



## 打印与虚拟手术设计在髌臼骨折手术治疗中的应用

杨勇, 邱志杰, 徐红革, 孙博, 王良恩, 曾卫平, 杨斌

引用本文:

杨勇, 邱志杰, 徐红革, 等. 打印与虚拟手术设计在髌臼骨折手术治疗中的应用[J]. 蚌埠医学院学报, 2021, 46(8): 1054–1057, 1061.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.08.016>

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 基于三维CT重建的计算机模拟技术在DDH病人个体化手术方案设计中的应用

Application value of the computer simulation technology based on 3 D-CT reconstruction in the design of individualized surgery for DDH patients

蚌埠医学院学报. 2019, 44(6): 716–720 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.06.005>

### 3D打印技术在桡骨远端不稳定性骨折微创治疗中的应用

Clinical application value of 3 D printing technology in the mini-invasive treatment of unstable distal radius fractures

蚌埠医学院学报. 2019, 44(4): 437–441 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.04.005>

### 偏心性髌臼旋转截骨与Chiari截骨治疗髌臼发育不良的短期疗效比较

Short-term effect comparison between eccentric rotational acetabular osteotomy and Chiari osteotomy in the treatment of acetabular dysplasia

蚌埠医学院学报. 2016, 41(8): 1006–1008 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2016.08.008>

### 股骨颈骨折术后股骨头缺血坏死的发生率及危险因素分析

Incidence rate and risk factors analysis of the avascular necrosis of femoral head after femoral neck fracture

蚌埠医学院学报. 2021, 46(8): 1050–1053 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.08.015>

### 空心钉锁定钢板与加压空心螺钉治疗青壮年股骨颈骨折对比研究

Comparative study on the treatment of femoral neck fracture in young adults with hollow nail locking plate and pressurized hollow screw

蚌埠医学院学报. 2019, 44(7): 900–902, 907 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.07.014>

# 打印与虚拟手术设计在髋臼骨折手术治疗中的应用

杨 勇,邱志杰,徐红革,孙 博,王良恩,曾卫平,杨 斌

**[摘要]** **目的:**从基础与临床两方面探讨3D打印与虚拟手术设计在髋臼骨折手术治疗中的应用可行性。**方法:**基础部分选择36例髋臼骨折病人,临床部分选择13例髋臼骨折病人,应用3D打印技术结合术前虚拟手术设计,根据髋臼骨折病人骨盆薄层CT扫描数据进行三维重建、虚拟骨折块分离、虚拟手术复位、虚拟内固定植入模拟髋臼骨折手术,为病人制定个性化的手术方案,进行临床手术治疗。**结果:**根据病人骨盆薄层CT扫描数据成功获得高精度虚拟复位模型,虚拟模拟骨折块分离、复位、内固定置入等步骤确定钢板植入位置、螺钉植入方向、螺钉植入长度,制定个性化、最优化手术方案设计,并结合虚拟手术设计完成3D模拟手术;基础实验部分病人钢板位置均与数字化设计高度一致,螺钉方向与数字化设计高度吻合,虚拟手术设计螺钉长度与3D模拟手术螺钉长度比较差异无统计学意义( $P>0.05$ );临床实验部分病人均按照虚拟手术设计成功完成手术,术后与虚拟手术设计钢板、螺钉位置及数量高度一致,虚拟手术设计螺钉长度与临床手术螺钉长度比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论:**3D打印与虚拟手术设计可为髋臼骨折病人制定最优化、个性化的手术方案,有效提高手术精确性与安全性,应用可行性高。

**[关键词]** 3D打印;虚拟手术设计;髋臼骨折手术

**[中图法分类号]** R 318 **[文献标志码]** A **DOI:**10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.08.016

## Application value of printing and virtual surgery design in the treatment of acetabular fracture

YANG Yong, QIU Zhi-jie, XU Hong-ge, SUN Bo, WANG Liang-en, ZENG Wei-ping, YANG Bin

(Department of Orthopaedics, Meishan People's Hospital, Meishan Sichuan 620010, China)

