

· 技术创新 ·

开放获取

3D 打印导板辅助单一前入路复位固定复杂髌臼骨折[△]

史小刚¹, 候腾¹, 陈朴¹, 邱少东^{1, 2*}

(1. 宁夏医科大学, 宁夏银川 750004; 2. 宁夏医科大学总医院骨科创伤骨科, 宁夏银川 750004)

摘要: [目的] 介绍 3D 打印导板辅助单一前方入路治疗髌臼复杂骨折的手术技术和初步临床效果。[方法] 2022 年 2 月—2023 年 9 月对 15 例髌臼复杂骨折患者在 3D 打印导板辅助下经单一前入路进行治疗。术前运用 E-3D 数字医疗建模设计系统软件基于患者 CT 数据重建骨盆模型, 经镜像处理后的骨盆模型作为模拟骨折复位后的骨盆模型, 在镜像模型上设计并制作 1:1 3D 打印体内后柱导板, 术中在 3D 打印导板的辅助下置入后柱螺钉, 并经单一前方入路复位固定髌臼复杂骨折。[结果] 15 例患者均顺利完成手术, 手术时间平均 (103.2±11.2) min, 术中无血管、神经损伤等严重并发症。术后 X 线片及 CT 提示髌臼前、后柱骨折均复位良好, 髌臼后柱拉力螺钉位置好。随访时间 6~12 个月, 末次随访时骨折均愈合, 改良的 Merle D' Aubigne 和 Postel 评分为 (16.9±1.5), 临床结果优良率为 86.7%。[结论] 3D 打印导板辅助单一前方入路治疗髌臼复杂骨折, 能够获得满意的复位及固定, 其手术技术安全可靠。

关键词: 髌臼复杂骨折, 3D 打印导板, 单一前入路, 开放复位内固定

中图分类号: R683.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 20-1888-05

3D printed guider assisted open reduction and internal fixation of complex acetabular fractures through a single anterior approach // SHI Xiao-gang¹, HOU Teng¹, CHEN Pu¹, QIU Shao-dong^{1, 2}. 1. Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China; 2. Department of Traumatic Orthopaedics, General Hospital, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China

Abstract: [Objective] To introduce the surgical technique and preliminary clinical effect of 3D printed guider assisted open reduction and internal fixation (ORIF) of complex acetabular fractures through a single anterior approach. [Methods] From February 2022 to September 2023, 15 patients with complex acetabular fractures were treated by abovementioned surgical procedure. Before surgery, E-3D digital medical modeling and design system software was used to reconstruct the pelvis model based on the patient's CT data. After image processing, the acetabular fractures were reduced in the pelvis model, and a 1:1 personalized 3D printed guider for the posterior column screw placement was designed, made and verified. In the real operation, the acetabular complex fractures were reduced and fixed under assistance of the guider through a single anterior approach. [Results] All the 15 patients had ORIF performed successfully with the average operation time of (103.2±11.2) min, with no vascular, nerve injury and other serious complications during the operation. Postoperative radiographs and CT indicated that the anterior and posterior column of fractured acetabulum were well reduced with the posterior column lag screws well positioned. The follow-up time lasted from 6 months to 12 months, and the fractures were all healed at the last follow-up. The modified Merle D' Aubigne and Postel scores were (16.9±1.5), and excellence and good rate of the clinical outcome was of 86.7%. [Conclusion] The 3D printed guider assisted ORIF of complex acetabular fractures through a single anterior approach can achieve satisfactory reduction and fixation, and is a safe and reliable surgical technique.

