

# 虚拟现实技术辅助下经股骨颈基底部旋转截骨术治疗股骨头坏死 11 例

高润子<sup>1</sup> 夏天卫<sup>2</sup> 环大维<sup>1</sup> 邱越<sup>1</sup> 刘金柱<sup>1</sup> 张超<sup>2</sup> 施乐<sup>1</sup> 黄桂成<sup>1</sup> 沈计荣<sup>2△</sup>

**[摘要]** **目的:**探讨虚拟现实技术(Virtual Reality,VR)辅助下经股骨颈基底部旋转截骨术治疗股骨头坏死(Osteonecrosis of the Femoral Head,ONFH)的临床效果。**方法:**以 2018 年 4 月至 2019 年 11 月拟行经股骨颈基底部旋转截骨术的 11 例(11 髋)ONFH 患者作为研究对象,分期均为国际骨循环学会(Association Research Circulation Osseous,ARCO)Ⅲ期。术前采用 VR 技术进行方案设计,将 CT 数据导入软件构建坏死区域形态,模拟旋转截骨,根据负重区股骨头完整率设计旋转角度。术中按照术前规划进行旋转截骨,C 臂机下透视确认旋转角度和负重区情况。如出现计划旋转角度偏小情况,则在透视下继续增加旋转角度。术后第 2 天通过摄 X 线片评估旋转效果,与术前规划旋转角度比较。随访时采用 Harris 评分评估髋关节功能。**结果:**术后切口均 I 期愈合。患者均获随访,随访时间 10~26 个月。术后均达到 VR 术前规划旋转角度。10 例(10 髋)截骨处愈合良好,1 例(1 髋)出现截骨处延迟愈合。术前 Harris 评分为(55.00±4.73)分,末次随访时 Harris 评分为(72.73±10.93)分,与术前比较差异有统计学意义( $t=4.937, P<0.001$ )。末次随访时髋关节评分优 1 髋,较好 2 髋,良 5 髋,差 3 髋,优良率为 72.7%。**结论:**虚拟现实技术辅助下经股骨颈基底部旋转截骨术治疗股骨头坏死短期疗效满意。

**[关键词]** 虚拟现实技术;股骨头坏死;经股骨颈基底部旋转截骨术

**[中图分类号]** R681.8 **[文献标志码]** B **[文章编号]**1005-0205(2021)05-0051-05

## 11 Cases of the Treatment of Osteonecrosis of the Femoral Head via Virtual Reality Assisted Rotational Osteotomy Through the Base of the Femoral Neck

GAO Runzi<sup>1</sup> XIA Tianwei<sup>2</sup> HUAN Dawei<sup>1</sup> QIU Yue<sup>1</sup> LIU Jinzhu<sup>1</sup>  
ZHANG Chao<sup>2</sup> SHI Le<sup>1</sup> HUANG Guicheng<sup>1</sup> SHEN Jirong<sup>2△</sup>

<sup>1</sup>Nanjing University of Chinese Medicine,Nanjing 210023,China;

<sup>2</sup>Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine,Nanjing 210029,China.

**Abstract Objective:**To study the clinical efficacy of virtual reality (VR) assisted rotational osteotomy through the base of the femoral neck in the treatment of osteonecrosis of the femoral head (ONFH). **Methods:**A total of 11 patients (11 hips) with ONFH underwent rotational osteotomy through the base of femoral neck from April 2018 to November 2019 was studied. All patients were in ARCO Ⅲ. VR technique was used to design the scheme before operation. The CT datum were imported into the software to construct the morphology of necrotic area to simulate the rotational osteotomy,and to design the rotational angle according to the intact rate of the femoral head in the loading area. The rotatory osteotomy was performed according to the preoperative plan. The rotatory angle and the weight-bearing area were confirmed by X-ray fluoroscopy. If the planned angle was too small,the rotation would be increased to a satisfactory position under the fluoroscopy. The efficacy of rotational osteotomy was evaluated by X-ray film on the 2nd day after operation and we compared it with the preoperative planned rotational angle. Hip function was evaluated with Harris score during follow-up. **Results:** All the incisions healed well after operation. Patients were followed up 10 to 26 months. The planned rotational angle by VR

preoperative design were achieved in all patients. The osteotomy healed well in 10 cases (10 hips),and delayed healing occurred in 1 case (1 hip). The preoperative Harris score was (55.00±4.73) during the last follow-up. Harris

