

# 机器人辅助PFNA与传统手术治疗股骨粗隆间骨折的疗效比较

张朕 刘华水 段升军 赵国辉 朱礼明 王学光 贾逢爽

**【摘要】目的** 对比骨科手术机器人辅助微创治疗股骨粗隆间骨折手术与传统手术的疗效。**方法** 回顾分析50例股骨粗隆间骨折患者的临床资料,机器人手术组21例,常规手术组29例。其中男26例,女24例,平均年龄(70±15)岁;低能量生活伤44例、车祸伤4例、高处坠落伤2例,记录分析两组患者平均住院日、术前住院日、术中出血量、切口长度、手术时间以及围手术期输血量。所有手术均由经验丰富的骨伤同一团队完成,记录手术并发症,评价手术的效果。**结果** 两组平均住院日、术前住院日、手术时间无统计学差异;术中出血量( $t=-5.159, P<0.001$ )、围手术期输血量( $t=-3.123, P=0.003$ )、主钉切口长度( $t=-8.877, P<0.001$ )、Hb( $t=-2.285, P=0.033$ )及Hct下降方面( $t=-2.064, P=0.052$ ),机器人手术组较常规手术组有优势。所有患者3个月复查时均达临床愈合,术后DR示两组术后内固定优良率差异无统计学意义。术后4例患者出现深静脉血栓,2例患者骨折复位不良,7例内固定位置不佳。**结论** 本研究发现机器人辅助下精准、微创完成PFNA手术,较常规手术术中出血更少、主钉切口更小,在降低了临床用血量的同时在相同的住院时长下取得良好的疗效,该术式在患者高龄、基础条件差或临床用血量不足的情况下的稳定型骨折推荐使用。

**【关键词】** 股骨骨折; 机器人; 微创外科手术

**Robot-Assisted PFNA treatment of femoral intertrochanteric fracture** Zhang Zhen, Liu Huashui, Duan Shengjun, Zhao Guohui, Zhu Liming, Wang Xueguang, Jia Fengshuang. Department of Trauma, Third People's Hospital of Jinan, Jinan 250132, China

Corresponding author: Liu Huashui, 250132huojushou201@163.com

**【Abstract】 Objective** Comparative orthopaedic surgery Robot-Assisted minimally invasive surgery and conventional surgical treatment of femoral intertrochanteric fracture effect. **Methods** Retrospective analysis of 50 cases of intertrochanteric fractures in patients with clinical information, including robotic surgery group 21 cases, general surgery group 30 Cases. 26 male and 24 female, with an average of (70±15) years. The injury mechanism was low energy injuries 44 cases, car accident injuries 4 cases and falling 2 cases. The the recorded average length of stay, preoperative hospital day, intraoperative blood loss, length, operation time and the amount of perioperative Blood transfusions were analyzed. All operations are done by experienced doctor and complications records, assessment of the effectiveness of the operation were recorded. **Results** There was no statistical difference in the average hospitalization days, preoperative hospitalization days, and operation time between the two groups; intraoperative blood loss, perioperative blood transfusion, and length of the main staple incision, Hb and Hct decrease in robotic surgery group were better than the general surgery group. All patients reexamined at 3 m and all achieved clinical healing. Postoperative DR showed no statistically significant difference in the rate of internal fixation between the two groups. Deep venous thrombosis occurred in 4 patients after surgery, fracture reduction was poor in 2 patients, and internal fixation was poor in 7 patients. **Conclusions** This study found that robotic-assisted PFNA surgery can be performed accurately and minimally invasively, with less bleeding and smaller staple incisions compared with conventional surgery. It reduces clinical blood volume and achieves good results with the same length of hospital stay. Stable fractures are recommended for patients with advanced age, poor basic conditions, or insufficient blood for clinical use.

