

· 临床论著 ·

机器人辅助经皮空心钉固定股骨颈骨折[△]

陈金雄^{1,2}, 周观明^{2*}, 陈希聪², 肖可明², 余海波², 张念军²

(1. 广州中医药大学, 广东广州 510006; 2. 佛山市中医院关节科, 广东佛山 528000)

摘要: [目的] 评价机器人辅助经皮空心钉固定股骨颈骨折的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2017 年 11 月—2019 年 5 月经皮空心钉固定股骨颈骨折 68 例患者的临床资料。根据术前医患沟通结果, 32 例采用机器人辅助置钉, 36 例徒手置钉。比较两组围手术期、随访和影像资料。[结果] 机器人组手术时间、术中透视次数、导钉定位次数、下地行走时间显著优于徒手组 ($P<0.05$)。随访 (31.4±6.8) 个月, 机器人组骨不连 1 例, 股骨头坏死 3 例; 徒手组骨不连 2 例, 股骨头坏死 5 例。机器人组恢复完全负重活动时间显著早于徒手组 ($P<0.05$)。随时间推移, 两组的 Harris 评分、髋伸-屈、内-外旋 ROM 均显著增加 ($P<0.05$); 术后 1、3 个月机器人组的 Harris 评分、ROMs 均显著优于徒手组 ($P<0.05$), 但末次随访时两组间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 两组术后 Garden 指数差异无统计学意义 ($P>0.05$)。机器人组空心钉平行度、分散度均显著优于徒手组 ($P<0.05$)。相应时点两组间在颈干角、Tonnis 髋退变分级的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 机器人辅助经皮空心钉固定股骨颈骨折可缩短手术时间, 提高置钉精度, 有利于髋关节功能的早期恢复。

关键词: 股骨颈骨折, 空心钉, 机器人, 内固定

中图分类号: R683.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 04-0295-05

Robot-assisted percutaneous cannulated screw fixation of femoral neck fracture // CHEN Jin-xiong^{1,2}, ZHOU Guan-ming², CHEN Xi-cong², XIAO Ke-ming², YU Hai-bo², ZHANG Nian-jun². 1. Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Foshan 528000, China; 2. Department of Joint Surgery, Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Foshan 528000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical efficacy of robot-assisted percutaneous cannulated screw fixation of femoral neck fractures. [Methods] A retrospective study was done on 68 patients who received percutaneous cannulated screw fixation of femoral neck fractures from November 2017 to May 2019. According to preoperative doctor-patient communication, 32 patients received robot-assisted screw placement, while the remaining 36 patients were treated with freehand screw placement. The documents regarding to perioperative period, follow-up and radiographs were compared between the two groups. [Results] The robot group proved significantly superior to the freehand group in terms of operation time, intraoperative fluoroscopy times, guide pin positioning times and postoperative walking time ($P<0.05$). During the follow-up lasted for (31.4±6.8) months on a mean, the robot group had 1 case of nonunion and 3 cases of femoral head necrosis, whereas the freehand group had 2 cases of nonunion and 5 cases of femoral head necrosis. The robot group resumed full weight bearing activity significantly earlier than the freehand group ($P<0.05$). The Harris score, hip extension-flexion and internal-external rotation range of motions (ROMs) significantly increased in both groups over time ($P<0.05$), which in the robot group were significantly better than the freehand group at 1 and 3 months postoperatively ($P<0.05$), whereas became not statistically significant between the two groups at the latest follow-up ($P>0.05$). Radiographically, there was no significant difference in Garden index between the two groups ($P>0.05$), while the robot group was significantly superior to the freehand group in terms of the parallelism and dispersion of cannulated screw placement ($P<0.05$). However, there were no significant differences in neck-shaft angle and Tonnis grade for hip degeneration between the two groups at the corresponding time points ($P>0.05$). [Conclusion] Robot-assisted fixation of femoral neck fractures with cannulated screws does shorten the operation time, improve the accuracy of screw placement, and facilitate the early recovery of hip function.

