

• 基础研究 •

满足日常生活活动范围的髋臼假体角度安全范围及杯颈前倾角组合

李永奖, 蔡春元, 张力成, 杨国敬, 周德彪, 彭茂秀, 陈文良, 赵章伟
(温州医学院附属第三医院骨科, 浙江 瑞安 325200)

【摘要】 目的:研究满足日常生活活动范围条件下,全髋关节置换术中髋臼杯角度安全范围及杯颈前倾角优化组合。**方法:**建立人工全髋关节三维可视化计算机模型,将髋关节屈曲 $\geq 110^\circ$ 、屈曲 90° 内旋 $\geq 30^\circ$ 、后伸 $\geq 30^\circ$ 、外旋 $\geq 40^\circ$ 定义为日常生活活动范围一般标准,而将屈曲 $\geq 120^\circ$ 、屈曲 90° 内旋 $\geq 45^\circ$ 、后伸 $\geq 30^\circ$ 、外旋 $\geq 40^\circ$ 定义为严格标准,头颈直径比为 2~2.92,假体颈前倾角为 $0^\circ\sim 30^\circ$,髋臼杯前倾角为 $0^\circ\sim 70^\circ$,外展角为 $10^\circ\sim 60^\circ$,颈干角设定为 135° ,计算满足上述两组活动范围,髋臼杯外展角每变化 5° ,相应的髋臼杯前倾角安装角度,在以白杯外展角为横坐标,白杯前倾角为纵坐标的坐标系上描点、连线画图进行描述,采用 SAS 6.12 统计学软件对数据进行分析。**结果:**髋臼杯角度安全范围随着头颈直径比增大而增大,头颈比大于 2.37 时,白杯角安全范围增大明显,严格标准活动度下的安全范围比一般标准条件下的小。颈干角 135° ,髋关节一般标准和严格标准活动度下,髋臼杯前倾角(Y)与股骨假体前倾角(X)的关系分别为: $Y_1=-0.816X_1+39.76(R^2=0.993)$, $Y_2=-0.873X_2+47.04(R^2=0.999)$ 。**结论:**头颈直径比较大的假体髋臼杯角安全范围明显增大,建议选择头颈比直径大于 2.37 的假体。髋关节活动范围要求越高,髋臼杯角度安全范围就越小,但可以通过选择较大头颈直径比的假体来纠正。杯颈前倾角呈负相关。

【关键词】 关节成形术,置换,髋; 髋假体; 活动范围,关节; 计算机,模拟

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2011.11.014

The cup safe-zone and optimum combination of the acetabular and femoral anteversions that fulfills the desired range of motion of the hip LI Yong-jiang, CAI Chun-yuan, ZHANG Li-cheng, YANG Guo-jing, ZHOU De-biao, PENG Mao-xiu, CHEN Wen-liang, ZHAO Liang-wei. Department of Orthopaedics, the Third Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Ruian 325200, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective:To investigate safe range of acetabular prosthesis angle and the optimum combination of cup and neck in the range of activities of daily living (ADL). **Methods:**A three-dimensional generic parametric and kinematic simulation module of THA was developed. Range of motion(ROM) of flexion $\geq 110^\circ$, internal-rotation $\geq 30^\circ$ at 90° flexion, extension $\geq 30^\circ$ and external rotation $\geq 40^\circ$ were defined as the normal criteria for desired ROM for activities of daily living(ADL), and ROM of flexion $\geq 120^\circ$, internal-rotation $\geq 45^\circ$ at 90° flexion, extension $\geq 30^\circ$ and external rotation $\geq 40^\circ$ as the severe criteria. The range of the changes in the general head-neck ratios (GR), the femoral neck anteversion (FA), the operative anteversion (OA) and operative inclination (OI) of the cup component were 2-2.92, $0^\circ\sim 30^\circ$, $0^\circ\sim 70^\circ$, $10^\circ\sim 60^\circ$ respectively. For the collodiaphyseal angle(CCD) of 135° , the corresponding OA related to the OI which every 5° was calculated, and described using dots and lines in a coordinate system in which OI of acetabular cup was the horizontal ordinate and OA of acetabular cup was the vertical ordinate. All data was analyzed by SAS 6.12 software. **Results:**Large GR greatly increased the size of safe range and it was recommended that GR be more than 2.37 when the CCD-angle was 135° as it further increases the size of safe-zone. The size of cup safety range of the severe criteria was smaller than normal criteria. When the CCD-angle was 135° , the optimum relationship between OA of acetabular and FA of the normal criteria and the severe criteria can be estimated by the formula: $Y_1=-0.816X_1+39.76 (R^2=0.993)$, $Y_2=-0.873X_2+47.04 (R^2=0.999)$ respectively. **Conclusion:**Large GR greatly increases the size of safe-zone and it is recommended that GR be more than 2.37, so it extends the acceptable range of error that clinicians cannot avoid it completely. The larger range of the hip motion, the smaller size of the cup safe-zone, but can retrieve by increase the GR. The OA is negative with FA.