**【Key words】** Femoral fractures; Robotics; Minimally invasive surgical procedures

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2020.01.006

基金项目: 国家重点研发计划数字诊疗装备研发重点专项(国家科技部国科生字[2017]49号2017YFC0114002)

作者单位: 250132 济南市第三人民医院创伤骨科

通信作者: 刘华水, Email: 250132huojushou201@163.com

股骨近端防旋髋螺钉 (proximal femoral nail antirotation, PFNA) 是治疗股骨粗隆间骨折的一种常用手段, 相较动力髋螺钉 (dynamic hip screw, DHS)、股骨近端锁定接骨板 (proximal femoral locking plate, PFLP) 等治疗手段, 具有安全、创伤小、中心固定、可靠、低并发症和疗效好的优势<sup>[1]</sup>。该手术操作中, 确定入针点的位置是确保良好的内固定位置和降低术后并发症的关键操作之一<sup>[2-3]</sup>。传统方法是在外侧切口人工进指确认入针点标志, 对于肥胖或复位不良患者, 还可能需延长切口, 反复探触, 加重出血及邻近组织损伤。机器人辅助近年来在骨科广泛应用, 具有精准微创的优点。济南市第三人民医院自2016年引进第三代通用型骨科机器人后, 已应用于创伤、脊柱、关节多学科, 开展骨盆骨折、股骨颈骨折、腰椎骨折等手术<sup>[4-10]</sup>。特别是在通道螺钉的应用方面, 取得满意临床效果。我科在PFNA治疗股骨粗隆间骨折的基础上, 创造性的发挥骨科手术机器人精准微创的优势, 将其应用于PFNA手术中主钉入针点定位, 熟练操作后, 一次置针成功率极高, 可减轻因手法确定入针点的大创伤及多次置针造成的软组织 (包括血管) 损伤。回顾性分析2017年6月至2018年6月济南市第三人民医院创伤骨二科应用PFNA治疗股骨粗隆间骨折的病例, 报告如下。

### 资料与方法

#### 一、纳入和排除标准

纳入标准: (1) 股骨粗隆间骨折患者; (2) 行PFNA手术的患者。

排除标准: (1) 未完成术后6w或3个月回访者; (2) 入院时生命体征不平稳者, 特别是合并有失血性休克的患者; (3) 病理性骨折。

本研究已获得本院伦理委员会和全部患者的知情同意。

#### 二、一般资料

回顾性分析2017年6月至2018年6月济南市第三人民医院创伤骨二科共实施机器人辅助PFNA治

疗患者50例, 其中男女比26:24, 左侧27例, 右侧23例, 平均年龄(70±15)岁, 损伤原因: 低能量损伤44例, 车祸伤4例, 高处坠落伤2例, AO分型I型21例、II型21例、III型8例。

入院后行患肢DR、患肢CT、双下肢血管B超检查, 明确骨折类型, 完善术前相关检查, 关注Hb、Hct、凝血功能, 随机分为两组, 入组患者共50例, 其中机器人手术组21例, 包括AO分型I型7例、II型9例、III型5例; 常规手术组29例, 包括AO分型I型14例、II型12例、III型3例, 入院后平均(3.6±1.5)d手术, 平均住院日(20±10)d, 骨科机器人为天玑骨科机器人, 机器人手术组均由同组医生完成, 常规手术组由同一组高级职称医师完成, 两组股骨粗隆间骨折患者的一般情况比较, 差异均无统计学意义, 见表1。

#### 三、手术方法

麻醉方式选用腰硬联合麻醉或全麻。

机器人手术组: 手术机器人采用第三代“天玑”骨科机器人 (图1), 患者取平卧位, 复位骨折, C型臂拍摄患侧股骨正位、股骨斜位、75°侧位片 (股骨正位: 患者平卧位时AP位; 股骨斜位: 在正位基础上, 沿患者矢状位平面旋转B型臂, 角度约40°~50°; 75°侧位片: 将C型臂放置在健肢侧远端, 显影器对向患侧股骨头方向, 沿C型臂矢状位向后旋转C型臂75°), 将DR片传输至骨科机器人主机, 在机器人主机规划入针点位置, 通过股骨正位、股骨斜位规划, 通过75°斜位验证规划图, 规划使螺钉入针点正位上在股骨大粗隆最高点、75°侧位上在股骨中点或前1/3, 导针方向正位上沿股骨干长轴方向偏向外侧、75°侧位上与股骨干长轴方向一致或稍偏前, 启动机器人机械臂, 运动至体表入针点 (图2), 行纵行切口, 置入导针约8cm, C型臂确认导针位置好, 撤出机器人机械臂, 延股骨长轴方向2次置入导针, 套筒保护下扩髓, 延导针置入合适的主钉, 正位片确定主钉深度, 置入防旋螺钉导针, C型臂透视确认复位良好, 测深尺确定螺旋刀片长度, 一次性置入螺旋刀片。骨折复位差时增加辅助切口复位骨折。术中主

