

· 临床研究 ·

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

王雨辰¹, 马勇¹, 俞伟忠², 李云峰², 刘延辉²

(1. 南京中医药大学第一临床医学院, 江苏 南京 210046; 2. 南京中医药大学附属武进中医医院骨伤科, 江苏 常州 213161)

【摘要】 目的: 探讨应用计算机虚拟复位结合 3D 打印技术对髋臼手术进行术前规划, 评估其应用价值及其疗效。方法: 回顾分析 2011 年 3 月至 2014 年 3 月采用手术内固定方式治疗的 35 例髋臼骨折患者, 按术前是否应用计算机虚拟复位和 3D 打印技术分为数字组和对照组。数字组 15 例, 男 9 例, 女 6 例; 年龄 22~58 岁, 平均(39.4±8.8)岁; 受伤至手术时间(8.8±2.0) d; 按 Letournel-Judet 分型: 双柱骨折 4 例, 后壁骨折 5 例, T 型骨折 4 例, 后壁伴横行骨折 2 例。对照组 20 例, 男 12 例, 女 8 例; 年龄 19~59 岁, 平均(38.7±13.1)岁; 受伤至手术时间(8.2±2.3) d; 按 Letournel-Judet 分型: 双柱骨折 6 例, 后壁骨折 8 例, T 型骨折 3 例, 后壁伴横行骨折 3 例。比较两组患者的术中出血量、输血量、手术时间、骨折复位满意率和 d'Aubigne Postal 功能评定优良率, 并进行统计分析。结果: 所有患者切口均 I 期愈合, 无切口感染情况发生; 骨折均 I 期愈合, 无内固定断裂或松动。两组各有 1 例术后出现神经刺激症状。数字组 1 例在术后 6 个月发现股骨头坏死。常规组 1 例在术后 8 个月发现异位骨化。35 例患者获得随访, 时间 13~28 个月, 平均 17.6 个月。数字组患者的术中出血量、输血量显著少于对照组患者, 手术时间短于对照组患者, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。数字组和对照组骨折复位优良率分别 92.9%(14/15)和 85%(17/20), 差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组末次随访时 d'Aubigne Postal 功能评定优良率分别为 86.7%(13/15)和 80%(16/20), 差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论: 计算机虚拟复位结合 3D 打印技术可以减少髋臼骨折患者的手术时间、术中出血量和输血量, 是一种切实有效的术前规划方式, 值得推广。

【关键词】 髋臼; 关节内骨折; 打印, 三维

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2017.07.009

Application of the computer-assisted virtual reduction combined with 3D printing technique in acetabular fractures

WANG Yu-chen, MA Yong*, YU Wei-zhong, LI Yun-feng, and LIU Yan-hui. *The First Clinical Medical School of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210046, Jiangsu, China

ABSTRACT Objective: To investigate the computer-assisted virtual reduction combined with 3D printing technique as pre-operative planning and assess their therapeutic effects. **Methods:** Thirty-five cases of acetabular fracture treated by internal fixation from March 2011 and March 2014 were retrospectively analyzed. All patients underwent operations with internal fixations implanted. The patients were divided into 2 groups according whether they used the computer-assisted virtual reduction combined with 3D printing technology. Fifteen patients in the digital group included 9 males and 6 females with a mean age of (39.4±8.8) years old ranging from 22 to 58 years old; time from injury to the operation was (8.8±2.0) days; for Letournel-Judet classification, 4 cases were both column fracture, 5 cases were posterior wall fracture, 4 cases were T-fracture, 2 cases were posterior wall with transverse fracture. Twenty cases in the control group included 12 males and 8 females with a mean age of (38.7±13.1) years old ranging from 19 to 59 years old; time from injury to the operation was (8.2±2.3) days; for Letournel-Judet classification, 6 cases were both column fracture, 8 cases were posterior wall fracture, 3 cases were T-fracture, 3 cases were posterior wall with transverse fracture. The volume of intraoperative blood loss and blood transfusion, operative time, satisfaction rate of fracture reduction and excellent and good rate of d'Aubigne Postal function evaluation were compared between the two groups and statistical analysis was conducted. **Results:** All the incisions healed without infection occurred. All the fractures healed without breakage or loosening of plates and screws. There was 1 case of postoperative nerve stimulation symptoms in each group. One patient in the digital group was found necrosis of the femoral head at 6 months after operation. One patient in the control group was found heterotopic ossification at 8 months after operation. All patients were follow-up for 13 to 28 months with an average of 17.6 months. The volume of intraoperative blood loss and blood transfusion in the digital group were