Key words: femoral neck fracture, cannulated screw, robot, internal fixation

随着人口老龄化及交通事业的发展, 股骨颈骨折 日益增多, 占所有髋部骨折的 53%, 是创伤骨科常

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.04.02

△基金项目: 广东省中医药局科研项目(编号: 20181248)

作者简介: 陈金雄, 主治医师, 研究方向: 关节外科, (电话) 13927721459, (电子信箱) 125006248@qq.com

* 通信作者: 周观明, (电话) 13902413657, (电子信箱) 465125194@qq.com

见的骨折之一^[1]。目前对股骨颈骨折的手术治疗已形成共识，但手术方案尚无统一的意见，有动力髌螺钉、空心加压螺钉、加压锁定钉板系统、关节置换术等，可见治疗方案仍存在争议^[2]，但青壮年股骨颈骨折内固定手术仍是目前的主流，因空心钉固定具有微创、价廉、对残余血供破坏小、滑动加压等优点在临床上应用最为广泛，但术后仍存在骨不连、内固定物松动或断裂、股骨头坏死、股骨颈短缩等并发症，文献报道股骨颈骨折内固定术后并发症发生率高达 41%^[3]，可见股骨颈骨折的治疗仍具有困难与挑战性^[4]。空心钉固定股骨颈骨折的原理是滑动加压，理论上空心钉间越平行，滑动加压效果越好。文献报道也证实了空心钉的数量、构型、平行度、分散度等对结果存在影响，与治疗结果密切相关^[5-7]。目前认为理想的空心钉布局应是 3 枚空心钉呈倒三角、贴边、平行固定。随着人工智能化的发展，机器人辅助手术在临床上应用日益广泛，具有安全、微创、精准等众多优点，理论上应用机器人辅助空心钉固定股骨颈骨折能提高空心钉的置钉质量^[8]，而高质量的空心钉置钉是骨科医生追求的。本研究比较了机器人辅助与徒手置钉固定股骨颈骨折的疗效，旨在为机器人辅助空心钉固定股骨颈骨折提供参考。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 有明确外伤史，为单侧闭合性损伤；(2) 影像证实股骨颈骨折（图 1a, 1b）；(3) 伤前可扶拐或不扶拐行走；(4) 年龄 18~65 岁。

排除标准：(1) 病理性骨折；(2) 陈旧性骨折；(3) 美国麻醉协会生理评分（ASAS）分级为Ⅲ、Ⅳ级者；(4) 患有精神疾病，依从性差者。

1.2 一般资料

回顾性分析 2017 年 11 月—2019 年 5 月收治的股骨颈骨折患者的临床资料，共 68 例符合上述标准，纳入本研究。依据术前医患沟通结果，32 例采用机器人辅助置钉，36 例采用徒手置钉。两组患者术前一般资料比较见表 1，两组年龄、性别、BMI、损伤至手术时间、侧别、Pauwels 分型差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。本研究经医院伦理委员会批准，所有患者均签署知情同意书。

1.3 手术方法

麻醉成功后，仰卧于骨科牵引床，患肢先外展外旋，然后内收内旋辅助骨折闭合复位，对难复性骨折采用前方小切口辅助复位并克氏针临时固定^[9]，复位

满意后再应用机器人或徒手进行置钉。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

| 指标 | 机器人组 (n=32) | 徒手组 (n=36) | P 值 |
|--|----------------|---------------|-------|
| 年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$) | 43.6±13.7 | 45.7±12.7 | 0.519 |
| 性别 (例, 男/女) | 18/14 | 17/19 | 0.457 |
| BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$) | 24.1±2.5 | 23.2±1.9 | 0.083 |
| 损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$) | 3.2±1.0 | 3.1±1.0 | 0.757 |
| 侧别 (例, 左/右) | 12/20 | 21/15 | 0.086 |
| Pauwels 分型 (例, I/II/III) | 13/12/7 | 17/15/4 | 0.522 |

