

· 临床研究 ·

3D打印个性化规划桥接系统固定股骨粗隆间骨折[△]

陆继鹏, 吴中雄, 耿承奎, 陈卓远, 陈帅, 闫自晓, 杨慧勤*

(昆明医科大学附属延安医院骨科, 云南昆明 650051)

摘要: [目的] 探讨3D打印辅助桥接系统个性化固定股骨粗隆间骨折的临床疗效。[方法] 回顾性分析2017年1月—2021年9月采用3D打印辅助桥接系统固定股骨粗隆间骨折46例患者的资料, 评价临床和影像学效果。[结果] 所有患者均顺利完成手术, 手术时间平均(78.3±16.2) min, 术中出血量平均(210.2±113.3) ml, 住院时间平均(13.1±5.0) d。随访12个月以上, 与术后3个月相比, 末次随访时疼痛VAS评分[(7.5±1.1), (2.1±0.9), (1.4±0.5), $P<0.001$]显著减少, Harris评分[(77.3±3.5), (87.5±3.2), $P<0.001$]和髋伸-屈ROM[(89.9±6.4)°, (124.3±7.9)°, $P<0.001$]显著增加。影像学方面, 与术前相比, 术后骨折对位显著改善[优/良/可/差, (0/2/3/41), (15/24/6/1), (14/25/5/2), $P<0.001$], 颈干角[(93.7±3.9)°, (128.3±5.4)°, (126.2±5.2)°, $P<0.001$]显著增加, 所有病例均骨性愈合。[结论] 3D打印结合桥接系统固定股骨粗隆间骨折近期效果满意, 有利于个性化治疗。

关键词: 股骨粗隆间骨折, 3D打印, 桥接系统, 内固定**中图分类号:** R683.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 16-1515-05

3D printing assisted planning of Ortho-Bridge system for individualized fixation of femoral intertrochanteric fractures // LU Ji-peng, WU Zhong-xiong, GENG Cheng-kui, CHEN Zhuo-yuan, CHEN Shuai, YAN Zi-xiao, YANG Hui-qin. Department of Orthopedics, Yan'an Hospital, Kunming Medical University, Kunming 650051, China

Abstract: [Objective] To investigate the clinical efficacy of 3D printing assisted planning Ortho-Bridging system for personalized fixation of femoral intertrochanteric fractures. [Methods] A retrospective research was done on 46 patients who had intertrochanteric fracture fixed with bridging system planned individually by 3D printing from January 2017 to September 2021. The clinical and imaging documents were evaluated. [Results] All patients were successfully operated, with the average operation time of (78.3±16.2) min, intraoperative blood loss of (210.2±113.3) ml, and hospital stay of (13.1±5.0) d, and followed up for more than 12 months. Compared with those 3 months postoperatively, the pain VAS score significantly declined [(2.1±0.9), (1.4±0.5), $P<0.001$], whereas Harris score [(77.3±3.5), (87.5±3.2), $P<0.001$] and hip flexion-extension range of motion (ROM) [(89.9±6.4)°, (124.3±7.9)°, $P<0.001$] increased significantly at the latest follow-up. Imaging, compared with those preoperatively, the fracture alignment significantly improved [excellent/good/can/poor, (0/2/3/41), (15/24/6/1), (14/25/5/2), $P<0.001$], shaft-neck angle increased significantly 3 months postoperatively and the latest follow-up [(93.7±3.9)°, (128.3±5.4)°, (126.2±5.2)°, $P<0.001$]. All the patients got fracture healing at the latest follow-up. [Conclusion] This 3D printing assisted planning Ortho-Bridging system for fixation of femoral intertrochanteric fractures has satisfactory short-term consequence, which is conducive to personalized treatment.