通讯作者: 马勇 E-mail: zhongyi-my@263.net

Corresponding author: MA Yong E-mail: zhongyi-my@263.net

significantly less than those in the control group ($P<0.05$). The operation time in the digital group was shorter than that in the control group($P<0.05$). The excellent and good rates of fracture reduction were 92.9%(14/15) and 85%(17/20) in the digital group and the control group respectively, and there was no statistical significance ($P>0.05$). The excellent and good rates of d'Aubigne Postal function evaluation were 86.7%(13/15) and 80%(16/20) respectively, and there was no significant difference($P>0.05$). **Conclusion:** The computer-assisted virtual reduction combined with 3D printing technique can reduce the operative time, volume of intraoperative blood loss and blood transfusion in acetabular surgeries for patients with acetabular fractures. The technique is an effective method for preoperative planning, which worth promoting.

KEYWORDS Acetabulum; Intra-articular fractures; Printing, three-dimensional

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(7):627-632 www.zggszz.com

髌臼骨折多由高能量创伤所致, 且好发于青年人群^[1]。由于髌臼的解剖复杂性, 术中显露困难, 目前仍是骨科医生的一大挑战^[2]。由于髌臼负重区的移位骨折必须得到解剖复位^[3], 骨科医生需要了解每个病例的精确病理解剖和骨折信息。近年来, 随着数字医学的发展, 计算机虚拟复位技术和 3D 打印模型为骨科医生提供了新的术前规划的模式^[4-5]。南京中医药大学附属武进中医医院骨伤科从 2011 年以来使用患者的 CT 数据进行三维建模, 虚拟复位, 将复位后的数据通过 3D 打印转化为实体, 并依此进行模拟手术, 取得了不错的疗效。本研究旨在比较以计算机虚拟复位和 3D 打印技术的术前规划指导下的数字组和传统手术组的临床疗效。

1 资料与方法

1.1 一般资料与分组

回顾分析 2011 年 3 月至 2014 年 3 月在南京中医药大学附属武进中医医院行手术治疗的髌臼骨折患者, 共 35 例。按术前是否应用计算机虚拟复位和 3D 打印技术分为数字组和常规组。数字组 15 例, 男

9 例, 女 6 例; 年龄 22~58 岁, 平均(39.4±8.8)岁; 受伤至手术时间(8.8±2.0) d; 受伤原因: 车祸伤 5 例, 坠落伤 3 例, 砸压伤 7 例; 按 Letournel-Judet 分型^[6]: 双柱骨折 4 例, 后壁骨折 5 例, T 型骨折 4 例, 后壁伴横行骨折 2 例; 合并损伤: 休克 3 例, 四肢骨折 4 例, 肝脾破裂 4 例, 颅脑损伤 2 例, 泌尿生殖系及肠道损伤 2 例。对照组 20 例, 男 12 例, 女 8 例; 年龄 19~59 岁, 平均(38.7±13.1)岁; 受伤至手术时间(8.2±2.3) d; 受伤原因: 车祸伤 4 例, 坠落伤 8 例, 砸压伤 8 例; 按 Letournel-Judet 分型: 双柱骨折 6 例, 后壁骨折 8 例, T 型骨折 3 例, 后壁伴横行骨折 3 例。合并损伤: 休克 7 例, 四肢骨折 7 例, 肝脾破裂 9 例, 颅脑损伤 5 例, 泌尿生殖系及肠道损伤 7 例。两组基线资料符合正态分布且方差齐性, 具有可比性(见表 1)。

1.2 方法

1.2.1 影像学资料采集 采用 64 排 128 层螺旋 CT(Siemens, 德国)对患者骨盆进行薄层扫描(<1 mm), 将影像数据以 DICOM 格式导出至 Mimics 16.0(Ma-

