

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.002036

髋关节发育不良髋臼前后切迹的三维形态学分析

陶宇章, 吴向东, 林 泉, 黄 伟

(重庆医科大学附属第一医院骨科, 重庆 400016)

【摘要】目的:不良的髋臼杯摆放角度显著影响全髋关节置换(total hip arthroplasty, THA)术后假体生存率, 目前针对髋关节发育不良(developmental dysplasia of the hip, DDH)髋臼, 缺乏可靠的术中解剖标志来辅助髋臼杯前倾的摆放, 本研究分析了髋臼前后切迹相对于骨盆在三维空间内的成角特点, 探讨了髋臼前后切迹对 DDH THA 臼杯前倾摆放的意义。**方法:**回顾性纳入 2013 年至 2018 年的正常人、DDH 病人髋关节 CT 数据(正常人组 22 人, 共 44 髋; DDH 组 66 人, 共 117 髋)。凭借髋臼前后切迹构成的连线, 依据不同的前倾角定义, 测量 3 种切迹前倾角度(手术学、放射学、解剖学), 分析不同类型髋关节中每个角度与对应臼杯安全角度的关系, 并探究相应角度与 DDH 平片学指标的联系。**结果:**普通髋臼组与 Hartofilakidis A 型 DDH 髋臼组中, 髋臼前后切迹在 CT 上均能够清晰辨认, 且 2 组的切迹手术学前倾角(surgical anteversion of acetabular notch, SAAN)(普通髋臼: $22.4^\circ \pm 5.5^\circ$; Hartofilakidis A 型 DDH 髋臼: $25.5^\circ \pm 7.4^\circ$)处于臼杯手术学前倾安全范围内($6^\circ \sim 36^\circ$); 在 SAAN 非安全的 DDH 髋臼组平片指标中, 相较于安全组, Lateral center-edge (LCE)角更小($-2.3^\circ \pm 13.0^\circ$ vs. $5.6^\circ \pm 12.3^\circ$, $P=0.013$), 侧方脱位距离(20.9 mm vs. 15.9 mm, $P=0.006$)、Tonnis 角(35.4° vs. 30.8° , $P=0.005$)更大。**结论:**髋臼前后切迹在正常或低脱位型 DDH 髋臼中 CT 识别率高, 可以作为术中一个特定的解剖标志。对于发育正常髋臼与 Hartofilakidis A 型 DDH 髋臼的全髋关节置换术, 从骨盆矢状位来看, 髋臼前后切迹可以作为髋臼杯前倾摆放的良好解剖参考标志。SAAN 臼杯前倾定位法应避免在平片显示 LCE 角显著减小, 侧方脱位距离、Tonnis 角显著增大的髋关节中使用。

【关键词】全髋关节置换术; 臼杯前倾; 髋关节发育不良; 解剖标志; 髋臼切迹

【中图分类号】R684.2; R687.4

【文献标志码】A

【收稿日期】2019-01-06

Three-dimensional morphological analysis of anterior and posterior acetabular notches in developmental dysplasia of the hip

Tao Yuzhang, Wu Xiangdong, Lin Xiao, Huang Wei

(Department of Orthopaedics, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: Inappropriate acetabular cup placement significantly affects implant survival following total hip arthroplasty (THA). However, there is a current lack of reliable intraoperative landmarks for guiding the anteversion placement of the acetabular cup during THA for developmental dysplasia of the hip (DDH). In this study, we analyzed the morphological characteristics of the anterior and posterior acetabular notches (APANs) using three-dimensional (3D) computed tomography (CT) and assessed its potential as a safe reference landmark for anteversion cup placement in THA for DDH. **Methods:** The 3D-CT data of 22 healthy controls (44 hips) and 66 DDH patients (117 hips) between 2013 to 2018 were reviewed. Three anteversion angles defined by surgery, anatomy, and radiology were measured based on the line connecting the APANs. The relationships between each angle and the corresponding safe cup zone and between the angle and plain radiographic parameters in different hip types were analyzed. **Results:** The APANs could be clearly identified by CT, and the surgical anteversion of acetabular notch (SAAN) was within the safe zone ($6^\circ \sim 36^\circ$) for both controls ($22.4^\circ \pm 5.5^\circ$) and Hartofilakidis A DDH patients ($25.5^\circ \pm 7.4^\circ$). Compared with DDH patients with safe SAAN, those with unsafe SAAN had smaller lateral center-edge angle ($5.6^\circ \pm 12.3^\circ$ vs. $-2.3^\circ \pm 13.0^\circ$, $P=0.013$), greater lateral subluxation (15.9 mm vs. 20.9 mm, $P=0.006$), and greater Tonnis angle (30.8° vs. 35.4° , $P=0.005$). **Conclusion:** APANs can be easily identified by CT in healthy controls and Hartofilakidis A DDH patients, and may thereby serve as a good anatomical reference landmark for anteversion cup

