

- analysis[J]. Orthop J China, 2023, 31(3):220-225. Chinese.
- [13] 段霄,张智勇,陈宗文,等.空心钉与股骨颈动力交叉钉系统治疗 Pauwels II~III 型股骨颈骨折的疗效比较[J].局解手术学杂志, 2023, 32(4):340-345.
DUAN X, ZHANG Z Y, CHEN Z W, et al. Comparison of efficacy of cannulated compression screws and femoral neck system in treatment of Pauwels type II and III femoral neck fractures[J]. J Reg Anat Oper Surg, 2023, 32(4):340-345. Chinese.
- [14] 唐帅,王冰一,范磊,等.机器人导航下股骨颈动力交叉钉系统治疗股骨颈骨折的疗效分析[J].骨科, 2022, 13(6):511-515.
TANG S, WANG B Y, FAN L, et al. Efficacy of robot guided femoral neck system in the treatment of femoral neck fracture[J]. Orthopaedics, 2022, 13(6):511-515. Chinese.
- [15] KARTHIK K, COLEGATE -STONE T, DASGUPTA P, et al. Robotic surgery in trauma and orthopaedics: a systematic review [J]. Bone Joint J, 2015, 97-B(3):292-299.
- [16] 荆玉龙,张树栋,韩紫音,等.骨科机器人辅助股骨颈动力交叉钉系统治疗新鲜股骨颈骨折的近期疗效[J].中国修复重建外科杂志, 2022, 36(8):946-950.
JING Y L, ZHANG S D, HAN Z Y, et al. Short-term effectiveness of orthopedic robot - assisted femoral neck system fixation for fresh femoral neck fractures[J]. Chin J Reparative Reconstr Surg, 2022, 36(8):946-950. Chinese.
- (收稿日期:2023-11-25 本文编辑:朱嘉)

骨科机器人辅助下闭合复位空心钉内固定治疗股骨颈骨折

蒋守海,张传开,贾方腾,陈强,徐猛,杨沛霖,张玉帅
(徐州仁慈医院关节外科,江苏 徐州 221004)

【摘要】 目的:探讨机器人导航定位系统辅助下闭合复位空心钉内固定治疗股骨颈骨折的临床初步疗效。方法:回顾分析 2019 年 7 月至 2020 年 1 月 36 例闭合性股骨颈骨折患者,根据是否采用机器人系统辅助股骨颈骨折内固定手术分为两组。采用机器人系统导航下闭合复位内固定治疗股骨颈骨折 16 例(导航组),男 7 例,女 9 例,年龄 25~72 (53.61±5.45)岁;骨折 Garden 分型, I 型 3 例, II 型 3 例, III 型 8 例, IV 型 2 例。非导航组(对照组):采用闭合复位空心钉内固定治疗股骨颈骨折 20 例,男 8 例,女 12 例,年龄 46~70 (55.23±4.64)岁;Garden I 型 2 例, II 型 4 例, III 型 11 例, IV 型 3 例。对两组患者手术时间、透视次数、导针钻孔次数、螺钉调整次数、术中出血量等指标进行评价。结果:两组术后均获随访,时间 12~18 (15.6±2.8)个月。两组骨折均愈合,无骨折延迟愈合及骨不连发生。两组愈合时间比较,差异无统计学意义($P=0.782$)。末次随访时两组 Harris 评分比较,差异无统计学意义($P=0.813>0.05$)。两组间手术时间比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。两组透视次数、导针钻孔次数、螺钉调整次数、术中出血量比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。结论:机器人导航系统辅助下闭合复位空心钉内固定治疗股骨颈骨折操作微创化,螺钉置入精准化,而且减少医患术中 X 线照射损害。

【关键词】 骨科机器人; 外科手术; 计算机辅助; 股骨颈骨折; 内固定

中图分类号:R683.42

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.20220298

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Orthopaedic robot assisted closed reduction and cannulated screw internal fixation for the treatment of femoral neck fractures

JIANG Shou-hai, ZHANG Chuan-kai, JIA Fang-teng, CHEN Qiang, XU Meng, YANG Pei-lin, ZHANG Yu-shuai (Department of Joint Surgery, Renci Hospital, Xuzhou 221004, Jiangsu, China)