表 1 两组髌臼骨折患者术前基线资料的比较

Tab.1 Comparison of preoperative baseline characteristics between two groups of patients with acetabular fractures

| 组别 | 例数 | 性别(例) | | 年龄($\bar{x}\pm s$, 岁) | Letournel-Judet 分型(例) | | | | | |
|-----|----|----------------|-----|-------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|---|------------------------------|
| | | 男 | 女 | | A 型 | B 型 | C 型 | D 型 | | |
| 数字组 | 15 | 9 | 6 | 39.4±8.8 | 4 | 5 | 4 | 2 | | |
| 常规组 | 20 | 12 | 8 | 38.7±13.1 | 6 | 8 | 3 | 3 | | |
| 检验值 | - | $\chi^2=0.000$ | | $t=0.183$ | $\chi^2=5.277$ | | | | | |
| P 值 | - | 1.000 | | 0.853 | 0.153 | | | | | |
| 组别 | 例数 | 致伤原因(例) | | | 合并伤(例) | | | | | 受伤至手术时间($\bar{x}\pm s$, d) |
| | | 车祸伤 | 坠落伤 | 砸压伤 | a | b | c | d | e | |
| 数字组 | 15 | 5 | 3 | 7 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 8.8±2.0 |
| 常规组 | 20 | 4 | 8 | 8 | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 | 8.2±2.3 |
| 检验值 | - | $\chi^2=1.772$ | | | $\chi^2=1.193$ | | | | | 0.740 |
| P 值 | - | 0.412 | | | 0.879 | | | | | 0.464 |

注: A 为双柱骨折, B 为后壁骨折, C 为 T 型骨折, D 为后壁伴横行骨折; a 为休克, b 为四肢骨折, c 为肝脾破裂, d 为颅脑损伤, e 为泌尿生殖系及肠道损伤

Note: A is both column fracture, B is posterior wall fracture, C is T-type fracture, D is posterior column with posterior wall fracture; a is shock, b is fracture of limb, c is rupture of the liver and spleen, d is craniocerebral injury, e is injury of urinary and reproductive system and intestine

terialise, 比利时)软件中。

1.2.2 三维建模和计算机虚拟复位 使用蒙版编辑功能把骨盆和股骨头进行分离,去除股骨影像;髌臼及骨折块使用区域增长功能,把髌臼整体和具有临床意义的骨折块进行完整分割^[7]。在 3D 建模窗口中使用位移和旋转功能将每个骨折块解剖复位。

1.2.3 个体化钢板的制作和钢板预塑型 将复位前和复位后的数据保存为 STL 格式发送至 3D 打印机(华森三维打印研究院有限公司,江苏常州)打印出 1:1 等大的髌臼骨折模型。根据复位前实体模型进一步明确骨折分型、移位程度。通过复位后的实体模型来预估术中复位的效果。委托常州市华森医疗器械公司的工程师根据复位后的建模定制个体化钢板,制作完成后根据复位后的实体模型进一步预塑型,并且在模型上进行模拟置钉等手术操作。同时可以根据实际需要改变钢板原本的螺纹方向,订制专门的加长套筒,从而进一步减少手术操作中造成的医源性损伤,减少手术并发症的发生。

1.3 手术方法

所有患者采用全身麻醉,患者取侧卧位或“漂浮体位”。入路选择根据骨折类型主要有 Kocher-Langenbeck(K-L)入路、髂腹股沟入路以及前后联合入路。数字组采用髂腹股沟入路 4 例,K-L 入路 5 例,髂腹股沟入路联合 K-L 入路 6 例。充分显露髌臼骨折部位后,按照术前计算机虚拟复位和模拟手术所确定的方案,采用骨膜剥离撬拨、髌臼复位钳复位骨折块,检查关节面的解剖结构恢复满意后,将预塑型钢板进行植入固定。同时可低温消毒骨盆模型,在术中随时比对,检查是否与术前规划一致。常规组采用髂腹股沟入路 6 例,K-L 入路 8 例,髂腹股沟入路联合 K-L 入路 6 例,充分暴露骨折部位,完成骨折复位后,用铝板贴合骨面折弯,然后使用重建锁定钢板依照铝板的形状进行塑型后,实施常规内固定操作。术中常规透视见骨折复位良好,内固定位置及螺钉长度满意,髌关节活动无异常,伤口内留置 1 根或 2 根引流管,逐层缝合伤口。