作者介绍: 陶宇章, Email: 937527389@qq.com,

研究方向: 髋关节发育不良的形态学研究。

通信作者: 黄 伟, Email: hw201896@hospital-cqmu.com。

基金项目: 2018 中央引导地方科技发展专项资金资助项目(编号: Z135050009017)。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190325.1454.006.html>
(2019-03-26)

placement in sagittal view of the pelvis. SAAN-guided anteversion cup placement should be avoided in DDH patients with reduced LCE angle, increased lateral subluxation, and increased Tonnis angle indicated by plain radiograph.

【Key words】total hip arthroplasty; acetabular cup anteversion; developmental dysplasia of the hip; anatomical landmarks; acetabular notch

髋关节置换术(total hip arthroplasty, THA)已成为改善多种髋关节疾病终末期患者生活质量的有效方法之一^[1]。THA 臼杯的摆放角度对于手术成功率有显著的影响^[2],摆放位置不良,会引起多种并发症,如术后假体脱位、假体松动、髋关节撞击等,从而减少假体使用寿命。将臼杯前倾角放置在“安全区”^[3]内是手术成功的必要条件,术中前倾角确定的方式中,髋臼横韧带(transverse acetabular ligament, TAL)法^[4-6]是解剖标志确定法中的代表。但对于发育性髋关节发育不良(developmental dysplasia of the hip, DDH)继发重度骨关节炎的髋臼,术中多种因素^[7-8]造成了 TAL 识别困难^[9],限制了其在 DDH THA 中的使用。髋臼前后切迹是 TAL 的止点^[10],为坚硬的骨性结构,既往少有研究分析前后切迹的形态以及对臼杯前倾摆放的意义。因此,本研究分析了髋臼前后切迹相对于骨盆在三维空间内的成角,及相应角度与臼杯安全区的关系,探讨了髋臼前后切迹对 DDH THA 臼杯前倾摆放的意义。

1 资料与方法

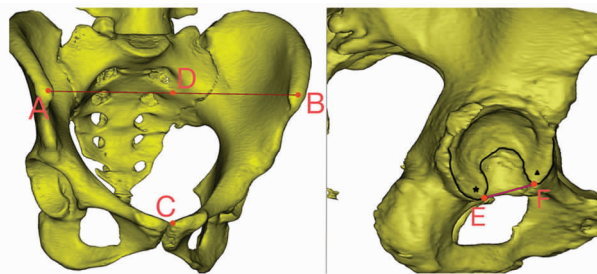
1.1 一般资料

回顾性纳入 2013 年 1 月至 2018 年 5 月期间,因 DDH 继发重度髋关节骨关节炎行平片、CT 检查的患者,并对其影像学结果进行分析。纳入标准:①临床确诊为单侧或双侧 DDH 的患者。②已行前后位标准骨盆平片检查,影像学指标满足下列任意一条者:CE 角(center-edge angle)小于 20°或 Sharp 角大于 50°;股骨头相对于髋臼存在一定程度脱位;假臼形成;髋臼或股骨头明显发育不良者。③已行骨盆薄层 CT 扫描。排除标准:①因髋关节畸形就诊,但确诊为其他疾病,如股骨头骨骺滑脱、Perthes 病、骨软骨瘤病等的患者;②因发育严重畸形,骨盆对称性缺失的患者;③年龄小于 18 周岁的患者。根据此项纳入/排除标准,将 66 位 DDH 患者(男性 14 人,女性 52 人,117 髋)纳入研究,其中 51 例双侧 DDH 患者,15 例单侧 DDH 患者,平均年龄 59 岁(24~82 岁)。将行骨盆 CT 及三维重建的 22 位正常髋关节患者(男性 11 人,女性 11 人,44 髋)作为对照组,平均年龄 42 岁(21~79 岁)。