机器人组：在同侧髂前上棘上 2 cm 的髂脊处安装示踪器，C 形臂 X 线机透视采集标准正侧位图像，并传输至天玑骨科机器人操作平台，然后于智能操作平台进行置钉规划并预估螺钉长度（图 1c, 1d），最后在机器人机械力臂引导下经皮置入 3 枚倒品字形、平行的空心钉导针，透视满意后钻孔、测量螺钉长度，按导针方向拧入 3 枚 7.3 mm 半螺纹空心钉（图 1e, 1f）。

徒手组：术者据经验在 C 形臂 X 线机辅助下经皮置入 3 枚空心钉导针，透视满意后钻孔、测量螺钉长度，按导针方向拧入 3 枚 7.3 mm 半螺纹空心钉。

术后常规予预防感染、抗凝、止痛处理。术后 7 d 指导股四头肌等长收缩及踝泵训练，禁止行直腿抬高训练。术后 14 d 后据恢复情况扶双拐下地不负重行走，术后 3 个月内每月复查 X 线，视骨折愈合情况决定下地负重行走。

1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、切口总长度、术中失血量、术中透视及导针定位次数、下地行走时间、切口愈合等级、住院时间及早期并发症。采用恢复完全负重活动时间、Harris 评分，髌伸-屈及内-外旋关节活动度（range of motion, ROM）评价临床效果。拍摄标准骨盆正侧位 X 线片评估 Garden 指数^[10]、计算空心钉平行度（3 枚空心钉间相互夹角的平均值）及分散度（股骨颈最窄处上下位钉距离与股骨颈直径之比）。测量颈干角，采用 Tonnis 评级评价髌退变情况^[11]。

1.5 统计学方法

应用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料符合正态分布，组间比较采用独立样本 t 检验，组内不同时点比较采用单因素方差分析；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。等级资料两两比较采

用 *Mann-whitney U* 检验, 组内比较采用多个相关资料的 *Friedman* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术, 无神经、血管损伤等严重并发症。两组围手术期资料见表 2。机器人组手术时间、术中透视次数、导针定位次数、下地行走时间显著优于徒手组 ($P < 0.05$); 两组切口总长度、术中失血量、切口愈合等级及住院时间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

| 指标 | 机器人组 (n=32) | 徒手组 (n=36) | P 值 |
|------------------------------|----------------|---------------|--------|
| 手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$) | 46.8±10.9 | 66.0±15.4 | <0.001 |
| 切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$) | 3.9±0.8 | 3.7±0.7 | 0.131 |
| 术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$) | 50.8±9.8 | 53.1±7.4 | 0.280 |
| 术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$) | 8.0±2.4 | 13.7±2.9 | <0.001 |
| 导针定位次数 (次, $\bar{x} \pm s$) | 3.4±0.7 | 9.1±2.7 | <0.001 |
| 下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$) | 15.2±2.7 | 17.0±3.8 | 0.027 |
| 切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙) | 30/2/0 | 35/1/0 | 0.455 |
| 住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$) | 8.2±2.5 | 7.5±2.5 | 0.243 |

2.2 随访结果

随访 24~48 个月, 平均 (31.4±6.8) 个月。机器人组 4 例 (12.5%) 出现并发症, 其中骨不连 1 例, 股骨头坏死 3 例; 徒手组 7 例 (19.4%) 出现并发症, 其中骨不连 2 例, 股骨头坏死 5 例; 两组并发症发生率比较差异无统计学意义 ($P = 0.521$)。3 例股骨头坏死患者经保守治疗后症状改善, 5 例股骨头坏死及 2 例骨不连患者改行全髋置换, 1 例骨不连行重新切开植骨内固定术后愈合。

两组患者随访资料见表 3。机器人组恢复完全负重活动时间显著早于徒手组 ($P < 0.05$)。随时间推移, 两组 Harris 评分、髋伸-屈、内-外旋 ROM 均显著增加 ($P < 0.05$); 术后 1、3 个月机器人组的 Harris 评分、髋伸-屈及内-外旋 ROM 均显著优于徒手组 ($P < 0.05$), 但末次随访时两组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4。骨折复位质量方面, 两组 Garden 指数差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。空心