<sup>1</sup> 南京中医药大学(南京,210023)

<sup>2</sup> 南京中医药大学附属医院

<sup>△</sup>通信作者 E-mail:joint66118@sina.com

score ( $72.73 \pm 10.93$ ) was significantly higher than that before operation ( $t=4.937, P<0.001$ ). At the last follow-up, the hip function was excellent 1 hip, good 2 hips, fair 5 hips, poor 3 hips, the excellent rate is 72.7%. **Conclusion:** It is satisfactory that the short-term efficacy of virtual reality assisted rotational osteotomy through the base of the femoral neck in the treatment of osteonecrosis of femoral head.

**Keywords:** virtual reality; osteonecrosis of the femoral head; rotational osteotomy

股骨头坏死(Osteonecrosis of the Femoral Head, ONFH)好发于青壮年,可引起髋关节疼痛、活动受限,严重降低患者生活质量<sup>[1]</sup>。对于年轻患者而言,不宜过早置换关节,故保髋治疗具有较高意义<sup>[2-4]</sup>。张洪等将传统股骨转子间截骨术改良为经外科脱位入路股骨颈基底部分旋转截骨术,用于 ARCO II B~III C 期 ONFH 的保髋治疗<sup>[5]</sup>。但由于患者个体差异大、手术复杂,存在术前规划困难、截骨不愈合、术后头臼关系不匹配等问题,是限制该手术推广应用的瓶颈<sup>[5-7]</sup>。

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术利用计算机模拟产生一个三维立体环境。在保髋术前规划方面,通过 VR 技术可三维展示病变部位及周围结构,进行立体测量、预测术后形态改变<sup>[8-10]</sup>。2018 年 4 月至

2019 年 11 月,笔者对收治的 11 例(11 髋) ONFH 患者,采用 VR 技术辅助下经股骨颈基底部分旋转截骨术进行治疗,取得一定疗效,现报告如下。

1 临床资料

1.1 研究对象

2018 年 4 月至 2019 年 11 月,由南京中医药大学附属医院骨伤科收治的有强烈保髋意愿的 ONFH 患者。患者年龄 21~38 岁,平均 30 岁。男 8 例(8 髋),女 3 例(3 髋)。单髋 11 例。坏死类型:创伤性 1 例(1 髋),酒精性 2 例(2 髋),激素性 4 例(4 髋),特发性 4 例(4 髋)。均为 ARCO III 期。中日友好医院(CJFH)分型:L<sub>2</sub> 型 10 髋、L<sub>3</sub> 型 1 髋。病程 5~12 个月,平均 7 个月。术前 Harris 评分为( $55.00 \pm 4.73$ )分。患者一般资料见表 1。

表 1 虚拟现实技术辅助下经股骨颈基底部分旋转截骨术治疗股骨头坏死患者的详细临床资料

术肢	CJFH 分型	年龄/岁	性别	坏死原因	术前评分/分	末次随访评分/分	疗效评价
左髋	L <sub>2</sub>	38	男	特发性	52	72	良
右髋	L <sub>2</sub>	21	女	激素性	61	77	良
右髋	L <sub>2</sub>	34	女	特发性	53	82	较好
右髋	L <sub>2</sub>	29	男	特发性	58	74	良
左髋	L <sub>2</sub>	25	男	激素性	50	81	较好
右髋	L <sub>2</sub>	22	男	创伤性	64	72	良
右髋	L <sub>2</sub>	33	男	激素性	51	59	差
左髋	L <sub>2</sub>	27	男	酒精性	52	90	优
左髋	L <sub>3</sub>	37	男	特发性	50	74	良
左髋	L <sub>2</sub>	35	男	酒精性	56	69	差
右髋	L <sub>2</sub>	29	女	激素性	58	50	差

注:疗效评价按 Harris 评分划分,满分 100 分,总分≥90 分为优,总分 80~89 分为较好,总分 70~79 分为良,总分<70 分为差。

1.2 纳入标准

1)患者年龄 20~40 岁;2)患者有强烈保髋意愿,而且一般情况良好,配合各项检查及治疗;3)中日友好医院分型(CJFH 分型)L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 型 ONFH 患者<sup>[11]</sup>;4)经 VR 软件计算,符合外侧柱完全受累,而内侧柱完整率>1/3要求的患者;5)随访资料完整。

