

3D打印钛合金骨小梁金属臼杯 联合植骨重建髋臼骨缺损的早期疗效

郭宇¹, 王凌¹, 丁育健¹, 刘仪¹, 冯德宏^{1,2*}, 杨惠林³

(1.南京医科大学附属无锡人民医院骨科,江苏无锡 214023;2.无锡市转化医学研究所,江苏无锡 214023;3.苏州大学附属第一医院骨科,江苏苏州 215006)

摘要:目的 探讨髋关节翻修术中应用3D打印定制钛合金骨小梁金属(titanium trabecular metal, TTM)臼杯联合植骨重建髋臼骨缺损的早期疗效。**方法** 回顾性分析2017年2月至2018年8月南京医科大学附属无锡人民医院使用3D打印TTM臼杯联合植骨治疗全髋置换术后骨缺损患者8例。其中男3例,女5例;年龄64~87岁,平均年龄(78.1±7.0)岁。Paprosky髋臼骨缺损ⅡB型2例,ⅡC型1例,ⅢA型3例,ⅢB型2例。采用3D打印技术,根据髋臼骨缺损形态设计并制作TTM臼杯,结合植骨技术,重建髋臼骨缺损。随访时以Harris髋关节评分评估疗效,摄X线片评价假体位置、稳定性和植骨愈合情况。**结果** 随访18~36个月,平均(25.0±6.1)个月。Harris髋关节评分从术前(36.3±8.5)分提高至末次随访时的(82.8±6.3)分。术后髋关节旋转中心基本位于解剖位置,翻修侧髋关节旋转中心垂直距离与健侧相差(0.5±2.7)mm,水平距离与健侧相差(-2.0±6.1)mm。末次随访假体位置良好,随访期间假体周围未见进行性透亮线,无假体松动、移位及螺钉断裂,植骨愈合良好,无再次翻修病例。**结论** 应用3D打印TTM臼杯联合植骨进行髋关节翻修重建髋臼骨缺损,可恢复髋关节旋转中心,改善髋关节功能,假体初始稳定性好,近期疗效满意。

关键词:髋关节置换术;翻修;钛合金;骨移植;3D打印

文章编号: 1008-5572(2020)06-0491-04

中图分类号: R687.4

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文献标识码: B



Short-term Outcomes of 3D Printed Titanium Trabecular Metal Acetabular Cups and Bone Allograft for Revision Hip Arthroplasty with Acetabular Bone Deficiency

Guo Yu, Wang Ling, Ding Yujian, et al

(Department of Orthopaedic Surgery, Wuxi People's Hospital, Nanjing Medical University, Wuxi 214023, China)

Abstract: Objective To investigate the short-term outcomes of 3D printed titanium trabecular metal (TTM) acetabular cups in treatment of revision hip arthroplasty with acetabular bone deficiency. **Methods** The clinical data of 8 patients with acetabular bone deficiency using 3D printed TTM acetabular cups and bone allograft at Wuxi People's Hospital from February 2017 to August 2018 were retrospectively analyzed. There were 3 males and 5 females, with an average age of (78.1±7.0) years (64~87 years). According to Paprosky acetabular defect classification, 2 had ⅡB defects, 1 had ⅡC defects, 3 had ⅢA defects and 2 had ⅢB defects. The acetabular defect was reconstructed by TTM acetabular cups and bone grafting technique. The TTM acetabular cups were designed and fabricated according to each patient's bone defects using 3D printing technology. During the follow-up, Harris hip score was recorded to assess the efficacy, and X-rays were performed to evaluate the acetabular prosthesis position, migration, and graft incorporation. **Results** The mean follow-up was (25.0±6.1) months (18~36 months). The Harris hip score improved from (36.3±8.5) preoperatively to (82.8±6.3) postoperatively. TTM cups resulted in generally reliable restoration of the hip center. The difference of vertical distance and horizontal distance between bilateral sides was (0.5±2.7) mm and (-2.0±6.1) mm, respectively. Acetabular component loosening was not found, effective bone incorporation was achieved in all cases, and no re-revisions had been conducted at last follow-up. **Conclusion** 3D printed titanium trabecular metal acetabular cups combined with bone allograft for revision hip arthroplasty with acetabular bone deficiency can provide early stability, improve hip scores and reconstruct the rotation center in short-term follow-up.