Key words: complex acetabular fractures, 3D printed guider, single anterior approach, open reduction and internal fixation

髌臼复杂骨折在治疗时选择合适的手术入路是治疗成功的关键, 以往临床医生根据髌臼前后方骨折特点选择前后联合入路治疗髌臼复杂骨折, 但存在手术创伤大、术后并发症多等问题^[1]。近年来选择单一前方入路治疗髌臼复杂骨折的报道逐渐增多^[2-5], 其固

定方式多采用前方重建钢板联合后柱拉力螺钉技术固定, 两者结合在生物力学稳定性方面及临床上均取得了良好效果^[6-8]。徒手置入后柱螺钉时, 有两点最为关键: (1) 采用 C 形臂 X 线机透视下判断螺钉的位置, 但王钢等^[9]报道, 在行闭孔斜位透视时, 后柱

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100913

△基金项目:宁夏重点研发计划项目(编号:2021ZDYF0519)

作者简介:史小刚, 在读研究生, 研究方向:创伤骨科, (电子信箱)shixiaokoo@foxmail.com

*通信作者:邱少东, (电子信箱)dr_qiushaodong@126.com

后侧部分位置会被髌臼后缘遮挡, 这个部位在骨盆前后位及髌骨斜位透视时难以发现, 而且根据尸体标本等发现, 共 85% 的坐骨神经全部或部分位于遮挡区域内^[10], 若术中未发现错误的导针或螺钉, 会导致坐骨神经损伤的可能; (2) 后柱螺钉进针点的位置及进针角度, 文献中有很多关于这方面的基础研究报道, 确定了后柱螺钉进针的大致位置和方向, 但在术中受患者体位的变化、没有良好的参照等因素, 判断螺钉的方向和进针点位置仍有一定的难度^[11, 12]。本研究通过数字化技术和 3D 打印技术相结合, 设计出简便的个性化后柱导板, 辅助后柱拉力螺钉置钉, 使得精准性和安全性提高, 同时选择单一前方入路治疗髌臼复杂骨折患者, 观察该手术方式的初步临床效果并介绍该手术技术。

1 手术技术

1.1 术前准备

入院后积极处理危及生命的合并伤, 常规行股骨髁上或胫骨结节骨牵引。完善标准影像检查 (图 1a, 1b), 根据骨折移位情况, 选择手术入路并评估通过单一入路完成手术的可行性。常规行骨盆 CT 检查, 将所得 CT 数据以 Dicom 格式导入计算机 E-3D 数字医疗建模设计系统软件中, 以备 3D 打印体内后柱导板设计。在导板制作全过程中, 医师应与 3D 打印中心工程师一起合作设计, 保证虚拟置入和实际手术置入位置的一致性。

通道螺钉的路径规划: 将 CT 数据导入 E-3D 数字医疗建模设计系统软件, 通过阈值分割 (皮肤和骨组织)、团块分离 (双侧股骨头及髌骨)、光滑处理等步骤, 重建出骨盆三维模型。采用镜像技术对患侧半骨盆进行重建, 得到的健侧髌骨镜像模型可视为患侧髌骨复位后的状态, 在此模型中, 在距髌髌关节前缘约 2 cm 弓状缘处作一垂直线, 选择的进针点在沿垂直线距弓状缘约 1 cm 处, 建立直径为 6.5 mm 的圆柱体模拟后柱螺钉, 调整圆柱体的空间位置, 并对模型进行旋转、透明化等步骤处理, 分别观察在模型的矢状面、冠状面、横断面上确保虚拟后柱螺钉的空间位置, 确保垂直骨折线通过、没有穿出骨皮质及进入髌关节腔 (可调节圆柱体的直径) (图 1c), 测量在骨性通道中虚拟螺钉的长度、直径。

后柱体内导板的制作: 结合四边体与髌窝骨性表面解剖形态数据, 设计与所提取的解剖形态相反的反向模板, 将设计好的最佳置钉通道进行拟合、贯通导

航模板, 生成带有导向套筒的个性化导航模板, 并进行保存, 后将数据导入 3D 打印机进行打印。在打印的实物上再次验证导板的精准性 (图 1d)。低温等离子消毒备用。