**[Abstract]** **Objective:**To explore the application feasibility of 3D printing and virtual surgery design in the treatment of acetabular fractures from both basic and clinical aspects. **Methods:**Thirty-six patients with acetabular fractures were selected in the basic part, and 13 patients with acetabular fractures were selected in the clinical part. The 3D printing combined with preoperative virtual surgery design was applied. The three-dimensional reconstruction, virtual fracture fragments separation, virtual surgical reduction and virtual internal fixation implantation were performed according to pelvic thin-slice CT scan data of acetabular fracture patients to simulate acetabular fracture surgery for developing a personalized surgical plan for patients to conduct clinical surgical treatment. **Results:**A high-precision virtual reduction model was successfully obtained according to the patient's pelvic thin-slice CT scan data. The fracture block separation, reduction, internal fixation implantation and other steps were virtually simulated to determine the plate placement position, screw implantation direction and screw implantation length. The individualized and optimized surgical program were drawn up, the 3D simulation surgery was completed by combining with virtual surgery design. In the basic experimental part, the patient's steel plate position and screw direction were highly consistent with the digital design. The difference of the screw length between virtual surgery design and 3D simulation surgery was not statistically significant ( $P>0.05$ ). In the clinical experiment, the operations in some patients were successfully completed according to the virtual surgery design, the positions and quantities of the plates and screws were highly consistent with the virtual surgery design, and the difference in the length of screw between the virtual surgery design and clinical operation was not statistically significant ( $P>0.05$ ). **Conclusions:**The 3D printing and virtual surgery design can provide the optimal and personalized surgical solutions for patients with acetabular fractures, which can effectively improve the accuracy and safety of surgery, the application feasibility is high.

**[Key words]** 3D printing; virtual surgery design; acetabular fracture surgery

髋臼骨折手术多由高能量损伤所致,是创伤骨科里难度最大的<sup>[1]</sup>。传统手术方法为经髂腹股沟入路结合后外侧入路切开复位钢板内固定,前后手

术切口长达20 cm,创伤大,手术风险高<sup>[2]</sup>。随着数字医学技术的发展与推广,术前通过三维重建模型进行骨折复位、内固定模拟操作可提高手术成功率<sup>[3]</sup>。但三维图像并不能完全给人直观、立体感觉,影响手术方案的制定及医患双方沟通。3D打印技术是以数字模型文件为基础,运用粉末状金属或

[收稿日期] 2019-10-10 [修回日期] 2020-05-13

[作者单位] 四川省眉山市人民医院 骨科,620010

[作者简介] 杨 勇(1981-),男,副主任医师。

塑料等可黏合材料,通过逐层打印方式来构造物体的快速成型技术,可大大节省传统模具加工的繁琐步骤。其在骨科临床上的应用可快速为病人定制个性化不规则骨折模型,帮助临床医师准确直观判断骨折移位方向及程度,合理规划手术方案,使手术更精准、安全<sup>[4-5]</sup>。本研究应用 3D 打印技术结合术前虚拟手术设计,进行真实、准确的术前手术模拟以及术中规范、有效地执行手术方案,从基础与临床两方面探讨髌臼骨折微创化、精确化、个性化治疗的可行性。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 基础部分研究病例选择 2017 年 3 月至 2018 年 2 月我院收治的髌臼骨折病人 36 例,排除陈旧性髌臼骨折及合并神经、血管损伤者。其中男 25 例,女 11 例,年龄(38.29 ± 8.21)岁;车祸伤 12 例,打击伤 18 例,高处坠落伤 6 例。临床部分研究病例选择 2018 年 3 月至 2018 年 8 月收治的髌臼骨折病人 13 例,男 11 例,女 2 例,年龄(38.78 ± 7.95)岁;车祸伤 4 例,打击伤 6 例,高处坠落伤 3 例。入院后完善术前检查,给予骨盆及股骨上端薄层 CT 扫描,扫描部位选择骨盆及股骨上段,螺距 ≤ 1.0 mm,管电流 200 ~ 250 mAs,管电压 80 ~ 130 kV,矩阵:512 × 512,扫描数据以 DICOM 格式输出保存。于伤后 7 ~ 14 d 进行手术。

