

· 临床研究 ·

手法闭合复位结合外固定架治疗儿童肱骨干骨折的临床观察

赵朝锋, 高泉阳, 张天健, 韩卢丽, 赵俊峰, 陈刚, 崔玉
(河南省洛阳正骨医院, 河南 洛阳 471002)

【摘要】 目的: 探讨闭合复位微创治疗儿童肱骨干骨折的临床疗效。方法: 2011 年 7 月至 2015 年 4 月采用手法闭合复位结合外固定架固定治疗 39 例儿童肱骨干骨折, 男 27 例, 女 12 例; 年龄 3~14 岁, 平均 8.6 岁; 受伤至治疗时间 2 h~7 d, 平均 2.7 d; 其中上段骨折 6 例, 中段骨折 21 例, 下段骨折 12 例。所有患儿为闭合性损伤, 损伤后出现疼痛、肿胀、局部畸形及活动受限等症状, X 线检查提示肱骨干骨折。采用肩关节功能 Neer 评分及肘关节功能 HSS 评分记录并对比分析治疗前后肩肘关节疼痛、功能、活动度。结果: 39 例患者均获随访, 时间 6~12 个月, 平均 8.6 个月。术后 2 例出现针道浅表感染, 经换药愈合; 其他病例针孔愈合良好。治疗前后肩关节 Neer 各项评分和总分比较差异均有统计学意义 ($P < 0.01$), 治疗前后肘关节 HSS 疼痛、功能及总分比较差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)。末次随访患者肩关节功能 Neer 评分为 88.82 ± 2.50 , 其中优 29 例, 良 9 例, 可 1 例; 肘关节功能 HSS 评分为 91.51 ± 5.09 , 其中优秀 30 例, 良好 7 例, 一般 2 例。结论: 手法闭合复位结合外固定架治疗儿童肱骨干骨折, 具有创伤小、复位效果确切、固定可靠、利于肩肘关节早期功能锻炼等优点, 此疗法可作为临床上治疗儿童肱骨干骨折的方法之一。

【关键词】 肱骨骨折; 儿童; 正骨手法; 外固定器

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2017.07.008

Treatment of humeral shaft fractures in children with closed reduction and external fixation ZHAO Chao-feng, GAO Quan-yang, ZHANG Tian-jian, HAN Lu-li, ZHAO Jun-feng, CHEN Gang, and CUI Yu. Department of Orthopaedics, Luoyang Orthopedic Hospital of Henan Province, Luoyang 471002, Henan, China

ABSTRACT **Objective:** To explore the clinical effect of closed reduction and minimally invasive treatment of humeral shaft fractures in children. **Methods:** From July 2011 to April 2015, 39 cases of pediatric humeral shaft fractures were treated by closed reduction and external fixation, including 27 males and 12 females with a mean age of 8.6 years old ranging from 3 to 14 years old. Time from injury to the treatment was 2 h to 7 days with an average of 2.7 days. There were 6 cases of upper fracture, 21 cases of middle fracture and 12 cases of lower fracture. All children were closed injury, appeared pain, swelling, local deformity and limited mobility and other symptoms after injury. X-ray examination showed humeral shaft fracture. Neer score of shoulder joint function and HSS score of elbow joint function were used to record and analyze the pain, function and activity of shoulder and elbow joint before and after treatment. **Results:** All the 39 cases were followed up for 6 to 12 months with a mean of 8.6 months. Two cases appeared postoperative superficial infection of the needle, and healed after dress; other cases gained good pinhole healing. There were significant differences in the pain, function and activity of the shoulder of Neer score before and after the treatment ($P < 0.05$). There were significant differences in the pain and function of the elbow of HSS before and after treatment ($P < 0.05$). According to the evaluation of Neer score of shoulder function, the total score was 88.82 ± 2.50 , 29 cases were excellent, 9 cases were good, and 1 case was fair. According to the evaluation of HSS score of elbow joint function evaluation, the total score was 91.51 ± 5.09 , 30 cases were excellent, 7 cases were good, 2 cases were general. **Conclusion:** Manual closed reduction combined with external fixation for the treatment of humeral shaft fractures in children has advantages of less trauma, definite reduction effect, reliable fixation and benefit for early functional exercise of the shoulder and elbow joint. This therapy can be used as one of clinical methods for the treatment of humeral shaft fractures in children.