1.3 排除标准

1)髋关节 MRI 上患髋关节软骨明显损伤的患者;2)近 2 a 内患脑血管意外、急性冠脉综合征、严重烧烫伤或经历其他重大手术的患者;3)肝、肾、造血系统存在严重原发性疾病的患者;4)精神疾病患者。

2 方法

2.1 VR 工程制作、图像处理与手术规划

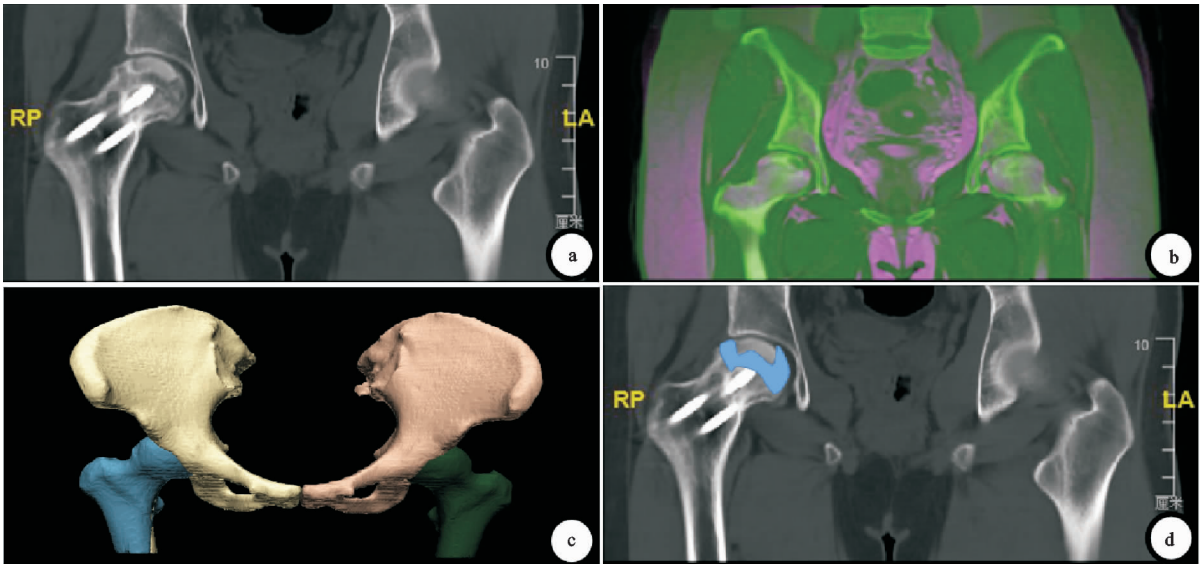
术前摄标准骨盆正位、蛙位 X 线片、双髋关节 256

排 CT 平扫(见图 1a)、1.5 T 双髋关节 MRI。将髋关节 256 排 CT 的原始数据保存为 DICOM 格式导入软件,上传云端服务器,进行图像处理与分割。将原始 VR 工程发回工作站(MVR 手术规划系统)(妙智科技(深圳)有限公司),进行 CT 与 MRI 图像配准(见图 1b)。VR 软件自动分割双侧髋骨和股骨,同时除噪点和碎片,构建髋关节三维模型,保存为原始 VR 工程(见图 1c)。以 CT 冠状位逐层绘制坏死区(见图 1d),随后经边界平滑处理,生成最终的 VR 工程(见图 2a、b)。

笔者对符合上文纳入标准的患者行经股骨颈基底部分旋转截骨术的术前规划。首先模拟截骨手术,术者于 VR 工程上确定截骨界面(股骨颈基底部分,见图 2c、d)。接着模拟旋转手术,一般将股骨头向后旋转,必要时可将股骨头适度内翻进一步提高旋转截骨术的效

