

# 动力交叉钉系统治疗股骨颈骨折其内固定位置与临床疗效的相关性研究

金宇杰 虞宵 周晓强 李志强 徐人杰 张向鑫 陈广祥

**【摘要】** 目的 探究采用股骨颈动力交叉钉系统(FNS)治疗股骨颈骨折其内固定位置与术后临床疗效的相关性。方法 回顾性分析自2019年1月至2022年4月于苏州市立医院关节外科采用FNS治疗的Garden IV型股骨颈骨折且获得完整随访的患者60例,分析所有患者的影像学资料,利用术后CT及X片测量并计算FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度和尖顶距(TAD)。所有患者随访至少一年,并在末次随访时复查骨盆X片测量股骨颈短缩长度并采用髋关节Harris评分评估临床疗效,分析动力棒位置偏移程度、TAD、末次随访时股骨颈短缩长度、髋关节Harris评分之间的相关性。结果 所有患者均获得随访,随访时间(20.55±5.89)个月。男性27例,女性33例,平均年龄(45.48±10.09)岁。TAD( $r=0.327, P<0.05$ )及末次随访时股骨颈短缩长度( $r=0.310, P<0.05$ )均与术后动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度呈显著正相关;而末次随访时髋关节Harris评分与术后动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度呈显著负相关( $r=-0.275, P<0.05$ )。末次随访时股骨颈短缩长度与TAD呈显著正相关( $r=0.278, P<0.05$ ),而末次随访时髋关节Harris评分与TAD呈显著负相关( $r=-0.314, P<0.05$ ),并与末次随访时股骨颈短缩长度呈显著负相关( $r=-0.282, P<0.05$ )。结论 采用FNS内固定治疗股骨颈骨折,当结合适宜的TAD时,将动力棒尽可能靠近股骨头颈中心轴线置入,术后可能获得更好的临床疗效。

**【关键词】** 股骨颈骨折; 骨折固定术,内; 股骨颈动力交叉钉系统

**Correlation between the clinical efficacy and the position of internal fixation in the treatment of femoral neck fractures with femoral neck system** Jin Yujie, Yu Xiao, Zhou Xiaoqiang, Li Zhiqiang, Xu Renjie, Zhang Xiangxin, Chen Guangxiang. Department of Orthopedics, Gusu School, Nanjing Medical University, The Affiliated Suzhou Hospital of Nanjing Medical University, Suzhou Municipal Hospital, Suzhou 215000, China

Corresponding author: Chen Guangxiang, Email: cgx196406@163.com

**【Abstract】** **Objective** To explore the correlation between the postoperative clinical efficacy of femoral neck system (FNS) in the treatment of femoral neck fractures and the position of internal fixation. **Methods** Sixty patients with Garden type IV femoral neck fracture treated with FNS in the Department of Orthopedics, Suzhou Municipal Hospital from January 2019 to April 2022 were included and were followed up completely. The imaging data of all patients were analyzed retrospectively. Postoperative CT and X-ray imaging were used to measure and calculate the deviation degree of the end of the FNS screw bolt relative to the central axis of the femoral head and neck and the tip-apex distance (TAD). All patients were followed up for at least 1 year. At the last follow-up, pelvic X-ray imaging was used to measure the femoral neck shortening length, and Harris hip score was used to evaluate the postoperative clinical efficacy. The correlation between the deviation degree of FNS screw bolt and TAD, femoral neck shortening length and Harris hip score at the last follow-up were analyzed. **Results** All patients were followed up for (20.55±5.89) months. There were 27 males and 33 females, with a mean age of (45.48±10.09) years. Both TAD ( $r=0.327, P<0.05$ ) and femoral

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2023.04.001

基金项目: 南京医科大学姑苏学院青年骨干科学研究培育专项(GSKY20220521); 苏州市第十二批科技发展计划项目(SLJ2021020)

