·临床研究·

CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板在髋关节发育不良全髋关节置换术中的应用

王江* 范志豪 戴峰

（溧阳市人民医院骨关节外科，溧阳213300）

【摘要】 目的 分析CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板在髋关节发育不良全髋关节置换术中的应用效果。**方法** 选取2023年1月至2025年1月在我院接受全髋关节置换术治疗的髋关节发育不良患者60例作为研究对象，应用随机数字表法分为对照组和观察组，每组30例。对照组术前进行常规手术规划，观察组术前则利用CT数字化三维重建和个体化3D打印导板进行手术规划，统计两组手术相关指标以及髋臼假体覆盖率、移植骨覆盖率和臼杯位置合格率，并统计两组术后假体相关并发症发生率。**结果** 观察组术中出血量和术后引流量分别为（337.50 ± 11.39）mL和（192.00 ± 9.33）mL，均少于对照组[（378.07 ± 10.89）mL和（218.80 ± 8.19）mL]，差异具有统计学意义（P <0.05）。观察组手术时间和术后引流管留置时间分别为（82.93 ± 2.64）min和（1.83 ± 0.14）d，均短于对照组[（93.50 ± 3.37）min和（2.53 ± 0.09）d]，差异具有统计学意义（P <0.05）。观察组的髋臼假体覆盖率、移植骨覆盖率和臼杯位置合格率分别为（93.07 ± 0.74）%、（75.10 ± 1.52）%和96.67%，均高于对照组[（89.93 ± 1.02）%、（69.37 ± 1.47）%和80.00%]，差异具有统计学意义（P <0.05）。观察组术后假体感染、假体松动和关节脱位等假体相关并发症总发生率为3.33%。低于对照组的23.33%，差异具有统计学意义（P <0.05）。**结论** CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板在髋关节发育不良全髋关节置换术中的应用对提高手术效率有一定促进意义，有助于术后恢复，可提高髋臼假体覆盖率、移植骨覆盖率和臼杯位置合格率，并减少并发症的发生。

【关键词】 CT数字化三维重建；个体化3D打印导板；髋关节发育不良；全髋关节置换术

【中图分类号】 R681.8 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.11876/mimt202604016

Application of CT digital three-dimensional reconstruction combined with individualized 3D printed guide plates in total hip arthroplasty for hip dysplasia

Wang Jiang, Fan Zhihao, Dai Feng*

(Department of Orthopedics and Joint Surgery, Liyang People's Hospital, Liyang 213300, China)

【Abstract】 Objective To analyze the application effect of CT digital 3D reconstruction and personalized 3D printing guide plate in total hip arthroplasty for hip dysplasia. **Methods** Sixty patients with hip dysplasia who underwent total hip catheterization in our hospital from January 2023 to January 2025 were selected as the research subjects. They were divided into the control group and the observation group by the random number table method, with 30 cases in each group. The control group underwent routine surgical planning before the operation, while the observation group used CT digital three-dimensional reconstruction and individualized 3D printed guide plates for surgical planning before the operation. The surgery-related indicators of the two groups, as well as the coverage rate of acetabular prosthesis, the coverage rate of transplanted bone, and the qualified rate of acetabular cup position were statistically analyzed. The incidence of prosthesis related complications after the operation