KEYWORDS Arthroplasty, replacement, hip; Hip prosthesis; Range of motion, articular; Computers, analog

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2011, 24(11): 930-934 www.zggszz.com

基金项目:浙江省科技计划基金资助项目(编号:2009C33144);温州市科技计划基金资助项目(编号:Y20090274)

Fund programs:Supported by Science and Technology Plan of Zhejiang(No. 2009C33144)

通讯作者:张力成 E-mail:jointlj@126.com

减少疼痛和恢复一个稳定、良好功能的髋关节是全髋关节置换术最重要的目的。假体脱位是术后最常见的棘手并发症之一^[1],给患者造成了巨大痛苦。研究表明,通过减少假体撞击之前的关节活动度来防止脱位将造成更频繁的撞击、半脱位和脱位,尤其髋关节活动良好的患者,并因存在边缘撞击而导致陶瓷内衬碎裂和假体松动^[2]。髋臼杯位置不良是影响髋关节活动范围、假体磨损、杯包容、假体脱位和松动的主要因素^[3]。本研究通过已建立的全髋关节假体三维可视化计算机模型^[4],研究髋臼假体前倾角 (operative acetabular anteversion, OA)、外展角 (operative acetabular inclination, OI) 及股骨假体前倾角 (femoral anteversion, FA) 的相互关系,以期对全髋关节置换术假体的安装角度安全范围有个直观的概念。

1 材料与方法

1.1 建立三维人工全髋关节模型^[4] 应用 MSC. ADAMS View 2003 专业软件建立人工全髋关节三维计算机模型。髋臼杯假体采用半球形,臼杯直径 48 mm,关节面直径与相应假体头直径一致。股骨头假体采用球形,臼杯中心点和股骨头假体中心点重合,假体颈形态呈圆柱形(图 1),关节间隙为 0。股骨假体头直径为 28 mm,头颈直径比例 (general head-neck ratios, GR) 分别为 2、2.17、2.37、2.61、2.92,颈干角 (collodiaphyseal angle, CCD) 选择 135°。

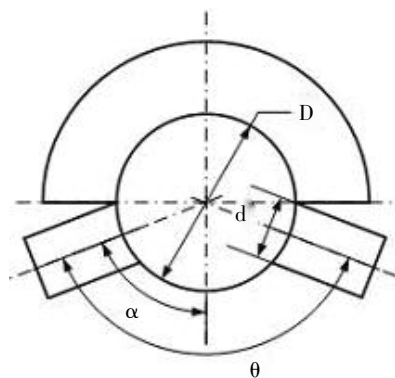


图 1 假体设计图及活动范围。 θ 角:全髋假体的摆动角;D:头直径; d:颈直径,颈形态呈圆柱形; α :撞击发生时活动临界度

Fig.1 The prosthetic design and ROM: θ is the oscillation angle of THA, D and d respectively show the diameters of the head and the neck, and α is the critical angle when impingement occurs

1.2 假体位置和活动方向定义 假定双下肢并足站立时为下肢的中立位,股骨假体柄顺着股骨解剖轴线安装于股骨髓腔中央,并与下肢机械轴线的夹角为 7°。髋关节活动的坐标系位于股骨头的中心,向上为 Y 轴,向右为 X 轴,向前为 Z 轴(图 2)。根据国际生物力学协会推荐的非正交坐标系来描述 6 个方向的运动^[5],髋关节屈曲-后伸活动围绕 X 轴线,内