Key words: intertrochanteric fracture of femur, 3D printing, bridging system, internal fixation

股骨粗隆间骨折又称股骨转子间骨折, 常因骨质疏松、肌肉力量不足而发生低能量骨折, 因此老年人更常见。股骨粗隆间骨折保守治疗并发症发生率高达71%, 1年内死亡率38.5%, 住院死亡率2.4%^[1], 因此只要身体条件能耐受均主张手术治疗。当前主流手术方式为闭合复位髓内固定, 但该术式技术要求高, 闭合复位和置钉操作均有一定难度, 常因内固定物置

入困难导致手术时间延长, 增加手术风险^[2]。目前3D打印技术在骨科领域已得到广泛应用, 其在为医生提供便利的同时, 使手术变得更加安全和精准^[3]。桥接系统(Ortho-Bridge system, OBs)是一种新型骨科固定装置, 已投入临床应用多年, 诸多方面优势显著。笔者回顾分析2017年1月—2021年9月将两项技术结合起来个性化规划治疗46例股骨粗隆间骨折

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100573

△基金项目: 国家卫生健康委医药卫生科技发展研究中心资助项目(编号:W2015QJ108); 昆明市卫生科技“十百千”工程资助项目(编号:2021-SW<后备>-12)**作者简介:** 陆继鹏, 主任医师, 研究方向: 创伤骨科, (电子信箱)30521859@qq.com***通信作者:** 杨慧勤, (电话)0871-63647427, (电子信箱)doctoryhq@163.com

的临床资料，以探讨 3D 打印结合桥接系统治疗股骨粗隆间骨折的应用价值，报道如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

2017 年 1 月—2021 年 9 月，46 例股骨粗隆间骨折病例纳入本研究。患者年龄均 ≥ 18 岁，有明确外伤史，症状、体征及影像学检查符合 Evans-Jensen II~V 型股骨粗隆间骨折（图 1a, 1b）；排除开放性骨折、陈旧性骨折、病理性骨折及合并神经、血管损伤者。年龄 19~63 岁，平均 (46.5 ± 7.8) 岁；男 28 例，女 18 例；左侧 20 例，右侧 26 例；Evans-Jensen 分型：II 型 8 例，III 型 10 例，IV 型 15 例，V 型 13 例。本研究已通过医院伦理委员会批准，患者及亲属均已签署知情同意书。

1.2 手术方法

术前完成患侧股骨上段三维 CT 扫描重建，将原始数据以 DICOM 格式导入 Mimics 21.0 软件进行模拟复位，完成骨折复位前、后的 3D 建模，再将建模文

件以 STL 格式导入光固化 3D 打印机，按 1:1 比例分别打印复位前、后的光敏液态树脂模型（图 1c）。根据模型分析骨折线长度、走向、移位及其相互关系，选择合适直径的固定棒进行塑型，个性化组配连接块并规划其固定位置完成桥接系统的术前规划。按照规划将桥接系统贴附于复位骨折模型上依次完成钻孔、测深、置钉固定等模拟手术（图 1d），保留桥接系统固定于模型上灭菌术中备用。

取仰卧位，II 型骨折移位较轻选择普通手术床，III~V 型骨折选择骨科牵引床。自大粗隆尖向远端作 10~15 cm 切口，暴露股骨大粗隆外侧壁和骨折端。II 型骨折复位后予克氏针维持，III~V 型骨折复位后则由牵引床牵引维持，透视证实复位满意后，将术前规划模型与术中复位情况作比较，找到对应骨性参考点。将桥接系统按规划置于股骨外侧至贴附满意，逐一钻孔后免测深直接拧入相应位置的锁定螺钉完成固定（图 1e, 1f）。