1.4 术后处理

术后常规使用抗生素 48 h,术后 48 h 内拔出引流管,维持下肢皮牵引 2 周。术后第 2 天开始每日皮下注射低分子肝素,预防深静脉血栓形成,并鼓励患者行股四头肌等长收缩锻炼。术后 2 周撤除皮牵引,开始行髌关节被动屈伸锻炼,并逐步过渡至主动屈伸锻炼。根据复查 X 线片观察骨折愈合情况,通常术后 8 周开始逐步下地负重行走。

1.5 观察项目及方法

观察记录两组患者的术中出血量、输血量 and 手

术时间以及术后并发症情况。采用 Matta^[8-9]髌臼骨折复位标准评价骨折复位质量:骨折移位 0~1 mm 为解剖复位,2~3 mm 为良好复位,>3 mm 为不满意复位。

1.6 疗效评价方法

髌关节功能采用 d'Aubigne Postal^[10]功能评定,分别从疼痛、运动幅度、步行 3 个方面进行评价,优 18 分,良 15~17 分,一般 13~14 分,差 0~12 分。

1.7 统计学处理

采用 SPSS 19.0 软件(IBM 公司,美国)进行统计学分析,计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示,两组患者的年龄、受伤至手术时间、手术时间、术中出血量、输血量、随访时间等计量资料,首先使用 Shapiro-Wilk 检验符合正态分布且方差齐性的,组间比较采用独立样本 *t* 检验,非正态分布者采用 Mann-Whitney U 秩和检验进行比较。两组患者的性别、骨折分型、致伤原因、合并伤、髌关节功能优良率、骨折复位优良率等计数资料采用卡方检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般随访结果

35 例患者术后获随访,时间 13~28 个月,平均 17.6 个月。数字组和常规组术后随访时间平均分别为(17.8±2.7)和(16.5±1.9)个月,两组间比较差异无统计学意义($t=0.388, P=0.442 > 0.05$)。所有患者切口均 I 期愈合,无切口感染情况发生;骨折均 I 期愈合,无内固定断裂或松动。两组各有 1 例术后出现神经刺激症状,经神经营养药对症处理后症状缓解。常规组 1 例在术后 8 个月复查时发现异位骨化,于术后 22 个月时行手术切除。数字组 1 例在术后 6 个月时发现股骨头坏死,于术后 17 个月时行去除内固定并行全髌关节置换术。典型病例影像资料见图 1。

两组术中出血量、输血量 and 手术时间见表 2。数字组术中出血量为(640±112) ml,常规组(1 030±287) ml,数字组少于对照组($P < 0.05$,见表 2);数字组输血量(391±121) ml,常规组为(771±152) ml,数字组少于对照组($P < 0.05$,见表 2);数字组手术时间为(117±18) min,常规组为(165±24) min,数字组短于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$,见表 2)。

术后根据 Matta 髌臼骨折复位标准,评价骨折复位满意度,数字组包括优 9 例,良 5 例,中 1 例;常规组包括优 13 例,良 4 例,中 3 例;两组优良率分别为 92.9%(14/15)和 85%(17/20),差异无统计学意义($\chi^2=1.068, P=0.301 > 0.05$)。

2.2 髌关节功能优良率

两组末次随访时 d'Aubigne Postal 功能评分结果见表 3,数字组评分 16.9±1.9,优 10 例,良 3 例,一

般 2 例,优良率 86.7%(13/15);常规组评分 16.6±1.4, 优 11 例,良 5 例,一般 4 例,优良率 80%(16/20);两组优良率比较差异无统计学意义 ($\chi^2=0.268, P=0.605>0.05$)。