收稿日期： 2025-06-23

第一作者： 王江，男，本科，副主任医师，研究方向：骨关节外科临床诊疗，运动医学

in the two groups was also statistically analyzed. **Results** The intraoperative blood loss and postoperative drainage volume in the observation group were (337.50±11.39) mL and (192.00±9.33) mL respectively, both of which were less than those in the control group [(378.07±10.89) mL and (218.80±8.19) mL], and the differences were statistically significant (P <0.05). The operation time and the indwelling time of the postoperative drainage tube in the observation group were (82.93±2.64) min and (1.83±0.14) d respectively, which were both shorter than those in the control group [(93.50±3.37) min and (2.53±0.09) d], and the differences were statistically significant (P<0.05). The coverage rate of acetabular prosthesis, the coverage rate of transplanted bone and the qualified rate of acetabular cup position in the observation group were (93.07±0.74) %, (75.10±1.52) % and 96.67% respectively, which were all higher than those in the control group [(89.93±1.02) %, (69.37±1.47) % and 80.00%] The difference was statistically significant (P<0.05). The total incidence of prosthis-related complications such as prosthesis infection, prosthesis loosening and joint dislocation after surgery in the observation group was 3.33%. It was lower than 23.33% of the control group, and the difference was statistically significant (P<0.05). **Conclusion** The application of CT digital three-dimensional reconstruction and individualized 3D printing guide plate in total hip arthroplasty for developmental dysplasia of the hip has a certain significance in improving the efficiency of operation and postoperative recovery. It can improve the coverage rate of acetabular prosthesis, the coverage rate of bone graft and the qualified rate of cup position, and reduce complications.

【**Key words**】 CT digital 3D reconstruction; Individualized 3D printing guide plate; Developmental dysplasia of the hip; Total hip arthroplasty

髋关节发育不良是一种以髋臼对股骨头覆盖不足为特征的先天性或发育性畸形，常导致髋关节生物力学异常、骨性关节炎及功能障碍[1]。全髋关节置换术是恢复髋关节发育不良关节功能、缓解疼痛及改善生活质量的有效手段。但是由于髋关节发育不良患者存在髋臼骨缺损、解剖结构变异及旋转中心异常等问题，导致手术操作难度增加，术中精准放置臼杯、恢复髋关节旋转中心及优化骨覆盖成为技术挑战[2]。传统的全髋关节置换术依赖二维影像学如X线片、CT及术者经验进行术前规划，存在假体位置偏差、骨覆盖不足等风险，进而导致假体松动、脱位及远期翻修率增高。因此，如何优化术前规划方案已成为全髋关节置换术临床关注的重要研究方向。近年来，数字化技术与3D打印的融合为骨科精准医疗开辟了新路径，CT数字化三维重建可基于影像数据，借助三维重建技术获取高分辨率的三维图像，直观呈现骨性结构细节，辅助术者精准评估骨缺损范围、臼杯植入角度及旋转中心位置，而基于三维模型设计的个体化3D打印导板，可术中直接引导截骨、磨臼及假体定位，减少对术者主观经验的依赖，提升手术可重复性[3-4]。基于此，本研究旨在探讨CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板在髋关节发育不良患者全髋关节置换术中的应用价值，以期为髋关节发育不良患者全髋关节置换术的精准化、个体化治疗提供循证依据，推动数字化技术在复杂关节置换中的规范化应用。

1 资料与方法

1.1 一般资料

研究对象为2023年1月至2025年1月在我院接受全髋关节置换术治疗的髋关节发育不良患者，共选取60例，其中，男性21例，女性39例；年龄50～60岁，平均（54.86±0.67）岁；左侧30例，右侧30例；身体质量指数（body mass index, BMI）18.09～27.79 kg/m^2，平均（22.56±0.53）kg/m^2；Crowe分型：Ⅱ型23髋，Ⅲ型21髋，Ⅳ型16髋。60例存在双下肢不等长畸形，长度差距1.55～5.72 cm，平均（3.49±0.32）cm。应用随机数字表法将60例患者分为对照组和观察组，每组30例，两组患者性别、年龄、BMI、患侧、Crowe分型和双下肢长度差距对比差异均无统计学意义（P>0.05），组间具有可比性，见表1。

纳入标准：①经影像学检查确诊为髋关节发育不良；②单侧发病；③对研究知情同意，签署知情同意书；④配合临床随访、影像学检查及功能评估。

排除标准：①合并类风湿性关节炎、股骨头坏死、创伤性关节炎等疾病；②既往髋关节置换翻修

或复杂重建手术史；③既往髋臼截骨、关节融合或假体植入等手术史；④严重骨质疏松或髋臼/股骨近端骨缺损需植骨；⑤局部或全身感染未控制；⑥合并心/肺功能不全、凝血功能障碍等无法耐受手术疾病情况；⑦CT扫描不完整或伪影干扰三维重建。