收-外展活动围绕 Z 轴线,内旋-外旋围绕下肢机械轴线。本研究中髋关节单一或组合方向的活动范围均从下肢中立位开始计算,至发生髋臼杯和假体颈撞击时止。

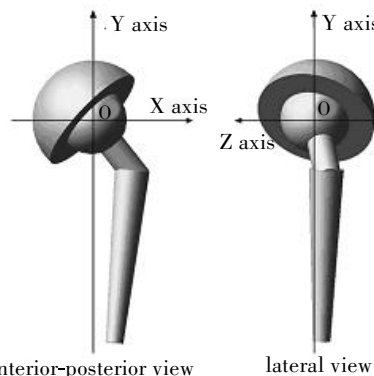


图 2 左侧全髋假体模型的坐标系,左边为前后观,右边为侧面观

Fig.2 The coordinate system of a left THA module with anterior-posterior and lateral views

1.3 活动范围标准和假体安装参数设定 将同时满足髋关节屈曲 (flexion, FL) $\geq 110^\circ$ 、屈曲 90° 时内旋 (internal-rotation at 90° flexion, IRfl90) $\geq 30^\circ$ 、后伸 (extension, EXT) $\geq 30^\circ$ 和中立位外旋 (external rotation, ER) $\geq 40^\circ$ 而没有假体撞击的活动范围设定为满足日常生活髋关节活动度的一般标准。髋关节屈曲和屈曲 90° 时内旋活动方向与后脱位有关,而后伸和外旋与前脱位有关。将另外 4 个活动范围条件:髋关节屈曲 $\geq 120^\circ$ 、屈曲 90° 时内旋 $\geq 45^\circ$ 、后伸 $\geq 30^\circ$ 和中立位外旋 $\geq 40^\circ$ 而没有假体撞击设定为满足日常生活活动度的严格标准。严格标准改变的严格条件主要是增加了髋关节后方稳定性,而前方稳定性一致^[6]。

1.4 假体安装参数设定和观测指标与方法 股骨假体前倾角为假体颈围绕 Y 轴向前旋转,假体颈长轴与冠状面所成的夹角,分别选择 0° 、 10° 、 15° 、 20° 、 30° ;臼杯前倾角为围绕 X 轴向前旋转,变化范围为 $0^\circ \sim 70^\circ$,臼杯外展角为臼杯从水平线围绕 Z 轴向上旋转^[7](图 3)。变化范围为 $10^\circ \sim 60^\circ$,每变化 5° 重复计算 1 次满足 2 组不同髋关节活动标准,所对应的臼杯前倾角,并在以臼杯外展角为横坐标,臼杯前倾角为纵坐标的坐标系上描点、连线画图进行描述。

1.5 统计学方法 采用 SAS 6.12 统计学软件对数据进行方差分析和直线相关与回归分析。

2 结果

2.1 髋臼杯角度安全范围 满足 2 组不同活动度标准下,不同的假体安装角度依从关系通过计算的数据描点连线得到。由单纯屈曲和屈曲 90° 再内旋髋关节所得数据的连线是相似的,是一条负斜率稍微下凹的曲线,代表了臼杯前倾角的最小临界值;而后

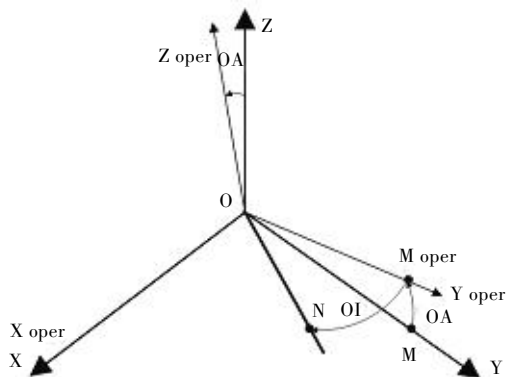


图3 髋臼假体手术学定义的前倾角(OA)及外展角(OI),OYZ 是矢状面,OXZ 是横断面,OXY 是冠状面,ON 是髋臼轴

Fig.3 The OA and OI of acetabular components. OYZ is the sagittal plane,OXZ is the transverse plane and OXY is coronal plane. ON is the acetabular axis