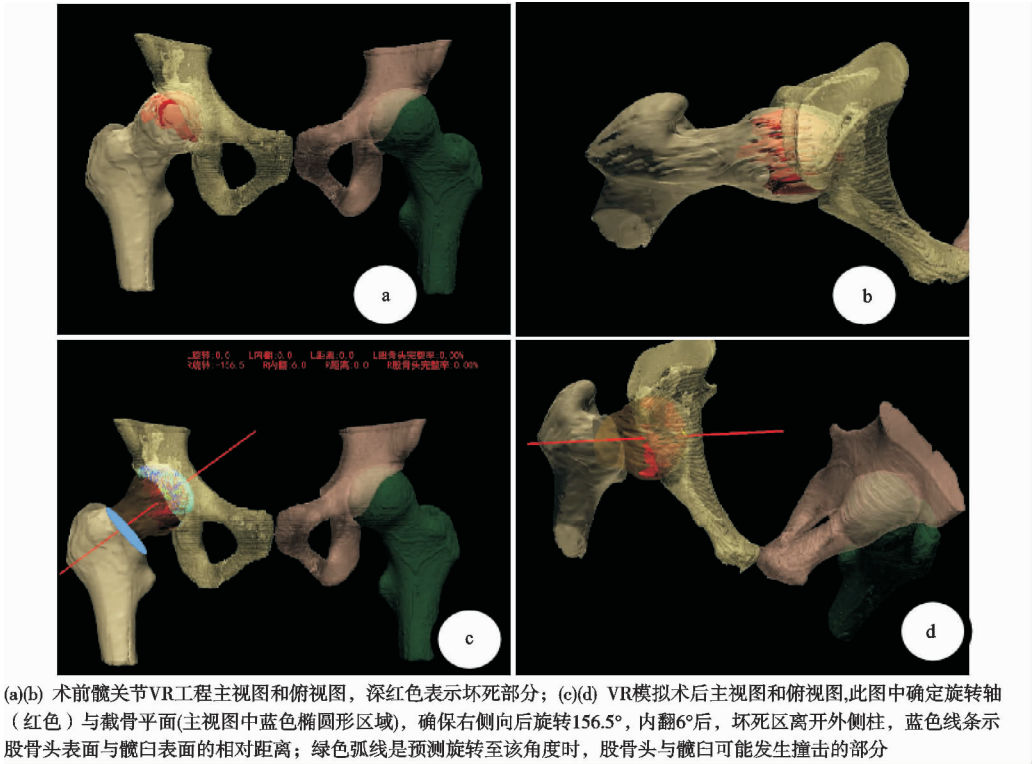
果。期间通过软件计算旋转、内翻至该角度时,股骨头负重区的完整率,并采用蓝色线条标示不同旋转角度下股骨头颈交界与髌臼间的相对距离(见图 2c、d),以

期尽可能减少术后发生头臼撞击的风险。在确保无撞击情况下,取股骨头负重区完整率最高时的旋转与内翻角度(见图 2c、d)。



(a) 髋关节256排CT初步确定坏死范围及大小,筛选经股骨颈底部旋转截骨术的合适人群;图中患者CJFH分型L<sub>3</sub>型,但内侧柱存留>1/3,符合旋转截骨纳入标准;(b) CT与MR配准后效果示意图;(c) 三维模型建模及自动分割双侧髋骨和股骨分割效果示意图;(d) 根据256排CT逐层画出坏死区的具体部位,此层中蓝色标记部位即为坏死区

图 1 VR 工程制作流程



(a)(b) 术前髋关节VR工程主视图和俯视图,深红色表示坏死部分;(c)(d) VR模拟术后主视图和俯视图,此图中确定旋转轴(红色)与截骨平面(主视图中蓝色椭圆形区域),确保右侧向后旋转156.5°,内翻6°后,坏死区离开外侧柱,蓝色线条示股骨头表面与髌臼表面的相对距离;绿色弧线是预测旋转至该角度时,股骨头与髌臼可能发生撞击的部分

图 2 VR 术前规划流程

2.2 手术方法

全麻后患者取侧卧位,以大粗隆顶点为中心,于髋关节外侧作长 10 cm 左右的纵切口。依次切开皮肤、皮下,轻度内旋髋关节,沿大粗隆后上缘及股骨干后缘向股骨远端分离股外侧肌。用摆锯沿此连线自后向前截骨,厚约 1.5 cm。用 Hoffman 拉钩伸入截骨间隙,