麻醉苏醒后即鼓励患者行踝泵训练，术后第 2 d 开始行双下肢肌肉等长收缩及关节功能训练，术后 2 周伤口愈合后拆线。

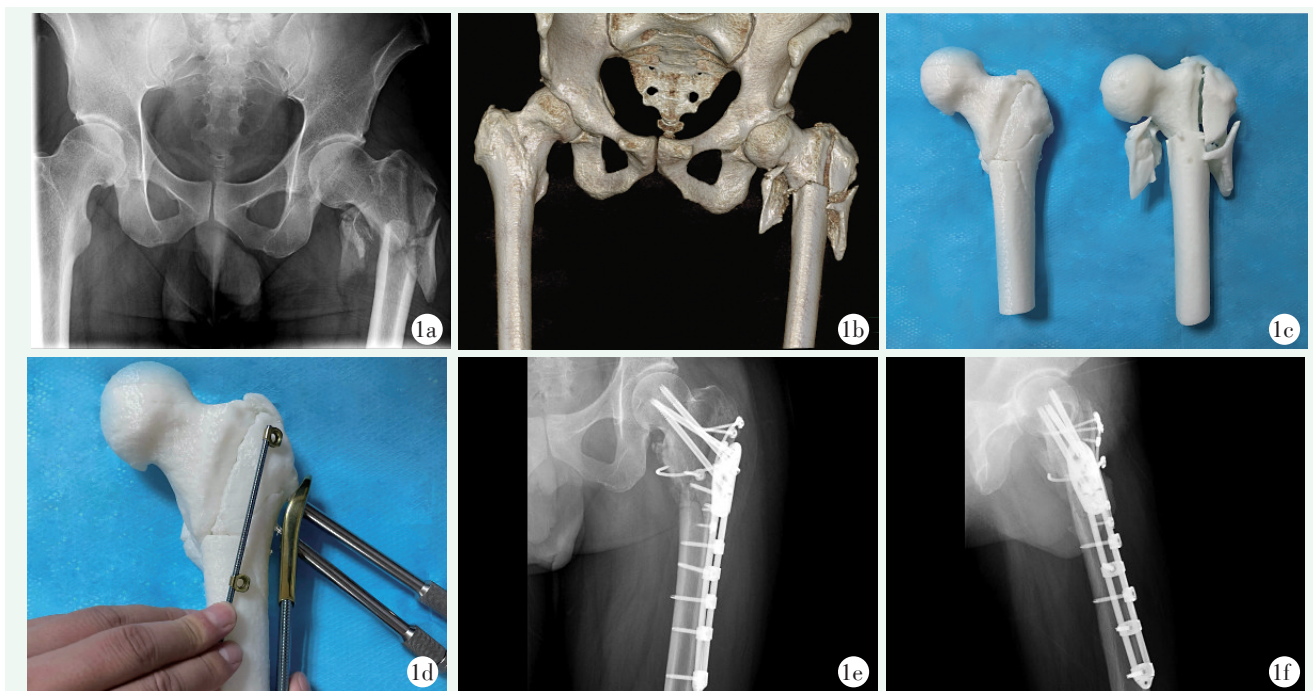


图 1. 患者男性，29 岁。1a, 1b: 术前 X 线片和三维 CT 重建显示左股骨粗隆间粉碎骨折，Evans-Jensen V 型，累及股骨大小粗隆及外侧壁；1c: 根据三维 CT 数据建模、打印复位骨折模型，复位骨折块；1d: 在复位的 3D 模型上进行桥接系统个性化规划模拟手术；1e, 1f: 术后 3 个月正位 X 线片见骨折解剖复位，内固定位置良好，骨折端骨痂生长。

Figure 1. A 29-year-old male. 1a, 1b: Preoperative radiographs and three-dimensional CT reconstruction showed a comminuted intertrochanteric fracture of the left femur, met to Evans-Jensen type V, involving both greater and lesser trochanter, as well as the lateral wall; 1c: Based on CT data, 3D models were made, then the fracture fragments were reduced; 1d: Simulated fixation with personalized planning of the bridge system was conducted on the 3D model; 1e, 1f: Anteroposterior and lateral X rays 3 months after the operation showed anatomic reduction of the fractures with implants in proper position and callus growth.

1.3 评价指标

记录围手术期资料。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、髋关节功能 Harris 评分和髋关节伸-屈活动度 (range of motion, ROM) 评价临床疗效。行影像学检查, 骨折复位质量评价标准: 优为解剖复位; 良为侧方移位 < 3 mm, 无成角移位; 可为侧方移位 \geq 3 mm, 成角移位 < 10° ; 差为成角 $\geq 10^\circ$ [4]。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 法; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

所有患者均顺利完成手术, 手术时间平均 (78.3 \pm 16.2) min, 术中出血量平均 (210.2 \pm 113.3) ml, 住院时间 (13.1 \pm 5.0) d。术后 2 例合并颅脑损伤患者发生异位骨化, 但不影响关节活动; 2 例出现术口脂肪液化, 换药处理后痊愈; 1 例浅表术口感染, 经清创 VSD 引流后治愈。

所有患者均获 12 个月以上随访, 与术前相比, 术后 3 个月及末次随访时, 疼痛 VAS 评分显著减少 ($P < 0.05$), 髋关节 Harris 评分和髋关节伸-屈 ROM 显著增加 ($P < 0.05$), 详见表 1。