伸和外旋髋关节呈向上凸的曲线图,代表臼杯前倾

角的最大临界值。研究所得到的臼杯角度安全范围不是 Lewinnek 所描述的正方形^[8],而是一个似三角形的复杂图形(图 4)。

2.2 杯颈假体前倾角依从关系 在临床经验认可的颈前倾角 0°~30°,髋臼杯外展角 35°~55°,以 5°为间隔,计算髋臼杯前倾角的最大值与最小值,求得平均值。研究结果表明,头颈直径比大于 2.37 时,满足髋关节一般标准活动度条件下,出现了髋臼杯后倾的情况,因此选择了头颈直径比为 2、2.17 来研究一般标准条件下杯颈前倾角的优化组合关系 [5 个股骨头前倾角×5 个髋臼外展角×2 个头颈直径比×2 个对应的髋臼前倾角(最大值与最小值)=100 个值]。当头颈直径比为 2 时,严格标准活动度下所允许的最小臼杯外展角大于 40°,在外展角 35°时安全范围完全缺如;而当头颈直径比为 2.92 时,同样出现了

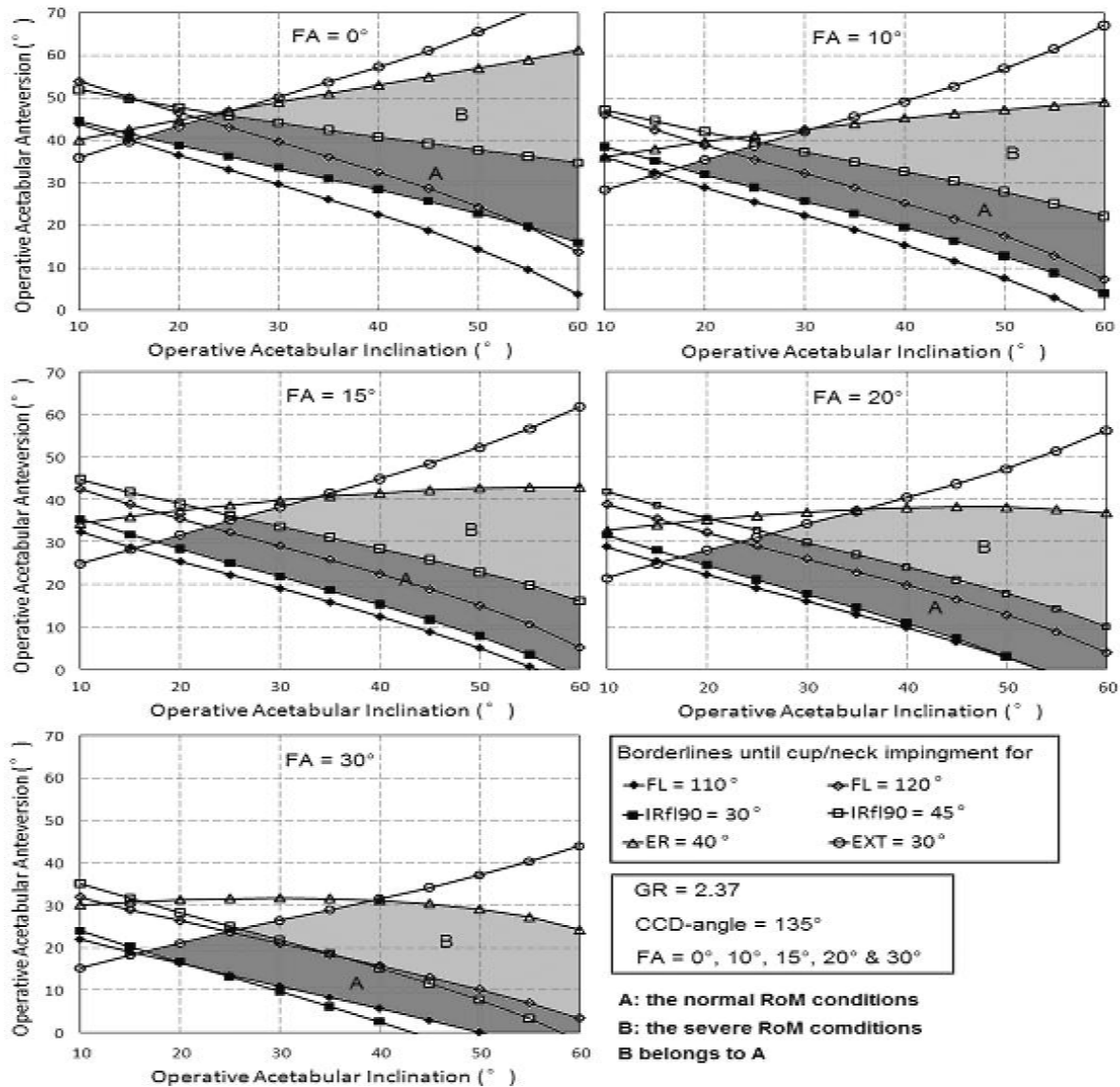


图4 满足髋关节 2 种不同活动标准下的臼杯角度安全范围,浅色代表了严格标准条件下臼杯的安全范围,深色为一般标准条件的安全范围

Fig.4 The borderlines of cup/neck impingement for two desired ROM criteria; and the corresponding safe-zones (gray areas) of the operative acetabular orientations that fulfilling the desired ROM criteria