1.2 影像学数据的获取

所有纳入的 DDH 病人均进行了标准前后位骨盆平片拍摄与双髋薄层 CT 检查(LightSpeed VCT, GE Healthcare, London, UK);所有对照组患者已行双髋薄层 CT 扫描。CT 扫描要求:至少包含从双侧髂前上棘至坐骨结节的所有 CT 数据,CT 扫描层厚小于 1 mm。所有数据以 DICOM(digital imaging and communications in medicine)格式保存至个人电脑(personal computer, PC)中。DICOM 格式的 CT 数据通过三维重建

图像软件 Mimics 20.0(Materialise 公司)转换为 3D 髋关节模型。通过 Mimics 中的 3 个正交面与 3D 模型的综合判断,依据 Okuzu 等^[11]的方法,去除骨赘、重建模型伪影的影响后,在骨盆原始皮质骨上分别定六点(图 1):右侧髂前上棘(A 点);左侧髂前上棘(B 点);耻骨联合(C 点);A-B 连线的中点 D 点;髋臼后切迹最高点(E 点);髋臼前切迹最高点(F 点),并记录相应点在重建模型及正交面上能否清楚观测、辨认,随后将六点坐标导入交互式数学计算软件 GeoGebra Classic 6 (Windows version, International Geogebra Institute)。



A: 右侧髂前上棘; B: 左侧髂前上棘; C: 耻骨联合; D: A~B 连线的中点; E: 髋臼后切迹最高点; F: 髋臼前切迹最高点

图 1 点 A、B、C、D 与点 E、F 的确定

1.3 影像学指标的定义与测量

在 GeoGebra 中,为消除骨盆位置异常(旋转、倾斜等)带来的影响,以双侧髂前上棘与耻骨联合(点 A、B、C)所形成的骨盆前平面(anterior pelvic plane, APP)定义为参考平面“骨盆冠状面”。依据 APP 分别定义骨盆其余 2 个正交面,将“过点 C、D,同时垂直于 APP”的平面定义为“骨盆矢状面”,将“与 APP 和骨盆矢状面同时垂直”的平面定义为“骨盆横切面”。依据 Murray^[12]对臼杯角度的三个定义(手术学前倾角、解剖学前倾角、放射学前倾角),本课题组定义了髋臼前后切迹连线构成的三个角度(图 2):①切迹手术学前倾角(surgical anteversion of acetabular notch, SAAN):连线 EF 在“骨盆矢状面”上的投影与“骨盆横切面”所成的角度;②切迹解剖学前倾角(anatomical anteversion of acetabular notch, AAAN):连线 EF 在“骨盆横切面”上的投影与“骨盆矢状面”所成的角度;③切迹放射学前倾角(radiological anteversion of acetabular notch, RAAN):连线 EF 与“骨盆矢状面”所成的角度;同一研究者至少间隔 1 月分 2 次对定义的 3 个角度进行测量,同时与另一位研究者的测量结果进行对比,以检验角度测量的可靠性。同时对 DDH 患者的前后位骨盆标准平片进行 LCE(lateral center-edge angle)角^[13]、SHARP 角^[14]、Tonnis 角^[15]、侧方脱位距离^[16]、臼-头指数^[17]的测量。并根据 Crowe(I-IV)法^[18]、Hartofilakidis(A/B/C)法^[19]对 DDH 脱位程度进行分型。

1.4 统计学方法

所有数据均使用 SPSS 软件(23.0 version, SPSS Inc, Chicago, IL)进行统计学处理。计量资料以均数 ± 标准差

($\bar{x} \pm s$) 或中位数(四分位间距)表示,采用 t 检验/单因素方差分析或 Mann-Whitney U 检验;计数资料以率表示,采用卡方检验;相关性使用 Spearman's rank 相关系数进行评估。Intra-class correlation coefficients(ICC)用于检验测量准确性。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 病人特点

一共 161 例髋关节纳入本研究,依据 Crowe 分型,正常组 44 髋, I 型 72 髋, II 型 31 髋, III 型 10 髋, IV 型 4 髋。髋臼前后切迹在 CT 上能够准确识别的比例为:100%(正常组), 100%(I 型), 93.5%(II 型), 80%(III 型), 0%(IV 型)。考虑到 III/IV 型样本较少,依据 Hartofilakidis 分型将能够识别切迹的 153 例髋关节进行分型:正常组 44 髋, A 型 72 髋, B 型 37 髋。