### 1.2 高精度虚拟复位模型建立

1.2.1 影像数据导入与去股骨头骨盆模型建立 将 CT 扫描数据导入三维重建软件 Mimics 14.11 (Materialise 公司,比利时),利用“选定阈值”“区域增长”功能建立骨盆三维模型(包括第五腰椎和股骨头),利用“三维编辑”功能进行图像分割去除股骨头、第五腰椎轮廓信息,生成各自对应“蒙板”,计算“蒙板”信息,生成对应三维模型,用不同颜色显示不同结构三维模型,根据病人实际需求选择任意角度观察骨折情况及髌臼关节面和股骨头骨折累及情况,以 Mimics Document(.mcs)格式保存重建三维模型。

1.2.2 骨折块分离模型建立 利用股骨头三维模型,运用 Mimics 软件“三维编辑”模块中“三维区域增长”“显示”“隐藏”“反选”“分离”等功能以骨折线为参考,将骨折块分离为单个“蒙板”,当骨折线不明显或者未完全分离时,以骨折线延伸方向为参考分离骨折块,通过计算“蒙板”3D 信息,生成对应骨折块单一模型,每个骨折块模型具备单一颜色

显示。通过旋转、平移等方式全方位观察骨折情况,确定骨折类型,以 Mimics Document(.mcs)格式保存骨折块分离模型。

1.2.3 虚拟复位骨盆模型建立 利用骨折块分离模型通过 Mimics 软件“simulation”模块“复位”功能将各个单一骨折块通过“旋转”“平移”等方式以位置相对恒定骨折块或对侧骨盆为参考调节各骨折块之间相对位置,恢复骨折块及髌臼关节面的正常解剖关系,将各个复位骨折块应用“合并”功能生成单一复位模型应用于手术方案设计。以“STL”格式导出单个骨折块模型与复位骨折模型,并应用于 3D 打印。

### 1.3 最优化虚拟手术方案制定

1.3.1 最佳手术入路选择 根据最小创伤,最精确、有效内固定原则选择手术入路,髌臼前柱、四方体部分骨折选择腹直肌旁入路,髌臼后柱及后壁骨折选择 K-L 入路,同时合并髌臼前后部分骨折选择腹直肌旁入路结合 K-L 入路。

1.3.2 虚拟内固定植入 利用 Mimics 软件“MedCAD”模块“创建曲线”功能在复位模型上初步确定钢板植入位置,结合虚拟曲线利用“测量”功能按和钢板 1:1 比例测量并确定钢板植入位置和螺钉位置。利用“创建圆柱体”功能创建和临床手术螺钉直径一致圆柱体模拟螺钉,按手术需要调整螺钉位置和长度。基础实验部分研究需三维切割预设钢板位置骨折模型,切割骨块大小以预设钢板位置长度增加 1 ~ 2 mm、宽度增加 1 mm,获得局部复位模型,并以 STL 格式导出。

### 1.4 运用 3D 模型模拟手术

1.4.1 同比例钢板模型制作 运用游标卡尺测量骨盆解剖直行钢板宽度、厚度、孔横径、孔直径、孔间距等解剖参数,以“mm”为单位(数据精确至小数点后两位),骨盆解剖钢板由苏州欣荣博尔特医科器械有限公司提供。然后在 Solid Works 2012 中建立钢板平面模型,利用拉伸、切割、曲线折弯等功能建立和骨盆解剖钢板同比例三维模型,以“STL”格式导出。以铝板为材料,交予模具加工公司进行加工,并进行表面氧化增加钢板表面光滑度。高仿真铝制钢板用于基础性实验研究,临床试验骨盆解剖钢板由欣荣博尔特医科器械有限公司提供。

1.4.2 高仿真 3D 模型制作 利用“STL”格式骨折块与局部复位模型,导入 3D 打印机 MakerBot Replicator2 (Makerbot 公司,美国),使用自带软件调整模型位置至最佳后,选择打印材料“PLA”,打印精

度为标准(0.2 mm)后确定打印。基础实验部分需打印单一骨折块与局部复位模型,临床试验部分打印复位骨折模型。

1.4.3 3D模型模拟手术 (1)基础实验:利用局部骨折模型结合数字化设计进行钢板预弯,将单一骨折块3D模型按术中复位步骤用强力胶水逐一粘合模拟术中复位,利用折弯钢板指导复杂骨折手动复位困难的骨折块。将预弯钢板贴合到复位骨位模型上,稍作移动当钢板确定唯一位置后比较钢板位置和术前设计位置。利用直径4.0 mm克氏针参考虚拟设计螺钉方向植入螺钉,克氏针均穿透双侧皮质,并记录方向偏移情况和植入长度。(2)临床实验:利用复位模型依照虚拟手术方案选择相同长度钢板,以手术方案设定位置局部解剖结构为参考进行钢板预弯,利用3D复位骨折模型按虚拟手术设计螺钉长度、方向植入螺钉,观察螺钉位置及骨折块固定情况。

