

- femoral head without posterior wall acetabular fractures[J]. J Orthop Trauma, 2008, 22(10): 686-692.
- [12] KELLAM P, OSTRUM R F. Systematic review and meta-analysis of avascular necrosis and posttraumatic arthritis after traumatic hip dislocation[J]. J Orthop Trauma, 2016, 30(1): 10-16.
- [13] TANNAST M, MACK P W, KLAESER B, et al. Hip dislocation and femoral neck fracture; decision-making for head preservation [J]. Injury, 2009, 40(10): 1118-1124.
- [14] MEI J, WANG S Q, NI M, et al. Association between Weitbrecht's retinaculum injury and femoral head necrosis in femoral neck fractures[J]. Orthop Surg, 2022, 14(8): 1759-1767.
- [15] KEONG M W, RAZAK H R B A, KOON W M, et al. Case report of a rare pipkin type III femoral head fracture[J]. J Orthop Case Rep, 2019, 9(5): 11-15.
- [16] YOON T R, ROWE S M, CHUNG J Y, et al. Clinical and radiographic outcome of femoral head fractures; 30 patients followed for 3-10 years[J]. Acta Orthop Scand, 2001, 72(4): 348-353.
- [17] TOSOUNIDIS T, ADERINTO J, GIANNOUDIS P V. Pipkin type-III fractures of the femoral head: fix it or replace it[J]. Injury, 2017, 48(11): 2375-2378.
- [18] MUKHOPADHAYA J, BHADANI J S, SHYAM A. Functional outcome of pipkin type III fracture managed by osteosynthesis through trochanteric flip osteotomy in a young patient after 5 years follow-up-A case report and literature review[J]. J Orthop Case Rep, 2021, 11(8): 101-106.
- [19] 肖波, 曹志远, 何爱咏. Pipkin 骨折 17 例外科手术疗效[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(12): 1391-1396.
- XIAO B, CAO Z Y, HE A Y. Clinical efficacy of surgical treatment for Pipkin fracture in 17 cases[J]. J Central South Univ Med Sci, 2019, 44(12): 1391-1396. Chinese.

(收稿日期: 2023-01-08 本文编辑: 连智华)

• 临床研究 •

天玑机器人辅助下置钉与传统空心螺钉内固定股骨颈骨折疗效比较

聂德新, 孙文皋, 王小强, 王明俊, 孙锦波, 陈春

(贵州医科大学附属兴义医院矫形关节运动医学 小儿骨科, 贵州 兴义 562400)

【摘要】 目的: 探讨天玑骨科机器人辅助下空心螺钉内固定对股骨颈骨折的临床疗效及优势。方法: 回顾性分析 2019 年 1 月至 2022 年 1 月行空心螺钉内固定治疗的 41 例股骨颈骨折患者临床资料, 按手术方式不同分为天玑机器人组 18 例及传统空心螺钉固定组(传统手术组) 23 例, 其中天玑机器人组 18 例, 男 8 例, 女 10 例, 年龄(56.00±4.22)岁, Garden 分型 I 型 4 例、II 型 11 例、III 型 2 例、IV 型 1 例; 传统手术组 23 例, 男 10 例, 女 13 例, 年龄(54.87±4.81)岁, Garden 分型 I 型 5 例、II 型 14 例、III 型 3 例、IV 型 1 例。观察比较两组患者手术时间、术中出血量、术中透视次数、导针放置次数、手术费用等指标。术后 12 个月采用 Harris 评分评估患者髋关节功能。结果: 所有患者伤口甲级愈合, 无并发症发生。两组患者手术时间、术中透视次数、导针放置次数、术中出血量、手术费用比较, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。41 例患者获得至少 12 个月随访, 两组骨折均愈合。天玑机器人组随访期间无感染、螺钉松动、骨折移位, 未发生股骨头坏死; 传统手术组随访期间出现螺钉松动 2 例。术后 12 个月机器人组 Harris 髋关节功能评分中日常生活、跛行、关节活动度评分及总分均高于传统手术组($P<0.05$)。结论: 天玑机器人辅助下置钉是治疗股骨颈骨折的较好方法, 提高手术效率, 置钉更准确, 一次性置钉成功率更高、手术时间短、辐射少, 术后髋关节功能恢复更佳。