表1 两组一般资料对比

组别	例数	性别（例）		年龄（岁，$\bar{x} \pm s$）	BMI（kg/m^2，$\bar{x} \pm s$）	患侧（例）		Crowe分型（髋）			双下肢长度差距（cm，$\bar{x} \pm s$）
		男	女			左侧	右侧	Ⅱ型	Ⅲ型	Ⅳ型	
对照组	30	11	19	54.40 ± 0.54	22.81 ± 0.58	14	16	11	11	8	3.43 ± 0.21
观察组	30	10	20	55.33 ± 0.59	22.32 ± 0.48	16	14	12	10	8	3.56 ± 0.24
χ^2/t值		0.072[a]		1.170[b]	0.643[b]	0.262[a]		0.091[a]			0.430[b]
P值		0.788		0.247	0.523	0.609		0.956			0.669

注：BMI为身体质量指数；[a]为χ^2值；[b]为t值。

1.2 方法

两组患者入院后完善术前常规检查，包括血常规、凝血功能、肝肾功能、心电图及胸部X线片等，排除手术禁忌证。术前由同一位高年资主刀医师带领团队进行手术规划。两组均行全髋关节置换术，手术由同一组医师完成，植入物均选用同一厂家生产的生物型髋关节假体。

1.2.1 术前准备

（1）对照组：术前依据X线片（校正放大比例后）进行模板测量，预估假体规格及截骨平面，制定初步手术方案。实际手术过程中结合术中探查结果确定最终实施方案及植入物尺寸。

（2）观察组：将CT扫描获取的髋关节CT连续性断层图像的DICOM数据上传至Mimics 10.0软件进行数字化三维重建。首先依据骨组织灰度值实施阈值分割，针对目标区域与周围骨质粘连的情况逐层精细化分离，并通过蒙版编辑去除股骨部分，利用区域增长技术提取独立髋臼蒙版，结合布尔运算分别构建髋臼与股骨的三维模型。重建完成后，将STL格式数据导入Cura 15.0或Simplify3D软件进行3D打印，添加支撑结构并转换为G-Code格式，采用聚乳酸材料完成1∶1实体模型打印，验证其与数字化重建的解剖畸形一致性。基于该模型精准量化真/假臼空间关系及旋转中心下移距离，规划术中髋臼假体的定位参数，评估骨量分布与缺损范围；通过手术模拟软件设计个性化导航模板形态及角度，最终使用聚酰胺材料同步3D打印1∶1骨盆模型与导航模板，经低温等离子灭菌处理后备用。

1.2.2 手术方法

两组患者均采用全身麻醉，取健侧卧位，经髋后外侧入路实施操作。分层切开皮肤及皮下组织，逐步分离筋膜层；采用钝性解剖法分离臀大肌纤维，离断外旋肌群复合体；应用骨性牵引器前移股骨，完整显露关节囊后行T形切开；运用软组织牵开器充分暴露髋臼结构，彻底清除关节腔内脂肪组织及滑膜组织；通过髋关节屈曲内旋操作实现股骨头后方脱位，于小转子上方约0.5 cm处完成股骨颈截骨并取出股骨头。

随后，进行假体植入。①观察组基于CT数字化三维重建制作的个体化3D打印导板定位髋臼磨削区域，精确清除髋臼面异常骨赘至正常骨面显露，应用数字化导航装置临时固定自体骨移植块，采用3.5 mm皮质骨螺钉将其精准固定于髋臼外上象限，按导板预设角度完成髋臼锉磨至软骨下骨渗血层，依据导航参数植入匹配型号的髋臼假体，髓腔扩髓后植入个性化股骨柄并精确调整前倾角度。②对照组则依据术者临床经验评估髋臼锉磨角度及深度，分级扩大髋臼至预设形态，术中目测定位自体骨块移植区域，通过机械加压实现骨块固定，根据解剖标志评估植入假体角度，必要时采用辅助螺钉加强固定。