表 1. 46 例患者临床与影像资料比较

Table 1. Clinical and radiographic data of the 46 patients

指标	术前	术后 3 个月	末次随访	P 值
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	7.5 \pm 1.1	2.1 \pm 0.9	1.4 \pm 0.5	< 0.001
Harris 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	/	77.3 \pm 3.5	87.5 \pm 3.2	< 0.001
髋伸-屈 ROM ($^\circ$, $\bar{x} \pm s$)	/	89.9 \pm 6.4	124.3 \pm 7.9	< 0.001
骨折对位 (例, 优/良/可/差)	0/2/3/41	15/24/6/1	14/25/5/2	< 0.001
颈干角 ($^\circ$, $\bar{x} \pm s$)	93.7 \pm 3.9	128.3 \pm 5.4	126.2 \pm 5.2	< 0.001

2.2 影像评估

影像评估结果见表 1, 与术前相比, 术后 3 个月及末次随访时患者骨折对位对线显著改善 ($P < 0.05$), 股骨颈干角显著增加 ($P < 0.05$)。至末次随访时, 所有患者均骨性愈合, 未出现内固定物松动、断裂等。

3 讨论

目前, 股骨粗隆间骨折的固定方式主要分为髓内固定、髓外固定, 髓内固定因切口小、力臂短、不良负荷小等优势 [5, 6], 被认为是治疗股骨粗隆间骨折的主流, 但髓内钉对术者的经验及手术技巧要求较高, 术中反复透视不但延长了手术时间、增加了失血量, 还增加了周围环境的射线暴露量。桥接系统除被广泛用于管状骨、骨盆、髌臼、肩胛骨骨折内固定外 [7-10], 还用于四肢骨外固定和骨折不愈合的治疗 [11], 本研究将其用于股骨粗隆间骨折的治疗是对其临床应用价值的进一步探索。

因桥接系统固定骨折时无需紧密贴附骨质, 能保

留较多骨膜及肌肉袖, 可减少骨折端血供的干扰 [12]; 连接块和螺钉之间为锁定连接, 类似于内置的外固定架跨越骨折端, 降低内置物对骨折区生物学环境的影响, 利于骨折愈合 [13], 因此本研究所有病例全部骨性愈合, 术后疼痛 VAS 评分均较术前显著减少 ($P < 0.05$), 随时间推移, 髋关节 Harris 评分和髋关节伸-屈 ROM 均显著增加 ($P < 0.05$)。

桥接系统可根据不同骨折类型任意塑型实现个性化规划配置及多维立体固定, 可恢复股骨粗隆外侧壁和后内侧稳定结构, 有效抗剪切、旋转及弯曲; 可根据骨折实际情况增加多种直径规格的固定棒作为辅助, 最终实现稳定可靠的固定。因此本研究未发现内固定松动、断裂、脱出, 但从骨折复位和颈干角指标看, 末次随访较术后 3 个月随访复位不佳的病例数有所增加, 颈干角有所减小, 考虑可能和骨质疏松有关。

毫无疑问, 术中规划、塑型、组配桥接系统必将增加手术时间和风险。3D 打印技术在骨科领域的成熟应用 [14, 15], 可一定程度上弥补桥接系统的不足。本研究通过 3D 模型规划出最优骨折复位顺序, 找到

最佳置钉方向和位置,在模型上完成桥接系统个性化模拟手术,术中只要完成骨折复位,即可按模拟手术进行桥接系统的安置和固定,术中因省去规划、挑选、塑形、组配、测深等步骤,使手术时间缩短、失血量减少、麻醉用药减少,间接提高了手术的安全性,这和以往研究结果相似^[16]。术后复查X线片显示骨折复位固定满意,桥接系统的位置及螺钉的方向与术前模拟一致。

综上所述,3D打印结合桥接系统可实现个性化、精准化治疗股骨粗隆间骨折,短期观察具有较好的临床效果和一定优势,为股骨粗隆间骨折的治疗提供了一种思路和选择,但本研究为回顾性分析,样本量较少,缺乏对照研究,远期疗效仍需进一步深入观察。