KEYWORDS Humeral fractures; Child; Bone setting manipulation; External fixators

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(7):622-626 www.zggszz.com

儿童肱骨干骨折中大部分为单一闭合骨折, 非

手术方法是主要的治疗手段。常用传统治疗方法有手法复位后夹板、U 形石膏、悬垂石膏等固定。但上述方法普遍认为存在固定不能牢固, 骨折易发生再移位, 而导致多次复位, 增加患者痛苦, 且易因复位

通讯作者: 赵朝锋 E-mail: chaofengzhao@163.com

Corresponding author: ZHAO Chao-feng E-mail: chaofengzhao@163.com

粗暴造成神经肌肉损伤而出现骨折端分离移位或垂腕桡神经损伤症状,以及外固定造成的肩肘关节功能活动障碍。本研究运用正骨手法进行骨折闭合复位,然后行组合式外固定架固定,既很好的运用了中医正骨手法,又能够通过微创操作而达到对骨折进行稳妥固定,且又不影响相应关节早期功能锻炼。这充分体现了传统中医正骨手法和微创技术存在一定趋同性^[1-2]。现选取笔者所在河南省洛阳正骨医院手法微创正骨科 2011 年 7 月至 2015 年 4 月收治儿童肱骨干骨折患者 39 例,采用手法闭合复位后均行组合式外固定架固定治疗,疗效满意,现总结报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

本组共 39 例,其中男 27 例,女 12 例;年龄 3~14 岁,平均 8.6 岁;39 例患儿均为闭合性损伤,受伤至就诊时间为 2 h~3 d。按骨折部位分为:上段骨折 6 例、中段骨折 21 例、下段骨折 12 例;骨折类型:横断型 21 例,长斜型 10 例,螺旋型 8 例。其中 19 例为经手法复位夹板或石膏外固定后再移位患者,7 例伴有软组织损伤不适宜夹板或石膏外固定,3 例复合伤,另外 10 例均为移位较大的不稳定性骨折;手术均在患者受伤后 3~7 d 内进行。

1.2 病例选择

纳入标准:(1)符合诊断标准的肱骨干新鲜骨折;(2)年龄 3~14 岁;(3)受伤时间 ≤ 7 d;(4)闭合性骨折不合并桡神经损伤;(5)家属对治疗知情同意。排除标准:(1)骨折时间 > 7 d;(2)骨折端嵌插软组织手法不能松解;(3)开放性儿童肱骨干骨折,有软组织缺损或感染者;(4)多段骨折及合并神经血管损伤的复杂型骨折。

1.3 治疗方法

1.3.1 手法复位 在臂丛或全麻下手术,在安置好 C 形臂或 G 臂 X 线机后,患者取仰卧位,一助手用宽布带穿过患侧腋下向上作反牵拉,一助手持患肢腕关节上方,顺势向远端牵拉,且逐渐外展 30°~40°。待重叠移位完全纠正后,根据骨折不同部位的移位情况进行复位。上段骨折:施以牵拉推挤提按复位法即在维持牵引下,术者立于患侧,背向患者头部,以两手拇指推远折端向内,其他四指拉近折端向外,先矫正侧方移位,再在维持侧方对位的情况下,以提按法矫正前后移位使平复。整复上段骨折时,若为螺旋骨折,在复位时应加以旋转力量使其复位;若为碎折(多见蝶形骨折),采用屈肘牵拉旋臂推挤提按复位法:患者仰卧,一助手固定上臂上段,一助手令患者肘关节屈曲 90°,前臂高度旋前,一助手两手持患肢肘部向远端牵拉,有些单用此法即可复位;如复位仍

