

电磁导航系统在股骨干 A 型骨折闭合复位中的应用价值

王海涛, 田刚, 孙炳龙, 崔云芬, 丛海波

(威海高新区利民医院有限公司, 山东 威海 264400)

摘要 目的:探讨电磁导航系统在股骨干 A 型骨折闭合复位中的应用价值。**方法:**提取 3 例股骨干 A 型骨折患者(A1 型、A2 型、A3 型各 1 例)的 CT 数据并进行三维重建,采用 3D 打印机打印股骨干骨折模型。每种骨折类型打印 8 个骨折模型。在电磁导航系统辅助下,术者以显示器上的三维动态影像为参考,采用正骨手法进行骨折闭合复位实验。复位固定后,记录骨折复位时间,测量复位固定后骨折端的侧方移位距离、轴向分离距离、内外翻角、前后成角、内外旋角。**结果:**24 个股骨干 A 型骨折模型均顺利复位,复位时间(163.71 ± 22.47)s,侧方移位距离(1.25 ± 0.62)mm,轴向分离距离(0.26 ± 0.20)mm,内外翻角 $1.53^\circ \pm 0.48^\circ$,前后成角 $2.85^\circ \pm 0.25^\circ$,内外旋角 $2.51^\circ \pm 0.97^\circ$ 。**结论:**采用电磁导航系统辅助股骨干 A 型骨折闭合复位,复位时间短,复位效果满意,具有一定的应用价值。

关键词 股骨骨折;正骨手法;闭合复位;电磁导航系统

Application value of electromagnetic navigation system in closed reduction of type A femoral shaft fractures

WANG Haitao, TIAN Gang, SUN Binglong, CUI Yunfen, CONG Haibo

Limin Hospital of Weihai High District Co., Ltd., Weihai 264400, Shandong, China

ABSTRACT Objective: To discuss the application value of electromagnetic navigation system in closed reduction of type A femoral shaft fractures. **Methods:** The CT data of three patients with type A femoral shaft fractures (one type A1, one type A2, and one type A3) were extracted and three-dimensionally reconstructed, and the femoral shaft fracture model was printed with a 3D printer. Eight fracture models were printed for each fracture type. With the assistance of the electromagnetic navigation system and guided by the 3D dynamic images on the monitor, the surgeon performed the fracture closed reduction experiment with bone setting manipulations. After reduction and fixation, the reduction time was recorded, and the sideward displacement distance, axial separation distance, inversion and eversion angle, anteroposterior angulation, and inward and outward rotation angle of broken ends were measured. **Results:** The 24 models of type A femoral shaft fractures were successfully reduced, with reduction time of (163.71 ± 22.47)s, the sideward displacement distance of (1.25 ± 0.62)mm, the axial separation distance of (0.26 ± 0.20)mm, inversion and eversion angle of $1.53^\circ \pm 0.48^\circ$, anteroposterior angulation of $2.85^\circ \pm 0.25^\circ$, and inward and outward rotation angle of $2.51^\circ \pm 0.97^\circ$. **Conclusion:** The use of the electromagnetic navigation system to assist with the closed reduction of type A femoral shaft fractures can achieve short reduction time and satisfactory reduction effect, which has a certain application value.

Keywords femoral fractures; bone setting manipulation; closed reduction; electromagnetic navigation system

股骨干骨折是骨科临床常见骨折,闭合复位交锁髓内钉内固定是治疗成人股骨干骨折的“金标准”^[1]。采用正骨手法闭合复位股骨干骨折,能够缩短手术时间、加速术后康复^[2]。然而,由于股骨干周围软组织丰富,闭合复位存在难以精确复位、易忽略旋转移位等问题,且复位过程中需反复透视,增加了患者和术者的射线暴露时间。随着电磁导航技术的发展,电磁导航技术在椎间盘切除术^[3]、前交叉韧带重建术^[4]等手术中得到应用。将该技术用于骨折闭

合复位,能够实现复位过程中骨折端的可视化及实时定位,进而提高复位的精准度、减少复位次数、缩短手术时间^[5]。为了进一步探讨电磁导航系统在股骨干 A 型骨折闭合复位中的应用价值,我们开展了此项研究,现总结报告如下。