表1 两组股骨粗隆间骨折患者的一般情况比较

组别	例数	性别(男/女)	年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	AO分型(I/II/III)	平均住院日(d, $\bar{x} \pm s$ )	术前住院日(d, $\bar{x} \pm s$ )
机器人手术组	21	11/10	65±17.6	7/9/5	21.1±8.2	4.1±1.8
常规手术组	29	15/14	72±13.4	14/12/3	20.1±8.9	3.3±1.2
统计值		$\chi^2=0.002$	$t=-1.774$	$\chi^2=1.880$	$t=0.3057$	$t=0.636$
P值		0.963	0.082	1.17	0.762	0.528

钉开口情况及术后伤口情况见图3~4。

机器人规划也可只取股骨正位、75°侧位片,直接采用正位片和75°侧位片进行规划线路,其他操作同上。

常规手术组:患者取平卧位,复位骨折,大粗隆近端行纵行切口,手法确定入针点,取股骨大粗隆最高点、股骨中点或前1/3处,开口器开口,置入导针,C型臂透视确认复位良好,2次置入导针,C型臂透视确认复位良好,置入导针,C型臂透视确认位置良好,套筒保护下扩髓,沿导针置入合适的主钉,正位片确定主钉深度,置入防旋螺钉导针,C型臂透视确认复位良好,测深尺确定螺旋刀片长度,一次性置入螺旋刀片。骨折复位差时增加辅助切口复位骨折。

#### 四、观察指标和术后处理与随访

观察、记录两组患者平均住院日、术前住院日、术中出血量、切口长度、手术时间、围手术期输血量、术前术后Hb及Hct。术后前3d主张床上功能锻炼,以预防并发症为主要目的,术后4d开始以恢复患肢活动度与肌力为主,术后2w鼓励下地活动,记录住院时间。术后6w、3个月、6个月门诊复查。以

DR检查骨折线消失、患处局部叩击痛为临床愈合标准,记录骨折愈合时间,3个月测量尖顶距(tip apex distance, TAD),TAD大于25mm为内固定位置不良,比较差异。

#### 五、统计学分析

使用SPSS 23.0(IBM,美国)统计软件进行数据录入以及统计学分析。计量资料采用Kolmogorov-Smirnov检验是否符合正态分布,符合正态分布的测试指标如年龄、平均住院日、入院后手术日、围手术期输血量、术中出血量、主钉长度、Hb值、Hct值、TAD值以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本t检验,性别等计数资料的组间比较采用卡方检验,检验水准 $\alpha$ 值取双侧0.05。

## 结 果

### 一、一般情况

机器人手术组平均住院日、术前住院日、手术时间较常规手术组差异无统计学意义;机器人手术组术中出血量、围手术期输血量、主钉切口长度差异较



图1 天玑骨科机器人及配套设备 图2 术中规划图 图3 男性,57岁,右侧股骨粗隆间骨折患者行机器人辅助PFNA手术的术中情况 图4 女性,70岁,左股骨粗隆间骨折行机器人辅助PFNA手术术后微创伤口情况

表2 两组股骨粗隆间骨折患者的手术情况比较(  $\bar{x} \pm s$  )

组别	例数	术中出血量(ml)	围手术期输血量(U)	主钉切口长度(cm)	手术时间(min)	Hb下降值(g/L)	Hct下降值(%)
机器人手术组	21	63±15	0.6±1.0	3.3±1.0	67±23	17±12	5±4
常规手术组	29	178±12	1.9±1.7	5.9±1.1	66±20	29±12	8±4
<i>t</i> 值		-5.159	3.123	-8.877	0.214	-2.285	-2.064
<i>P</i> 值		<0.001	0.003	<0.001	0.831	0.033	0.052