钉置钉质量方面, 机器人组空心钉平行度、分散度均显著优于徒手组 ($P < 0.05$)。两组相同时点的颈干角、Tonnis 髋退变分级差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 随时间推移, 两组颈干角均轻度减小、Tonnis 髋退变较前轻度进展, 但差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。机器人组典型病例见图 1g, 1h。

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

| 指标 | 机器人组 (n=32) | 徒手组 (n=36) | P 值 |
|----------------|----------------|---------------|-------|
| 完全负重活动时间 (d) | 108.8±13.6 | 116.1±11.3 | 0.018 |
| Harris 评分 (分) | | | |
| 术后 1 个月 | 61.4±4.7 | 58.2±4.0 | 0.003 |
| 术后 3 个月 | 82.8±8.0 | 78.3±6.6 | 0.013 |
| 末次随访 | 88.1±2.9 | 88.6±3.6 | 0.500 |
| P 值 | <0.001 | <0.001 | |
| 髋伸-屈 ROM (°) | | | |
| 术后 1 个月 | 83.9±9.0 | 78.9±6.5 | 0.010 |
| 术后 3 个月 | 107.3±5.1 | 104.1±6.7 | 0.036 |
| 末次随访 | 133.7±5.0 | 135.3±4.9 | 0.184 |
| P 值 | <0.001 | <0.001 | |
| 髋内旋-外旋 ROM (°) | | | |
| 术后 1 个月 | 56.0±3.2 | 53.4±4.3 | 0.008 |
| 术后 3 个月 | 63.2±4.6 | 60.9±3.9 | 0.029 |
| 末次随访 | 73.7±3.8 | 72.0±5.3 | 0.140 |
| P 值 | <0.001 | <0.001 | |

表 4 两组患者影像评估结果与比较

| 指标 | 机器人组 (n=32) | 徒手组 (n=36) | P 值 |
|-------------------------------|----------------|---------------|--------|
| Garden 指数 (例, I/II/III/IV) | 27/5/0/0 | 29/7/0/0 | 0.680 |
| 空心钉平行度 (°, $\bar{x} \pm s$) | 1.5±0.5 | 2.9±0.4 | <0.001 |
| 空心钉分散度 (% , $\bar{x} \pm s$) | 72.2±10.5 | 64.2±9.2 | <0.001 |
| 颈干角 (°, $\bar{x} \pm s$) | | | |
| 术后即刻 | 127.7±4.8 | 126.9±5.3 | 0.501 |
| 术后 3 个月 | 127.3±4.7 | 126.1±4.9 | 0.321 |
| 末次随访 | 127.1±4.6 | 125.5±5.3 | 0.186 |
| P 值 | 0.889 | 0.537 | |
| Tonnis 髋退变分级 (例, 0/1/2/3) | | | |
| 术后即刻 | 31/1/0/0 | 34/2/0/0 | 0.629 |
| 术后 3 个月 | 30/1/1/0 | 34/2/0/0 | 0.880 |
| 末次随访 | 28/0/1/3 | 29/1/1/5 | 0.454 |
| P 值 | 0.117 | 0.072 | |