1.5 对比数字化设计和模拟手术情况 基础实验部分比较虚拟手术方案与3D模拟手术中钢板位置、螺钉植入方向、螺钉植入长度是否匹配;临床实验部分比较虚拟手术方案与临床手术钢板位置、螺钉植入方向、螺钉植入长度是否匹配。

1.6 统计学方法 采用 $t$ 检验。

## 2 结果

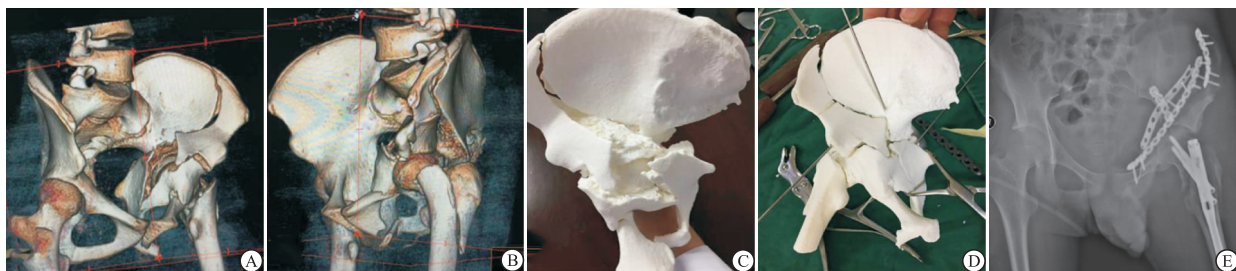
根据病人骨盆薄层CT扫描数据导入Mimics软件成功获得高仿真三维重建模型,明确诊断、了解骨折情况。通过三维重建、虚拟模拟骨折块分离、复位、内固定置入等步骤确定钢板植入位置、螺钉植入方向、螺钉植入长度,为个性化、最优化手术方案设

计提供了重要依据和帮助。3D打印技术可成功制作高精度、个性化3D骨折模型,并结合虚拟手术设计进行3D模拟手术,以指导临床手术。

2.1 基础实验部分 对36例髌臼骨折病人进行虚拟手术设计并3D模拟手术,共植入38块钢板,钢板位置均与数字化设计高度一致;共植入282枚螺钉,278枚方向与数字化设计高度吻合,无螺钉进入关节腔;虚拟手术设计螺钉长度( $4.50 \pm 0.30$ )cm与3D模拟手术螺钉长度( $4.54 \pm 0.33$ )cm,差异无统计学意义( $t=1.51, P>0.05$ )。

2.2 临床试验部分 对13例髌臼骨折病人进行虚拟手术设计、3D模拟手术及临床手术,13例病人均按照虚拟手术设计成功完成手术,共植入18块钢板,115枚螺钉,术后与虚拟手术设计钢板、螺钉位置及数量高度一致,虚拟手术设计螺钉长度( $4.48 \pm 0.35$ )cm与临床手术螺钉长度( $4.52 \pm 0.38$ )cm,差异无统计学意义( $t=0.83, P>0.05$ )。

2.3 典型病例 病人男性,47岁,因高处坠落导致多发性脊柱骨折,左侧股骨转子间和股骨颈骨折,左侧骨盆髌臼骨折伴中心性脱位,左侧肱骨干骨折入院。为了恢复病人完整髌臼,应用数字骨科技术对其骨盆CT数据进行三维重建,利用3D打印技术按照1:1比例打印同等大小骨折模型,先在体外进行模拟手术,确定术中 will 使用钢板位置、长度、形状和螺钉位置。在伤后18 d行髌臼手术,手术成功,与术前设计高度一致,采用微创腹直肌外侧入路切口仅10 cm,手术时间缩短至2.5 h,手术出血量约500 mL,术后复查X线及CT检查显示骨折复位良好(见图1)。病人术后恢复理想,术后2 d可在病床上做简单功能性锻炼。