假体植入结束后行脉冲冲洗、彻底止血，确认关节稳定性及活动度满意后，常规放置负压引流管1根，逐层缝合各解剖层次。CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板辅助全髋关节置换术治疗见图1。

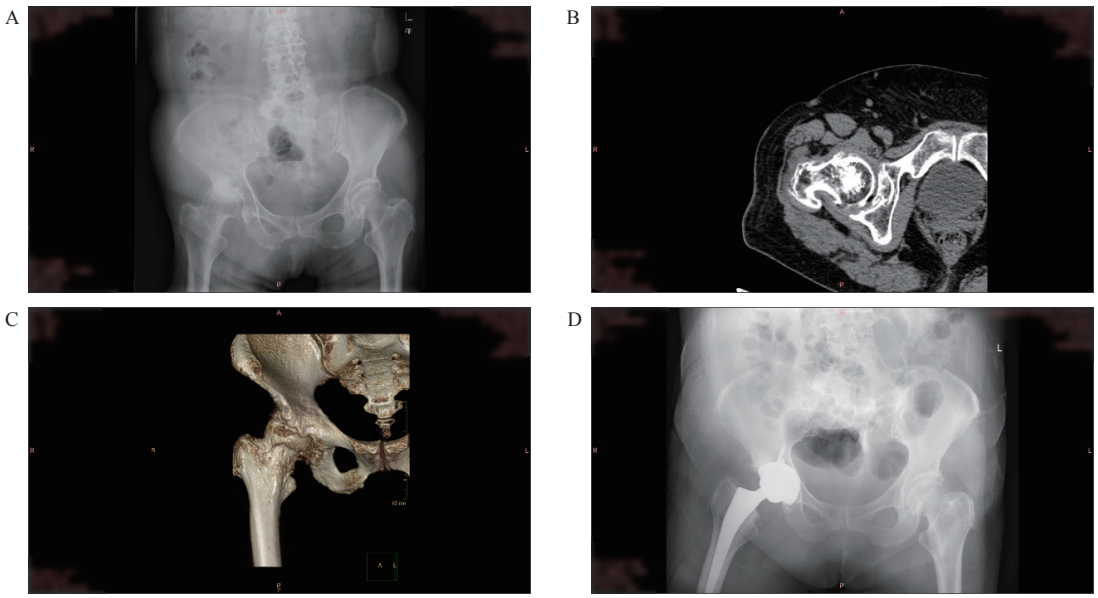


图 1 CT 数字化三维重建联合个体化 3D 打印导板辅助全髋关节置换术治疗 A 为术前盆骨正位片；B 为术前 CT 重建片；C 为术前 3D 建模片；D 为术后盆骨正位片

1.2.3 术后处理

两组患者术后均接受相同的围术期管理方案。①抗感染：术后常规使用一代头孢菌素类抗生素预防感染，术前 30 min 静脉滴注首剂，术后每 8 h 给药 1 次，持续至术后 48 h；若患者对青霉素类过敏，则改用克林霉素。②抗凝：术后 6 ~ 12 h 开始皮下注射低分子肝素（4 000 U，每日 1 次），持续至术后 10 ~ 14 d，预防深静脉血栓形成，期间定期监测凝血功能及下肢血管彩色多普勒超声。③引流管管理：术后密切观察引流液颜色、性状及引流量，待 24 h 引流量＜ 50 mL 且颜色转为淡红或清亮后予以拔除，一般不超过 72 h。④康复锻炼：术后麻醉苏醒后即开始踝泵训练及股四头肌等长收缩训练，术后第 1 d 在康复师指导下行床旁坐立及辅助站立，术后第 2 ~ 3 d 借助助行器开始部分负重行走，逐步过渡至完全负重，整个康复过程遵循个体化、循序渐进原则。⑤随访：出院后通过门诊复查及电话随访方式进行随访，术后首周进行首次 X 线片复查，后续术后 1、3、6、12 个月定期复查 X 线片，评估假体位置、骨整合情况及有无并发症发生。