Key words: total hip arthroplasty; revision; titanium; bone transplantation; 3D printing

髋臼侧骨缺损是髋关节翻修术最具挑战性的难题,在髋臼残存骨的基础上重建骨缺损,恢复髋关节旋转中心,获得翻修假体的初始稳定固定,并确保足够的活性骨接触面积是

翻修成功的关键^[1]。目前临床上处理髋臼骨缺损的方法主要包括金属垫块、Jumbo臼杯、结构骨移植、加强环、定制髋臼假体、cup-cage技术等,手术方式众多也间接说明了髋臼

基金项目:无锡市社会发展科技示范(医疗卫生类)项目(N20192006);*本文通讯作者:冯德宏

郭宇,王凌,丁育健,等.3D打印钛合金骨小梁金属臼杯联合植骨重建髋臼骨缺损的早期疗效[J].实用骨科杂志,2020,26(6):491-494.

翻修存在巨大的难度与挑战^[2]。3D打印是一种将数据立体化建模,运用粉末塑料或金属等可黏合材料,通过逐层融合叠加的方式来制造实物的技术^[3]。我科采用3D打印技术,将髋关节CT影像转化为实体模型,根据髋臼骨缺损情况,使用电子束熔融制作个性化TTM臼杯假体,结合植骨技术,对髋臼侧骨缺损进行全髋翻修,现总结报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究获得我院伦理委员会批准。回顾性分析2017年2月至2018年8月在南京医科大学附属无锡人民医院骨科采用3D打印钛合金骨小梁金属(titanium trabecular metal, TTM)臼杯结合植骨进行全髋翻修术8例(8髋),男3例,女5例;年龄64~87岁,平均年龄(78.1±7.0)岁。初次置换的原因:髋关节发育不良继发骨关节炎2例,股骨颈骨折4例,原发性髋骨关节炎2例。翻修原因:无菌性松动6例,假体周围感染2例。髋臼骨缺损按Paprosky分型,ⅡB型2例,ⅡC型1例,ⅢA型3例,ⅢB型2例。2例感染患者均采用二期翻修,翻修距初次病灶清理、抗生素骨水泥间置器植入分别为3、4个月,二期翻修前连续2次每月复查C反应蛋白、红细胞沉降率均正常。

1.2 定制髋臼假体设计 常规行骨盆CT检查,层厚为0.625 mm,输入Mimics软件建立3D数字模型。结合对侧正常髋臼数据,采用健侧对照同心圆法^[4]或Ranawat三角法^[5]确定患侧定制髋臼假体旋转中心位置。根据骨缺损的大小、形态及位置利用Geomagic软件设计带钉孔固定翼或加强垫块的一体式臼杯假体模型,确保假体与宿主骨的直接接触和稳定支撑,设计假体上螺钉孔数量、位置和方向等。数据导入光固化3D打印机制造出患者骨盆、髋臼假体等比例树脂模型,体外模拟手术验证无误后,使用Arcam Q10金属打印机打印出个性化TTM髋臼假体。

1.3 手术方法 手术均由同一组医师完成。患者全身麻醉,侧卧位,后外侧入路显露髋关节,取出原假体,清除髋臼周围瘢痕组织,注意保留骨量,显露髋臼形态,检查确认髋臼骨性形态与骨盆模型基本一致。髋臼锉对髋臼进行锉磨塑形至骨面渗血,参照模型在预期位置安放假体,在假体和宿主骨之间的空隙进行同种异体骨结构植骨或颗粒骨打压植骨,尽量填实。采用颗粒骨打压植骨技术时,将骨块制备成0.5 cm×0.5 cm×0.5 cm大小的颗粒,使用髋臼打压植骨器充分打压植骨;采用结构性植骨技术时,则将骨块制备成与缺损区域匹配的形状。植骨及假体安置完成后,拧入多枚预制的定向螺钉,确保假体及植骨块获得牢固的初始稳定。用骨水泥以外展角(40±10)°、前倾角(15±5)°固定高交联聚乙烯内衬。股骨假体松动,则进行翻修。复位髋关节,检查稳