ABSTRACT Objective To investigate the preliminary clinical effect of closed reduction and cannulated nail internal fixation for femoral neck fracture assisted by robot navigation and positioning system. **Methods** From July 2019 to January 2020, 16 cases of femoral neck fracture (navigation group) were treated with closed reduction and internal fixation guided by robot system, including 7 males and 9 females, aged 25 to 72 years old with an average of (53.61±5.45) years old; Garden classification of fracture: 3 cases of type I, 3 cases of type II, 8 cases of type III, 2 cases of type IV. Non navigation group (control group): 20 cases of femoral neck fracture were treated with closed reduction and hollow nail internal fixation, 8 males and 12 females, aged 46 to 70 years old with an average of (55.23±4.64) years old; Garden type I in 2 cases, type II in 4 cases,

通讯作者:张玉帅 E-mail:jiangshouhai@126.com

Corresponding author: ZHANG Yu-shuai E-mail:jiangshouhai@126.com

type III in 11 cases, type IV in 3 cases. The operation time, fluoroscopy times, guide needle drilling times, screw adjustment times, intraoperative bleeding volume and other indicators of two groups were evaluated. **Results** Both groups were followed up for 12 to 18 months with an average of (15.6±2.8) months. The fractures of both groups were healed without delayed union and nonunion. There was no significant difference in healing time between two groups ($P=0.782$). There was no significant difference in Harris scores between two groups at the last follow-up ($P=0.813$). There was no significant difference in operation time between two groups ($P>0.05$). There were significant differences between two groups in fluoroscopy times, guide needle drilling times, hollow screw replacement times, and intraoperative bleeding volume ($P<0.05$). **Conclusion** Closed reduction and hollow screw internal fixation assisted by robot navigation system for femoral neck fracture has the advantages of minimally invasive operation, precise screw placement, and reduction of X-ray radiation damage during operation.

KEYWORDS Orthopaedic robot; Surgical operation; Computer-assisted; Femoral neck fracture; Internal fixation

随着计算机信息技术以及机器人工业的不断发展进步,越来越多的微创外科技术大量涌现,其中骨科医用机器人开始在创伤骨科、人工关节、脊柱外科等领域获得了长足的发展和应用^[1]。股骨颈骨折是髋部骨折最常见的类型,随着人口老龄化日趋严重,针对股骨颈骨折的治疗依然是摆在创伤骨科医生面前的难题^[2-3]。如何提高手术技术和手术效果,减少术后并发症,仍然是骨科医生所关注的问题及研究方向。2019 年 7 月至 2020 年 1 月应用天玑骨科机器人(北京天智航公司)系统辅助股骨颈骨折内固定手术 16 例,取得良好的手术效果,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:年龄≤65 岁;闭合性股骨颈骨折。排除标准:年龄>65 岁;合并严重创伤或多发伤,不宜闭合复位空心螺钉内固定者;合并严重内科疾病,不能耐受麻醉、手术者。

1.2 一般资料

本研究共纳入 36 例患者,其中 16 例术中采用天玑骨科机器人系统辅助股骨颈骨折空心螺钉内固定(导航组),20 例术中采用徒手植入空心钉(对照组)。导航组 16 例,男 7 例,女 9 例;年龄 25~72 (53.61±5.45) 岁;骨折 Garden 分型^[4], I 型 3 例, II 型 3 例, III 型 8 例, IV 型 2 例;行走摔伤 10 例,交通伤 2 例,骑车摔伤 4 例;受伤至手术时间 6 h~5 d。对照组 20 例,男 8 例,女 12 例;年龄 46~70(55.23±4.64) 岁;骨折 Garden 分型, I 型 2 例, II 型 4 例,

III 型 11 例, IV 型 3 例;行走摔伤 12 例,交通伤 5 例,骑车摔伤 3 例;受伤至手术时间为 4 h~5 d。两组患者术前一般资料比较,差异均无统计学意义(表 1),具有可比性。患者自愿加入本试验并签订知情同意书,该研究通过医院伦理委员会批准(编号:2019RC07)。