1.2 麻醉与体位

患者全身麻醉, 对于可能需要前后联合入路的, 患侧取漂浮体位, 按照前后联合入路消毒。

1.3 手术操作

手术入路选择腹直肌外侧入路或腹股沟入路显露, 分别通过 3 个窗口联动下显露并复位前壁、前柱、后柱、方形区等部位的骨折, 注意两种手术入路优先复位的顺序不同。在复位和临时固定前柱或前壁骨折块时, 注意避开后柱导板放置区域, 然后在直视下使用骨盆复位钳、顶棒等工具复位后柱骨折块并用克氏针维持, 手指触摸四边体、坐骨大切迹, 并用 C 形臂 X 线机透视来判断后柱的复位情况, 判断后柱骨折线闭合后, 将个性化后柱导板沿四边体及髌骨内侧放置, 评估导板与骨面接触区域贴服情况, 完全贴服后, 将导针沿着导板套筒置入 (图 1e), 经透视骨盆正位、患侧髌骨斜位及闭孔斜位确认骨折复位、后柱导针位置满意后, 放置并固定前方钢板及沿导针置入后柱螺钉, 最后透视确认骨折复位及内固定物位置满意, 活动髌关节, 检查骨折稳定情况及有无关节内异响后, 常规关闭切口并放置引流管。

1.4 术后处理

术后切口引流管留置 1~2 d, 术后 24 h 预防性应用抗生素, 术后 12 h 应用低分子肝素钙预防下肢静脉血栓。术后第 2 d 开始行患侧髌关节屈伸及下肢部分肌肉等长收缩锻炼。术后 1、2、3、6 个月复查 X 线片, 根据骨折愈合情况, 指导下地负重行走时间。

2 临床资料

2.1 一般资料

回顾性分析 2022 年 2 月—2023 年 9 月本院在 3D 打印导板辅助下经单一前方入路治疗髌臼复杂骨折的 15 例患者的临床资料, 其中男 11 例, 女 4 例, 年龄 26~75 岁, 平均 (53.5±9.2) 岁。受伤机制: 车祸伤 9 例, 高处坠落伤 6 例。本研究经过宁夏医科大学总医院伦理委员会批准 (批准号: 2020-743), 所有患者均知情同意。

2.2 初步结果

所有患者均完成手术, 手术时间 56~165 min, 平均 (103.2±11.2) min, 术中无血管、神经损伤等

严重并发症。术后复查 X 线片及 CT 提示髋臼前、后柱骨折均复位良好，髋臼后柱拉力螺钉位置理想，根据 Matta 复位评估标准：优 7 例，良 5 例，可 3 例，优良率 80.0%。

随访 6~12 个月，平均 (9.7±1.2) 个月。末次随

访时所有骨折都已愈合，改良 MerleD' Aubigne 和 Postel 系统评分 (16.9±1.5) 分，优 8 例，良 5 例，可 2 例，优良率 86.7%。术后典型病例影像见图 1f~1h。

