT, Wevers HW. Three-dimensional reconstruction of joint surfaces using a microcomputer [J]. *Med Biol Eng Comput*, 1986, 24(3): 267-274.
- [15] Cooper C, Campion G, Melton LJ. Hip fractures in the elderly: A world-wide projection [J]. *Osteoporos Int*, 1992, 2(6): 285-289.
- [16] Cummings SR, Bates D, Black DM. Clinical use of bone densitometry: Scientific review [J]. *JAMA*, 2002, 288(15): 1889-1897.
- [17] Löfman O, Berglund K, Larsson L, *et al.* Changes in hip fracture epidemiology: Redistribution between ages, genders and fracture types [J]. *Osteoporos Int*, 2002, 13(1): 18-25.
- [18] Ahlborg HG, Nguyen ND, Nguyen TV, *et al.* Contribution of hip strength indices to hip fracture risk in elderly men and women [J]. *J Bone Miner Res*, 2005, 20(10): 1820-1827.
- [19] Bergot C, Bousson V, Meunier A, *et al.* Hip fracture risk and proximal femur geometry from DXA scans [J]. *Osteoporos Int*, 2002, 13(7): 542-550.