2.2 测量可靠性

SAAN/AAAN/RAAN 测量观察者组内差异分别为 0.99/0.96/0.96($P=0.000$), 观察者组间差异分别为 0.98/0.98/0.96($P=0.000$), 所有 ICC 均大于 0.9, 显示出角度测量的高度可靠性。

2.3 不同类型髋关节前后切迹成角的对比

髋臼前后切迹的 3 个前倾角度均随着髋关节脱位程度的增大而变大(表 1)。依据 Murray 的转换公式, Lewinnek^[3]的放射学前倾角安全范围($5^{\circ} \sim 25^{\circ}$)可转化为手术学前倾角安全范围($6^{\circ} \sim 36^{\circ}$)^[20]与解剖学前倾角安全范围($6.5^{\circ} \sim 43^{\circ}$)^[21]。将 3 种安全范围与相应的前后切迹成角对比,其中只有 SAAN 的均值处于手术学前倾角安全范围内(图 3), AAAN、RAAN 均远小于解剖学、放射学前倾角安全范围,遂仅将 SAAN 纳入后续分析。

2.4 SAAN 位于安全范围的比例

正常组、A 组、B 组的 SAAN 位于臼杯手术学前倾角安全区的比例随脱位程度的增加而减小,分别为 100%(44/44)、88.9%(64/72)、70.3%(26/37)。其中正常组与 B 组的比例存在统计学差异($\chi^2=15.137, P=0.000$)。

2.5 SAAN 与平片指标的联系

在 DDH 髋关节中,根据 SAAN 是否符合臼杯手术学前倾角安全范围,分为 SAAN 安全/非安全髋臼组。SAAN 安全组 CE 角大于非安全组,侧方脱位距离、Tonniss 角小于非安全组(表 2)。Spearman 相关性分析显示:SAAN 与 CE 角呈负相关,与 Sharp 角、侧方脱位距离、臼头指数、Tonniss 角呈正相关(表 3)。

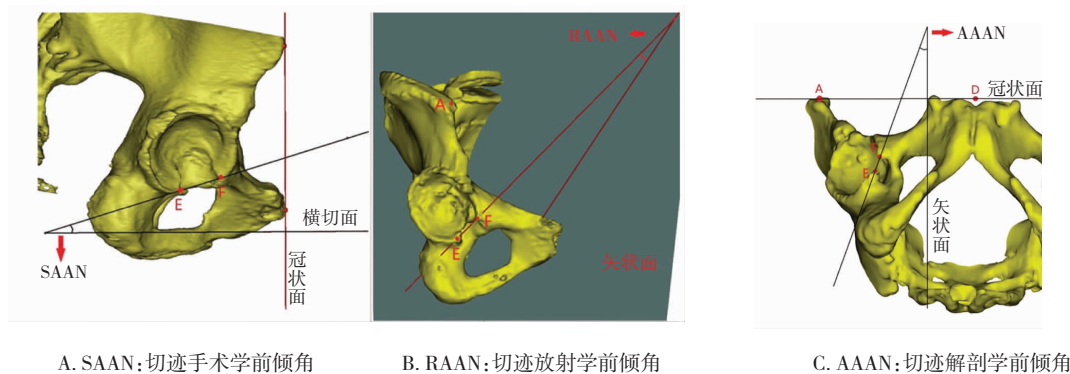


图 2 髋臼前后切迹连线构成的 3 种前倾角度

表 1 3 种不同定义下髋臼前后切迹构成的前倾角比较以及对应的臼杯安全范围

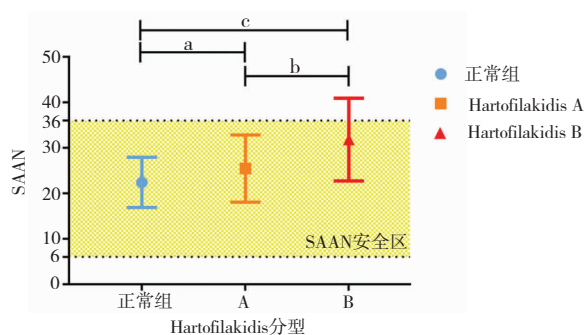
切迹前倾角	Hartofilakidis 分型			F 值	P 值	对应的安全范围
	正常组	A 型	B 型			
SAAN($^{\circ}$)	22.4 $\pm$ 5.5	25.5 $\pm$ 7.4	31.8 $\pm$ 9.1	15.294	0.000	$6^{\circ} \sim 36^{\circ}$
AAAN($^{\circ}$)	0.7 $\pm$ 7.6	1.9 $\pm$ 7.5	3.7 $\pm$ 9.1	3.155	0.045	$6.5^{\circ} \sim 43^{\circ}$
RAAN($^{\circ}$)	-0.8 $\pm$ 7.2	1.6 $\pm$ 7.0	3.0 $\pm$ 7.4	2.982	0.054	$5^{\circ} \sim 25^{\circ}$