作者单位: 215000 苏州, 南京医科大学姑苏学院, 南京医科大学附属苏州医院, 苏州市立医院关节外科

通信作者: 陈广祥, Email: cgx196406@163.com

共同第一作者: 金宇杰, 虞宵

neck shortening length at the last follow-up ( $r=0.310, P<0.05$ ) were significantly positively correlated with the deviation + degree of the end of the FNS screw bolt relative to the central axis of the femoral head and neck. The Harris hip score at the last follow-up was significantly negatively correlated with the deviation of the end of the FNS screw bolt relative to the central axis of the femoral head and neck ( $r=-0.275, P<0.05$ ). Femoral neck shortening length at the last follow-up was significantly positively correlated with TAD ( $r=0.278, P<0.05$ ). The Harris hip score at the last follow-up was significantly negatively correlated with TAD ( $r=-0.314, P<0.05$ ) and femoral neck shortening length at the last follow-up ( $r=-0.282, P<0.05$ ). **Conclusion** In the treatment of femoral neck fractures with femoral neck system, the FNS screw bolt is placed as close as possible to the central axis of the femoral head and neck with appropriate TAD, which is more likely to achieve better clinical efficacy.

**【Key words】** Femoral neck fractures; Fracture fixation, internal; Femoral neck system

股骨颈骨折是骨科临床中极为常见的髋部骨折,易发生骨折不愈合、股骨头塌陷、股骨头缺血性坏死、髓内翻等严重并发症,对患者生活质量及社会经济造成巨大影响<sup>[1-3]</sup>。随着“保髋”理念的深入人心,保留自身股骨头的内固定手术日益受到临床医生的关注<sup>[1,4]</sup>。股骨颈动力交叉钉系统(femoral neck system, FNS)是近年来新出现的一种股骨颈骨折内固定治疗方式,由动力棒、抗旋螺钉、外侧锁定钢板以及锁定螺钉四部分组成,将优异的生物力学性能与微创手术理念完美融合<sup>[5-6]</sup>。随着FNS在国内临床的逐步应用,已有少量文献报道其临床疗效,但其内固定位置与术后临床疗效的相关性研究未见报道。因此本文回顾性分析接受FNS治疗的股骨颈骨折患者资料,探讨FNS动力棒置入位置对术后临床疗效的影响,以期为临床提供一定参考。

## 资料与方法

### 一、纳入及排除标准

纳入标准:(1)患者年龄18~60岁;(2)新鲜的单侧闭合股骨颈骨折(受伤至手术时间不超过一周);(3)术前诊断为Garden IV型股骨颈骨折;(4)受伤前患侧髋关节功能正常;(5)术后骨折复位质量为Garden复位指数<sup>[7]</sup> I级。

排除标准:(1)合并其余部位骨折;(2)合并类风湿性关节炎、感染性关节炎、先天性髋关节发育不良等疾病;(3)诊断为病理性骨折;(4)骨密度检测诊断为合并骨质疏松症;(5)合并偏瘫、精神类疾病等影响术后临床疗效评估的疾病;(6)体重指数 $\geq 28.0 \text{ kg/m}^2$ ;(7)随访期间发生骨折延迟愈合或不愈合、股骨头缺血性坏死、内固定失效等严重并发症;(8)患者失访。

### 二、一般资料

依据纳入及排除标准,共纳入自2019年1月至2022年4月于苏州市立医院关节外科采用FNS治疗的60例Garden IV型股骨颈骨折患者。其中男性27例,女性33例,年龄18~60岁,平均年龄(45.48 $\pm$ 10.09)岁;体重指数17.7~27.8  $\text{kg/m}^2$ ,平均(22.77 $\pm$ 2.68)  $\text{kg/m}^2$ ;受伤至手术时间1~6 d,平均(2.93 $\pm$ 1.49)d;左侧35例,右侧25例。本研究获得苏州市立医院伦理委员会批准(伦理批号:KY20190812),所有患者均签署知情同意书。