定性,冲洗创面,留置引流管,关闭切口。

1.4 术后处理 术后常规低分子肝素抗凝,抗生素预防感染48 h。48 h内拔除引流管。麻醉清醒后行踝关节主动屈伸运动,术后1 d开始屈髋、髋外展及直腿抬高锻炼,1~2周助行器部分负重活动,10~12周完全负重行走。

1.5 随访及评估 术后1、3、6、12个月及之后每年随访一次。采用Harris髋关节评分评估临床疗效,满分100分,90分以上为优,80~89分为良,70~79分可,小于70分为差。随访时进行X线片检查,必要时CT扫描。评估髋关节旋转中心重建的准确性,旋转中心的垂直距离为中心点距双侧泪滴下缘连线的距离,水平距离为中心点至通过泪滴并垂直于双侧泪滴连线的直线距离,计算双侧距离的差值。评估假体骨长入情况,宿主骨与植骨区之间出现连续的骨小梁判定为移植骨长入。根据Massin方法^[6]评估假体松动及移位情况,假体移位超过2 mm或螺钉断裂判定为松动;假体无移位,但周围出现1 mm以上透光线定为可疑松动。

2 结果

2.1 一般情况 本组重建采用臼杯-垫块复合体TTM臼杯+同种异体颗粒骨打压植骨6例(ⅡB、ⅡC、ⅢA型),TTM带翼臼杯+结构植骨2例(ⅢB型)。术中髋臼侧假体均取出顺利,所有患者均行股骨侧翻修,本组患者所使用高交联聚乙烯内衬内径和股骨头直径均为28 mm。手术时间平均(217.6±59.1)min,术中出血量平均(1 012±846)mL。输血5例,术中异体输血量平均(513±700)mL。术后切口均一期愈合,无感染、血管神经损伤及脱位发生。本组随访18~36个月,平均(25.0±6.1)个月。末次随访Harris髋关节评分由术前(36.3±8.5)分提高至(82.8±6.3)分,其中优2例,良好5例,可1例,优良率87.5%。

2.2 影像学评价 术后患侧髋关节旋转中心垂直距离为16.8~31.4 mm,平均为(24.9±5.4)mm;健侧16.1~32.5 mm,平均为(24.4±6.0)mm;双侧差值-4.1~2.1mm,平均为(0.5±2.7)mm。患侧水平距离30.5~48.5 mm,平均为(39.9±5.9)mm;健侧37.4~48.2 mm,平均为(41.9±4.4)mm;双侧差值为-11.8~3.1 mm,平均为(-2.0±6.1)mm。患侧髋关节旋转中心基本处于解剖位置。

所有患者假体位置良好,影像学未发现明确松动,1例患者髋臼假体周围可见非连续性假体透光线,判定为可疑松动,但在术后1年及以后随访中透光线无进展。其余患者术后植骨区与宿主骨间透亮线均消失,可见连续性骨小梁通过植骨区。随访过程中无假体移位及螺钉松动、断裂。

2.3 典型病例 (a)70岁女性患者,因“右髋置换术后7年假体无菌性松动”入院。入院诊断:右髋假体无菌性松动。

术前X线片示髋臼骨缺损 Paprosky III B型,采用3D打印 TTM 带翼白杯联合同种异体骨结构植骨进行翻修,术后X线片示髋关节基本解剖重建,术后2年X线片示白杯无松动,植骨区骨整合良好。末次随访 Harris 髋关节评分由术前28分提高至91分(见图1~4)。(b)81岁女性患者,因“左髋置换术后28年假体无菌性松动”入院。入院诊断:左髋假体