A、B: 术前骨盆重建; C: 3D打印骨盆; D: 术前模拟手术; E: 术后X片

图1 多发性脊柱骨折的3D打印技术结合术前虚拟手术设计情况

## 3 讨论

随着临床对骨科疾病认知的逐渐加深,对影像学的要求也越来越高,常规二维X片及普通CT检查已无法满足骨科临床需求,尤其是对于髌臼骨折

等复杂骨科疾病。随着计算机技术逐渐融入医学的发展,三维重建技术克服了传统二维图像立体感缺乏、组织间遮挡等缺陷,以直观、立体的三维图像显示病人骨质结构,对骨科领域疾病的诊断及深入认识具深刻意义<sup>[6-7]</sup>。本研究利用Mimics 14.11软件

导入骨盆薄层 CT 扫描数据进行三维重建,得到骨盆三维模型。Mimics 软件可提供横断面、矢状面、冠状面、三维重建 4 个界面图像,同时实现多平面定位、相互参考;通过平移、旋转等功能对三维重建模型进行任意角度观察,放大、缩小细致观察骨折部位及隐藏股骨头,详细了解骨折累及情况,有助于临床医师明确诊断,详细了解骨折类型,指导治疗方案的制定。另外,更加直观立体的三维重建模型有利于医生与病人进行病情介绍,使病人直观了解自身病情及治疗方案,在一定程度上可降低医疗护理风险。

在计算机技术迅速发展的大背景下,数字化技术亦被广泛用于医学领域。在此基础上诞生的虚拟手术设计等高精尖医疗技术正慢慢改善传统医学模式,成为未来医学发展研究的热点。虚拟手术设计是基于医学图像数据,根据计算机图形学三维重建构建出虚拟的人体组织模型,模拟虚拟的医疗环境,并利用交互设备进行手术模拟,为手术医生创造一个虚拟的 3D 环境及人机交互操作平台,虚拟模拟临床手术的操作过程,与传统手术教学模拟比较,具直观、无损伤、可视化、可重复等方面优势<sup>[8-9]</sup>。通过虚拟手术设计,可帮助医生选择最佳手术入路,提前模拟手术整个过程以发现手术方案中存在的问题,及时修改以起到预防风险,减小手术创伤及临近组织损伤的目的,合理、有效地制定个性化手术方案,提高手术精准度及安全性。另外,虚拟手术设计还可以减少对昂贵实验模型的需求,降低培训成本。对于髋臼骨折等复杂骨科手术,术前手术方案的设计是手术的重要组成部分,直接关系到手术成功率<sup>[10]</sup>。本研究利用髋臼骨折病人骨盆薄层 CT 扫描数据进行三维重建、虚拟骨折块分离、虚拟手术复位、虚拟内固定植入模拟髋臼骨折临床手术操作,从而制定最优化、个性化的手术方案,指导 3D 模拟手术及临床手术治疗,提高病人临床疗效及预后。

3D 打印是利用粉末状金属或塑料等可粘合材料,采用分层加工、叠加成形等方式逐层增加材料生成 3D 实体的快速成型技术,已被广泛用于颌面整形外科及口腔科,并逐步应用于骨科领域,具有广阔的发展前景<sup>[11-12]</sup>。王志标等<sup>[13]</sup>利用 3D 打印技术用于骶骨骨折手术,可更好地了解骶骨骨折特点,有助于手术医生术前模拟及手术方案的设计,缩短临床手术时间,降低手术操作难度,通过设计的预弯钢板精准复位骨折,提高手术疗效。李新春等<sup>[14]</sup>将 3D 打印技术用于治疗 Pilon 骨折,根据 CT 三维重建