【关键词】 骨科机器人; 股骨颈骨折; 空心螺钉; 内固定

中图分类号: R683.42

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.03.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparison of curative effect between Tianji robot assisted screw placement and traditional cannulated screw internal fixation for femoral neck fracture

NIE De-xin, SUN Wen-gao, WANG Xiao-qiang, WANG Ming-jun, SUN Jin-bo, CHEN Chun (Orthopaedic Joints, Sports

基金项目: 贵州省黔西南州科技计划项目(编号: 2021-1-11)

Fund program: Guizhou Qianxinan Prefecture Science and Technology Plan Project(No.2021-1-11)

通讯作者: 陈春 E-mail: 13984600301@qq.com

Corresponding author: CHEN Chun E-mail: 13984600301@qq.com

Medicine, Pediatric Orthopedics, Xingyi Hospital Affiliated to Guizhou Medical University, Xingyi 562400, Guizhou, China)

ABSTRACT Objective To investigate the clinical efficacy and advantages of Tianji orthopedic robot assisted cannulated screw internal fixation for femoral neck fracture. **Methods** The clinical data of 41 patients with femoral neck fracture who underwent internal fixation with cannulated screws from January 2019 to January 2022 were retrospectively analyzed. According to different surgical methods, they were divided into Tianji robot group and traditional cannulated screw fixation group (traditional operation group). Among them, there were 18 patients in Tianji robot group including 8 males and 10 females with age of (56.00 ± 4.22) years old, Garden type I (4 cases), type II (11 cases), type III (2 cases), and type IV (1 case). There were 23 patients in the traditional operation group, including 10 males and 13 females, aged (54.87 ± 4.81) years old; there were 5 cases of Garden type I, 14 cases of type II, 3 cases of type III and 1 case of type IV. The operation time, intraoperative blood loss, fluoroscopy times, guide needle placement times, operation costs and other indicators were observed and compared between two groups. Harris score was used to evaluate hip joint function 12 months after operation. **Results** The wounds of all patients healed in Grade A without complications. There were significant differences between two groups in terms of operation time, times of intraoperative fluoroscopy, times of guide needle placement, amount of intraoperative bleeding, and operation cost ($P < 0.05$). All 41 patients were followed up for at least 12 months. The fractures of both groups were healed. There was no infection, screw loosening, fracture displacement and femoral head necrosis in Tianji robot group during follow-up; Screw loosening occurred in 2 patients in the traditional operation group during follow-up. At 12 months after operation, Harris hip joint function score of Tianji robot group was higher than that of traditional operation group in daily activity, lameness, joint activity score and total score ($P < 0.05$). **Conclusion** Tianji robot assisted nail placement is a better method for the treatment of femoral neck fracture, which improves the surgical efficiency, is more accurate, has higher success rate of one-time nail placement, shorter operation time, less radiation, and has better hip joint function recovery after surgery.

KEYWORDS Orthopedic robot; Femoral neck fracture; Cannulated screw; Internal fixation

股骨颈骨折是最常见的髋部骨折,其发病率占所有骨折的 3%~4%和髋部骨折的 50%~60%,且发病率正在上升,对于年轻患者,多由高能量暴力引起^[1-2]。目前,股骨颈骨折首选治疗方法为手术治疗,对于没有移位或能获得满意复位的股骨颈骨折,最常见的治疗方法是闭合复位空心螺钉内固定^[3]。3枚螺钉形成倒等边三角形,提供良好的生物学稳定性,促进股骨颈骨折愈合,如何准确的放置螺钉成为手术的关键。传统的空心螺钉内固定存在许多手术弊端,如术中反复转孔造成的骨损伤、螺钉脱位穿透外侧皮质及螺钉未处于最佳位置等^[4],这些因素可能导致术后出现骨折不愈合、股骨头坏死、内固定失败等,影响手术效果。同时,为确定最佳的固定位置,术中需频繁的透视,增加了医务人员的辐射风险。随着医疗智能化的发展,计算机辅助骨科手术技术成为术中干预、开展精准微创治疗的技术^[5],骨科手术机器人提供了数据分析处理、手术导航、模拟规划、精准定位等功能,可快速、准确、安全的置入螺钉,多篇研究总结其螺钉精准性达到 98%以上^[6],弥补了传统手术的不足。因此,骨科机器人辅助下手术被越来越多的骨科医生接受。本研究选取 2019 年 1 月至 2022 年 1 月行空心螺钉内固定治疗的 41 例股骨颈骨折患者的临床资料进行回顾性分析,比较天玑机器人辅助下手术与传统手术相关疗效。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:(1)年龄 < 65 岁,经 X 线诊断为单侧