1.3 手术方法

采用硬膜外阻滞麻醉或全身麻醉,应用骨科牵引手术床行闭合复位,C 形臂 X 线机透视患髋正侧位示骨折复位满意,术野常规消毒铺无菌巾单。

1.3.1 导航组 (1)安装机器人系统:将主控系统与定位系统以及 C 形臂 X 线机连接,接通电源,开启主控系统,登陆手术规划软件,输入患者信息。安装标尺,将定位标尺与机器人装配并旋紧固定。安装示踪器:于患侧髌前上棘处切一约 0.5 cm 切口,于髌前上棘处打入 1 枚螺纹针,并将示踪器固定在螺纹针上。(2)设备布局:将机器人主控系统与 C 形臂 X 线机置于术者对侧的无菌区外,将机器人定位系统在无菌罩保护下置于患肢同侧并将标尺朝向头侧,C 形臂 X 线机置于双下肢之间,定位标尺正位置于股骨颈中心,侧位与股骨颈同高,行 C 形臂 X 线机正侧位透视,要求标尺上的 10 个标记点全部在正侧位影像内清晰可辨。(3)螺钉路径规划:将正侧位图像传输至主控操作平台上,按照倒三角布局分别在正位和侧位图像上规划 3 枚螺钉置入的位置、方向及深度。(4)定位与置入导针:在主控平台界面上选择螺钉 1,点击“运动”按钮,机器人机械臂运动至

表 1 两组股骨颈骨折患者术前临床资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative clinical data of two groups of patients with femoral neck fracture

组别	例数	性别/例		年龄($\bar{x}\pm s$)/岁	受伤原因/例			受伤至手术时间 ($\bar{x}\pm s$)/h	Garden 分型/例			
		男	女		行走摔伤	交通伤	骑车摔伤		I 型	II 型	III 型	IV 型
导航组	16	7	9	53.61±5.45	10	2	4	12.63±4.81	3	3	8	2
对照组	20	8	12	55.23±4.64	12	5	3	11.56±5.28	2	4	11	3
检验值		$\chi^2=0.512$		$t=0.716$	$\chi^2=1.373$			$t=1.419$	$\chi^2=1.736$			
P 值		0.465		0.633	0.182			0.286	0.237			

螺钉 1 置入位置,将套筒放入卡槽,在套筒指向皮肤处做皮肤切口 1 cm,钝性分离皮下、筋膜、肌肉至股骨,插入套筒使尖端抵至股骨近端外侧面,钻入导针,透视确认无误后按照同样的程序钻入第 2、3 枚导针,导针置入完毕。移开机器人,分别沿导针钻孔至股骨头,根据规划所示螺钉深度完成 3 枚空心钉置入。螺钉置入顺序为:下方螺钉,前上螺钉,后上螺钉。螺钉全部置入后经 C 形臂 X 线机透视正侧位,验证无误后冲洗切口,缝合皮肤。

1.3.2 对照组 术者根据临床经验在 C 形臂 X 线机透视下,按照倒三角布局徒手钻入 3 枚导针,而后经过反复透视调整导针的位置、置入角度,直至导针分布符合倒三角形,调整导针置入深度并人工测量所需螺钉的长度,沿导针依次钻孔,置入空心螺钉。

1.3.3 术后处理 术后常规拍患髌正侧位 X 线片,患侧穿“T”字鞋,预防性使用抗菌素 24 h,消肿、抗凝治疗。术后 24 h 进行下肢肌力训练,术后 3 d 进行患侧肢体被动屈伸髌膝关节练习,3 个月内患肢避免负重行走。

1.4 观察项目与方法

记录两组手术时间、透视次数、导针钻孔次数、螺钉调整次数、术中出血量等指标并进行评价。末次随访时采用 Harris 评分标准^[5]从疼痛、功能、畸形、关节活动度等 4 各方面评价髌关节功能情况。

1.5 统计学处理

应用 SPSS 17.0 软件进行统计学处理,手术时间、出血量、Harris 评分等定量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组比较采用独立样本 *t* 检验;性别、分型等定性资料比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

两组术后均获随访,时间 12~18 (15.6±2.8)个月。两组手术时间比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$);导航组术中透视次数、定位导针钻孔次数、空心螺钉更换调整次数以及术中出血量均少于对照组 ($P<0.05$),见表 2。X 线片示,两组骨折均愈合,无骨折延迟愈合及骨不连发生。导航组骨折愈合时间为 (6.25±3.13)个月,对照组为 (6.17±2.65)个月,两组比较,差异无统计学意义 ($t=0.195, P=0.782$)。末次随访时,两组 Harris 评分比较,差异无统计学意义 ($P=0.813$),见表 3。典型病例图片见图 1。