常规手术组,差异有统计学意义;排除围手术期输血患者,机器人手术组(样本数14)Hb下降值较常规手术组(样本数9)差异有统计学意义;机器人手术组Hct下降值较常规手术组差异无统计学意义,见表2。

### 二、疗效评价

所有患者均获得3个月以上随访,3个月复查时,均达临床愈合,机器人手术组有1例不稳定骨折患者在延长切口的前提下取得良好复位,住院期间有4例患者出现深静脉血栓(deep vein thrombosis, DVT),其中机器人手术组2例,常规手术组2例。经静脉溶栓治疗病情稳定,其中1例DVT患者出现伤口延迟愈合;2例患者术后DR示复位不良,均为常规手术组。机器人手术组TAD为(17±5),常规手术组为(18±7),两组TAD比较,差异无统计学意义( $t=0.527, P=0.600$ ),TAD>25 mm有7例,其中机器人手术组1例,常规手术组6例。

## 讨 论

外偏角型顺行股骨髓内钉PFNA是治疗股骨粗隆间骨折的常用手段,常用外偏角型顺行股骨内固定物包括PFNA、InterTEN、Gamma钉、Holland钉等,具有疗效好、手术创伤小、中心固定、可靠、并发症少等优势,目前广泛应用于临床<sup>[1-2]</sup>。天玑骨科机器人是全球首款通用型骨科机器人,且已实现远程手术操作<sup>[11-12]</sup>,它有机地把机器人机械臂、C臂影像和患者三者联系起来,使手术医生根据C臂影像操作机器人机械臂定位到患者骨组织的一个点和一个方向,从而达到精准的闭合置入内植入物。我院作为国内最早应用天玑骨科机器人手术的单位之一,先期在辅助通道螺钉治疗骨盆环损伤、辅助椎弓根钉置入、辅助股骨颈螺钉置入方面得到成熟应用,特别是在骨盆环损伤的应用方面,大大提高了手术安全性,缩短了手术时间,减少了创伤,得到良好的应用<sup>[13-16]</sup>。

一、机器人辅助PFNA治疗股骨粗隆间骨折的优点

股骨粗隆间骨折在老年人群中多发,本研究样本平均年龄为(70±15)岁,PFNA治疗股骨粗隆间骨折往往合并有贫血,其一,粗隆间部主要为松质骨,骨折发生后本身出血较多,且不易在术中严格止血;其二,手术不可避免的对患者造成一定程度的损伤,髓内钉操作时需在髓内操作,有时还要进行扩髓,不可避免的造成失血;其三,部分老年患者营养状况不良,本身合并贫血。综上造成术中显性出血的同时合并有大量的隐形失血。临床输血常用于治疗贫血,但存在引起输血相关并发症的可能,且我国临床用血供应紧张。更小的手术切口意味着更少的软组织创伤,机器人辅助下的PFNA手术操作时主钉切口长度刚好容下髓内钉支架(图3、4),更小的切口意味着更少的肌肉损伤,且在机器人辅助下,导针置入成功率较高,熟练操作后一次成功率极高,减少了反复闭合穿针造成的损伤。故在术中失血和围手术期输血量上,较常规手术组有优势,且未增加住院时长,更有利于高龄、基础条件差患者的康复。临床上有术者通过C型臂透视下先置入导针后开口的做法,也可在较小的主钉切口下完成手术,但C型臂透视下置入导针势必造成术者透视时间及透视量的增加,且无法提高置针成功率,潜在有较大软组织包括血管损伤的风险,临床上在复位、置针过程中造成股部血管损伤至隐形失血的病例并不罕见,患者可能并没有更多的获益。两组在手术时间上无统计学差异,机器人辅助定位操作需要花费时间,但其提高了置针的成功率,特别是在肥胖患者定位困难时,省去了重复操作的时间,在熟练操作的前提下,两种方法在本研究手术时间的结果上并无差别。