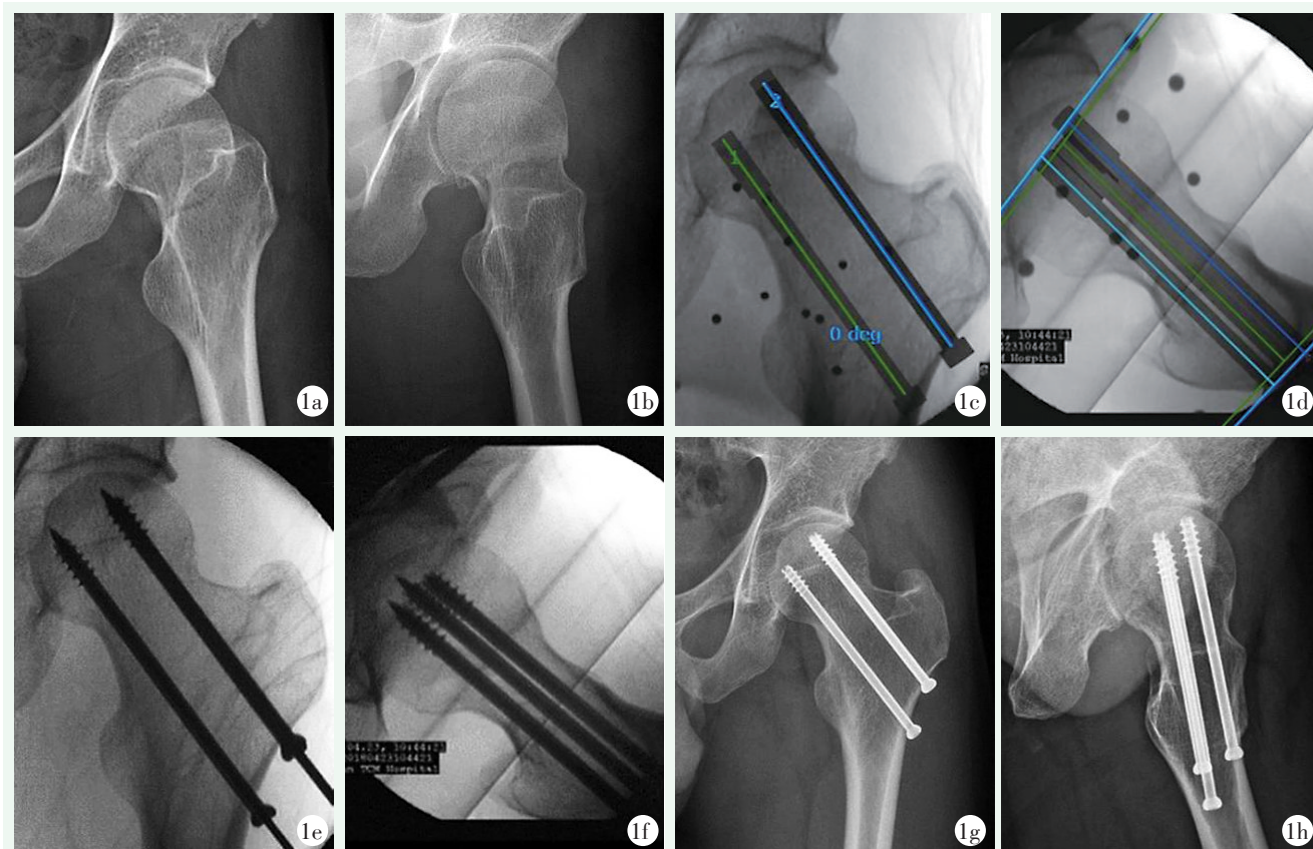


图 1 患者,男,33 岁,左股骨颈骨折,行机器人辅助经皮空心钉固定术治疗 1a, 1b: 术前 X 线片示左股骨颈骨折, Garden II 型 1c, 1d: 机器人辅助规划空心钉位置 1e, 1f: 沿导针方向置入 3 枚 7.3 mm 空心钉, 空心钉位置与规划一致 1g, 1h: 术后 2 年, X 线片示空心钉位置良好, 骨折愈合, 无股骨头坏死

3 讨论

股骨颈骨折是常见的髋部骨折, 占所有髋部骨折的 53%^[1]。因股骨颈的独特解剖结构和血供特点, 股骨颈骨折术后并发症发生率及致残率较高, 文献报道其并发症高达 41%^[3], 常见的并发症为骨不连、股骨颈短缩以及股骨头缺血性坏死, 并发症高也预示着股骨颈骨折的治疗仍存在诸多问题, 具有挑战性。目前对于青壮年股骨颈骨折, 空心钉固定仍是首选, 并已达成共识^[12]。生物力学研究表明, 理想的空心钉置入应达到“倒品字、平行、贴边”的要求^[7]。临床研究也表明, 股骨颈骨折预后与空心钉置入的质量、骨折复位质量密切相关, 良好的复位及高质量的空心钉置入能减少股骨颈骨折的并发症^[9, 13]。为提高空心钉置入的质量, 蜂窝导向器、个性化 3D 打印导向器等均取得良好的效果^[14-16]。