闭合性股骨颈骨折患者。(2)手术方式以闭合复位为基础,采用天玑机器人置顶和传统空心螺钉内固定的患者。(3)非陈旧性股骨颈骨折患者。(4)临床资料完整者。排除标准:(1)病理性骨折患者,包括:原发性骨肿瘤、癌症骨转移等。(2)受累髋关节有中至重度髋关节炎或股骨头坏死。(3)术后随访时间至少 12 个月。

1.2 一般资料与分组

41 例患者通过 X 线诊断为股骨颈骨折,其中 18 例患者术中使用时天玑机器人(北京天智航第 3 代骨科手术机器人)辅助置钉,23 例患者采用传统空心螺钉内固定。两组患者年龄、性别、侧别、病程、受伤原因、GARDEN^[7]制定的分型方法(Garden 分型)比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性(见表 1)。所有患者对所接受的手术知情同意并签署知情同意书。

1.3 治疗方法

两组患者均采用空心螺钉内固定术。

1.3.1 天玑机器人组 由北京积水潭医院与北京天智航第 3 代骨科手术机器人天玑机器人辅助完成(图 1)。手术方式:麻醉生效后,患者取平卧位覆盖铅衣,双下肢牵引床牵引,髋部及下技术区常规消毒铺巾,C 形臂 X 线透视定位下行股骨颈复位,下肢外展、内旋,股骨颈骨折对位对线好,天玑机器人辅助定位、规划 3 枚拉力钉位置及长短,3 枚 2.5 mm 导针在机器人定位辅助下于股骨大转子下方穿过骨折线达到股骨头关节面 0.5 cm 处,C 形臂 X 线机透视

表 1 两组股骨颈骨折患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data of two groups of patients with femoral neck fracture before operation

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$)/岁	性别/例		侧边/例		病程($\bar{x}\pm s$)/月	受伤原因/例		Garden 分型/例			
			男	女	左侧	右侧		车祸伤	摔伤	I 型	II 型	III 型	IV 型
天玑机器人组	18	56.00±4.22	8	10	9	9	1.11±0.076	3	15	4	11	2	1
传统手术组	23	54.87±4.81	10	13	11	12	1.13±0.072	4	19	5	14	3	1
检验值		$t=-0.788$	$\chi^2=0.241$		$\chi^2=0.019$		$t=0.183$	$\chi^2=0.004$		$\chi^2=0.484$			
P 值		0.436	0.623		0.890		0.715	0.951		0.922			