欠佳,再进行推挤提按矫正其残留移位。此型骨折,关键在于屈肘和前臂极度旋前,骨折即复位好;若伸肘,前臂中立或旋后时,折端即向外突起成角,三角形的骨碎片亦分离,必须注意。中段骨折:若为横断形或短斜形骨折,复位容易,仅用牵拉推挤提按法即可复位;如肱骨中段或中下段若见背向槎骨折,槎形呈斜形骨折和齿状骨折,整复时多采用回旋拨槎法:患者仰卧,一助手固定上臂上段,一助手扶持前臂,术者立于患侧,一手持近折端,一手持肱骨髁部,在肌肉松弛的情况下,向内或向外侧,使远折端围绕近折端旋转,至相对侧或接近相对侧时,使持前臂的助手再向远端牵拉,同时术者推挤提按折端使复位。若为齿状槎骨折除用上法外,亦可采用折顶复位法。下段骨折:采用屈肘牵拉旋臂提按复位法即患者仰卧,一助手固定上臂上段,另一助手一手持肱骨内外上髁部,一手持前臂,使肘关节屈曲 90°;在适当拉力下,术者站患侧,用两拇指在外侧按压近折端向内,其他四指在内侧提扳远折端向外,同时助手使前臂旋前即可复位。若下段骨折为粉碎形(蝶形)骨折的,固定应高度屈肘和前臂极度旋前。

1.3.2 外固定架固定 复位后由助手维持体位,然后术者对术区常规消毒铺巾,根据骨折位置和骨折周围软组织的特点确定进针点,于钢针穿刺点处作 0.5~1.0 cm 小切口,选择肱骨近端前外侧和远端后外侧“安全区域”分别打入螺纹针 4 枚,确保螺纹针远端螺纹置入对侧骨皮质且针尖穿出对侧皮质 1~2 mm;严禁打入骨骺生长板内,并检查螺纹针、夹头是否固定稳妥。最后再次透视见折端复位满意后,助手维持复位状态,术者立即用排夹固定螺纹针及弯头,连接两侧加压连接杆、使用万向接头将弯头和连接杆固定。全程在 C 形臂 X 线监控下,根据骨折复位情况调节外固定架直至骨折对位对线满意。

1.3.3 术后处理 术后患肢用前臂吊带悬吊于胸前 4~6 周,第 2 天摄 X 线片确认固定良好,治疗后第 2 天主动进行握拳功能训练,2 周后开始主动、被动肩肘功能锻炼,并给予纵向应力刺激。应用抗生素 2 d,针孔及时换药防止感染。出院后定期复查 X 线片了解骨折恢复情况,指导功能锻炼,根据骨折愈合情况决定去除外固定架的时间。

1.4 观察项目与方法

术后第 2 天、1、2、3、6 个月和 1 年拍肱骨正侧位 X 线片,观察记录骨折对位、骨折愈合情况(骨折愈合是指临床和 X 线均达愈合标准)。对肩关节采用 Neer^[3]评分标准进行评定,其中疼痛 35 分,功能 30 分,活动度 25 分,解剖复位 10 分;总分 90~100 分为优,80~89 分为良,70~79 分为可,70 分以下

为差。对肘关节功能按 HSS(美国特种外科医院) 100 分表评分法^[4]评价,包括即疼痛 50 分,功能活动 50 分;总分 90~100 分为优秀,80~89 分为良好,70~79 分为一般,70 分以下为较差。

1.5 统计学处理

运用 SPSS 20.0 软件包进行统计学处理,计量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用配对 *t* 检验;以 $P<0.01$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本组 39 例整复固定后 X 线片示:解剖对位 10 例,功能对位 29 例。39 例均获随访,时间 6~12 个月,平均 8.6 个月;所有患儿骨折 I 期愈合,愈合时间 3~4 个月,平均 3.4 个月;术后 2 例出现针道浅表感染,经换药愈合;其他病例针孔愈合良好。