### 三、手术方法及围术期处理

患者采用椎管内阻滞麻醉满意后,平卧位于牵引床上,通过持续牵引及适当内旋、外旋、内收,使得骨折复位,用C臂机透视依据Garden复位指数对骨折复位质量进行评价。复位满意后,进行手术区域消毒、铺巾。于股骨颈前上方置入一枚防旋克氏针进行临时固定,在大转子外侧作一与股骨干轴线平行的长约4 cm的纵向切口,逐层切开并钝性分离软组织,充分暴露股骨大转子下外侧皮质。将导向器紧贴大转子正下方骨皮质并置入动力棒导针,透视确认导针位置满意后测深并用空心钻头经导针进行扩孔。选择合适尺寸的FNS组件(强生,美国)插入动力棒,透视确认外侧锁定钢板紧贴股骨外侧皮质且与股骨干轴线平行。安装配套抗旋螺钉瞄准器置入与动力棒同样长度的抗旋螺钉,并通过外侧锁定钢板远端锁定钉孔置入一枚合适长度的锁定螺钉进行固定。最后松开牵引,通过逆时针旋转多功能杆收紧加压股骨颈骨折端。最后C臂机透视确认骨折复位满意,FNS各组件位置良好。冲洗切口后逐层缝合。所有手术均由同一组老年关节外科医师完成。

划皮前半小时和术后8 h予静脉滴注“头孢唑肟2 g”预防感染,术后第1天开始口服“利伐沙班

10 mg”预防深静脉血栓形成,并根据患者情况予以消肿、镇痛等对症处理。术后第2天即开始在康复治疗师指导下进行无负重患肢股四头肌等长收缩训练、踝泵运动、髋膝关节主动屈伸活动等康复锻炼。

#### 四、临床随访观察指标

所有患者术后1、3、6、9、12个月门诊复查,根据骨折愈合情况决定完全负重行走时间。记录所有患者的骨折愈合时间、早期并发症发生情况,早期并发症包括切口愈合不佳、切口感染、切口周围皮肤感觉异常、肺部感染、下肢深静脉血栓形成等。末次随访时采用髋关节Harris评分对髋关节功能恢复情况进行评估。

#### 五、影像学观察指标

(1)FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度W(%)

根据患者术后第2天拍摄的患侧髋关节CT平扫,在冠状面、矢状面、横断面上分别作出股骨头颈中心轴线L(分别找到股骨头直径最大时CT平扫层面的股骨头中心以及股骨颈最宽时CT平扫层面的股骨颈最狭窄处中点,通过该两点的连线),再经动力棒末端中点C点作出至股骨头颈中心轴线的垂线,与股骨头颈中心轴线相交于A点,与C点所在股骨头颈半侧的软骨下骨相交于B点,测量AC两点以及AB两点之间的距离(图1~3),计算AC及AB距离的比值,最后取三个平面所得比值的平均值(W值)表示动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏

移程度,其计算公式为: $W(\%)=[(A_1C_1/A_1B_1+A_2C_2/A_2B_2+A_3C_3/A_3B_3)/3]\times 100\%$ 。

#### (2)尖顶距

术后第2天复查髋关节正侧位X片,分别在正位和侧位X片上作出股骨头颈轴线,与股骨头软骨下骨相交于一点(即为股骨头顶点),分别在正位和侧位X片上测量并记录FNS动力棒末端中点至股骨头顶点的距离(图4~5)。尖顶距(tip-apex distance, TAD)的计算公式为 $TAD(mm)=[X_{ap}\times(D_{ture}/D_{ap})]+[X_{lat}\times(D_{ture}/D_{lat})]$ , $D_{ture}$ 为FNS动力棒的实际直径10.00 mm。

#### (3)股骨颈短缩长度

使用图像处理软件Photoshop 2021(Adobe,美国)将末次随访时拍摄的骨盆正位X片上健侧股骨头和患侧股骨头进行图像重叠处理,以健侧及患侧股骨头中心作同心圆直至与股骨头软骨下骨相交,分别作出以上两个同心圆上缘及内侧缘的水平及垂直切线,分别测量并记录两条垂直切线及两条水平切线之间距离为股骨头水平位移( $x_1$ )和垂直位移( $y_1$ ),并使用FNS动力棒实际直径(10.00 mm)进行数据校正, $\theta$ 角为股骨头颈轴线与垂直轴y轴的夹角(图6~7)。股骨头水平位移( $x_1$ )和垂直位移( $y_1$ )的矢量和( $z$ )即为股骨颈短缩长度,其计算公式为 $|z|(mm)=|y_1\cdot\sin(\theta)|+|x_1\cdot\cos(\theta)|$ 。