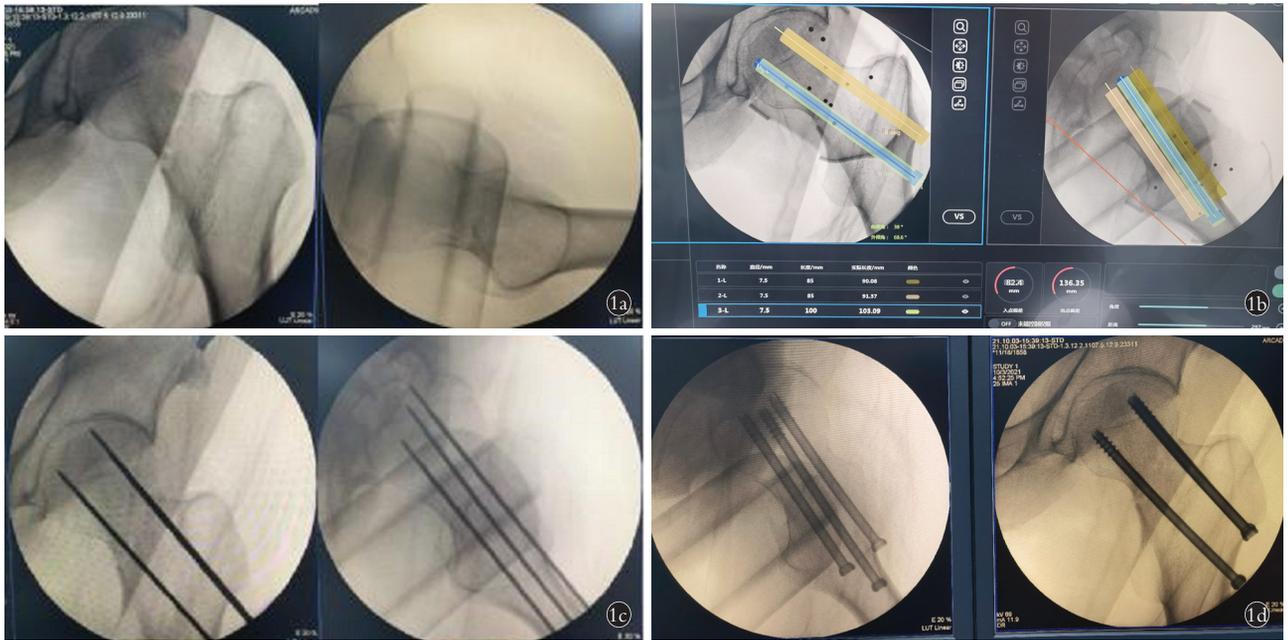


图 1 患者,男,61 岁,股骨颈骨折行天玑机器人辅助下手术 1a. 术中通过牵引床复位 1b. 术中规划置钉方向和长度 1c. 导针置入 1d. 3 枚空心钉置入

Fig.1 A 61-year-old male patient with femoral neck fracture underwent Tianji robot assisted surgery 1a. Reduction through traction bed during operation 1b. Plan the direction and length of nail placement during operation 1c. Guide pin insertion 1d. Insertion of 3 cannulated screws

正、轴位见导针位置、长度满意,3 枚导针在大转子下方呈倒“品”字形,测量 3 枚导针在骨内的长度,空心钻沿导针钻孔,分别选取合适长度 3 枚空心拉力钉平行穿过骨折部位至股骨头关节面下方 0.5 cm,再次 C 形臂 X 线透视见骨折端对位对线满意,内固定长度、位置满意,导针无突破股骨头关节软骨,骨折固定稳定,髋关节被动活动正常,无卡压,生理盐水冲洗切口,缝合切口,敷料包扎。

1.3.2 传统手术组 麻醉生效后,患者取平卧位覆盖铅衣,常规消毒铺巾,行屈髋、外展、内旋骨折手复位,C 形臂 X 线透视髋部正、轴位见股骨颈骨折对位对线良好,取 3 枚 2.0 mm 导针并在 C 形臂 X 线机定位下确定股骨大转子下方导针的正确位置和方向,分别将导针穿过骨折线达到股骨头下方,C 形臂 X 线机透视正、轴位见导针位置、长度满意,3 枚导针在大转子下方呈倒“品”字形,沿 3 枚导针取 3 个

1 cm 皮肤切口,测量 3 枚导针在骨内的长度,空心钻沿导针钻孔,分别置入合适长度的 3 枚空心钉,再次 C 形臂 X 线透视见骨折端对位对线满意,内固定长度、位置满意、无突破股骨头。

1.4 观察项目与方法

术后 1、3、6、12 个月对患者进行随访,观察比较两组患者手术相关指标,如手术时间、术中出血量、手术费用、术中透视次数、导针放置次数等,其数据根据手术记录及麻醉记录统计而来。采用 HARRIS^[8] 制定的评分标准(Harris 评分)评价髋关节功能,总分 100 分,包括:疼痛、功能、畸形、活动度 4 个方面,其中功能包括跛行、行走时辅助、行走距离及日常活动,评分 90~100 分为优、80~89 分为良、70~79 分为中、0~69 分为差。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析。年龄、手

术时间、术中出血量、手术费用、术中透视次数、导针放置次数、髋关节 Harris 评分等定量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用独立样本 *t* 检验;对性别、侧别、Garden 分型等定性资料采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