本组治疗前后肩关节 Neer 评分和肘关节 HHS 评分结果见表 1-2,治疗前后肩关节 Neer 各项评分和总分比较差异均有统计学意义($P<0.01$),治疗前后肘关节 HHS 疼痛、功能及总分比较差异均有统计学意义($P<0.01$)。末次随访患者肩关节功能 Neer 评分为 88.82 ± 2.50 ,其中优 29 例,良 9 例,可 1 例;肘关节功能 HSS 评分为 91.51 ± 5.09 ,其中优秀 30 例,良好 7 例,一般 2 例。典型病例见图 1。

3 讨论

由于肱骨干骨折本身所处解剖位置的关系,两端均邻近关节,固定难以牢靠,加之儿童患者在骨折纤维愈合过程中因骨折端疼痛逐渐消失后不能很好

的配合治疗,极易出现骨折的再移位。结合上臂解剖特点可知,骨折复位后容易发生再移位,所以如何固定是关键。对于儿童肱骨干骨折传统的治疗方法是采用手法复位,然后对一些稳定性骨折采用悬垂石膏、U 形石膏或夹板外固定效果较好,但对一些不稳定性骨折固定效果就欠佳,容易发生骨折再移位。由于传统的治疗方法舒适性差、需要经常调整、儿童骨折后管理困难等原因,家属及患儿不愿接受。切开复位钢板内固定虽然固定坚固,骨折端复位良好,患者可早期进行功能锻炼,但是该手术方式具有遗留手术切口瘢痕、感染、引发关节周围粘连及骨化、需要二次手术取内固定物等缺点。彭海洲等^[5]通过临床实践证明弹性髓内钉内固定适合于儿童四肢长骨骨折,具有简便、微创、安全、术后康复快等优点。但是该手术方式产生的手术切口瘢痕、感染、需要二次手术取内固定物等问题也是医生和患儿难以接受的。通过对本组病例的研究,发现微创治疗儿童肱骨干骨折是符合骨科 BO 理念的,但在术中术后一些相关因素会直接影响预后。

3.1 手法复位动作要稳、巧、避免粗暴

患儿在麻醉状态下肌肉较为松弛,且患儿肌肉张力较成人小,无须使用太大力量复位,否则会加重骨骼及软组织的损伤,发生骨化性肌炎可能,甚至会导致神经血管的损伤。对于儿童肱骨干骨折复位时,要明确骨折不同部位的移位情况,运用合适的手法,大多数骨折都可以达到满意复位。

3.2 骨折复位不强调完全解剖对位

肱骨干骨折治疗目的是恢复肢体功能,肱骨适当的短缩、侧方移位和成角畸形不影响肢体功能。患者一般可耐受中度成角畸形(向前成角 $<20^\circ$ 或内翻成角 $<30^\circ$)、旋转畸形($<40^\circ$)或短缩畸形($<3\text{ cm}$)^[6]。故不必过分追求解剖复位,反复复位可能会损伤桡神经和上臂肌肉,同时也可能发生骨化性肌炎。

3.3 组合式外固定架优缺点

组合式外固定架优点主要表现为:(1)手术创伤小,操作简单,不剥离或尽量少剥离骨膜,对于骨折断端血运破坏小,骨折愈合率高^[7]。(2)手术固定不

表 1 儿童肱骨干骨折患者 39 例治疗前后肘关节 HSS 功能评分结果($\bar{x}\pm s$,分)

Tab.1 Comparison of HSS scores of elbow joint function of 39 children with humeral shaft fractures before and after the treatment($\bar{x}\pm s$,score)

时间	疼痛	功能	总分
治疗前	14.59±4.28	18.21 ±4.73	32.79±6.43
末次随访	45.49±1.70	46.03±3.02	91.51±5.09
<i>t</i> 值	4.110	4.465	7.165
<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01

表 2 儿童肱骨干骨折患者 39 例治疗前后肩关节 Neer 功能评分结果($\bar{x}\pm s$,分)