注:F 为单因素方差分析的统计值

表 2 SAAN 安全组与非安全组的髋关节平片指标比较

平片指标	SAAN 安全组髋(n=89)	SAAN 非安全组髋(n=18)	统计值	P 值
LCE 角($^{\circ}$)	5.6 $\pm$ 12.3	-2.3 $\pm$ 13.0	2.521 ^b	0.013
SHARP 角($^{\circ}$)	46.5 $\pm$ 4.7	48.0 $\pm$ 3.5	-1.341 ^b	0.180
臼-头指数	0.41 $\pm$ 0.12	0.47 $\pm$ 0.12	-1.896 ^b	0.061
侧方脱位距离(mm) ^a	15.9 (13.4, 20.4)	20.9 (17.9, 25.9)	-2.757 ^c	0.006
Tonniss 角($^{\circ}$) ^a	30.8 (23.6, 35.3)	35.4 (33.7, 40.0)	-2.802 ^c	0.005

注:SAAN, 切迹手术学前倾角;标记有 a 的样本为非正太分布;b 和 c 分别为独立样本 t 检验与 Mann-Whitney U 检验的统计值



SAAN: 切迹手术术前倾角(°), 以“均值与标准差”表示, 黄色区域为其安全区; a: 正常组与 A 组比较, $P=0.034$; b: A 组与 B 组比较, $P=0.001$; c: 正常组与 B 组比较 $P=0.000$

图3 不同类型髋关节中 SAAN 的比较, 以及对应安全区的关系

表3 SAAN 与髋关节对应平片指标的相关性

平片指标	r	P 值
LCE角	-0.28	0.004
SHARP角	0.20	0.048
臼-头指数	0.23	0.018
侧方脱位距离	0.31	0.001
Tonnis 角	0.29	0.002

3 讨论

THA术中,对于臼杯前倾确定存在数种方法^[2],其中解剖标志定位法具备简单、便捷、不受骨盆位置影响等优点^[22]。TAL法便为其中之一:依据TAL相对骨盆前平面的前倾来确定臼杯前倾,此法因其可靠性高,被术者广泛使用^[9]。但关于TAL法的研究,大多集中于髋臼形态发育正常(原发性OA、股骨颈骨折)^[23-25]拟行THA的患者,TAL法的适用性在髋臼形态异常的患者中研究较少。对于因继发骨关节炎拟行THA的DDH患者,因髋臼发育异常、骨赘遮挡、关节破坏、滑膜增生^[7-8],术中TAL常不能清楚识别,也导致此法应用受到限制。TAL是起止于髋臼前后切迹的纤维性组织,对于术中不能清楚识别TAL的髋臼,能否使用髋臼前后切迹来辅助定位THA臼杯的前倾角,目前少有研究验证其可行性。此研究通过3D-CT的方法测量了髋臼前后切迹相对于骨盆在空间的3个前倾成角,探讨了其对于DDH THA臼杯前倾摆放定位的意义。

去除骨赘影响后,本研究发现对于正常人或低脱位型DDH(Crowe I),髋臼前后切迹在CT上均能被准确识别。在正常髋关节患者中,Miyoshi^[7]与Epstein^[9]分别报道术中髋臼横韧带(TAL)辨认率为81.6%、47%,低于此研究关于前后切迹的识别率。这可能表明:对于大部分正常或者Crowe I型的髋关

节,相较于TAL出现频率的不一致,髋臼前后切迹可作为一个稳定出现的解剖标志。但随着脱位程度的增加(Crowe II-IV),DDH髋臼前后切迹逐渐消失,其原因可能是:高脱位患者的真臼部分长期缺乏股骨头的应力刺激,负重面(月状面)形态发育异常,导致不能形成典型的前后切迹结构。