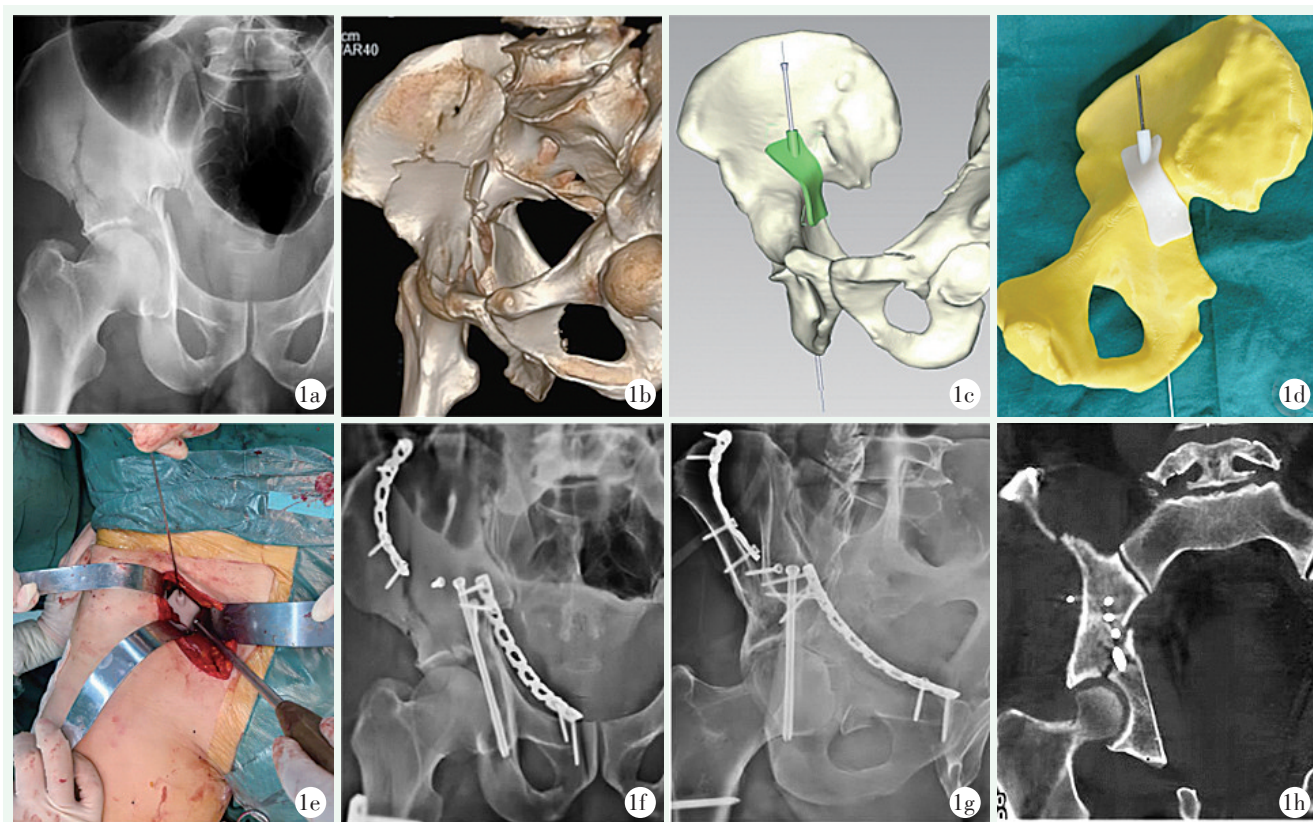


图 1. 患者男性，59 岁。1a, 1b: 术前骨盆正位 X 线片及 CT 示右侧髋臼骨折 (双柱骨折); 1c: 术前在镜像模型中设计导板模型; 1d: 术前预试验验证导板的精准性; 1e: 术中经腹直肌外侧入路经导板置入后柱导针; 1f~1h: 术后 X 线片及 CT 示骨折复位及内固定位置满意。

Figure 1. A 59-year-old male. 1a, 1b: Preoperative anteroposterior pelvic radiographs and CT showed right acetabular fractures (double column fractures); 1c: Design guider model in mirror model before operation; 1d: Preoperative pre-test to verify the accuracy of the guider; 1e: Intraoperative insertion of posterior column guide pin over the guider via lateral rectus abdominis approach; 1f~1h: Postoperative X-ray and CT showed satisfactory fracture reduction and internal fixation position.

3 讨论

传统手术置入通道螺钉，由于置入螺钉的骨性通道狭窄，重复尝试导针置入，不仅延长手术时间，增加术中出血量及透视次数，而且会带来通道周围的骨质破坏，影响再次调整入针方向，降低固定强度。3D 打印技术将患者 CT 扫描数据通过相关电脑软件以数字化设计体现到导板上，在手术操作中实现通道螺钉的精准置钉，手术操作的安全性大大提高，并减少手术时间和术中透视射线的暴露。秦斌卫等^[13]运用 3D 打印导板辅助与徒手髋臼螺钉固定不稳定性骨盆

骨折，得出 3D 打印旋紧锁定式导向器辅助髋臼螺钉固定骨盆不稳定性骨折具有置钉更准确、手术时间更短、透视时间更少、复位质量更好等优势。国内外学者把计算机导航和机器人技术应用于骨盆髋臼周围通道螺钉的闭合置钉，取得了良好的效果^[14-16]。但由于计算机导航和机器人所要求的技术和设备使用复杂，且价格昂贵，基层医院难以普及，无法广泛应用，相反骨科 3D 打印导板无需参与其模型和导板制作及打印过程，较前两者的工作量及操作复杂程度小，同时不额外增加手术步骤、不受体位影响，可推向基层医院施行。