1 材料和仪器

1.1 实验材料 C-UV 9400E 树脂(先临三维科技股份有限公司)。

1.2 实验仪器 3D 打印机(先临三维科技股份有限公司),电磁导航仪(威高机器人有限公司),Aurora 电磁跟踪系统(加拿大 NDI 公司)。

基金项目:山东省医药卫生科技发展计划项目(202104070389)

通讯作者:丛海波 E-mail:haibocong@163.com

2 方 法

2.1 实验方法

2.1.1 骨折模型打印 提取 3 例股骨干 A 型骨折患者(A1 型 1 例、A2 型 1 例、A3 型 1 例)的 CT 数据,采用 MIMICS18.0 进行骨折端三维重建,采用 3D 打印机打印股骨干骨折模型。每种骨折类型打印 8 个骨折模型。

2.1.2 电磁导航系统辅助股骨干 A 型骨折闭合复位 将骨折模型用克氏针固定在装有电磁定位传感器的体外参考架上,股骨近端固定于股骨大转子,股骨远端固定于内外上髁。采用薄层 CT 扫描股骨干,将 CT 数据导入电磁导航系统,并建立骨折端三维数据模型。采用探针传感器将骨折模型的关键点在三维数据模型中进行配准,进而建立电磁导航系统中的数据模型与实体模型间的对应关系。以黑色塑料袋覆盖骨折端,术者以显示器上的三维动态影像为参考,采用正骨手法完成闭合复位。复位后以 2 枚克氏针交叉固定。

2.2 评价方法 记录骨折复位时间,测量复位固定后骨折端的侧方移位距离、轴向分离距离、内外翻角、前后成角、内外旋角。

3 结 果

24 个股骨干 A 型骨折模型均顺利复位,复位时间(163.71 ± 22.47) s,侧方移位距离(1.25 ± 0.62) mm,轴向分离距离(0.26 ± 0.20) mm,内外翻角($1.53^\circ \pm 0.48^\circ$),前后成角($2.85^\circ \pm 0.25^\circ$),内外旋角($2.51^\circ \pm 0.97^\circ$) (表 1)。复位前后骨折实体模型及三维动态影像见图 1。

4 讨 论

正骨手法闭合复位股骨干骨折,首先通过拔伸纠正短缩及重叠移位,恢复下肢长度;再通过旋转捺正纠正骨折旋转移位,恢复其对线;对于骨折端有软组织嵌入者,施以回旋挤压手法,恢复骨折对位对线。临床上通过 C 形臂 X 线机辅助股骨干骨折复位,术者需反复进行复位、透视确认等操作,增加了复位次数与 X 线透视时间。因此,如何提供骨折端的实时影

表 1 电磁导航系统辅助股骨干 A 型骨折闭合复位效果

骨折类型	样本量/ 个	复位时间/ ($\bar{x} \pm s$, s)	侧方移位距离/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	轴向分离距离/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	内外翻角/ ($\bar{x} \pm s$, $^\circ$)	前后成角/ ($\bar{x} \pm s$, $^\circ$)	内外旋角/ ($\bar{x} \pm s$, $^\circ$)
A1 型	8	134.00 ± 1.85	0.74 ± 0.02	0.53 ± 0.03	1.07 ± 0.03	3.04 ± 0.04	3.72 ± 0.03
A2 型	8	171.25 ± 3.06	2.10 ± 0.04	0.17 ± 0.02	2.18 ± 0.04	3.01 ± 0.03	2.43 ± 0.03
A3 型	8	186.00 ± 2.62	0.91 ± 0.04	0.08 ± 0.02	1.34 ± 0.04	2.52 ± 0.03	1.39 ± 0.03
合计	24	163.71 ± 22.47	1.25 ± 0.62	0.26 ± 0.20	1.53 ± 0.48	2.85 ± 0.25	2.51 ± 0.97