结果制作的骨折模型有助于最佳手术入路的快速、准确判断,术中直接准确植入合适内固定物,缩短手术时间,减少 C 臂透视次数,提高手术效率及安全性。黄华军等<sup>[15]</sup>基于 3D 打印技术模拟复杂胫骨平台骨折病人的内固定手术数字化设计,优化选择的钢板与骨面匹配良好,钢板模拟植入位置与虚拟手术设计方案高度一致,证实了虚拟手术设计方案的准确性及可靠性。本研究通过数字化设计可获得高仿真骨盆三维模型并进行虚拟骨折块分离、虚拟手术复位、虚拟内固定植入等手术操作,为医生提供一个虚拟的 3D 环境以及可交互操作平台,逼真的模拟临床手术的全过程,可准确确定手术钢板长度、位置及螺钉长度、方向,通过 3D 打印技术获得高精度三维模型指导显示手术模拟,可准确进行钢板预弯,提高医生手术操作能力,在行复杂髋臼骨折手术之前进行练习,把通过成像设备获取的病人图像导入仿真系统,对实际手术作出相应的规划,或者对病变缺损部位进行较精确的前期测量和估算,从而预见手术的复杂性,为病人制定个性化的手术方案,可大大降低手术的风险性,对改善病人预后具重要指导作用。本研究采用数字化设计与 3D 打印技术相结合,根据 3D 打印骨折模型进行手术模拟,最后采用微创化腹直肌旁入路对髋臼骨折病人进行临床手术治疗,符合外科学微创化、个性化发展趋势,可有效提高髋臼骨折手术治疗安全性及准确性。

综上所述,通过基础与临床两层面研究,初步证实了 3D 打印技术结合术前虚拟手术设计对髋臼骨折病人微创化、精确化、个性化治疗的可行性与准确性,具有重要的临床意义及社会价值。

#### [参 考 文 献]

- [1] NIKURA T, SUGIMOTO M, LEE SY, *et al.* Tactile surgical navigation system for complex acetabular fracture surgery [J]. *Orthopedics*, 2014, 37(4): 237.
- [2] DE BELLIS UG, LEGNANI C, CALORI GM. Acute total hip replacement for acetabular fractures: a systematic review of the literature [J]. *Injury*, 2014, 45(2): 356.
- [3] 王雨辰, 马勇, 俞伟忠, 等. 计算机虚拟复位结合 3D 打印技术在髋臼骨折中的临床应用 [J]. *中国骨伤*, 2017, 30(7): 627.
- [4] ZENG J, HUANG WH, HUANG HJ, *et al.* Laparoscopic acetabular fracture fixation after three-dimensional modelling and printing [J]. *Indian J Orthop*, 2017, 51(5): 620.
- [5] 罗斌, 朱爱萍, 刘家国. 髋臼骨折术前规划中 3D 打印技术虚拟手术模拟的应用 [J]. *中国临床研究*, 2018, 31(5): 597.
- [6] 陆俭军, 谭海涛, 陆声榆, 等. 3D 打印技术辅助手术治疗髋臼双柱骨折的临床疗效分析 [J]. *广西医科大学学报*, 2017, 34(1): 28.

效方面较优,我们总结主要有以下优点<sup>[11-12]</sup>:(1)长柄设计能够匹配人体股骨髓腔生理弧度,获得了相对均匀的假体应力分布效果,减少假体微动,降低双下肢长度差异;(2)假体表面真空等离子钛喷涂,远段进行了抛光处理,这一设计能够加快近段骨长入,假体尽早获得稳定性,与骨水泥假体能够获得一致的早期固定效果;(3)假体表面设计真空等离子钛喷涂,能够增加股骨、假体接触面积,一方面能够降低假体弹性模量,降低应力遮挡,另一方面能够促进骨松质、假体之间的接触面积,有利于骨小梁长入,提高中远期假体稳定性。

APL 生物解剖固定股骨柄假体 THA 术适应证包括<sup>[13]</sup>:(1)股骨颈骨折、髋关节骨关节炎等大多数髋部外伤及疾病;(2)中青年病人或术后活动量大以及二次翻修手术者;(3)无严重的内科疾病,如心脑血管疾病、恶性肿瘤等。主要禁忌证有<sup>[14]</sup>:(1)严重骨质疏松者;(2)髋关节转移瘤或结核。综上所述,APL 生物解剖固定股骨柄假体 THA 术治疗股骨头无菌性坏死切实可行,近期疗效显著,术后假体稳定性较高,双下肢等长良好。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张先龙. 现代人工髋关节假体材料相关热点问题[J]. 医学研究生学报,2018,31(4):355.
- [2] 赖然,英强,舒克冬,等. 骨性关节炎全髋关节置换术后脱位发生情况及其影响因素研究[J]. 蚌埠医学院学报,2019,44(9):1240.
- [3] ZHA GC, SUN JY, DONG SJ. Less anterior knee pain with a routine lateral release in total knee arthroplasty without patellar

resurfacing: a prospective, randomized study [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*,2014,22(3):517.