髋臼杯后倾的情况。因此,选择了头颈直径比 2.17、2.37、2.61 来研究髋关节严格标准活动度条件下杯颈前倾角优化组合关系 [5 个股骨颈前倾角×5 个髋臼外展角×3 个头颈直径比×2 个对应的髋臼前倾角(最大值与最小值)=150 个值](统计学分析见表 1)。线性回归分析发现,杯前倾角(Y)与头颈直径比相对无关,而与股骨前倾角(X)呈负相关,两者关系在一般标准和严格标准条件下分别为: $Y_1=-0.816X_1+39.76$ ($R^2=0.993$), $Y_2=-0.873X_2+47.04$ ($R^2=0.999$), 见图 5-6。

2.3 头颈直径比与髋臼杯角度安全范围 随着头颈直径比的增大,髋臼角度安全范围随着增大;当头颈直径比为 2 时,严格标准活动度条件下所允许的

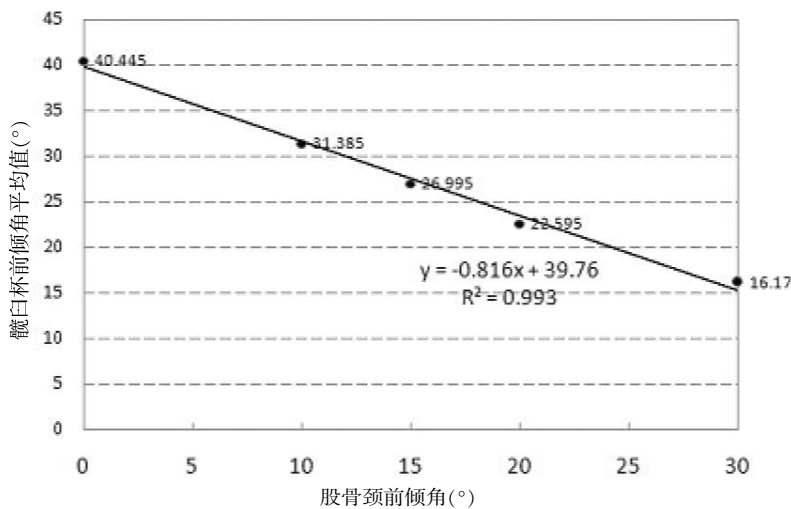


图 5 颈干角为 135°, 臼杯外展角 35°~55°, 髋关节活动度一般标准下杯颈前倾角依从关系
Fig.5 With a CCD-angle fixed at 135° and OI was in 35°~55°, the correlation of average OA and FA were analyzed by a linear regression. The linear correlation between OA and FA of the normal criteria is shown by the formula: $OA=-0.816 \times FA+39.76$ with $R^2=0.993$