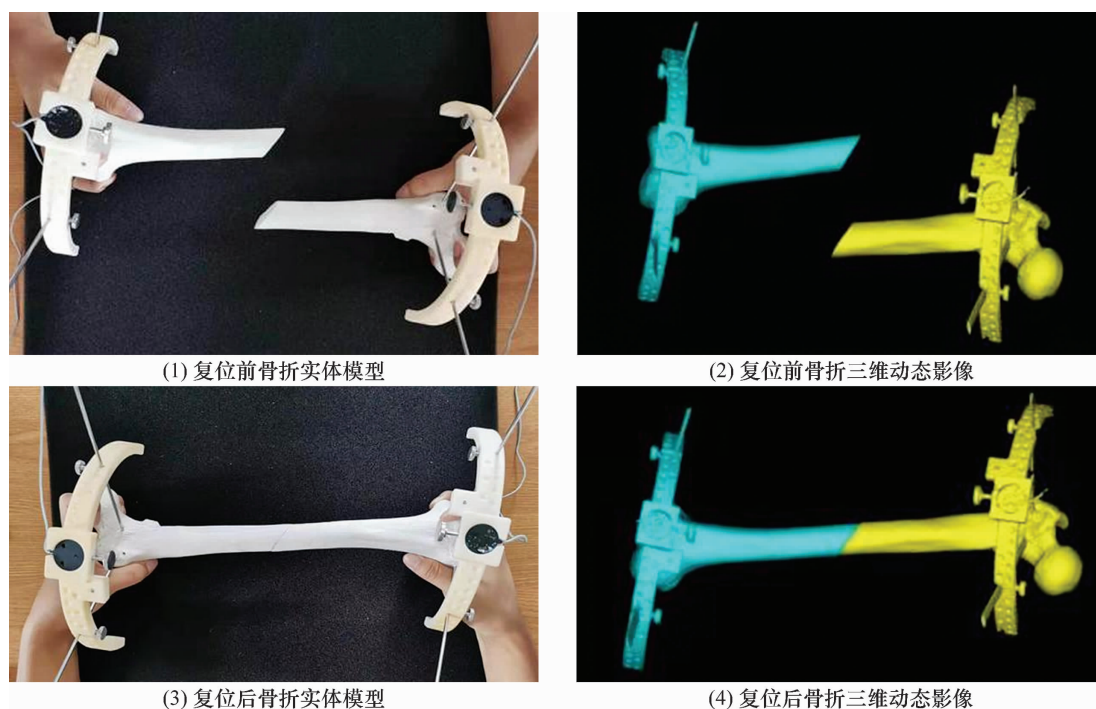


图 1 电磁导航系统辅助股骨干 A 型骨折闭合复位前后骨折实体模型及三维动态影像

像辅助骨折复位成为研究的热点。Joskowicz 等^[6]研制了 FRACAS 系统,该系统在术前实现骨折端与骨折影像的配准,并在骨折两端置入追踪器,从而实现手术过程中骨折端影像的实时展示;然而,该系统采用光学导航系统,术中不能遮挡导航光路,因对医生操作产生一定的影响。此外, Bouazza - Marouf 等^[7-10]研究了导航智能机器人在股骨干复位中的应用,虽取得一定的研究成果,但导航机器人体积较大、操作不便,且在稳定性和精确性方面均有待提高。随着电磁导航技术的不断发展,其定位的精确度已显著提高^[11]。Peacock 等^[12]采用电磁导航技术辅助颌面外科手术,结果显示该系统标记的位点与规划目标点的水平距离为 0.7 mm,垂直距离为 1.7 mm。Somerson 等^[13]比较常规放置股骨近端锁定螺钉与电磁导航辅助下放置股骨近端锁定螺钉的时间与透视次数,结果显示电磁导航系统辅助能够显著减少置入螺钉的时间及透视次数。吴晗等^[14]在采用胫骨髓内钉治疗胫骨骨折时,采用电磁导航系统辅助远端锁定钉定位,结果显示电磁导航辅助组手术时间显著降低。总之,电磁导航系统能够实现复位过程中骨折端的实时成像,进而辅助医生手术;电磁导航系统不会被遮挡,因此定位更加全面、放置更加灵活;电磁传感器体积较小,不会限制医生操作^[15]。