参考文献

- [1] Civinini R, Paoli T, Cianferotti L, et al. Functional outcomes and mortality in geriatric and fragility hip fractures—results of an integrated, multidisciplinary model experienced by the ‘Florence hip fracture unit’ [J]. *Int Orthop*, 2019, 43 (1): 187–192. DOI: 10.1007/s00264-018-4132-3.
- [2] 宋春健,周荣,黄永刚.股骨远端防旋髓内钉治疗老年外侧壁薄弱型股骨粗隆间骨折隐性失血的相关因素分析[J].*中国骨与关节杂志*, 2020, 9 (9): 708–711. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2020.09.014.
Song CJ, Zhou R, Huang YG. PFNA in the treatment of hidden blood loss in the elderly with weak lateral femoral intertrochanteric fractures [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint*, 2020, 9 (9): 708–711. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2020.09.014.
- [3] 刘阳,吴新涛,刘浩,等.3D打印技术辅助下内固定治疗髌臼骨折的疗效评价[J].*中国骨与关节损伤杂志*, 2019, 34 (10): 1052–1054. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.10.014.
Liu Y, Wu XT, Liu H, et al. Evaluation of 3D printing assisted internal fixation for acetabular fractures [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Injury*, 2019, 34 (10): 1052–1054. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.10.014.
- [4] 秦颖达,李衡.老年股骨粗隆间骨折两种髓内固定比较[J].*中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (22): 2032–2037. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.22.04.
Qin YD, Li H. Comparison of two kinds of intramedullary fixation for intertrochanteric fracture of femur in the elderly [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (22): 2032–2037. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.22.04.
- [5] Rosa N, Marta M, Vaz M, et al. Intramedullary nailing biomechanics: Evolution and challenges [J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2019, 233 (3): 295–308. DOI: 10.1177/0954411919827044.
- [6] Esen E, Dur H, Ataoglu MB, et al. Evaluation of proximal femoral nail anti-rotation and cemented, bipolar hemiarthroplasty with calcar replacement in treatment of intertrochanteric femoral fractures in terms of mortality and morbidity ratios [J]. *Ekleml Hastalik Cerrahisi*, 2017, 28 (1): 35–40. DOI: 10.5606/ehc.2017.53247.
- [7] 陆继鹏,赵烽,杨慧勤,等.桥接系统内固定治疗肩胛骨骨折的初步疗效观察[J].*中国骨与关节损伤杂志*, 2018, 33 (9): 978–980. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2018.09.028.
Lu JP, Zhao F, Yang HQ, et al. Primary observation on treatment for scapular fractures with Ortho-Bridge system [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Injury*, 2018, 33 (9): 978–980. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2018.09.028.
- [8] 陆继鹏,杨慧勤,吴中雄,等.桥接系统外固定治疗儿童胫骨骨折[J].*中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (16): 1532–1534. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.16.25.
Lu JP, Yang HQ, Wu ZX, et al. Treatment for pediatric tibia fracture with Ortho-Bridge system [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2020, 28 (16): 1532–1534. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.16.25.
- [9] 赵烽,陆继鹏,熊鹰,等.桥接组合式内固定系统治疗骨盆骨折[J].*中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (10): 889–893. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.10.06.
Zhao F, Lu JP, Xiong Y, et al. Treatment of pelvic fracture with Ortho-Bridge system [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2016, 24 (10): 889–893. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.10.06.
- [10] 熊鹰,陆继鹏,王大兴,等.桥接组合式内固定系统治疗肱骨及胫骨骨折的临床应用研究[J].*中国矫形外科杂志*, 2010, 18 (14): 1209–1211.
Xiong Y, Lu JP, Wang DX, et al. Clinical application of the treatment for humeral and tibial fracture with bridge combined fixation system [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2010, 18 (14): 1209–1211.
- [11] 王文,左贵来,王凡,等.新型桥接内固定系统术后股骨骨不连的治疗[J].*中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (6): 572–574. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.06.20.
Wang W, Zuo GL, Wang F, et al. Treatment for the nonunion of femur with Ortho-Bridge system [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2019, 27 (6): 572–574. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.06.20.
- [12] 陆继鹏,熊鹰,李群辉,等.桥接组合式内固定系统对骨折端血供的影响[J].*中国矫形外科杂志*, 2013, 21 (12): 1210–1214. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.12.11.
Lu JP, Xiong Y, Li QH, et al. Experimental effects of Ortho-Bridge system on blood circulation of the fracture edge [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2013, 21 (12): 1210–1214. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.12.11.
- [13] 李群辉,陆继鹏,熊鹰,等.比较钢板与桥接组合式内固定系统对犬胫骨骨折愈合的影响[J].*中国矫形外科杂志*, 2011, 19 (22): 1910–1912. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2011.22.17.
Li QH, Lu JP, Xiong Y, et al. Comparing the effects of plate and Ortho-Bridge system on healing of tibial fractures in dogs [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2011, 19 (22): 1910–1912. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2011.22.17.