3 讨论

近年来针对股骨颈骨折的治疗虽然取得了较大进展,但仍有许多值得研究的问题,诸如骨折不愈合,股骨头坏死,以及如何减少术后并发症,减少术中医源性损伤,减少医患术中 X 线的辐射暴露等^[6-7]。计算机辅助骨科手术技术是以导航定位和机器人实施术中干预,能够安全开展精准、微创治疗的技术,不仅提高手术精度,而且极大减少医生、患者的 X 线辐射量。GOSLING 等^[8]报道机器人系统在创伤骨科中的应用,既可提高骨折复位的精度,而且缩短了手术操作时间。王军强等^[9]报道机器人导航系统能够最大限度减少术中透视次数和提高手术置钉的精准度。本研究应用国产天玑机器人系统(北京天智航)辅助股骨颈骨折空心螺钉内固定获得了精准、微创、安全的手术效果。导航组患者经闭合复位满意后通过 C 形臂 X 线机采集二维图像,将图像传至主控平台并进行细致、精确规划螺钉的位置、分布方向以及螺钉的长度。再经过机器人手臂进行定位,置入导针、螺钉,实现了空心螺钉的精准置入和可靠的固

表 2 两组股骨颈骨折患者术中临床资料的比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of intraoperative clinical data of two groups of patients with femoral neck fracture($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	手术时间/min	术中透视次数/次	导针钻孔次数/次	螺钉调整次数/次	术中出血量/ml
导航组	16	65.23±7.90	15.42±3.96	4.24±1.58	0.20±0.72	25.55±12.62
对照组	20	72.15±8.43	38.27±6.33	15.46±6.91	1.25±0.56	60.63±18.28
<i>t</i> 值		0.852	1.419	1.736	1.710	1.528
<i>P</i> 值		0.179	0.001	0.001	0.001	0.001

表 3 两组股骨颈骨折患者术后 12 个月 Harris 评分比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of Harris score of two groups of patients with femoral neck fracture 12 months after operation($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	疼痛	功能	畸形	关节活动度	总分
导航组	16	38.64±4.31	40.27±3.67	2.83±0.94	3.86±0.52	87.26±3.32
对照组	20	37.85±4.62	39.51±4.42	2.91±0.89	3.94±0.41	86.85±2.96
<i>t</i> 值		1.294	1.318	1.903	1.826	1.362
<i>P</i> 值		0.635	0.723	0.753	0.835	0.813