我们采用电磁导航系统辅助股骨干 A 型骨折闭合复位,结果显示骨折端侧方移位距离 < 3 mm,内外翻角、前后成角、内外旋角均 < 4°,满足股骨干骨折的复位要求。然而,本研究也存在以下不足:①本研究为体外实验,不能完全反映临床应用的具体情况;②未考虑骨折周围软组织对复位的影响。此外,电磁导航基于电磁场原理,金属物品可能对磁场产生影响,降低导航系统的精确度^[16]。

本研究结果表明,采用电磁导航系统辅助股骨干 A 型骨折闭合复位,复位时间短,复位效果满意,具有一定的应用价值。

参考文献

- [1] 郭自斌. 股骨髓内钉闭合复位内固定治疗 AO 分型 C 型股骨干骨折患者的疗效及安全性分析[J]. 实用中西医结合临床, 2021, 21(18): 34 - 35.
- [2] 王智勇, 陈柯, 叶晔, 等. 微创小切口器械辅助复位治疗股骨干骨折合并同侧转子间骨折[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2015, 23(8): 62 - 64.
- [3] LIN Y, RAO S, CHEN B, et al. Electromagnetic navigation-assisted percutaneous endoscopic foraminoplasty and discectomy for lumbar disc herniation: technical note and preliminary results[J]. Ann Palliat Med, 2020, 9(6): 3923 - 3931.
- [4] 贾国庆, 余志平, 胡鹏宇, 等. 前交叉韧带重建中电磁导航系统辅助骨隧道定位的准确性[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(15): 2374 - 2380.
- [5] 胡鹏宇, 王海涛, 余志平, 等. 虚拟现实技术联合电磁导航手术机器人辅助治疗复杂骨盆骨折一例[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(6): 807 - 808.
- [6] JOSKOWICZ L, MILGROM C, SIMKIN A, et al. FRACAS: a system for computer - aided image - guided long bone fracture surgery[J]. Comput Aided Surg, 1998, 3(6): 271 - 288.
- [7] BOUAZZA - MAROUF K, BROWBANK I, HEWIT J R. Robotic - assisted internal fixation of femoral fractures[J]. Proc Inst Mech Eng H, 1995, 209(1): 51 - 58.
- [8] DU H, HU L, LI C, et al. Advancing computer - assisted orthopaedic surgery using a hexapod device for closed diaphyseal fracture reduction[J]. Int J Med Robot, 2015, 11(3): 348 - 359.
- [9] TANG P, HU L, DU H, et al. Novel 3D hexapod computer - assisted orthopaedic surgery system for closed diaphyseal fracture reduction[J]. Int J Med Robot, 2012, 8(1): 17 - 24.
- [10] WANG J, HAN W, LIN H. Femoral fracture reduction with a parallel manipulator robot on a traction table[J]. Int J Med Robot, 2013, 9(4): 464 - 471.
- [11] 穆晓兰, 王满宁, 宋志坚. 手术导航中精度问题的探讨[J]. 中国微创外科杂志, 2004, 4(5): 444 - 446.
- [12] PEACOCK Z S, MAGILL J C, TRICOMI B J, et al. Assessment of the osteomark - navigation system for oral and maxillofacial surgery[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2015, 73(10): 2005 - 2016.
- [13] SOMERSON J S, ROWLEY D, KENNEDY C, et al. Electromagnetic navigation reduces surgical time and radiation exposure for proximal interlocking in retrograde femoral nailing[J]. J Orthop Trauma, 2014, 28(7): 417 - 421.
- [14] 吴晗, 许新忠, 程文丹, 等. 电磁导航系统定位胫骨髓内钉远端锁定治疗胫骨骨折的疗效观察[J]. 局解手术学杂志, 2019, 28(1): 34 - 37.
- [15] NOUSIAINEN M T, OMOTO D M, ZINGG P O, et al. Training femoral neck screw insertion skills to surgical trainees: computer - assisted surgery versus conventional fluoroscopic technique[J]. J Orthop Trauma, 2013, 27(2): 87 - 92.
- [16] STATHOPOULOS I, KARAMPINAS P, EVANGELOPOULOS D S, et al. Radiation - free distal locking of intramedullary nails: evaluation of a new electromagnetic computer - assisted guidance system[J]. Injury, 2013, 44(6): 872 - 875.

(收稿日期: 2022-08-06 本文编辑: 吕宁)