Tab.2 Comparison of Neer scores of shoulder joint function of 39 children with humeral shaft fractures before and after treatment($\bar{x}\pm s$,score)

时间	疼痛	功能	活动度	解剖复位	总分
治疗前	3.49±1.00	10.74±1.79	7.49±1.12	2.13±0.73	23.85±2.87
末次随访	30.72±2.26	27.08±0.93	22.36±1.09	8.67±0.70	88.82±2.50
<i>t</i> 值	4.926	5.340	5.957	3.998	12.849
<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01



图 1 患者,男,6岁,左侧肱骨干骨折,上段骨折,A型 **1a,1b**. 伤后X线片示远折端向外侧、后侧移位,折端向前成角 **1c,1d** 外固定架固定后1周时正侧位X线片示左肱骨干骨折对位、对线良好 **1e,1f**. 术后3个月去外固定架时正侧位X线片示骨折愈合 **1g,1h**. 术后3个月去除外固定架时肘关节功能恢复良好 **1i,1j,1k**. 术后半年及1年肩肘关节功能恢复基本正常

Fig.1 A 6-year-old boy with left humeral shaft fracture of the upper fracture, type A **1a,1b**. X-rays after injury showed the distal end was shifted to the lateral and the posterior side, angle of deflection **1c,1d**. AP and lateral X-rays at 1 week after external fixation showed good alignment and line of left humeral shaft fractures **1e,1f**. AP and lateral X-rays at 3 months after operation showed fracture healing, then remove of external fixator **1g,1h**. At 3 months after remove of external fixator showed the elbow function recovery was good **1i,1j,1k**. The functional recovery of shoulder and elbow joint was normal at 6 months and 1 year after operation

涉及骨骺,对患肢生长发育影响小。(3)手术不固定上下关节,固定牢固,可早期行关节功能锻炼,减少肩肘关节僵直发生率。(4)通过调整加压装置及利用穿针的弹性对骨折断端进行适当加压,这对于缺少垂直负重压力的肱骨治疗是有利的。(5)取除方便,不需再次切开,无需麻醉,避免二次手术痛苦及增加经济负担^[8]。(6)建议无论闭合或开放复位,均在骨折端复位后穿针,外固定架调整只能用于术后微调,而不能依靠外固定架调整复位,以免造成针与骨界面应力过大和集中,引起日后界面松动的可能^[9]。但对于儿童肱骨干骨折,任何一种治疗方法都有它的缺点,外固定架固定也不例外。它的缺点如下:(1)在骨折复位固定过程中,需要借助 X 线进行复位,长期接触对术者有一定身体损害。(2)外固定架因其固定针穿过肌层,肌肉收缩时易致针孔疼痛及渗出;体外针孔护理不当,有可能感染。(3)操作不当也会引起桡神经损伤及针孔感染;因此术者严格规范操作程序,熟悉桡神经走向;同时防止因电钻高速转动灼伤周围软组织,这样操作容易引起针孔感染。

3.4 外固定架操作中注意保护神经血管

(1)骨折近端 2 根钢针的进针点不应超过三角肌止点以远 2~3 cm,远端 2 根钢针的进针点应在距肱骨髁上 3~5 cm 的范围之内,这样可以避开在肱骨外侧行走的桡神经。(2)打钢针时,要通过手感确定穿针点部位在肱骨干外侧皮质前后的中点,并避免穿刺针向前或向后的滑移。(3)在钻头钻出肱骨对侧骨皮质时,勿用力过猛以免惯性钉尖损伤上臂内侧或后面的血管神经组织。

3.5 适时调整外固定架及去除外固定架固定并行功能锻炼

外固定支架术后,要定时复查,查看支架有否松动,及时锁紧,在骨折端有少量骨痂生长,骨折端不易再移位时,应放松加压锁纽,调整支架,有效降低支架应力遮挡^[12],缩短治愈时间。通常 4~6 周后调整支架(在骨痂生长明显时),根据 X 线片骨折处愈合情况适当调整,应放松加压锁纽、调整支架,有效降低支架应力遮挡;通过肩肘关节循序渐进的被动锻炼及主动锻炼来刺激骨折端,从而促进骨痂的生长。