于髋关节屈曲、外展、外旋位,沿大转子顶点向前上方钝性分离,显露、切开发节囊。剪断圆韧带,使股骨头向外脱位。完成外科脱位后,自大转子外下方沿股骨颈轴线植入 1 枚 1.5 mm 克氏针,作为旋转轴。在术前 VR 设计的截骨线的近、远端各植入 1 枚克氏针。使用摆锯于股骨颈基底部分、垂直于股骨颈,截断股骨

颈。通过把持截骨线近端的克氏针旋转股骨头颈。结合术前 VR 分析的结果,根据 2 枚克氏针角度的变化判断股骨头是否旋转至理想角度。用 2.5 mm 螺纹针对截骨块行临时固定。透视下确认坏死区旋转至非负

重区后,用动力髋螺钉(3 髋,见图 3a)或空心螺钉(8 髋,见图 3b)固定。复位髋关节,固定大粗隆截骨块,依次缝合切口<sup>[7]</sup>。

### 2.3 术后处理及疗效评价指标

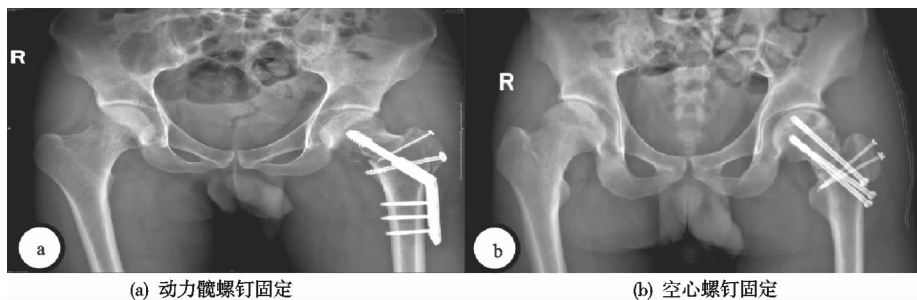


图 3 股骨颈基底部旋转截骨术后固定方式

术后常规给予抗感染、镇痛,辅以化痰、抑酸护胃等对症治疗,嘱患者抬高患肢,术侧避免负重 3 个月。术后第 2 天摄骨盆正位 X 线片,由同一研究人员评价手术的旋转效果,与术前规划旋转角度进行比较(误差值)。术后 3 个月随访 1 次,之后每 6 个月随访 1 次,摄骨盆正位 X 线片、双髋关节 CT 等,采用 Harris 评分评价髋关节功能。

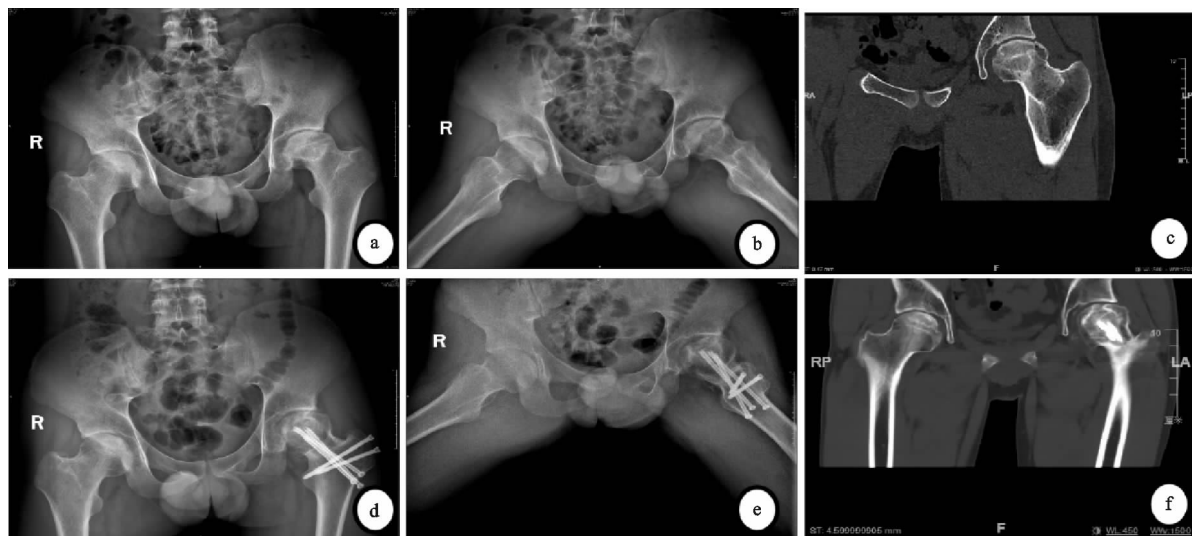
### 2.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件进行分析。数据以  $\bar{x} \pm s$  表示,手术前后比较采用配对样本  $t$  检验,检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