- [14] 黄浩然, 于桦, 高源, 等. 3D 打印技术辅助桥接内固定系统个体化治疗复杂肩胛骨骨折 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34 (5): 511-513. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.05.023.
Huang HR, Yu H, Gao Y, et al. 3D printing assisted with Ortho-Bridge system for individualized treatment of complex scapular fractures [J]. Chinese Journal of Bone and Joint Injury, 2019, 34 (5): 511-513. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.05.023.
- [15] 王文, 左贵来, 王凡, 等. 3D 打印手术导板结合桥接内固定系统异型块治疗股骨复杂骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (22): 2086-2090. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.22.15.
Wang W, Zuo GL, Wang F, et al. 3D printed guide and special-shaped bridge combined fixation system for treatment of complex femoral fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2017, 25 (22): 2086-2090. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.22.15.
- [16] 马肃霜, 陈劲, 钟华, 等. 3D 打印辅助桥接内固定系统治疗股骨多段骨折 [J]. 中国骨科临床与基础研究杂志, 2017, 9 (2): 98-103. DOI: 10.3969/j.issn.1674-666X.2017.02.006.
Ma SS, Chen J, Zhong H, et al. 3D printing-assisted bridge combined internal fixation system for the treatment of multiple fractures of the femur [J]. Chinese Orthopaedic Journal of Clinical and Basic Research, 2017, 9 (2): 98-103. DOI: 10.3969/j.issn.1674-666X.2017.02.006.
- (收稿: 2023-08-26 修回: 2024-01-29)
(同行评议专家: 汤文杰, 冯亚高, 柏涛, 袁晓峰, 胡军)
(本文编辑: 闫承杰)

读者 · 作者 · 编者

郑重声明

《中国矫形外科杂志》编辑部将依法追究
冒充编辑部开设网站、征集稿件、乱收费的相关机构和个人

近期,《中国矫形外科杂志》编辑部多次接到读作者的电话和 Email, 发现有多数网站利用《中国矫形外科杂志》名义非法征稿及骗取有关费用, 要求作者将费用汇入指定账户等方式骗取作者钱财, 侵犯了广大作者的合法权益。《中国矫形外科杂志》编辑部在此提醒广大读作者, 本刊编辑部从未委托任何代理机构为《中国矫形外科杂志》征稿。

为了确保作者的合法权益不受侵害, 请广大读作者注意辨明真伪, 谨防上当受骗。《中国矫形外科杂志》编辑部将依法追究冒充编辑部开设网站、征集稿件、乱收费的相关机构和个人。

请作者注意:

(1) 《中国矫形外科杂志》网址: ZJXS.chinajournal.net.cn; Http://jxwk.ijournal.cn 为本刊唯一在线投稿系统, 其他均为冒充者, 稿件上传后自动生成编号, 稿号为: 2019-xxxx。其他冒充者的稿件编号五花八门, 多很繁琐, 请广大作者注意辨别。

(2) 稿件上传后需邮寄审稿费 100 元整, 本刊不收取审稿费和中国知网论文查重检测费等。

(3) 有关版面费和审稿费均需通过邮局汇款至: 山东省泰安市泰山区 (城区) 环山路 217-1 号泰安八十八医院中国矫形外科杂志编辑部收, 邮局汇款为本刊唯一收取款项的方式, 其他支付方式如网上支付、支付宝、网银转账、微信、汇款至个人账户等均为诈骗行为, 请广大作者严防上当。

(4) 本刊办公电话: 0538-6213228。专用电子信箱: jiaoxingtougao@163.com; jxwk1994@126.com; 财务专用信箱: jiaoxingwaikecaiwu@163.com; 邮编: 271000

特此公告!

中国矫形外科杂志编辑部