髋臼的前倾,依据臼缘形成的平面可从3个方面来定义:手术学(矢状面成角)、解剖学(横切面成角)、放射学(三维空间成角),臼杯前倾的“安全区”在3种定义内存在不同的范围^[12]。本研究发现:仅髋臼前后切迹的“矢状面成角”(SAAN)接近于髋臼原始角度,而前后切迹的“横切面成角”(AAAN)与“三维空间成角”(RAAN)远小于对应的髋臼角度。说明髋臼前后切迹在横切面与空间内的走行与髋臼整体并不一致。这也证实了Eric^[26]的研究结果:髋臼缘形态为凹凸不平的非对称结构,并非单纯的类圆形平面。在三维空间内测量前倾角时,臼缘取点的不同,会对测量结果产生影响。

一般THA术中,术者通过臼杯定位杆在人体矢状面的投影与身体长轴的成角来确定臼杯前倾。本研究表明:对于正常髋臼或Hartofilakidis A型的DDH患者,髋臼前后切迹在骨盆矢状面成角是“安全”的,同既往基于正常髋臼TAL法的研究结果相符^[6-7]。这提示对于正常髋臼或低脱位型DDH的THA,若TAL不能有效识别,髋臼前后切迹可作为确定臼杯前倾的替代解剖标志(矢状面上将臼杯与前后切迹平行摆放)。而对于Hartofilakidis B型髋臼,有很大一部分SAAN超出了臼杯安全范围,这也与得出“随着脱位程度增加髋臼前倾角度也随之变大”结论的研究^[27]相符,此时前后切迹并不适合作为臼杯前倾角度的确定标志。

分析发现,一些平片指标与髋臼前后切迹在骨盆矢状面成角(SAAN)存在相关(LCE角、侧方脱位距离、Tonnis角)。提示股骨头相对髋臼水平脱位的程度、髋臼负重面的倾斜角度均可预测SAAN的大小,这可能与脱位后股骨头对前切迹应力的减少导致月状面前角的发育迟滞有关。术者应避免在以上指标显著异常的髋关节中,使用髋臼前后切迹作为确定臼杯前倾的解剖标志。

此研究存在一定局限性:①Crowe III、IV型髋臼样本量相对较少,需要更多样本以增强结果的可靠性,但本研究结论仅适用于正常与低脱位型髋臼,故此缺陷不会对结果产生显著影响;②仅用影像学方式评估了髋臼前后切迹用于指导臼杯前倾摆放的可行性,缺乏大体标本研究以及临床对照试验,但

此研究使用的高精度 CT 清晰还原了骨盆、髌臼形态,同时去除了骨赘的影响,测量尽可能避免了其余方法存在的误差;③手术时需仔细用刮匙刮除髌臼窝骨赘,以充分显露髌臼前后切迹,对术中暴露要求较高,此法应用范围存在一定限制。

综上所述,本文对多种类型髌臼的前后切迹进行了形态学分析,评估了其用于指导 THA 臼杯前倾摆放的可行性。正常型与低脱位型 DDH 髌臼的前后切迹是一种稳定出现的解剖标志,其骨盆矢状面上的成角处于臼杯前倾“安全区”内,对于术中 TAL 不能有效识别者,前后切迹可作为一种替代的解剖标志;矢状面上将臼杯下缘平行于前后切迹摆放,来辅助确定臼杯前倾角。