### 3 结果

术后切口均 I 期愈合,VR 术前规划旋转角度 7 髋一致,4 髋误差  $2^\circ \sim 6^\circ$ 。患者均获 10 个月以上随访。本组 10 例截骨处愈合良好,典型病例见图 4。末次随访时,1 例(1 髋)出现内固定松动,1 例出现截骨处延迟愈合。末次随访时,11 例患者术髋 Harris 评分为  $(72.73 \pm 10.93)$  分,与术前比较差异有统计学意义( $t = 4.937, P < 0.001$ )。随访时,髋关节功能优 1 髋,较好 2 髋,良 5 髋,差 3 髋,优良率为 72.7%。本组患者详细临床资料见表 1。

### 4 讨论



(a)(b) 术前骨盆正位片及蛙位片;(c) 术前左髋CT代表层面显示左侧股骨头大面积坏死,外侧柱见明显新月征及塌陷,但内侧柱骨质尚存留  $> 1/3$ ,分期属 ARCO III B 期,分型属 CJFH L<sub>2</sub> 型;(d)(e) 术后 26 个月骨盆正位片及蛙位片,显示股骨头轮廓形态未见进一步塌陷;(f) 术后 26 个月 CT 显示左髋坏死区集中在中间柱及内侧柱

图 4 典型病例

经外科脱位入路股骨颈基底部旋转截骨术是最新国内保髋指南推荐的股骨头坏死保髋术式<sup>[12]</sup>。一般认为经外科脱位、股骨颈基底部旋转截骨术相比传统的旋转截骨术的优点在于:1)通过髋关节外科脱位技术能安全、彻底地暴露并探查患髋,不影响股骨头的血供<sup>[13-14]</sup>。2)股骨颈形态类似圆形,在股骨颈基底部旋转截骨后截骨面对合好,固定后的股骨颈形态类似正

常形态,避免了截骨面旋转困难、对合差的缺点。3)截骨部位在股骨颈基底,对股骨近端的髓腔形态几乎没有影响,一旦出现保髋失败需要人工关节置换,则对股骨近端扩髓及人工假体的近端固定没有影响。4)必要时可通过软组织瓣延长技术将股骨头血供最重要的旋股内侧动脉深支连同外旋肌群自大粗隆后方游离出来,完全彻底地暴露股骨颈基底部。但由于患者个体

差异大、手术复杂,存在术前规划困难、术后头臼关系不匹配等问题,是限制该手术推广应用的瓶颈<sup>[5-7,15]</sup>。

笔者认为将 VR 技术用于经股骨颈基底部旋转截骨术主要具有如下优势:1)VR 软件有利于筛选符合条件的患者。负重区完整率是决定手术成功与否的关键。不同于 X 线、CT、MRI 等传统影像学技术,VR 软件可直接、准确计算负重区完整率。笔者前期研究发现 CJFH 分型中 L<sub>2</sub> 型患者与 L<sub>3</sub> 型的部分患者适合做经股骨颈基底部旋转截骨术<sup>[13]</sup>。借助 VR 技术,更好地筛选适合该术式的人群。2)术前规划方面,VR 技术具有直观的特点,可以提高术前准备的质量。笔者可以通过 VR 工程将坏死区形态、体积纳入考虑范围,三维模拟手术,形象直观。这样不仅可推算出手术所需内固定器械(螺钉或钢板)的长短,更有利于预估手术的疗效,便于与患者及家属沟通、讲解手术,缓解患者及家属的压力与紧张感。3)VR 技术有利于减少术中创伤。经股骨颈基底部旋转截骨术的学习周期长,手术复杂。术者如果根据经验目测、估算手术的旋转角度,术中多需要根据实际情况反复调整旋转角度。VR 技术恰好可以弥补此缺点,VR 软件可直接测算旋转角度,并且术后负重区情况和完整率均由软件运算获得,准确性较高,故应用 VR 技术指导手术,可缩短手术时间、减少手术创伤。4)在模拟股骨颈基底部截骨、旋转、内固定的过程中,VR 软件可预测出股骨头与髌臼间易发生撞击的区域(见图 4),以及截骨后易发生愈合困难的区域,故可在术中行头颈部成形术,局部富含血小板血浆注射等减少术后发生撞击、骨不连的可能。