3 讨论

髋臼骨折是严重的关节内骨折,对于有移位的髋臼骨折的治疗原则是进行解剖重建^[1],尽可能恢

复关节面的平整,并且选用稳定的内固定方式,以期恢复髋臼的生物力学稳定,并且可以让患者进行早期的术后康复锻炼^[12]。尽管骨折内固定技术的发展日新月异,但髋臼骨折内固定首选入路和手术复位方式仍然存在较大差异性,每个学者都存在自己的见解^[13]。目前基于患者 CT 数据的 3D 打印骨盆模型已经在临床中得到广泛的应用^[2,14-15]。这项新的技术



图 1 患者,男,43 岁,诊断为左髋臼骨折、左髋关节后脱位 1a. 术前骨盆 X 线片 1b. 骨盆 CT 薄层扫描示左髋臼后壁骨折 1c. CT 数据在 Mimics16.0 软件中的三维建模 1d. 在 Mimics16.0 软件中通过蒙版分割骨块进行虚拟复位后的三维图像 1e. 复位后的骨盆图像数据经 3D 打印机打印成实体,将数字钢板在模型上进行精确塑型 1f,1g. 术后 2 d 骨盆 X 线片和三维重建显示左髋臼骨折复位满意,内固定位置良好,无螺钉进入髋臼 1h. 术后 14 个月复查骨盆正位 X 线片示骨折愈合良好,未发生股骨头坏死

Fig.1 A 43-year-old male patient with acetabular fracture and posterior dislocation of left hip joint 1a. AP X-ray of pelvis 1b. Thin slice CT scanning of pelvis showed posterior wall fracture of acetabulum 1c. Three-dimensional virtual model was built by Mimics 16.0 to build with CT data 1d. Using mask editing function to segment a fragment of acetabulum and reduce it in Mimics 16.0 1e. Printed the model out by 3D printer and pre-bended the plate on the model 1f,1g. Postoperative AP X-ray and CT scans at 2 days showed satisfactory reduction of left hip and no screws were planted into the articular surface of acetabulum 1h. Postoperative AP X-ray at 14 months showed good fracture healing and no osteonecrosis of the femoral head was occurred

表 2 两组髋臼骨折患者术中出血量、输血量、手术时间、并发症发生率、骨折复位优良率的比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of the volume of intraoperative bleeding and blood transfusion, operative duration, incidence of complications, and satisfaction rate of reduction between two groups of patients with acetabular fractures($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 例数 | 术中出血量(ml) | 输血量(ml) | 手术时间(min) |
|------------|----|-----------|---------|-----------|
| 数字组 | 15 | 640±112 | 391±121 | 117±18 |
| 常规组 | 20 | 1 030±287 | 771±152 | 165±24 |
| <i>t</i> 值 | - | 4.972 | 7.953 | 6.390 |
| <i>P</i> 值 | - | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

表 3 两组髋臼骨折患者术后末次随访时 d'Aubigne Postal 功能评分结果($\bar{x}\pm s$, 分)

Tab.3 Results of d'Aubigne Postal score at the final follow-up in two groups of patients with acetabular fractures ($\bar{x}\pm s$, score)

| 组别 | 例数 | 疼痛 | 运动幅度 | 步行 | 总分 |
|------------|----|-----------|-----------|-----------|------------|
| 数字组 | 15 | 5.60±0.73 | 5.66±0.62 | 5.73±0.59 | 16.90±1.90 |
| 常规组 | 20 | 5.50±0.76 | 5.60±0.68 | 5.45±0.76 | 16.60±1.40 |
| <i>t</i> 值 | - | 0.390 | 0.298 | 1.196 | 0.268 |
| <i>P</i> 值 | - | 0.699 | 0.767 | 0.240 | 0.605 |

可以为外科模拟手术和内固定精准化置入提供新的思路^[16]。本研究对计算机辅助下 3D 打印技术是否可以有效提升髋臼骨折手术的临床疗效进行了评估。结果发现,通过应用这些技术,髋臼骨折包括单纯的髋臼后柱骨折、双柱骨折、后壁骨折,横行骨折或者是复杂髋臼骨折都能取得满意的复位,而术前规划通常只需要 2~3 d 的时间完成^[17]。术前模拟手术虚拟复位的图像和术后复查的影像学图像能够保持高度一致,可以证明计算机辅助下 3D 打印技术可以为髋臼骨折提供精确的指导^[18-19],同时能够准确地选择手术入路,节省手术时间,减少术中出血,提高复位满意率并且降低骨折并发症发生率。