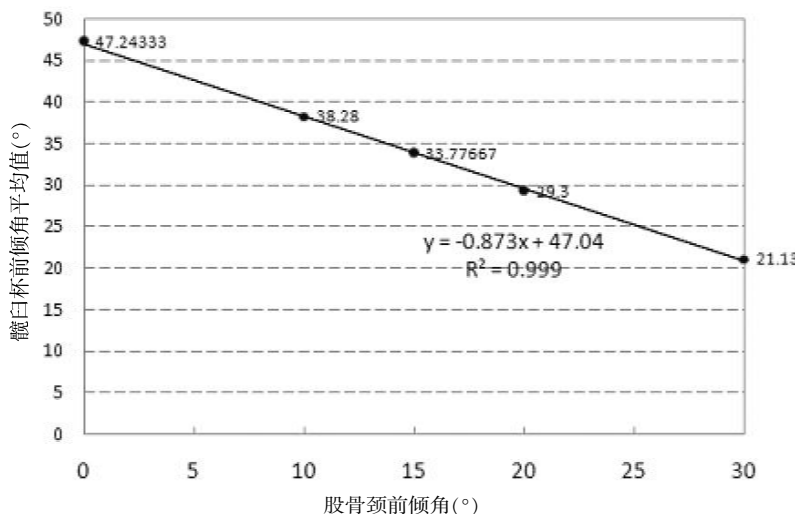


图 6 颈干角为 135°, 臼杯外展角 35°~55°, 髋关节活动度严格标准下杯颈前倾角组合关系
Fig.6 With a CCD-angle fixed at 135° and OI was in 35°~55°, the correlation of OA average and FA was analyzed by a linear regression. The linear correlation between OA and FA of the severe criteria is shown by the formula: $OA=-0.873 \times FA+47.04$ with $R^2=0.999$

表 1 颈干角为 135°及臼杯外展角 35°~55°满足 2 种髋关节活动度下的杯颈前倾角 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 For the CCD-angle of 135°and the OI of 35°~55°, the average of OA fulfilling the normal and severe hip ROM under varying FA (0°, 10°, 15°, 20° and 30°) ($\bar{x} \pm s$)

股骨前倾角 (°)	髋臼杯前倾角平均值 (°)	
	普通标准	严格标准
0	40.445±9.941	47.243±8.944
10	31.385±10.338	38.280±9.086
15	26.995±10.568	33.777±9.243
20	22.595±10.735	29.300±9.603
30	16.170±8.444	21.130±9.262

最小髋臼假体外展角大于 40°, 并且对于所有的股骨颈前倾角, 髋臼杯角度安全范围均非常小; 即使在头颈直径比为 2.17 时, 髋臼杯所可允许的最小髋臼外展角大于 33°, 且取值范围很有限。严格标准条件下的安全范围明显小于一般标准条件下的, 但严格标准条件下的安全范围可以通过选择较大的头颈直径比假体来纠正, 比如严格标准条件下, 头颈直径比为 2.37 的髋臼假体安装角度安全范围和一般标准条件下, 头颈直径比为 2 的安全范围相似; 严格标准条件下头颈直径比为 2.61 和一般标准条件下头颈直径比 2.17 的安全范围相似, 依次类推。

3 讨论

3.1 本研究设计的特点 在实际的临床应用中, 人工髋关节置换的体位常为侧卧位, 并根据安装杆和人体纵轴的夹角来判断臼杯安装的前倾角角度, 其角度围绕 X 轴发生变化。同样, 本研究中的髋臼前倾角也是围绕 X 轴发生改变的参数, 这样所得到的臼杯前倾角的安装角度更容易指导临床手术和被临床医师所接受, 而且骨盆和腰椎的倾斜也可以直接加到预算的臼杯前倾角。臼杯外展角是髋臼轴与矢状面之间的角度, 可用安装杆预先调整, 因此髋臼手术学定义的安装角度被推荐用来描述术中假体的安装^[7]。

正常人的股骨前倾角为 12°~

15°,但可以从-3°变化到 35°,特别是在髌臼发育不良的患者中,股骨前倾角的变化会更大,在采用生物型股骨假体固定时,为了达到最佳的假体压配和抗旋转能力,总是按照原有股骨颈前倾角的方向插入股骨假体,因此股骨假体安装后的前倾角并不总是为理想的 15°。这时如果要获得髌关节最大的活动度并防止假体间撞击而产生脱位,就需要相应调整髌臼假体安装,而后者与假体脱位的风险密切相关。实际手术中,杯外展角可以通过髌臼后上象限骨覆盖来约束,因此,在假体颈前倾角不理想的情况下可以通过调整合适的髌臼前倾角来潜在地降低术后假体的撞击和脱位,与本研究的设计思路相同。