随着人工智能时代的到来, 机器人辅助骨科手术近年来在临床上已广泛开展, 是医工结合研究的热点^[17]。既往研究表明, 相比传统徒手置钉存在

的反复透视、反复多次钻孔致骨质丢失、空心钉置钉位置不理想、手术时间长等问题, 机器人辅助置钉能缩短手术时间、减少辐射及导针定位次数并减少对股骨头骨质进一步的破坏, 理论上能保护股骨头残留血运^[18, 19]。本研究结果也显示机器人组手术时间、术中透视次数、术中导针定位次数优于徒手组 ($P < 0.05$), 与既往研究结果相符^[20, 21]。本研究亦发现机器人组的空心钉平行度和分散度优于徒手组 ($P < 0.05$), 说明机器人辅助置钉能获得较好的置钉位置从而获得更好的把持力, 为股骨颈骨折的愈合创造条件, 与 Wang 等^[22]的研究结果一致。另外在随访过程中, 机器人组下地行走时间、下地完全负重行走时间早于徒手组 ($P < 0.05$), 且在术后 1、3 个月时机器人组的 Harris 评分、髋关节伸-屈及内-外旋 ROM 优于徒手组 ($P < 0.05$), 但未次随访时差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 说明机器人辅助手术有助于骨折后早期功能康复, 究其原因笔者推测与高质量的置钉相关。并发症方面, 两组骨不连、股骨头坏死比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 笔者认为可能与样本量小及随访时间短相关, 日后需开展大规模的临床随机对

照试验以明确其与骨折预后的相关性。

笔者在临床上应用机器人辅助空心钉固定股骨颈骨折有如下几点体会：(1) 机器人辅助手术能缩短年轻医师学习曲线，提高手术质量；(2) 虽然众多研究结果表明，机器人辅助手术具有手术创伤少、辐射低、置钉精准度高的优点^[19, 21]，但不能忽视骨折复位的重要性，良好的骨折复位是骨折良好预后的关键，对难复性股骨颈骨折，应使用撬拨、股骨头干三维互动技术或经直接前方入路切开等技术以实现骨折的解剖复位^[23-25]；(3) 机器人辅助置入导针时，选用2.5 mm无螺纹的克氏针为宜，因股骨大粗隆下方属于股外侧肌的起点，筋膜丰富，带螺纹克氏针容易与软组织绞索而导致进针点偏移；此外当克氏针刚抵止于进针点的骨皮质时，宜在骨皮质慢钻打磨出痕迹后再慢慢进针避免进针点滑移而降低置钉的精度；(4) 选择合适长度的空心螺钉至关重要，机器人辅助导航系统提供的长度只能作为参考，应考虑空心钉滑动加压作用致螺钉相对长度变长而穿出关节面的可能，避免更换螺钉而降低螺钉的把持力。