纳入病例均顺利完成手术,两组手术时间、术中透视次数、导针放置次数、术中出血量及手术费用差异均有统计学意义($P<0.05$),两组患者随访时间差异无统计学意义($P>0.05$),见表 2。天玑机器人组在手术时间、术中透视次数、导针放置次数、术中出血量方面较传统手术组均明显减少,手术费用增加,平均约增加 6 945 元。

天玑机器人组随访时间(15.06±0.29)个月,传统手术组随访时间(14.74±0.32)个月。两组骨折均愈合。术后 12 个月,两组患者髋关节 Harris 评分比较见表 3,分项评分中日常活动、跛行、活动度差异有统计学意义($P<0.05$),天玑机器人组 Harris 总评分高于传统手术组($P<0.05$),使用天玑机器人术后恢复效果更加。同时根据髋关节 Harris 评分进行临床疗效分级,天玑机器人组优 10 例,良 6 例,中 2 例;传统手术组优 9 例,良 8 例,中 6 例;两组比较,差异无统计学意义($\chi^2=0.416, P<0.05$)。

天玑机器人组随访期间无感染、螺钉松动、骨折移位,未发生股骨头坏死;传统手术组随访期间出现螺钉松动 2 例。

3 讨论

医疗机器人是集医学、材料学、计算机学、生物力学、机器人学等学科交叉而成的新兴研究方向,在

视觉、触觉、听觉等方面帮助临床医生做出决策和提供操作,可精准手术、提高手术操作质量等,降低医生操作失误的可能性,现广泛应用于临床^[9]。传统的手术方法比较依靠术者的手术经验,缺乏经验的医生可能出现规划螺钉不准确,放置位置不佳,术中反复转孔,破坏股骨头颈骨质,同时出现损伤血管等,增加了骨折不愈合和股骨头坏死的风险。而天玑机器人借助计算机对患者的骨性解剖等影像数据进行分析处理,对指导医生快速、准确置入内植物,同时通过规划螺钉通道,可以准确计算螺钉的长度,更加安全、精准,提高手术的准确性,减少手术创伤及辐射,操作更加人性化,易于学习。随着功能的完善,在临床的应用范围越来越广。

在本研究中,与传统手术组比较,机器人组手术时间明显减少,提高了手术效率,以往部分学者研究认为机器人手术时间较长,考虑其原因为对操作系统不熟练,效率低下,但随着对操作的熟悉,极大降低了手术时间^[10]。同时,随着手术时间的降低,将医生操作失误的可能性进一步降低^[9]。机器人组术中透视次数明显减少,降低了医务人员辐射伤害。同时,通过机器人准备的导航置钉,导针放置次数明显减少,减少对皮肤、肌肉等软组织损伤,降低术后感染风险,同时减少皮质骨和松质骨的损伤^[4]。机器人组随着手术时间的减少,术中出血量也相应减少。对于欠发达地区,使用天玑机器人的费用增加以往文献较少提及,多提出将增加患者的医疗负担^[11],得益于本院的优惠政策,使用天玑机器人进行手术,平均费用仅增加约 6 945 元,一定程度上降低了患者的负担,提高了机器人的使用率。术后随访 12 个月,机

表 2 两组股骨颈骨折患者各项临床观察指标比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of clinical observation indexes between 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	导针放置次数/次	术中出血量/ml	手术费用/元	随访时间/月
天玑机器人组	18	56.94±7.85	22.94±5.01	13.61±1.69	18.78±5.91	21 290.17±1 511.97	15.06±0.29
传统手术组	23	72.71±10.49	34.09±4.24	19.43±4.07	25.17±8.13	14 345.80±2 032.20	14.74±0.32
<i>t</i> 值		2.830	7.710	5.690	2.800	-12.100	-0.714
<i>P</i> 值		0.008	0.000	0.000	0.008	0.000	0.183

表 3 两组股骨颈骨折患者术后 1 年髋关节 Harris 评分比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of hip Harris scores at 1 year after operation between two groups of patients with femoral neck fracture

($\bar{x}\pm s$)