以上所有影像学测量工作均由两名对本研究不

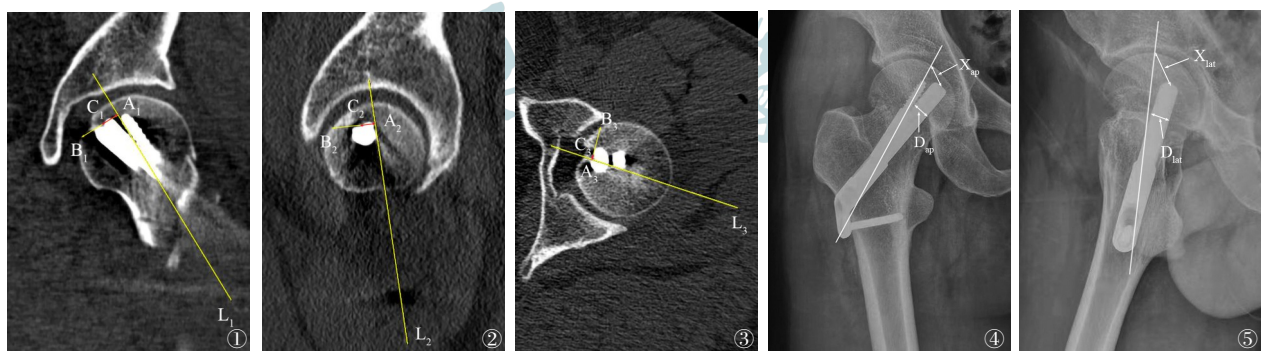


图1 患者术后复查的冠状面髋关节CT平扫,图中线 $L_1$ 表示股骨头颈中心轴线,经FNS动力棒末端中点 $C_1$ 点作股骨头颈中心轴线的垂线,与股骨头颈中心轴线相交于 $A_1$ 点,与 $C_1$ 点所在股骨头颈半侧的软骨下骨相交于 $B_1$ 点,测量 $A_1C_1$ 两点以及 $A_1B_1$ 两点之间的距离 图2 患者术后复查的矢状面髋关节CT平扫,图中线 $L_2$ 表示股骨头颈中心轴线,经FNS动力棒末端中点 $C_2$ 点作股骨头颈中心轴线的垂线,与股骨头颈中心轴线相交于 $A_2$ 点,与 $C_2$ 点所在股骨头颈半侧的软骨下骨相交于 $B_2$ 点,测量 $A_2C_2$ 两点以及 $A_2B_2$ 两点之间的距离 图3 患者术后复查的横断面髋关节CT平扫,图中较线 $L_3$ 表示股骨头颈中心轴线,经FNS动力棒末端中点 $C_3$ 点作股骨头颈中心轴线的垂线,与股骨头颈中心轴线相交于 $A_3$ 点,与 $C_3$ 点所在股骨头颈半侧的软骨下骨相交于 $B_3$ 点,测量 $A_3C_3$ 两点以及 $A_3B_3$ 两点之间的距离 图4 患者术后复查的髋关节正位X片, $X_{ap}$ 为正位X片上FNS动力棒末端中点至股骨头顶点(股骨头颈轴线与股骨头软骨下骨的交点)的距离, $D_{ap}$ 为正位X片上FNS动力棒的直径 图5 患者术后复查的髋关节侧位X片, $X_{lat}$ 为侧位X片上FNS动力棒末端中点至股骨头顶点的距离, $D_{lat}$ 为侧位X片上FNS动力棒的直径

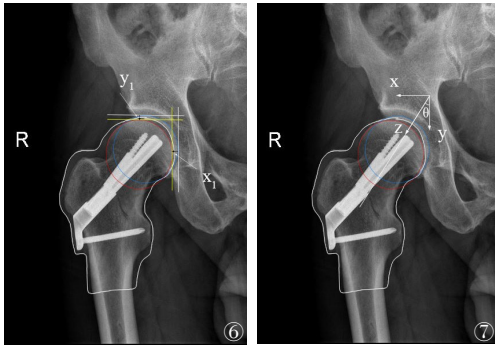


图6 患者末次随访时拍摄的骨盆正位X片,将健侧股骨头和患侧股骨头进行图像重叠,蓝色圆圈代表健侧股骨头,红色圆圈代表患侧股骨头,分别测量患侧股骨头相对于健侧股骨头在水平轴x轴和垂直轴y轴上的位移长度 $x_1$ 、 $y_1$ 。图7 患者末次随访时拍摄的骨盆正位X片,将健侧股骨头和患侧股骨头进行图像重叠,蓝色圆圈代表健侧股骨头,红色圆圈代表患侧股骨头, $\theta$ 角为股骨头颈轴线与垂直轴y轴的夹角