1.3 观察指标

（1）手术相关指标：统计两组术中出血量、手术时间、术后引流量以及术后引流管留置时间。

（2）髋臼假体覆盖率：两组术后 1 周复查影像学，测量假体与宿主骨接触的弧长，根据公式计算覆盖率，髋臼假体覆盖率 = 宿主骨接触的弧长 ÷ 假体总弧长 × 100%。

（3）移植骨覆盖率：两组术后 1 周复查影像学，测量移植骨覆盖的假体面积，根据公式计算覆盖率，移植骨覆盖率 = 移植骨覆盖的假体面积 ÷ 假体总面积 × 100%。

（4）臼杯位置合格率：两组术后 1 周复查影像学，测量臼杯在髋臼中的外展角和前倾角，外展角 30° ~ 50° 、前倾角 5° ~ 25° ，若臼杯旋转中心接近解剖髋臼中心，则表明臼杯位置合格，统计合格例数，计算合格率。

（5）术后假体相关并发症发生率：统计两组术后假体感染、假体松动和关节脱位等假体相关并发症发生情况，计算总发生率。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 28.0 统计软件进行数据统计分析。计量数据采用均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）形式呈现，组间比较应用独立样本 t 检验方法；计数数据以频数（构成比）［n（%）］形式表示，组间差异分析选用 χ^2 检验方法。所有统计推断的显著性检验水准设定为 $\alpha = 0.05$。

2 结果

2.1 两组手术相关指标对比

统计发现，观察组的术中出血量和术后引流量少于对照组，观察组的手术时间和术后引流管留置时间短于对照组，差异具有统计学意义（$P<0.05$），见表 2。

表2 两组手术相关指标对比（$\bar{x} \pm s$）

组别	例数	术中出血量（mL）	手术时间（min）	术后引流量（mL）	术后引流管留置时间（d）
对照组	30	378.07 ± 10.89	93.50 ± 3.37	218.80 ± 8.19	2.53 ± 0.09
观察组	30	337.50 ± 11.39	82.93 ± 2.64	192.00 ± 9.33	1.83 ± 0.14
*t*值		2.575	2.470	2.158	4.247
*P*值		0.013	0.017	0.035	<0.001

2.2 两组髋臼假体覆盖率和移植骨覆盖率对比

计算发现，观察组的髋臼假体覆盖率和移植骨覆盖率均高于对照组，差异具有统计学意义（$P<0.05$），见表3。

2.3 两组臼杯位置合格率和术后假体相关并发症发生率对比

统计发现，观察组臼杯位置合格率高于对照组，术后假体相关并发症总发生率低于对照组，差异具有统计学意义（$P<0.05$），见表4。

表3 两组髋臼假体覆盖率和移植骨覆盖率对比（%，$\bar{x} \pm s$）

组别	例数	髋臼假体覆盖率	移植骨覆盖率
对照组	30	89.93 ± 1.02	69.37 ± 1.47
观察组	30	93.07 ± 0.74	75.10 ± 1.52
*t*值		2.483	2.713
*P*值		0.016	0.009

表4 两组臼杯位置合格率和术后假体相关并发症发生率对比［*n*（%）］

组别	例数	臼杯位置合格率	术后假体相关并发症发生情况			
			假体感染	假体松动	关节脱位	总发生率
对照组	30	24（80.00）	1（3.33）	3（10.00）	3（10.00）	7（23.33）
观察组	30	29（96.67）	0（0.00）	1（3.33）	0（0.00）	1（3.33）
χ^2值		3.976				5.078
*P*值		0.046				0.024