单位:分

组别	例数	疼痛	日常活动	跛行	行走时辅助	行走距离	畸形	活动度	总分
天玑机器人组	18	40.220±0.647	11.670±0.485	10.220±0.428	9.670±0.485	9.950±0.511	3.930±0.323	4.170±0.383	89.830±5.630
传统手术组	23	39.960±1.065	10.350±0.853	8.780±0.7360	9.520±0.511	9.480±0.511	3.910±0.288	3.610±0.656	85.610±6.390
<i>t</i> 值		-0.931	-2.958	-7.37	-0.922	-0.481	0.252	-3.199	-2.210
<i>P</i> 值		0.586	0.002	0.014	0.116	0.688	0.617	0.001	0.033

机器人组术后髋关节 Harris 总评分、日常活动、跛行、活动度评分均明显高于传统手术组, 说明其髋关节功能恢复更佳, 明显提高生活质量, 且术后未发生螺钉松动、股骨头坏死等情况, 可见使用天玑机器人进行手术患者的术后功能恢复更佳。

总结天玑机器人辅助股骨颈骨折内固定手术包括以下优点: (1) 可通过天玑机器人构建置钉路径, 选择最优的内固定位置。(2) 通过机械臂进行操作, 减少医生操作误差, 提高置钉精准度。(3) 使手术过程同质化, 提高术后恢复效果, 避免不同手术者操作误差。(4) 天玑机器人可辅助进行快速定位、准确置钉、缩短手术时间。(5) 可进行培训学习, 提高医务人员的手术水平。

综上所述, 使用天玑机器人进行手术, 与传统的空心螺钉内固定股骨颈骨折相比, 提高手术效率, 置钉更准确, 一次性置钉成功率更高、缩短手术时间、减少出血及术中透视次数, 患者术后功能恢复更佳。限于本研究为回顾性研究且病例数较少, 存在一定的研究不足, 望更多的前瞻性研究及大中心样本量, 为天玑机器人的推广使用做出更多理论依据。

参考文献

- [1] ZHAN S, JIANG D J, LING M, et al. Fixation effects of different types of cannulated screws on vertical femoral neck fracture: a finite element analysis and experimental study[J]. *Med Eng Phys*, 2021, 97: 32-39.
- [2] WU X J, WANG Y L, SUN W, et al. Cemented and uncemented hemiarthroplasty for femoral neck fracture in elderly patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2021, 33(8): 2087-2111.
- [3] WANG X D, LAN H, LI K N. Treatment of femoral neck fractures with cannulated screw invasive internal fixation assisted by orthopaedic surgery robot positioning system[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(5): 864-872.
- [4] HE M, HAN W, ZHAO C P, et al. Evaluation of a Bi-planar robot navigation system for insertion of cannulated screws in femoral neck fractures[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(3): 373-379.
- [5] 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.
- [6] 叶晓健. 机器人手术在脊柱外科手术中发挥的精准安全和微创高效作用[J]. *中国骨伤*, 2022, 35(2): 99-100.
YE X J. Robotic surgery plays a precise, safe, minimally invasive and efficient role in spinal surgery[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2022, 35(2): 99-100. Chinese.
- [7] GARDEN R S. Stability and union in subcapital fractures of the femur[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1964, 46: 630-647.
- [8] HARRIS W H. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1969, 51(4): 737-755.
- [9] TU D P, LIU Z, YU Y K, et al. Internal fixation versus hemiarthroplasty in the treatment of unstable intertrochanteric fractures in the elderly: a systematic review and meta-analysis[J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(4): 1053-1064.
- [10] 童祎, 罗晓中, 吴刚, 等. 机器人导航下及传统经皮空心拉力螺钉内固定术治疗股骨颈骨折的疗效比较[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2016, 30(6): 685-689.
TONG Y, LUO X Z, WU G, et al. Comparative study on fixation with percutaneous cannulated screws assisted by robot navigation and conventional surgery with manual positioning for femoral neck fractures[J]. *Chin J Reparative Reconstr Surg*, 2016, 30(6): 685-689. Chinese.
- [11] DUAN S J, LIU H S, WU W C, et al. Robot-assisted percutaneous cannulated screw fixation of femoral neck fractures: preliminary clinical results[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(1): 34-41.

(收稿日期: 2022-12-18 本文编辑: 王玉蔓)