单位:分

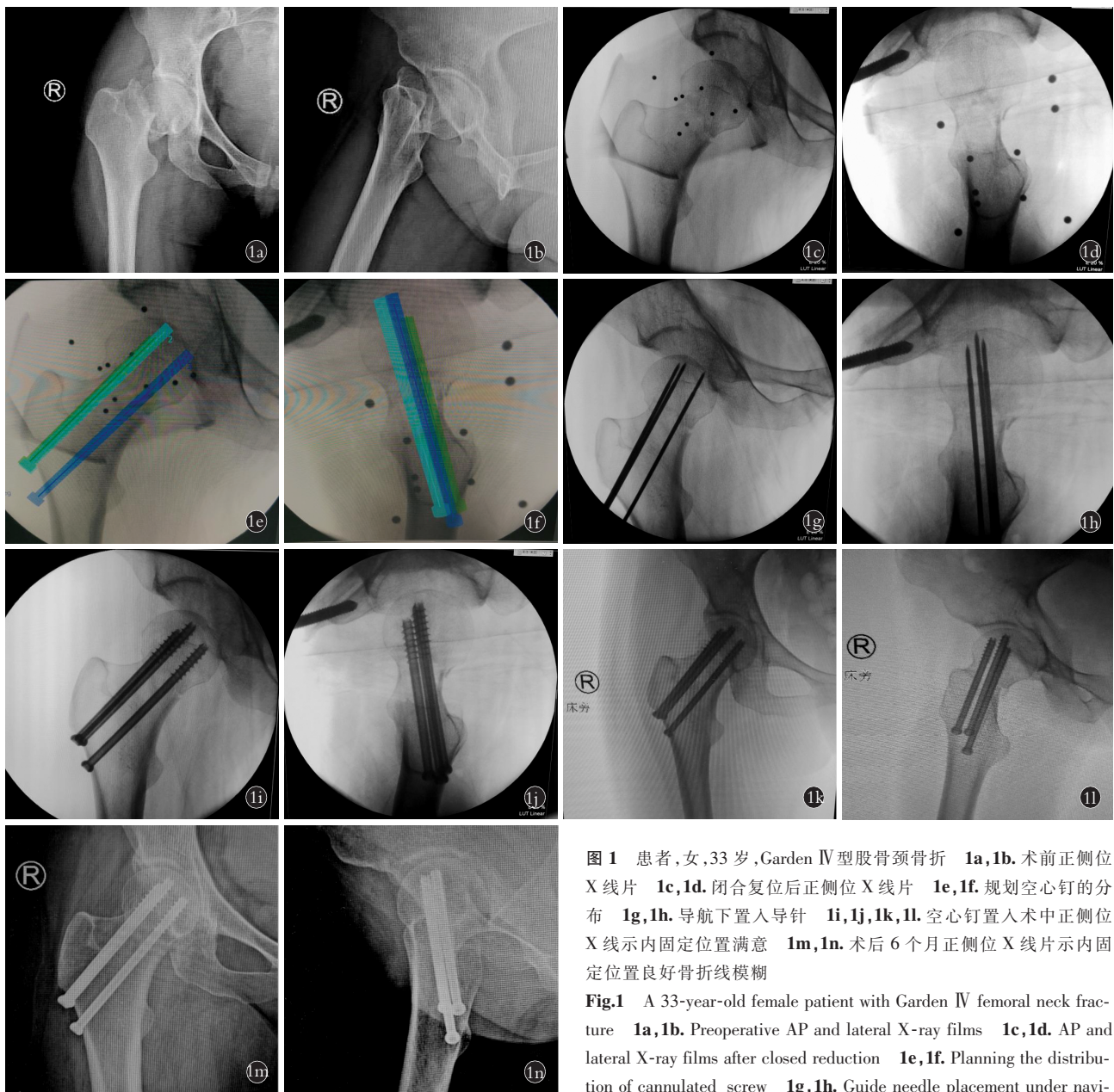


图 1 患者,女,33 岁,Garden IV 型股骨颈骨折 1a,1b. 术前正侧位 X 线片 1c,1d. 闭合复位后正侧位 X 线片 1e,1f. 规划空心钉的分布 1g,1h. 导航下置入导针 1i,1j,1k,1l. 空心钉置入术中正侧位 X 线示内固定位置满意 1m,1n. 术后 6 个月正侧位 X 线片示内固定位置良好骨折线模糊

Fig.1 A 33-year-old female patient with Garden IV femoral neck fracture 1a,1b. Preoperative AP and lateral X-ray films 1c,1d. AP and lateral X-ray films after closed reduction 1e,1f. Planning the distribution of cannulated screw 1g,1h. Guide needle placement under navigation 1i,1j,1k,1l. AP and lateral X-ray films during cannulated screw

placement showed the internal fixation position was satisfactory 1m,1n. Six months after operation, AP and lateral X-ray films showed the internal fixation position was good, and the fracture line was blurry

定,既节约了手术时间又减少了术中透视次数。

本研究两组手术时间比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$),笔者认为机器人系统辅助手术在本院开展时间不长,操作不够熟练,在图像采集、传输、规划等过程中花费了较多时间,而实际置入导针、螺钉的时间较短,相信以后随着手术医生的操作经验的积累,会使手术时间进一步的缩短。在透视次数、导针钻孔次数、以及空心螺钉调整次数导航组均明显少于对照组 ($P<0.05$)。本结果显示导航组手术极大的减少患者和医护人员的 X 线辐射量,降低了医患辐射损害。导针钻孔次数及螺钉调整次数减少可明显

降低对股骨头颈的骨质损害,保存更多的骨量有助于提高股骨颈骨折固定的强度,减少骨折不愈合和股骨头坏死等并发症的发生率。导航组术中出血量明显少于对照组 ($P<0.05$)。这些差异显示机器人导航系统具有明显微创化,损伤小,手术精度高的优点。

机器人导航系统辅助股骨颈骨折内固定的优点:(1)提高了手术精度,其导航精度误差在 1 mm 以内。(2)极大地减少术中透视的次数,减少医患 X 线辐射量,从而保护了患者于医护人员的健康。(3)空心螺钉布局更加合理,能够达到螺钉平行呈倒三角分布,而且螺钉长度在规划时即可确定,不需要

钻孔后测量深度等步骤。(4)纠错功能,如导针在置入过程中可实时监测导针的实际路径,若有偏差,可通过主控平台操作调整机器人手臂,重新导航定位,保证了手术的安全性。(5)手术微创化,仅需要切 3 个 1 cm 长皮肤切口,软组织剥离少,术中出血少,避免术中反复调整导针,降低了医源性骨折的风险。