3 讨论

传统全髋关节置换术依赖术者经验进行髋臼截骨和假体定位，存在术中反复透视、截骨角度偏差等风险，而CT数字化三维重建技术联合个体化3D打印导板可构建患者髋关节立体解剖模型，精确测量髋臼前倾角、外展角等关键参数，为术前规划提供可视化依据，从而实现全髋关节置换术的精准化与个体化治疗[5-6]。CT数字化三维重建通过对患者CT扫描获得的二维断层影像数据进行计算机处理，构建出骨骼、血管等组织的立体虚拟模型，使医师可从多角度观察病灶的复杂空间结构。3D打印导板是一种利用3D打印技术制造的、在手术或操作中精确定位和引导的工具。该方法主要基于CT三维模型，通过个性化定制3D打印导板，制作出与患者解剖结构高度吻合的导板，术中引导手术器械沿规划路径进行钻孔、截骨或植入，从而提升手术的预见性、精准度与安全性。本研究通过对比分析发现，CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板在髋关节发育不良全髋关节置换术中展现出显著优势。

本研究结果显示，观察组的术中出血量和术后引流量少于对照组，手术时间和术后引流管留置时间短于对照组，该结果揭示CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板可提高全髋关节置换术的手术效率，减少术中出血量，促进术后康复进程，使其术后引流量减少，有利于尽早拔除引流管。分析原因是，CT数字化三维重建技术通过亚毫米级薄层扫描及多平面重组算法，可精确构建患者髋臼的立体解剖模型，清晰呈现髋臼的几何形态、骨缺损范围及周围血管神经走行，结合计算机辅助设计系统，术者可在虚拟环境中模拟截骨路径，测算最佳假体匹配参数，使术者能够预先规划截骨范围、假体植入角度与深度，减少术中试错性操作[7-8]。同时，通过制作个性化3D打印导板，术中依据预设的导向孔道精准控制截骨深度及假体前倾角，避免传统手术中反复透视调整的操作，进而有效缩短手术时长，提高手术的总体效率[9]。例如，导板直接引导髋臼磨锉至预设深度，避免因反复调整锉磨方向导致的骨面渗血增加，同时，自体骨移植块的精准固定减少骨块移位风险，进一步缩短止血时间。因此，CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板通

过优化手术流程，显著提升整体手术效率，也避免术中重复调整操作造成不必要的术中创伤，进而有利于患者术后快速康复，使得术后引流量减少、引流管留置时间缩短。

髋臼假体覆盖率、移植骨覆盖率和臼杯位置合格率是人工髋关节置换术中评估手术效果和假体稳定性的重要指标[10-12]。本研究结果显示，观察组髋臼假体覆盖率、移植骨覆盖率和臼杯位置合格率均高于对照组，可见CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板有助于提高假体稳定性，保障手术有效性。传统方法依赖术中目测判断骨缺损范围，易低估或高估植骨需求，而三维重建技术通过量化真/假臼空间关系及骨缺损体积，能够精准规划移植骨块的形态与固定位置，而3D打印导板则通过预设螺钉孔道与骨块匹配界面，确保移植骨与宿主骨紧密贴合，避免间隙残留，并且导板引导下的髋臼锉磨可直接暴露正常骨面，避免过度磨锉导致骨量丢失，从而最大化保留宿主骨支撑力[13]。此外，传统术中依赖解剖标志及术者经验判断臼杯角度，易受个体解剖变异或术野暴露不充分的干扰，而数字化三维模型可直观显示髋臼旋转中心与股骨前倾角的相对位置，结合导航软件模拟臼杯植入的最佳外展角与前倾角，并通过导板将预设参数直接转化为术中操作，例如，导板上的定位槽可引导髋臼锉沿预设角度磨削，确保臼杯植入后旋转中心接近解剖位置[14]。因此，借助CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板可有效减少人为误差，增强髋臼假体的稳定性。本研究还统计了两组患者的术后假体相关并发症发生率，结果显示观察组总发生率低于对照组，这是因为CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板通过精准的假体覆盖与骨移植减少了微动界面，降低假体松动的生物力学诱因，同时，缩短的手术时间与减少的术中出血降低细菌定植风险，以及臼杯位置的标准化植入避免因角度偏差导致的关节应力异常，从而减少脱位概率[15]。此外，导板辅助下自体骨块的解剖性固定，促进骨整合过程，进一步增强假体的稳定性，减少术后假体相关并发症的发生。