知情的影像学技师完成并记录。

## 六、统计学方法

采用SPSS 26.0统计软件(IBM,美国)对数据进行处理分析。计量资料符合正态分布时,以 $\bar{x} \pm s$ 表示;若不符合正态分布,则以中位数 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。计数资料以 $[n(\%)]$ 表示。对FNS动力棒置入位置的偏移程度与TAD、末次随访时股骨颈短缩长度和髋关节Harris评分, TAD与末次随访时股骨颈短缩长度和髋关节Harris评分以及末次随访时股骨颈短缩长度与髋关节Harris评分进行Pearson相关性分析。以 $P < 0.05$ 表示具有统计学意义。

## 结 果

### 一、一般结果

60例患者均获得完整随访,随访时间12~38个月,平均 $(20.55 \pm 5.89)$ 个月,骨折愈合时间2.5~5.5个月,平均 $(3.67 \pm 0.70)$ 个月。并发症方面,有3例患者出现切口愈合不佳,予加强换药,术后3周切口良好愈合;有6例患者术后出现切口周围皮肤组织感觉异常症状,予甲钴胺片口服,术后3个月随访时症状均有所好转。末次随访时髋关节Harris评分为72~100分,平均 $(89.15 \pm 6.73)$ 分。术后复查患侧髋关节CT平扫提示FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度为0.93%~40.56%,平均 $(15.25 \pm 9.21)\%$ ;术后复查患侧髋关节正侧位X片提示TAD

为16.5~29.8 mm,平均 $(22.61 \pm 3.25)$ mm;末次随访时复查骨盆正位X片提示股骨颈短缩长度为0.9~10.6 mm,平均 $(4.73 \pm 2.12)$ mm。

### 二、各观察指标之间的相关性

FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度与TAD、末次随访时股骨颈短缩长度和髋关节Harris评分的相关系数如表1所示, TAD与末次随访时股骨颈短缩长度和髋关节Harris评分的相关系数如表2所示,末次随访时股骨颈短缩长度与末次随访时髋关节Harris评分的相关系数如表3所示。TAD( $r=0.327, P < 0.05$ ,图8)及末次随访时股骨颈短缩长度( $r=0.310, P < 0.05$ ,图9)均与术后动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度呈显著正相关;而末次随访时髋关节Harris评分与术后动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度呈显著负相关( $r=-0.275, P < 0.05$ ,图10)。末次随访

表1 尖顶距、末次随访时股骨颈短缩长度以及髋关节Harris评分与FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度的相关性

变量	r值	P值
尖顶距(mm)	0.327	0.011*
股骨颈短缩长度(mm)	0.310	0.016*
髋关节Harris评分(分)	-0.275	0.033*