虚拟手术包括 3 个步骤,包括图像的分割、骨折复位和内固定虚拟置入^[20]。图像的分割是虚拟手术中最关键的环节,骨折的 3D 可视化呈现是判断骨折分型和选择合理手术入路的必由之路^[21]。本研究发现如何准确地将股骨头的影像从整体中分离出去对髋臼图像的建模十分重要,因为股骨头图像会和一些髋臼骨折块重叠,在分离过程中要仔细的观察,否则会遗漏骨折信息,严重的时候影响手术操作。

3D 打印技术最开始是在工业设计中使用的,现在已经扩展到包括医疗的各个行业。这项技术由于其易用性已经在骨科业界得到推广^[22]。本研究通过

比较传统手术与新型手术方式的手术时间、术中出血量、输血量、髋关节功能优良率、骨折复位满意率发现,在 3D 打印模型上对钢板进行预弯后,实际手术中钢板可以几乎完美的贴合复位后的骨折断面,减少了术中反复折弯钢板的时间,同时出血量和输血量也因手术时间的缩短而减少。由于术前准确的模拟手术,充分了解了各个骨折块之间的空间关系,大大简便了复位的过程,提升的骨折复位的质量,同时降低了并发症的发生。

虽然从目前的临床数据来看数字组的效果显著,但是仍缺乏长期随访结果。除此之外,由于 Mimics 软件的 3D 建模仅对骨骼有较高的清晰度,缺乏软组织的数据,无法考虑血管、神经的走行,所以螺钉的方向还需要在术中斟酌。而且钢板的制作都是由工程师来完成的,但是这部分人缺乏医学背景,有时设计的钢板超出了实际所需暴露的范围,造成术中操作的困难,影响手术效果。所以临床医师与器械工程师之间的沟通至关重要,要让工程师明白固定的范围,从而达到满意的设计。

综上所述,计算机模拟手术结合 3D 打印技术帮助临床骨科医师更好的理解局部的病理解剖,提供完整的骨折信息,完成良好的术前规划,以实现更加完美的手术效果。这些技术对于髋臼骨折来说是治疗方法上的提升,并且不仅能够使主刀医生在手术中游刃有余,同时助手也可以做到心中有数,更加有效的配合手术完成。

参考文献

- [1] Dunet B, Tourmier C, Billaud A, et al. Acetabular fracture: long-term follow-up and factors associated with secondary implantation of total hip arthroplasty[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2013, 99(3): 281-290.
- [2] Zeng C, Xiao J, Wu Z, et al. Evaluation of three-dimensional printing for internal fixation of unstable pelvic fracture from minimal invasive para-rectus abdominis approach: a preliminary report[J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(8): 13039-13044.
- [3] 章云童, 王攀峰, 张春才. 涉及白顶负重区髋臼骨折的诊疗与对策[J]. 中国骨伤, 2011, 24(2): 123-127. ZHANG YT, WANG PF, ZHANG CC. Management of weight bearing area fracture of acetabulum[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2011, 24(2): 123-127. Chinese with abstract in English.
- [4] Maini L, Sharma A, Jha S, et al. Three-dimensional printing and patient-specific pre-contoured plate: future of acetabulum fracture fixation[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2016. [Epub ahead of print].
- [5] 周东生. 髋臼骨折的治疗进展及思考[J]. 中国骨伤, 2016, 29(4): 293-297. ZHOU DS. Progress and thinking on the treatment of the acetabular fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(4): 293-297. Chinese.
- [6] Letournel E. Acetabulum fractures: classification and management

[J]. Clin Orthop Relat Res, 1980, (151):81-106.

[7] Balaya V, Uhl JF, Lanore A, et al. 3D modeling of the female pelvis by Computer-Assisted Anatomical Dissection: Applications and perspectives [J]. J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris), 2016, 45 (5): 467-477.