参 考 文 献

- [1] Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement[J]. *The Lancet*, 2007, 370(9597): 1508–1519.
- [2] Daines BK, Dennis DA. The importance of acetabular component position in total hip arthroplasty[J]. *Orthop Clin North Am*, 2012, 43(5): e23–34.
- [3] Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr RI, et al. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1978, 60(2): 217–220.
- [4] Archbold HA, Mockford B, Molloy D, et al. The transverse acetabular ligament: An aid to orientation of the acetabular component during primary total hip replacement. A preliminary study of cases investigating postoperative stability[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2006, 88(7): 883–886.
- [5] Meermans G, Van Doorn WJ, Koenraadt K, et al. The use of the transverse acetabular ligament for determining the orientation of the components in total hip replacement: a randomised controlled trial[J]. *Bone Joint J*, 2014, 96(3): 312–318.
- [6] Abe H, Sakai T, Hamasaki T, et al. Is the transverse acetabular ligament a reliable cup orientation guide?[J]. *Acta Orthop*, 2012, 83(5): 474–480.
- [7] Miyoshi H, Mikami H, Oba K, et al. Anteversion of the acetabular component aligned with the transverse acetabular ligament in total hip arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2012, 27(6): 916–922.
- [8] Madadi F, Yazdanshenas H, Madadi F, et al. Double acetabular wall—a misleading point for hip arthroplasty: an anatomical, radiological, clinical study[J]. *Int Orthop*, 2013, 37(6): 1007–1011.
- [9] Epstein NJ, Woolson ST, Giori NJ. Acetabular component positioning using the transverse acetabular ligament: can you find it and does it help?[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(2): 412–416.
- [10] Löhe F, Eckstein F, Sauer T, et al. Structure, strain and function of the transverse acetabular ligament[J]. *Acta Anat (Basel)*, 1996, 157(4): 315–323.
- [11] Okuzu Y, Goto K, Kawata T, et al. The relationship between subluxation percentage of the femoroacetabular joint and acetabular width in asian women with developmental dysplasia of the hip[J]. *J Bone Joint Surg*, 2017, 99(7): e31.
- [12] Murray DW. The definition and measurement of acetabular orientation[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1993, 75(2): 228–232.
- [13] Tannast M, Hanke MS, Zheng G, et al. What are the radiographic reference values for acetabular under- and overcoverage?[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473(4): 1234–1246.
- [14] Wilkin GP, Ibrahim MM, Smit KM, et al. A contemporary definition of hip dysplasia and structural instability: toward a comprehensive classification for acetabular dysplasia[J]. *J Arthroplasty*, 2017, 32(9): S20–27.
- [15] Carlisle JC, Zebala LP, Shia DS, et al. Reliability of various observers in determining common radiographic parameters of adult hip structural anatomy[J]. *Iowa Orthop J*, 2011, 31: 52–58.
- [16] Murphy SB, Ganz R, Muller ME. The prognosis in untreated dysplasia of the hip. A study of radiographic factors that predict the outcome[J]. *J Bone Joint Surg*, 1995, 77(7): 985–989.
- [17] Heyman CH, Herndon CH. Legg–Perthes disease: a method for the measurement of the roentgenographic result[J]. *J Bone Joint Surg*, 1950, 32(4): 767–778.
- [18] Crowe JF, Mani VJ, Ranawat CS. Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1979, 61(1): 15–23.
- [19] Hartofilakidis G, Stamos K, Karachalios T, et al. Congenital hip disease in adults: classification of acetabular deficiencies and operative treatment with acetabuloplasty combined with total hip arthroplasty[J]. *J Bone Joint Surg*, 1996, 78(5): 683–692.
- [20] Meftah M, Yadav A, Wong AC, et al. A novel method for accurate and reproducible functional cup positioning in total hip arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2013, 28(7): 1200–1205.
- [21] Merle C, Grammatopoulos G, Waldstein W, et al. Comparison of native anatomy with recommended safe component orientation in total hip arthroplasty for primary osteoarthritis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95(22): 1721–1727.
- [22] Sotereanos NG, Miller MC, Smith B, et al. Using intraoperative pelvic landmarks for acetabular component placement in total hip arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2006, 21(6): 832–840.
- [23] Yoon BH, Ha YC, Lee YK, et al. Is transverse acetabular ligament a reliable guide for aligning cup anteversion in total hip arthroplasty? A measurement by CT arthrography in 90 hips[J]. *J Orthop Sci*, 2015, 21(2): 199–204.
- [24] Viste A, Chouteau J, Testa R, et al. Is transverse acetabular ligament an anatomical landmark to reliably orient the cup in primary total hip arthroplasty?[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2011, 97(3): 241–245.
- [25] Kalteis T, Sendtner E, Beverland D, et al. The role of the transverse acetabular ligament for acetabular component orientation in total hip replacement: an analysis of acetabular component position and range of movement using navigation software[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2011, 93(8): 1021–1026.
- [26] Vandenbussche E, Saffarini M, Taillieu F, et al. The asymmetric profile of the acetabulum[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 466(2): 417–423.
- [27] Yang Y, Zuo J, Liu T, et al. Morphological analysis of true acetabulum in hip dysplasia (Crowe classes I–IV) via 3-D implantation simulation[J]. *J Bone Joint Surg*, 2017, 99(17): e92.

(责任编辑:唐秋姗)