注:\*表示两变量之间相关性具有统计学意义

表2 末次随访时股骨颈短缩长度以及髋关节Harris评分与尖顶距的相关性

变量	r值	P值
股骨颈短缩长度(mm)	0.278	0.032*
髋关节Harris评分(分)	-0.314	0.015*

注:\*表示两变量之间相关性具有统计学意义

表3 末次随访时髋关节Harris评分与末次随访时股骨颈短缩长度的相关性

变量	r值	P值
髋关节Harris评分(分)	-0.282	0.029*

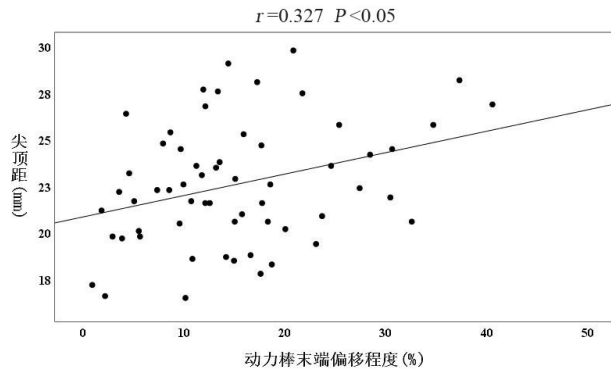
注:\*表示两变量之间相关性具有统计学意义

时股骨颈短缩长度与TAD呈显著正相关( $r=0.278, P < 0.05$ ,图11);而末次随访时髋关节Harris评分与TAD呈显著负相关( $r=-0.314, P < 0.05$ ,图12)。末次随访时髋关节Harris评分与末次随访时股骨颈短缩长度呈显著负相关( $r=-0.282, P < 0.05$ ,图13)。

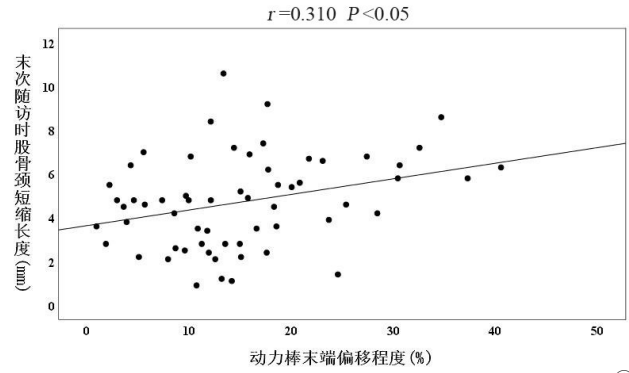
## 讨 论

随着保髋理念深入人心,尤其对于中青年股骨

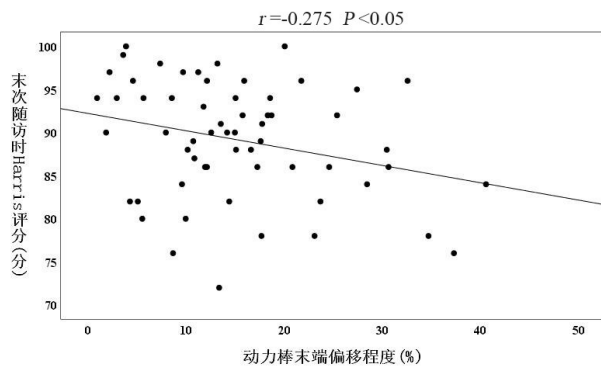
颈骨折患者,手术治疗的最终目的是尽可能保留股骨头,避免股骨头缺血性坏死。因此,近年来关节外科医师更倾向于采用内固定方式进行保髋治疗<sup>[8-9]</sup>。