综上所述，在髋关节发育不良全髋关节置换术中应用CT数字化三维重建联合个体化3D打印导板的效果良好，可提高手术效率和效果，促进患者术后快速康复，提高术后假体稳定性，并降低各种并发症的发生率。但是由于本研究样本量相对较小，限制了结论的普适性，且研究周期较短，尚未充分验证技术的远期效果；另外，术后假体覆盖率和臼杯位置的评估基于影像学测量，可能存在操作者依赖性误差，需结合生物力学或临床功能评估进一步验证，因此，今后研究还需扩大样本量，延长随访时间，并引入步态分析、关节应力模拟等生物力学研究，全面评估技术对患者生活质量的影响。

利益冲突：作者声明没有利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 王令成, 陈曦, 杨硕瑶, 等. 髋臼周围截骨治疗对发育性髋关节发育不良骨盆矢状位倾斜的影响[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(21): 4452-4457.

[2] 米尔阿地力·麦麦提依明, 依力哈木江·吾斯曼, 孙荣鑫, 等. 人工智能术前规划系统在人工全髋关节置换术治疗成人发育性髋关节发育不良中的应用研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2023, 37(1): 25-30.

[3] 陈兵, 陈运久, 侯伟, 等. 运用CT三维重建技术测量骨质疏松性椎体压缩骨折与中青年创伤性胸腰椎骨折患者椎弓根宽度的临床价值[J]. 西部医学, 2024, 36(8): 1175-1179.

[4] 王姗姗, 牛俊巧, 王佳, 等. 螺旋CT三维扫描重建联合3D打印用于髋臼骨折手术的价值研究[J]. 中国医学装备, 2024, 21(5): 59-63.

[5] 李鹏, 韩小松, 向柄彦, 等. 数字化三维重建在老年股骨转子间骨折半髋关节置换中的应用及经济学效果[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(18): 2814-2818.

[6] 朱浩天, 成凯, 严瀚, 等. 3D打印导板在成人发育性髋关节发育不良全髋置换中的疗效[J]. 实用骨科杂志, 2025, 31(1): 37-42.

[7] 李董, 张勇, 陈祖庆, 等. X线透视下人工全髋关节置换术臼杯假体覆盖率评估方法研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2024, 38(4): 461-465.

[8] 张衡, 马晓东, 李博闻, 等. CroweⅡ、Ⅲ型髋关节发育不良全髋关节置换一体化解剖重建髋臼假体的设计效率与精确性[J]. 中华医学杂志, 2024, 104(41): 3815-3821.

[9] 王梦晗, 齐涵, 张元, 等. 3种3D打印模型辅助治疗Robinson Ⅱ B2型锁骨骨折[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(9): 1403-1408.

[10] 班辰昊, 武永刚. 髋臼覆盖率对股骨头软骨下骨微结构影响的实验研究[J]. 包头医学院学报, 2024, 40(1): 62-70.

[11] 裴方, 赵蕤, 姚圣城, 等. 3D打印技术在自体骨植骨的全髋关节置换术治疗髋关节发育不良继发骨性关节炎中的应用[J]. 中国医学创新, 2023, 20(34): 12-17.

[12] 王金子, 常文举, 张培, 等. 全髋关节置换术中臼杯三维覆盖率与二维覆盖率关系的应用研究[J]. 中华骨科杂志, 2024, 44(24): 1602-1610.

[13] 李明洋, 王俐慧, 李朋亚, 等. 3D打印个体化髋臼翻修假体设计及应用[J]. 中国医疗设备, 2024, 39(6): 30-36.

[14] 张斌斌, 吴泳锐, 李超, 等. 基于3D打印个性化截骨导板在内翻膝患者膝关节双间室置换术中的应用[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(17): 2448-2453.

[15] 叶子昂, 窦海伟, 王利. 3D打印截骨导板与传统标准化截骨工具在膝关节双间室置换中的疗效对比研究[J]. 新疆医科大学学报, 2024, 47(6): 831-835, 842.