但是 VR 技术用于外科脱位下经股骨颈基底部旋转截骨术还存在以下问题:1)坏死区域重建仍需人工完成,精度有待提高;2)由于缺乏合适工具(如 3D 打印),术前规划确定的截骨平面尚不能在术中精准确定。

综上所述,VR 技术辅助下经股骨颈基底部旋转截骨术治疗股骨头坏死短期疗效满意。但本研究仅应用 11 例,随访时间较短,且无对照研究,该技术的临床疗效有待进一步明确。此外,已有研究者将 VR 技术与人工智能技术、3D 打印技术相结合<sup>[8-10,16]</sup>,提高保髋手术疗效,提示未来亦可将其应用于保髋手术。

## 参考文献

- [1] CUI L, ZHUANG Q, LIN J, et al. Multicentric epidemiologic study on six thousand three hundred and ninety five cases of femoral head osteonecrosis in China[J]. International Orthopaedics, 2016, 40(2): 267-276.
- [2] MONT M A, SALEM H S, PIUZZI N S, et al. Nontrau-

matic osteonecrosis of the femoral head: where do we stand today? [J]. The Journal of Bone and Joint Surgery, 2020, 102(1): 1084-1099.

- [3] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 股骨头坏死临床诊疗规范(2015 年版)[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2015, 9(1): 133-138.
- [4] 中国医师协会骨科医师分会显微修复工作委员会, 中国修复重建外科专业委员会骨缺损及骨坏死学组, 中华医学会骨科分会显微修复学组. 成人股骨头坏死临床诊疗指南(2016)[J]. 中华骨科杂志, 2016, 36(15): 945-954.
- [5] 肖凯, 罗殿中, 张洪, 等. 股骨颈基底部旋转截骨术治疗早期股骨头坏死的临床疗效[J]. 中华骨科杂志, 2018, 38(7): 425-432.
- [6] 张念非, 李子荣, 杨连发, 等. 经股骨粗隆部旋转截骨术治疗股骨头坏死[J]. 中华外科杂志, 2004, 22(24): 13-16.
- [7] 夏天卫, 魏伟, 沈计荣, 等. 经外科脱位入路打压植骨术与旋转截骨术治疗 ARCO III 期股骨头缺血性坏死疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(4): 445-450.
- [8] 施乐, 樊燕鑫, 沈计荣, 等. 虚拟现实技术术前规划在经转子间弧形内翻截骨术治疗成人股骨头缺血性坏死中的应用价值[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(8): 923-928.
- [9] 任鹏鹏, 张启栋, 王卫国. 虚拟现实技术在骨科领域的研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26(21): 1980-1983.
- [10] 郑潮顺, 李春海. 虚拟现实技术在骨科术前规划中的应用[J]. 中国骨科临床与基础研究杂志, 2017, 9(5): 310-315.
- [11] 夏天卫, 魏伟, 沈计荣, 等. 基于中日友好医院分型的股骨头坏死阶梯化保髋治疗经验总结[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(1): 10-15.
- [12] 中国医师协会骨科医师分会骨循环与骨坏死专业委员会, 中华医学会骨科分会骨显微修复学组, 国际骨循环协会中国区. 中国成人股骨头坏死临床诊疗指南(2020)[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(20): 1365-1376.
- [13] XIA T W, ZHU J, SHEN J R. Comparison of surgical dislocation and impacting bone graft and surgical dislocation and rotational osteotomy for the treatment of ARCO III femoral head necrosis [J]. Medicine, 2020, 99 (20): e20215.
- [14] 雷志强, 曾平, 罗钧. 髋关节外科脱位技术治疗股骨头坏死的研究进展[J]. 广西医学, 2020, 42(4): 474-476.
- [15] 顾长源, 杜斌, 孙光权, 等. 股骨头坏死保髋治疗常用术式的利与弊[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(21): 3379-3386.
- [16] 张颖, 张蕾蕾, 刘又文, 等. 股骨头坏死保髋治疗常用术式的利与弊[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(21): 3379-3386.

(收稿日期: 2020-10-08)