机器人导航系统也存在不足:(1)需在髌骨上安装示踪器,需切口、置钉对患者有一定的附加损伤。(2)在进行螺钉规划时需要拍摄标准的股骨颈正侧位图像,若拍摄的图像不标准,即可能影响螺钉的规划及进一步的固定效果。(3)机器人导航系统设备费用较高,难以普及。

术中注意事项:(1)术前应将机器人设备与 C 形臂 X 线机定好位,避免机器人与 C 形臂 X 线机在术中发生碰撞。(2)安放在髌前上棘的示踪器应固定牢靠,避免示踪器与身体发生相对位移,导致定位误差。(3)在采集正侧位图像信息时必须保证小标尺朝向 C 形臂的射线接收平台,而且确保大小标尺的 10 个定位点全部显示出来。(4)在传输图像时避免触碰示踪器和移动机器人,确保图像传输准确无误。(5)在每次置入导针前主控台上应进行微调,确保置针误差率达到最小。

综上所述,机器人导航系统辅助股骨颈骨折空心钉内固定能够最大限度地减少术中透视次数,提高空心螺钉置入精度,有助于降低手术并发症的发生率,必将成为骨科微创治疗的重要手段。

参考文献

- [1] 李明,黄迪超,李海洋,等.骨科机器人导航手术的研究进展[J].中华创伤杂志,2019,35(4):377-384.
LI M, HUANG D C, LI H Y, et al. Research progress of orthopaedic robot navigation surgery[J]. Chin J Trauma, 2019, 35(4): 377-384. Chinese.
- [2] 胡翔,刘保健,温孝明,等.闭合复位加压空心螺钉内固定治疗

中青年股骨颈骨折的疗效观察[J].中国骨伤,2018,31(2):111-114.

HU X, LIU B J, WEN X M, et al. Clinical observation of closed reduction and compression cannulated screw fixation for the treatment of femoral neck fracture in young and middle-aged patients [J]. China J Orthop Traumatol, 2018, 31(2): 111-114. Chinese.

- [3] 林振恩,郑竑,陈学生,等.改良闭合复位技术治疗股骨颈骨折疗效分析[J].中国骨伤,2018,31(2):115-119.
LIN Z E, ZHENG H, CHEN X S, et al. Analysis of curative effect of traditional Chinese bone setting manipulation for the treatment of femoral neck fracture [J]. China J Orthop Traumatol, 2018, 31(2): 115-119. Chinese.
- [4] AGGARWAL A, SINGH M, AGGARWAL A N, et al. Assessment of interobserver variation in Garden classification and management of fresh intracapsular femoral neck fracture in adults [J]. Chin J Traumatol, 2014, 17(2): 99-102.
- [5] BARRACK R L, MULROY R D Jr, HARRIS W H. Improved cementing techniques and femoral component loosening in young patients with hip arthroplasty. A 12-year radiographic review [J]. J Bone Joint Surg Br, 1992, 74(3): 385-389.
- [6] 黄波,荣绍远,李建华,等.双平面机器人导航辅助下空心钉内固定治疗股骨颈骨折[J].中华骨科杂志,2017,37(9):528-534.
HUANG B, RONG S Y, LI J H, et al. Bi-planar robot navigation for cannulated screw fixation in the treatment of femoral neck fractures [J]. Chin J Orthop, 2017, 37(9): 528-534. Chinese.
- [7] ZWINGMANN J, KONRAD G, KOTTER E, et al. Computer-navigated iliosacral screw insertion reduces malposition rate and radiation exposure [J]. Clin Orthop Relat Res, 2009, 467(7): 1833-1838.
- [8] GOSLING T, WESTPHAL R, HUFNER T, et al. Robot-assisted fracture reduction: a preliminary study in the femur shaft [J]. Med Biol Eng Comput, 2005, 43(1): 115-120.
- [9] 王军强,樊瑜波.计算机辅助骨科手术技术将改善股骨颈骨折治疗[J].中国骨伤,2018,31(2):99-102.
WANG J Q, FAN Y B. Results of treatment for femoral neck fracture will be improved by computer assisted orthopaedic surgery [J]. China J Orthop Traumatol, 2018, 31(2): 99-102. Chinese.

(收稿日期:2022-09-20 本文编辑:王玉蔓)