本研究中，所有经 3D 导板置入的后柱螺钉在术

后骨盆正位、双斜位 X 线片上提示,螺钉位置未穿入关节及骨皮质,术后 CT 扫描进一步证实这一结果,但观察到所有螺钉轨迹与术前在 E-3D 数字医疗建模设计系统软件中设计的有平均 (3.2±1.3) mm 的误差,但这些偏差不会造成通道螺钉的穿出骨皮质或髋关节,出现误差考虑与导板放置位置的偏差及导针置入过程中出现的形变有关。

综上所述,在 3D 打印导板辅助下经单一入路治疗髋臼复杂骨折,能够获得满意的复位及固定,并能减少医务人员及患者暴露射线的次数,其方法安全可靠。且术后并发症较少。本研究的不足之处在于:(1)若骨折为双侧时,不能通过镜像处理来模拟复位骨折,无法设计通道螺钉的轨迹,尚需进一步探索和改进;(2)病例数纳入有限,随访时间较短,且缺乏 3D 导板与传统手术方式相比,未来将纳入更多临床病例,并设置对照组,开展长期的随访研究。

参考文献

- [1] Harris AM, Althausen P, Kellam JF, et al. Simultaneous anterior and posterior approaches for complex acetabular fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2008, 22 (7) : 494-497. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181830d2a.
- [2] Wang C, Liu H, Lin X, et al. A single lateral rectus abdominis approach for the surgical treatment of complicated acetabular fractures: a clinical evaluation study of 59 patients [J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24: 7285-7294. DOI: 10.12659/MSM.911009.
- [3] 李正宾, 王利民, 赵闯, 等. 经单一腹直肌旁入路切开复位内固定治疗髋臼双柱骨折 [J]. *中华创伤杂志*, 2021, 37 (2) : 129-135. DOI: 10.3760/cma.j.cn501098-20200610-00425.
Li ZB, Wang LM, Zhao C, et al. Treatment of acetabular double-column fracture with open reduction and internal fixation through a single para-rectus approach [J]. *Chinese Journal of Trauma*, 2021, 37 (2) : 129-135. DOI: 10.3760/cma.j.cn501098-20200610-00425.
- [4] 钱钧, 王浩宇, 方智敏. 腹直肌外侧入路结合后柱内固定治疗复杂髋臼骨折 80 例 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2022, 30 (8) : 64-67.
Qian J, Wang HY, Fang ZM. Treatment of 80 cases of complicated acetabular fractures by lateral rectus approach combined with posterior column internal fixation [J]. *Chinese Journal of Traditional Medical Traumatology & Orthopedics*, 2022, 30 (8) : 64-67.
- [5] 梁承志, 陈进利, 李春燕, 等. 复杂髋臼骨折经腹直肌旁入路复位固定 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (5) : 467-470. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.05.17.
Liang CZ, Chen JL, Li CY, et al. Reduction and fixation of complex acetabular fractures by para-rectus approach [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2019, 31 (5) : 467-470. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.05.17.
- [6] Le Quang H, Schmoelz W, Lindtner RA, et al. Single column plate plus other column lag screw fixation vs. both column plate fixation for anterior column with posterior hemitransverse acetabular fractures - a biomechanical analysis using different loading protocols [J]. *Injury*, 2021, 52 (4) : 699-704. DOI: 10.1016/j.injury.2020.12.041.
- [7] 吕刚, 王利昕, 马钰, 等. Kocher-Langenbeck 入路结合拉力螺钉技术治疗髋臼横断和后壁骨折、T 形骨折 [J]. *中华骨科杂志*, 2019, 39 (13) : 803-809. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253?2352.2019.13.004.
Lv G, Wang LX, Ma Y, et al. Kocher-Langenbeck approach combined with lag screw technique for the treatment of acetabular transverse fracture, posterior wall fracture and T-shaped fracture [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2019, 39 (13) : 803-809. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253?2352.2019.13.004.
- [8] 殷小军, 芮敏, 任亚军, 等. 单一髂腹股沟入路治疗累及双柱的髋臼骨折 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21 (6) : 530-534. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.06.012.
Yin XJ, Rui M, Ren YY, et al. Single ilioinguinal approach for acetabular fractures involving both columns [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2019, 21 (6) : 530-534. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.06.012.
- [9] 王钢, 汪祯然, 陈鸿奋, 等. 髋臼骨折后柱螺钉内固定治疗策略 [J]. *临床外科杂志*, 2016, 24 (5) : 340-342. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2016.05.007.
Wang G, Wang YR, Chen HF, et al. Treatment of acetabular fracture with posterior column screw fixation [J]. *Journal of Clinical Surgery*, 2016, 24 (5) : 340-342. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2016.05.007.
- [10] 赖剑强, 曹生鲁, 汪祯然, 等. 髋臼后柱后区的解剖学和影像学研究 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2015, 17 (5) : 369-373. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2015.05.001.
Lai JQ, Cao SL, Wang YR, et al. Anatomical and imaging study of the posterior column of the acetabulum [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2015, 25 (12) : 369-373. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2015.05.001.
- [11] Tadros AM, Oxland TR, O'Brien P. The retroacetabular angle determines the safe angle for screw placement in posterior acetabular fracture fixation [J]. *ISRN Orthop*, 2013, 2013: 432675. DOI: 10.1155/2013/432675.
- [12] 陈鸿奋, 王富明, 隆腾飞, 等. 顺行拉力螺钉固定髋臼后柱骨折进钉的解剖学参数研究 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2012, 14 (2) : 153-156. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2012.02.013.
Chen HF, Wang FM, Long TF, et al. Anatomic parameters of antero-gradual lag screw fixation for posterior column fracture of acetabulum [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2012, 14 (2) : 153-156. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2012.02.013.
- [13] 秦斌卫, 吴超, 曾柏方, 等. 导板辅助与徒手髋螺钉固定不稳定性骨盆骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (18) : 1633-1638. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.18.01.
Qin BW, Wu C, Zeng BF, et al. Fixation of unstable pelvic frac-