传统中医正骨手法中的“筋骨并重”和微创技术存在一定趋同性,本研究采用手法闭合复位结合组合式外固定架固定治疗儿童肱骨干骨折,使两者有效整合,前者的复位优势和后者微创理念相结合,拓展手法复位在现代医学中的应用。该疗法既把手术创伤减到最低,又能达到治疗的目的,但并不是每个肱骨干骨折患儿都能采用该方法治疗成功,如骨折

粉碎较严重、有严重神经血管损伤、骨折断面嵌插软组织无法手法复位、复位始终不理想的等等。综上所述,影响微创治疗儿童肱骨干骨折疗效的因素较多,只有考虑全面,方法使用得当,才可最大限度地提高闭合复位加组合式外固定架固定治疗儿童肱骨干骨折的优良率,避免医源性损伤,使患儿早日康复。

参考文献

- [1] Bloomstein L, Schenk R, Grob P. Percutaneous plating of periarticular tibial fractures: a reliable, reproducible technique for controlling plate passage and positioning[J]. J Orthop Trauma, 2008, 22(8): 566-571.
- [2] 刘显东,王小兵,徐强,等. 闭合手法复位经皮钢板固定治疗股骨髁上骨折的临床观察[J]. 中国骨伤, 2011, 24(8): 693-694. LIU XD, WANG XB, XU Q, et al. Clinical observation of percutaneous plate fixation in treatment of supracondylar fracture of femur with closed reduction[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2011, 24(8): 693-694. Chinese.
- [3] Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures: Part I. Classification and evaluation. 1970[J]. Clin Orthop Relat Res, 2006, 442: 77-82.
- [4] 刘云鹏,刘沂. 骨与关节损伤和疾病的诊断分类及功能评定标准[M]. 北京:清华大学出版社, 2002: 205-206. LIU YP, LIU Y. Bone and Joint Injury and Disease Diagnosis and Functional Classification of the Standard[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002: 205-206. Chinese.
- [5] 彭海洲,赵文,赵太茂,等. 钛制弹性髓内钉治疗儿童四肢长骨骨干骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2009, 24(10): 930-931. PENG HZ, ZHAO W, ZHAO TM, et al. Treatment of long bone fracture of limbs in children with titanium elastic intramedullary nail [J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Sun Shang Za Zhi, 2009, 24(10): 930-931. Chinese.
- [6] 危杰,刘璠,吴新宝,等. 主译. 骨折治疗的 AO 原则[M]. 上海:上海科技出版社, 2010: 445. WEI J, LIU F, WU XB, et al. AO Principles of Fracture Treatment [J]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2010: 445. Chinese.
- [7] Gustilo RB, Merkow RL, Templeman D. The management of open fractures[J]. J Bone Joint Surg Am, 1990, 72(2): 299-304.
- [8] Temple J, Santy J. Pin site care for preventing infections associated with external bone fixators and pins[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2004, (1): CD004551.
- [9] 鲍磊,周雪峰,马华松,等. 肱骨干骨折的外固定治疗[J]. 中国骨伤, 2006, 19(1): 41-42. BAO L, ZHOU XF, MA HS, et al. External fixation of humeral shaft fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2006, 19(1): 41-42. Chinese.
- [10] 沈洪兴,张春才. 肱骨干骨不连的病因和预防[J]. 中国骨伤, 2003, 16(8): 500. SHEN HX, ZHANG CC. Causes and prevention of humeral shaft nonunion[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2003, 16(8): 500. Chinese.

(收稿日期: 2017-01-20 本文编辑: 王玉蔓)

· 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、髌腹股沟入路以及前后联合入路。数字组采用髌腹股沟入路 4 例,K-L 入路 5 例,髌腹股沟入路联合 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。常规组采用髌腹股沟入路 6 例,K-L 入路 8 例,髌腹股沟入路联合 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)