图1 术前正位X线片示髋臼 Paprosky III B型骨缺损

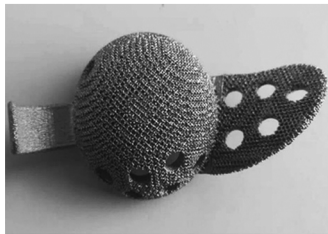


图2 3D打印钛合金骨小梁带翼金属白杯



图3 术后3d X线片示髋关节旋转中心恢复良好



图4 术后2年X线片可见假体稳定,同种异体骨长入良好



图5 术前正位X线片示髋臼 Paprosky III A型骨缺损



图6 3D打印钛合金骨小梁金属白杯



图7 术后4d X线片示髋关节旋转中心恢复良好



图8 术后1年X线片可见假体稳定,植骨区域骨长入良好

3 讨论

3.1 3D打印 TTM 白杯重建髋臼骨缺损的疗效 定制假体通过合理精确的术前设计桥接髋臼骨缺损区域,可获得良好的宿主骨接触和支撑。Li 等^[7]使用快速成型技术制作 cage 结合植骨重建 26 例 Paprosky III B 型骨缺损,术后 5 年 Harris 评分提高至平均 82 分,无再翻修患者。Taunton 等^[8]对 57 例 AAOS IV 型骨缺损患者进行定制三翼白杯重建,5 年随访 Harris 评分提高至 75 分。Wind 等^[9]报告使用定制三翼白杯治疗 19 例 Paprosky III 型骨缺损患者,随访 31 个月 Harris 评分提高至 63 分。本研究采用 3D 打印 TTM 白杯重建髋臼侧骨缺损,末次随访时 Harris 评分提高至(82.8±6.3)分,优良率 87.5%,与既往文献比较取得了较好的髋关节功能。我们认为 3D 打印技术可为患者“量身定制”,使假体的安放以及畸形的矫正等难题得到解决,确保假体与宿主骨的有效坚强固定,能够满足多种复杂类型的髋臼骨缺损。

TTM 白杯具有优越的生物学特性,其表面多孔层与白杯底层一次成形,力学性能可达到传统锻造标准,表面多孔

无菌性松动。术前X线片示髋臼骨缺损 Paprosky III A 型,采用3D打印白杯-垫块复合体 TTM 白杯结合同种异体颗粒骨植骨进行翻修,术后X线片示假体位置良好,术后1年X线片未见假体松动、移位迹象,假体周围无透亮线,植骨愈合。末次随访 Harris 髋关节评分由术前32分提高至85分(见图5~8)。

层的孔径直径可达 65 μm ,孔隙率 68%~81%,孔径、孔隙率、弹性模量和硬度均接近于正常松质骨,利于骨长入^[10]。此外 TTM 假体的粗糙表面可以增大与宿主骨之间的摩擦系数,可获得更为理想的初始稳定性^[11]。TTM 白杯的这些特性为重建髋关节生物力学,达到远期生物学稳定提供了坚实的基础。本组所有病例影像学未发现明确松动现象,骨长入良好。

3.2 3D打印假体及植骨方式的选择 对 Paprosky II B~III A 型骨缺损,其髋臼内侧壁和前后柱结构相对完整,可以为新植入假体提供初始稳定固定,本研究采用 3D 打印白杯-垫块一体式 TTM 假体,此类假体是将标准白杯和垫块一体化成形,垫块与骨缺损高度吻合,整体性强,便于安装,避免了组配式垫块固定的不确定性。钉道的方向、部位和长度均在术前规划设计完成,术中一次性完成螺钉固定,避免反复调试及误差,简化了手术操作步骤,提高了精确度和安全性。对腔隙性骨缺损则采用同种异体颗粒骨打压植骨,填充假体和宿主骨的间隙达到假体的紧密接触。同种异体颗粒骨打

压植骨有优越的骨整合性,保证宿主骨与髌臼假体最大限度地接触,促进骨长入,可以获得良好的中远期效果^[12]。随访期间所有白杯-垫块一体式 TTM 假体稳定,颗粒骨植骨均愈合良好。

Paprosky III B 型骨缺损髌臼前后柱受损严重,髌臼环骨缺损达 60% 以上,普通假体难以获得即刻稳定,翻修失败率较高^[13]。我们设计 3D 打印 TTM 带翼白杯假体,骨缺损区依次进行充分逐层打压植骨,对后壁、后柱的巨大骨缺损区域运用修整形状合适的同种异体结构植骨结合颗粒打压植骨重建骨量。TTM 带翼白杯上设计的固定翼及体部的螺钉孔分别对髌骨、植入骨及髌臼体部进行固定,形成同种异体骨及带翼白杯复合体。带翼白杯形成应力旁路传导,防止移植骨过早承载,保护植入骨组织,提供早期骨整合所需的生物力学环境,避免植骨吸收及假体松动,最终使假体获得稳定的生物固定^[14]。