由于人类对髌关节屈曲和屈曲再内旋活动的要求远高于其他方向的活动,故本研究定义了 2 种不同的活动标准。

3.2 杯颈前倾角 本研究表明颈干角为 135°时,随着股骨前倾角的增大,臼杯前倾角减小,满足一般活动标准和严格活动标准的杯前倾角(Y)与颈前倾角(X)最佳组合呈线性关系,分别为: $Y_1 = -0.816X_1 + 39.76 (R^2 = 0.993)$, $Y_2 = -0.873X_2 + 47.04 (R^2 = 0.999)$ 。从这 2 个公式可以说明在固定的臼杯外展角下,杯前倾角比颈前倾角对这组合影响更大。然而,这 2 个优化组合关系式并没有保证杯颈位置在安全范围内,临床上共识的杯后倾应该被避免,当选择一个足够大头颈直径比假体与颈前倾角时,后倾的杯也可以从理论上满足髌关节活动范围,因此,满足理想的髌关节活动范围不仅依赖于杯颈位置,还依赖于头颈直径比。

3.3 头颈直径比 对于一个固定头颈直径比的髌关节假体,臼杯角度安全范围完全依赖于活动标准如何定义,越严格的活动标准,髌臼杯角度安全范围越小。本研究发现,对于髌关节活动度要求高的患者,可以通过选择大头颈直径比假体来扩大假体安装角度的允许范围。罗志平等^[9]认为头颈比越大,同一安置方位同一方向的活动范围越大,与本研究结论相似。理论上,对于一个术后髌关节活动度要求不高的患者来说,选择一个小的头颈直径比假体也是可以的,但是,考虑到手术台上骨盆位置的不稳定和安放杯颈时的误差,卧位、坐位及站立位姿势骨盆位置的变化,骨盆位置及腰椎曲度随着年龄的增长使得原本良好的髌臼角逐步改变,因此,全髌置换术后获得一个良好的髌关节活动度对于短期和长期的临床疗效是非常重要的。本研究发现当头颈直径比小于 2.37 时,臼杯前倾角的安全范围缺如或很小,且

本研究所定义的是人工髌假体关节活动范围,大于实际正常的髌关节活动范围,因此,建议选择头颈直径比大于 2.37 假体。罗志平等^[9]认为人工全髌关节相对较大的头颈直径比在合适的安置方位内产生较大的活动范围,与本研究的结果相似,认为选择一个更大的头颈直径比假体,如 2.61、2.92 时,将可进一步扩大术后人工髌关节的活动范围及假体安置方位的允许范围。本研究是在一个非常理想的情况下采用计算机模拟,通过分析假体安装参数和头颈直径比,来评估髌关节活动范围的影响因素,影响因素还包括很多,如杯的包容、假体与骨或软组织间的撞击、软组织平衡、患者术前骨骼畸形和术后康复等。

参考文献

[1] 李永浆,张力成,杨国敬,等. 全髌翻修术后假体脱位的预防[J]. 中国骨伤,2008,21(3):173-175.
Li YJ, Zhang LC, Yang GJ, et al. Prevention of prosthesis dislocation after the revision of total hip arthroplasty[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2008, 21 (3): 173-175. Chinese with abstract in English.

[2] González della Valle A, Ruzo PS, Li S, et al. Dislodgment of polyethylene liners in first and second-generation Harris-Galante acetabular components. A report of eighteen cases[J]. J Bone Joint Surg Am, 2001, 83(4):553-559.

[3] Widmer KH, Zurfluh B. Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion[J]. J Orthop Res, 2004, 22(4): 815-821.

[4] Li YJ, Yang GJ, Zhang LC, et al. Influences of head/neck ratio and femoral antetorsion on the safe-zone of operative acetabular orientations in total hip arthroplasty[J]. Chin J Traumatol, 2010, 13(4): 206-211.

[5] Wu G, Siegler S, Allard P, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—Part 1: ankle, hip, and spine. International Society of Biomechanics[J]. J Biomech, 2002, 35(4): 543-548.

[6] 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]. J Biomech, 2006, 39(7): 1315-1323.

[7] Murry DW. The definition and measurement of acetabular orientation[J]. J Bone Joint Surg Br, 1993, 75(2): 228-232.

[8] Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, et al. Dislocation after total hip-replacement arthroplasties[J]. J Bone Joint Surg Am, 1978, 60(2): 217-220.

[9] 罗志平, 戴闻. 不同股骨头颈直径比与髌臼角对人工髌关节活动的影响[J]. 中国矫形外科杂志, 2005, 13(10): 757-760.
Luo ZP, Dai M. The influence of head-neck ratio and implant position on the range of motion after total hip arthroplasty[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2005, 13(10): 757-760. Chinese.

(收稿日期:2011-04-20 本文编辑:连智华)