[8] Matta JM, Tornetta P 3rd. Internal fixation of unstable pelvic ring injuries [J]. Clin Orthop Relat Res, 1996, (329): 129-140.

[9] Matta JM. Operative treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach. A 10-year perspective [J]. Clin Orthop Relat Res, 1994, (305): 10-19.

[10] Matta JM. Fractures of the acetabulum; accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury [J]. J Bone Joint Surg Am, 1996, 78(11): 1632-1645.

[11] Zhang S, Su W, Luo Q, et al. Measurement of the "safe zone" and the "dangerous zone" for the screw placement on the quadrilateral surface in the treatment of pelvic and acetabular fractures with Stoppa approach by computational 3D technology [J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 386950.

[12] Zhuang Y, Cao S, Lin Y, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis of acetabular anterior column fractures using the two-incision minimally invasive approach and a preshaped three dimension plate [J]. Int Orthop, 2016, 40(10): 2157-2162.

[13] Li BF, Zhang Y, Tai GL, et al. Application of 3D digital orthopedic techniques in treatment of acetabular fracture [J]. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao, 2016, 36(7): 1014-1017.

[14] 胡维界, 刘峰, 张军钰. 计算机辅助设计与快速成形技术在复杂髋臼骨折切开复位内固定术中的应用 [J]. 中国骨伤, 2016, 29(4): 302-305.
HU WJ, LIU F, ZHANG JY. Application of computer-aided design and rapid prototyping for open reduction and internal fixation of complex acetabular fractures [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(4): 302-305. Chinese with abstract in English.

[15] Wu XB, Wang JQ, Zhao CP, et al. Printed three-dimensional anatomic templates for virtual preoperative planning before reconstruction of old pelvic injuries; initial results [J]. Chin Med J (Engl), 2015, 128(4): 477-482.

[16] Duncan JM, Nahas S, Akhtar K, et al. The use of a 3D printer in pre-operative planning for a patient requiring acetabular reconstructive surgery [J]. J Orthop Case Rep, 2015, 5(1): 23-25.

[17] 李涛, 陈卓夫, 龚辉, 等. 3D 打印技术在复杂髋臼骨折术中的初步临床应用 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(4): 387-388.
LI T, CHEN ZF, GONG H, et al. Preliminary application of 3D printing technique for complex acetabular fractures [J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi, 2016, 31(4): 387-388. Chinese.

[18] 李佳兵, 项舟. 数字化仿真技术在髋臼前柱安全置钉的研究 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2016, 34(4): 397-401.
LI JB, XIANG Z. The study of safe lag screw placement in the anterior column of acetabulum by the digital simulation technique [J]. Zhongguo Lin Chuang Jie Pou Xue Za Zhi, 2016, 34(4): 397-401. Chinese.

[19] 王正坤, 蔡贤华, 兰生辉, 等. 髋臼方形区安全置钉的数字化测量研究 [J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24(8): 739-744.
WANG ZK, CAI XH, LAN SH, et al. Digital measurement of safe screw placement in the quadrilateral plate of the acetabulum [J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2016, 24(8): 739-744. Chinese.

[20] 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): 2223-2227.

[21] Chana-Rodríguez F, Mananes RP, Rojo-Manaute J, et al. 3D surgical printing and pre contoured plates for acetabular fractures [J]. Injury, 2016, 47(11): 2507-2511.

[22] 罗强, 刘德荣, 方欣硕, 等. 3D 打印技术在矫形外科的应用 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2014, 28(03): 268-271.
LUO Q, LIU DR, FANG XS, et al. Application of three-dimensional printing technique in orthopaedics [J]. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi, 2014, 28(3): 268-271. Chinese.

(收稿日期: 2017-02-20 本文编辑: 王玉蔓)

广告目次

1. 曲安奈德注射液(昆明积大制药股份有限公司) (封 2)
2. 腰痛宁胶囊(颈复康药业) (对封 2)
3. 金乌骨通胶囊(贵州盛世龙方制药股份有限公司) (对中文目次 1)
4. 青鹏软膏(西藏奇正藏药股份有限公司) (封底)