二、机器人辅助PFNA治疗股骨粗隆间骨折的关键步骤

骨折的复位是手术的第一步,机器人辅助PFNA手术在AO A1.1~A2.1型的稳定型骨折取得良好复位的前提下,可在更小的主钉切口下完成手术。而对于AO A2.2~2.3及A3型骨折,骨折复位是手术的关键,本研究机器人手术组有1例AO 2.3型、

1例AO 3.1型,前者通过延长切口辅助复位,仍未得到满意结果,而后者在闭合情况下完成复位,取得良好疗效。良好的复位是良好疗效的前提,对于不稳定型骨折,如不能获得满意的复位,仍需按常规准备手术,包括准备必要的切开复位器械、术前充足备血、术中追加抗生素等。

主钉入针点的确定是PFNA手术的关键,影响内固定物最终的位置,Andreas撰文总结了髋部髓内钉并发症,认为骨折对线不良、内固定术后周围再次骨折的发生与入针点的位置有关,良好的入针点可预防该类并发症的发生<sup>[2-3]</sup>。髋关节外展及外旋肌群多附着于大粗隆,有文献报道Gamma钉使用传统入路在置入过程中对臀中肌的损害<sup>[17]</sup>,而Gardner<sup>[18]</sup>通过解剖研究指出:大粗隆外侧存在软组织附着的“裸区”,即在臀小肌与臀中肌之间,有一直径约21 mm椭圆形区域,理论上可以减小这种损伤。本研究选择大粗隆最高点入针点取得良好的结果,减少对臀中肌止点损伤的同时减少偏外侧入针点引起的对线不良(内收畸形)<sup>[3]</sup>,在机器人实际操作中,由于软组织遮挡问题,规划时在正位片上定位入针点在大粗隆最高点位置,方向外展约40°,在75°侧位片上定位入针点在髓腔中部,方向与髓腔轴一致(图2),在置入导针时需2次进针,第1次在机器人指导下进针,不要进针过多,取得入针点为目的;将机器人机械臂撤出后进行第2次进针,进针时目视股骨长轴方向,内收导针后完全置入。熟练操作后,一次置针成功率极高。

### 三、机器人辅助PFNA与传统手术治疗股骨粗隆间骨折的差别

本研究利用机器人辅助技术,在股骨正侧位上精准确定PFNA主钉入针点的位置,使手术过程可控,本研究通过测量术后DR片的TAD,取得与传统手术同样的疗效,并取得了95.23%的良好率。根据Andreas总结,不良的骨折复位、股骨颈螺钉的位置和不稳定的骨折类型是引起术后内固定物切割的主要原因<sup>[2]</sup>。TAD评价股骨颈内固定物X线片由Machael在JBJS上报道,认为其对DHS内固定物术后切出具有重要的评价意义,其后被广泛应用于评价该类手术术后影像资料,包括PFNA内固定术<sup>[19-20]</sup>。良好的内固定物位置和TAD是降低内固定物切割的关键<sup>[20]</sup>,一般认为TAD小于25 mm是理想的结果<sup>[19]</sup>。本研究TAD良好率为86.27%,机器人组与常规手术组分别取得95.23%和80%良好率,两组结果

并无统计学差异,常规PFNA内固定术在临床上广泛应用,本身就具有微创、疗效好的特点。在此基础上,本研究中机器人组较常规组取得了更高的良好率。而本研究中出现7例TAD大于25 mm的病例,机器人组1例,常规手术组6例,经统计分析两组结果并无统计学差异,可能与样本量较少有关,而7例患者中有3例合并有其它部位的多发骨折,其中有无关联需进一步研究。

### 四、本研究不足与展望

本研究还存在以下几点不足之处:(1)本研究为回顾性分析,难免存在回忆偏倚,影响研究结果的准确性;(2)由于严格按照纳入及排除标准筛选病例,导致样本量有限,增大样本量将是下一步需要完善的工作。在后续的研究中,我们将增加更系统、详细的手术方式对比,进一步探讨不同术式治疗股骨粗隆间骨折的疗效。

总之,本研究发现机器人辅助下精准、微创完成PFNA手术,较常规手术术中出血更少、主钉切口更小,降低了临床用水量,同时在相同的住院时长下取得良好的疗效,该术式在患者高龄、基础条件差或临床用水量不足的情况下的稳定型骨折推荐使用。