3.3 髌关节旋转中心的重建 旋转中心的恢复有利于髌关节生物力学的重建,从而获得翻修假体的长期稳定。旋转中心过高可导致肢体不等长,引起臀中肌、外展肌力量下降及髌周软组织张力不足,易引起术后脱位,并且大大增加了假体的远期失败率^[15]。本研究参考对侧髌臼确定患侧旋转中心位置,设计适当大小的髌臼杯,术后患侧旋转中心较术前明显矫正,与对侧相比垂直距离略高,差值仅为(0.5±2.7) mm;水平距离与健侧相比可能轻度内移,差值(-2.0±6.1) mm。本组髌臼侧骨缺损严重,翻修术后基本解剖重建了髌关节旋转中心,恢复了肢体长度及髌周软组织张力,有利于降低假体所承受的应力,减少术后脱位的风险,增加假体远期稳定性。

综上,3D 打印 TTM 假体结合植骨进行全髌翻修重建髌臼骨缺损,可精确规划手术预案,假体匹配良好,利于获得牢固的生物固定,但本研究病例数较少,为近期随访结果,且缺乏与类似技术文献报道的比对,其远期疗效还有待进一步观察。

参考文献:

[1] 穆文博,胥伯勇,郭文涛,等.应用 cup-cage 技术重建 Paprosky III B 型髌臼骨缺损的早期疗效[J].中华骨科杂志,2017,37(7):393-400.

[2] 宋伟,张育民,姚建锋,等.人工髌关节初次置换术后失败翻修策略分析[J].实用骨科杂志,2016,22(1):10-13.

[3] 黄佳军,黄智勇,郭强,等.3D 打印骨折模型在复杂髌臼骨折治疗中的临床应用[J].实用骨科杂志,2019,25(4):301-304.

[4] Bell AL, Pedersen DR, Brand RA. A comparison of the accuracy of several hip center location prediction methods[J]. J Biomech, 1990, 23(6): 617-621.

[5] Ranawat CS, Dorr LD, Inglis AE. Total hip arthroplasty in protrusio acetabuli of rheumatoid arthritis [J]. J Bone Joint Surg (Am), 1980, 62(7): 1059-1065.

[6] Massin P, Schmidt L, Engh CA. Evaluation of cementless acetabular component migration. An experimental study[J]. J Arthroplasty, 1989, 4(3): 245-251.

[7] Li H, Qu X, Mao Y, et al. Custom Acetabular Cages Offer Stable Fixation and Improved Hip Scores for Revision THA With Severe Bone Defects[J]. Clin Orthop Relat Res, 2016(474): 731-740.

[8] Taunton MJ, Fehring TK, Edwards P, et al. Pelvic discontinuity treated with custom triflange component; a reliable option[J]. Clin Orthop Relat Res, 2012(470): 428-434.

[9] Wind MA, Jr., Swank ML, Sorger JI. Short-term results of a custom triflange acetabular component for massive acetabular bone loss in revision THA[J]. Orthopedics, 2013, 36(3): e260-e265.

[10] Kaminski P, Szmyd J, Ambrozy J, et al. Use of Trabecular Titanium Implants for Primary Hip Arthroplasty[J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2016, 18(5): 461-470.

[11] 程文俊, 勘武生, 郑琼, 等. 3D 打印钛合金骨小梁金属白杯全髌关节置换术的短期疗效[J]. 中华骨科杂志, 2014, 34(8): 816-823.

[12] Morales De Cano JJ, Guillet L, Perez Pons A. Acetabular Reconstruction in Paprosky Type Iii Defects [J]. Acta Ortop Bras, 2019, 27(1): 59-63.

[13] Webb JE, McGill RJ, Palumbo BT, et al. The Double-Cup Construct: A Novel Treatment Strategy for the Management of Paprosky III A and III B Acetabular Defects[J]. J Arthroplasty, 2017, 32(9S): S225-S231.

[14] Grappiolo G, Loppini M, Longo UG, et al. Trabecular Metal Augments for the Management of Paprosky Type III Defects Without Pelvic Discontinuity[J]. J Arthroplasty, 2015, 30(6): 1024-1029.

[15] 陈建良, 许勇, 朱少兵, 等. 髌臼加深内移结合粗隆下横形截骨全髌关节置换术治疗成人 Crowe IV 型髌关节发育不良[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(9): 837-840.

收稿日期:2020-02-26