- tures with guide-assisted and bare hand sacroiliac nails [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 31 (18) : 1633-1638. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.18.01.
- [14] Shaw JC, Routt MLC Jr, Gary JL. Intra-operative multi-dimensional fluoroscopy of guidepin placement prior to iliosacral screw fixation for posterior pelvic ring injuries and sacroiliac dislocation: an early case series [J]. Int Orthop, 2017, 41 (10) : 2171-2177. DOI: 10.1007/s00264-017-3447-9.
- [15] 李小娟, 张元智, 胡旭锋, 等. 机器人辅助与徒手经皮螺钉固定髋臼骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (6) : 498-503. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.04.
- Li XJ, Zhang YZ, Hu XF, et al. Robot-assisted percutaneous screw fixation of acetabular fracture [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (6) : 498-503. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.04.
- [16] Stübiger T, Windhagen H, Krettek C, et al. Computer-assisted orthopedic and trauma surgery [J]. Dtsch Arztebl Int, 2020, 117 (47) : 793-800. DOI: 10.3238/arztebl.2020.0793.
- (收稿: 2023-12-12 修回: 2024-05-21)
(同行评议专家: 赵春鹏, 张建, 马涛)
(本文编辑: 闫承杰)

(上接 1887 页)

- [22] Trevisan F, Calignano F, Aversa A, et al. Additive manufacturing of titanium alloys in the biomedical field: processes, properties and applications [J]. J Appl Biomater Funct Mater, 2018, 16 (2) : 57-67. DOI: 10.5301/jabfm.5000371.
- [23] Bottlang M, Lesser M, Koerber J, et al. Far cortical locking can improve healing of fractures stabilized with locking plates [J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92 (7) : 1652-1660. DOI: 10.2106/JBJS.L.01111.
- (收稿: 2023-09-19 修回: 2024-05-24)
(同行评议专家: 张立峰, 李新锋, 赵庆华)
(本文编辑: 宁桦)