### 参 考 文 献

- 1 Bojan AJ, Beigel C, Speitling A, et al. 3066 consecutive gamma nails. 12 years experience at a single centre [J]. BMC Musculoskeletal Disord, 2010, 11: 133.
- 2 Mavrogenis AF, Panagopoulos GN, Megaloikonos PD, et al. Complications after hip nailing for fractures [J]. Orthopedics, 2016, 39(1): e108-e116.
- 3 Ostrum RF, Marcantonio A, Marburger R. A critical analysis of the eccentric starting point for trochanteric intramedullary femoral nailing [J]. J Orthop Trauma, 2005, 19(10): 681-686.
- 4 Liu HS, Duan SJ, Xin FZ, et al. Robot-assisted Minimally-invasive Internal Fixation of Pelvic Ring Injuries: A Single-center Experience [J]. Orthop Surg, 2019, 11(1): 42-51.
- 5 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.
- 6 刘华水,段升军,赵国辉,等.骨科手术机器人辅助微创治疗骨盆环损伤108例临床分析[J].山东大学学报(医学版),2019,57(11): 52-59+64.
- 7 刘华水,段升军,贾逢爽,等. TiRobot机器人辅助经皮空心螺钉内固定治疗不稳定型骨盆骨折 [J]. 山东大学学报:医学版, 2017, 55(7): 103-109.
- 8 赵国辉,朱礼明,刘华水,等.应用TiRobot机器人辅助经皮空心螺钉内固定治疗髋臼前柱骨折的疗效 [J]. 骨科临床与研究杂志,

- 2019, 4(04): 219-224.
- 9 刘华水, 段升军, 贾逢爽, 等. 机器人辅助经皮空心螺钉置入联合内置外架治疗不稳定型骨盆骨折一例报告 [J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(16): 1054-1056.
- 10 陈龙, 海涌, 关立, 等. 机器人辅助置入与徒手置入椎弓根螺钉的对比研究 [J]. 中国骨与关节杂志, 2017, 6(10): 730-736.
- 11 田伟. 我国医用机器人的研究现状及展望 [J]. 骨科临床与研究杂志, 2018, 3(04): 193-194.
- 12 田伟, 张琦, 李祖昌, 等. 一站对多地5G远程控制骨科机器人手术的临床应用 [J]. 骨科临床与研究杂志, 2019, 4(06): 349-354.
- 13 Liu HS, Duan SJ, Liu SD, et al. Robot-assisted percutaneous screw placement combined with pelvic internal fixator for minimally invasive treatment of unstable pelvic ring fractures [J]. *Int J Med Robot*, 2018, 14(5): e1927.
- 14 Tian W. Robot-Assisted posterior C1-2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a case report [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(Suppl 19): B2-B5.
- 15 Tian W, Wang H, Liu YJ. Robot-assisted Anterior Odontoid Screw Fixation: A Case Report [J]. *Orthop Surg*, 2016, 8(3): 400-404.
- 16 Wang JQ, Wang Y, Feng Y, et al. Percutaneous sacroiliac screw placement: a prospective randomized comparison of robot-assisted navigation procedures with a conventional technique [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2017, 130(21): 2527-2534.
- 17 McConnell T, Tornetta P, Benson E, et al. Gluteus medius tendon injury during reaming for gamma nail insertion [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2003 (47): 199-202.
- 18 Gardner MJ, Robertson WJ, Boraiah S, et al. Anatomy of the greater trochanteric 'bald spot': a potential portal for abductor sparing femoral nailing? [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 466(9): 2196-2200.
- 19 Siegel RS. The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78(9): 1447; author reply 1447-8.
- 20 Lilly RJ, Koueiter DM, Graner KC, et al. Computer-assisted navigation for intramedullary nail fixation of intertrochanteric femur fractures: A randomized, controlled trial [J]. *Injury*, 2018, 49(2): 345-350.
- (收稿日期: 2019-08-08)  
(本文编辑: 吕红芝)

张朕, 刘华水, 段升军, 等. 机器人辅助PFNA与传统手术治疗股骨粗隆间骨折的疗效比较 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2020, 6(1): 25-30.