综上所述，机器人辅助经皮空心钉治疗股骨颈骨折能缩短手术时间，提高空心钉置入的精准度，有助于髋关节功能的早期康复。

参考文献

- Thomgren KG, Hommel A, Norrman PO, et al. Epidemiology of femoral neck fractures [J]. *Injury*, 2002, 33 (33 Suppl 3): C1-C7.
- Okike K, Ugochukwu UN, Marckenley I, et al. Not all Garden-I and II femoral neck fractures in the elderly should be fixed [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2019, 101 (20): 1852-1859.
- Slobogean GP, Sprague SA, Scott T, et al. Complications following young femoral neck fractures [J]. *Injury*, 2015, 46 (3): 484-491.
- 张长青, 张伟. 股骨颈骨折内固定治疗的挑战与应对 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23 (6): 467-469.
- 王建, 冉建, 刘修信, 等. 空心钉“F”技术与倒三角形方式布钉治疗股骨颈骨折的疗效比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (24): 2242-2246.
- 仇赛, 季晓娟, 陆永刚. 3枚与4枚空心钉固定 Pauwels III型股骨颈骨折对比 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (6): 552-555.
- 胡丹, 范卫民. 不同布局空心螺钉治疗股骨颈骨折的生物力学差异 [J]. *江苏医药*, 2005, 31 (9): 646-648.
- 王军强, 吴新宝, 张腾. 基于骨科手术机器人定位系统的精准微创内固定治疗股骨颈骨折 [J]. *骨科临床与研究杂志*, 2019, 4 (1): 57-60.
- 卢海燕, 唐聪, 范华强, 等. 前方小切口辅助复位空心钉内固定治疗 Garden III、IV型股骨颈骨折 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2017, 32 (7): 715-717.
- 王晶, 魏欣, 曾朝强, 等. 标准骨盆前后位对髋关节撞击综合征的诊断价值 [J]. *实用医学影像杂志*, 2016, 17 (6): 532-534.
- Kovalenko B, Bremjit P, Fernando N. Classifications in brief: Tonnis Classification of hip osteoarthritis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2018, 476 (8): 1680-1684.
- Medda S, Snoop T, Carrol EA, et al. Treatment of young femoral neck fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33 (Suppl1): S1-S6.
- 张长青, 张英泽, 余斌, 等. 成人股骨颈骨折诊治指南 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018, 20 (11): 921-928.
- 丁悦, 罗剑锋, 王臻, 等. 个性化3D打印导向器空心钉固定股骨颈骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (24): 2213-2217.
- 高峰, 吴晓峰, 徐锋, 等. 新型三维蜂窝导向器在股骨颈骨折经皮空心钉内固定中的临床应用 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36 (1): 65-70.
- 盛晓磊, 刘苏, 王进, 等. 3D打印导板辅助新型股骨颈内固定系统置钉治疗中青年股骨颈骨折 [J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26 (33): 5290-5296.
- 马信龙, 马剑雄, 杜育任, 等. 医工结合引领骨科“精”“智”发展之路 [J]. *交通医学*, 2019, 33 (6): 545-547.
- 高博, 吴碧, 汪红, 等. 徒手置钉与机器人辅助置钉治疗股骨颈骨折的临床疗效对比 [J]. *华西医学*, 2021, 36 (10): 1344-1348.
- Zhu ZD, Xiao CW, Tan B, et al. TiRobot-assisted percutaneous cannulated screw fixation in the treatment of femoral neck fractures: a minimum 2-year follow-up of 50 patients [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (1): 244-252.
- 易少华, 张德华, 王健, 等. 机器人导航辅助经皮空心钉内固定治疗股骨颈骨折的临床疗效评价 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2022, 37 (4): 337-341.
- Duan SJ, Liu HS, Wu WC, et al. Robot-assisted percutaneous cannulated screw fixation of femoral neck fractures: preliminary clinical results [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11 (1): 34-41.
- Wang XD, Lan H, Li KN. 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.
- 王智, 王庆贺, 潘福海, 等. 撬拨复位联合空心钉固定术在老年难复性股骨颈骨折治疗中的应用研究 [J]. *中国临床医生杂志*, 2021, 49 (3): 338-340.
- 刘月驹, 连晓东, 李晗, 等. 应用两种股骨头干三维互动技术治疗难复性股骨颈骨折的疗效比较 [J]. *中华骨科杂志*, 2015, 35 (6): 670-672.
- 杨飞, 赵鹏, 姜佩瑜. 经直接前方入路大粗隆抗剪切螺钉治疗 Pauwels III型股骨颈骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (12): 1079-1084.

(收稿:2022-03-03 修回:2022-09-27)
(同行评议专家:唐三元 王丙刚)
(本文编辑:闫承杰)