- [4] HARRISHAYES M, STEGERMAY K, VAN L D, *et al*. Reduced hip adduction is associated with improved function after movement-pattern training in young people with chronic hip joint pain. [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*,2018,48(4):1.
- [5] 付焘,于长禾,张洋,等. 膝骨关节炎临床研究中结局评价指标的应用现状[J]. 中国医药导报,2018,15(29):27.
- [6] 方贵明,黄明,高明杰,等. 保留股方肌在人工髋关节置换术中的临床应用[J]. 蚌埠医学院学报,2018,43(8):1039.
- [7] 马涛,张育民,郝林杰,等. 人工髋关节置换研究进展[J]. 陕西医学杂志,2019,48(5):675.
- [8] 白波,罗林聪,彭继侨. 有限元法在髋关节运动力学研究中的应用进展[J]. 国际骨科学杂志,2018,39(1):24.
- [9] 杨涛,谢杰,胡懿邵,等. 354 例 Ribbed 股骨柄假体置换术的中远期疗效分析[J]. 中国修复重建外科杂志,2019,33(9):1116.
- [10] 田晁,贺尧,陈虹,等. 解剖型生物固定股骨柄假体周围骨密度的中短期随访研究[J]. 重庆医科大学学报,2018,43(10):1394.
- [11] 刘军,甄平,周胜虎,等. 骨保留型股骨柄假体在全髋关节置换术中的临床应用[J]. 中国骨伤,2018,31(2):129.
- [12] 孙孟帅,曹晓瑞,闫昭,等. 非骨水泥型膝关节假体的临床应用进展[J]. 中华骨与关节外科杂志,2018,11(3):233.
- [13] 赖然,英强,舒克冬,等. 骨性关节炎全髋关节置换术后脱位发生情况及其影响因素研究[J]. 蚌埠医学院学报,2019,44(9):1240.
- [14] 史志勇,张雪云,陈丰,等. 老年患者髋关节置换后感染的治疗策略[J]. 中国组织工程研究,2018,22(3):471.

( 本 文 编 辑 周 洋 )

( 上 接 第 1057 页 )

- [7] CHEN X, CHEN X, ZHANG G, *et al*. Accurate fixation of plates and screws for the treatment of acetabular fractures using 3D-printed guiding templates: an experimental study [J]. *Injury*, 2017,48(6):1147.
- [8] ZENG C, XING W, WU Z, *et al*. A combination of three-dimensional printing and computer-assisted virtual surgical procedure for preoperative planning of acetabular fracture reduction[J]. *Injury*,2016,47(10):2223.
- [9] 李富涛,李焰,马杰,等. 计算机辅助虚拟手术设计结合 3D 打印技术在颌骨重建的应用研究[J]. 创伤外科杂志,2017,19(9):657.
- [10] CHANA-RODRÍGUEZ F, MAÑANES RP, ROJO-MANAUTE J, *et al*. 3D surgical printing and pre contoured plates for acetabular fractures[J]. *Injury*,2016,47(11):2507.

- [11] 胡林勇,陈秋生,钟美莲,等. 3D 打印在髌臼骨折并骨盆骨折中的临床应用[J]. 中华实用诊断与治疗杂志,2016,30(9):867.
- [12] 吴毅,吴章林,孙永建,等. 3D 打印技术在髌臼骨折个性化导航模块设计中的应用[J]. 分子影像学杂志,2016,39(4):379.
- [13] 王志标,伯宇,马腾,等. 3D 打印技术在髌骨骨折手术中的应用[J]. 宁夏医科大学学报,2017,39(4):479.
- [14] 李新春,康麟,庞渊. 3D 打印技术在 Pilon 骨折手术治疗中的应用[J]. 新疆医科大学学报,2015,48(4):471.
- [15] 黄华军,张国栋,欧阳汉斌,等. 基于 3D 打印技术的复杂胫骨平台骨折内固定手术数字化设计[J]. 南方医科大学学报,2015,35(2):218.

( 本 文 编 辑 周 洋 )