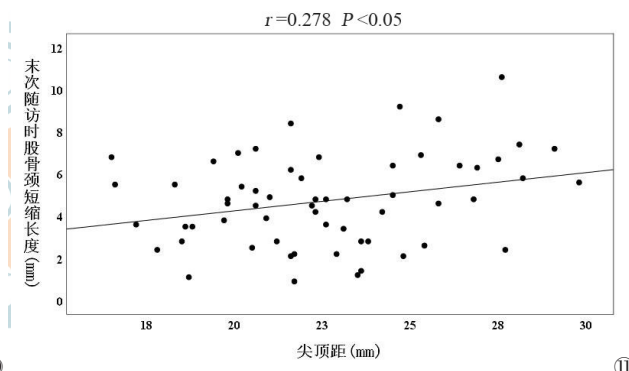
⑧



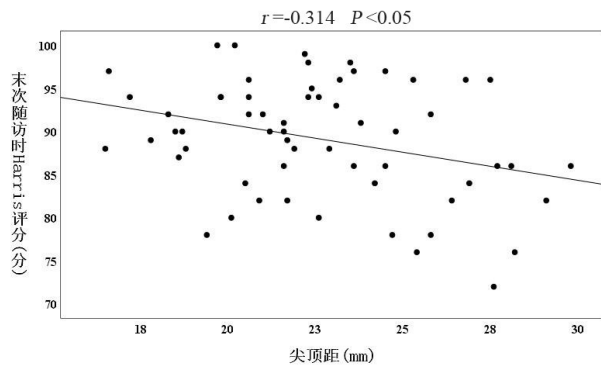
⑨



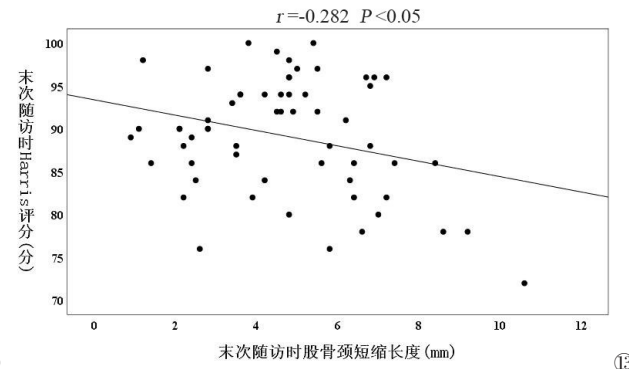
⑩



⑪



⑫



⑬

图8 表示术后第2天复查髋关节正侧位X片所测量的尖顶距与FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度之间的相关性,随着术后动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度的增加,TAD呈现出增大的趋势,两者间存在正相关性,且呈显著相关( $r=0.327, P<0.05$ ) 图9 表示末次随访时复查骨盆平片所测量的股骨颈短缩长度与FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度之间的相关性,随着术后动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度的增加,末次随访时股骨颈短缩长度呈现出增大的趋势,两者间存在正相关性,且呈显著相关( $r=0.310, P<0.05$ ) 图10 表示末次随访时髋关节Harris评分与FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度之间的相关性,随着术后动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线偏移程度的增加,末次随访时髋关节Harris评分呈现出下降的趋势,两者间存在负相关性,且呈显著相关( $r=-0.275, P<0.05$ ) 图11 表示末次随访时复查骨盆平片所测量的股骨颈短缩长度与尖顶距之间的相关性,随着尖顶距的增加,末次随访时股骨颈短缩长度呈现出增大的趋势,两者间存在正相关性,且呈显著相关( $r=0.278, P<0.05$ ) 图12 表示末次随访时髋关节Harris评分与尖顶距之间的相关性,随着尖顶距的增加,末次随访时髋关节Harris评分呈现出下降的趋势,两者间存在负相关性,且呈显著相关( $r=-0.314, P<0.05$ ) 图13 表示末次随访时髋关节Harris评分与末次随访时股骨颈短缩长度之间的相关性,随着末次随访时股骨颈短缩长度的增加,末次随访时髋关节Harris评分呈现出下降的趋势,两者间存在负相关性,且呈显著相关( $r=-0.282, P<0.05$ )

FNS作为一种全新的股骨颈骨折内固定系统,与既往临床广泛应用的空心加压螺钉(cannulated compression screw, CCS)、动力髋螺钉(dynamic hip screw, DHS)相比,其在生物力学稳定性、抗旋转、手术创伤等方面更具优势<sup>[5,10-11]</sup>。尽管如此,与既往所有内固定装置类似,随着近年来FNS在临床的应用逐渐广泛,其术后临床疗效并非完全一致,而目前相关研究甚少。对于股骨近端防旋髓内钉(proximal femoral nail anti-rotation, PFNA)、DHS等内固定方式,已有研究证明头颈螺钉的置入位置以及TAD等因素与术后的临床结果密切相关<sup>[12-15]</sup>。因此,本文参考既往PFNA、DHS的相关研究,通过对本研究所纳入患者的影像学及术后随访资料进行回顾性分析,进一步阐明采用FNS治疗股骨颈骨折患者术后内固定位置对临床疗效的影响。

### 一、内固定位置对临床疗效的影响

研究表明,头颈螺钉的位置是预测内固定术后发生切割的重要因素,并对抵抗髓内翻有重要作用,极大程度地影响着术后临床疗效<sup>[16-19]</sup>。关于头颈螺钉的最佳位置,目前仍存在争议。Cleveland等<sup>[20]</sup>认为头颈螺钉在冠状面、矢状面上均位于股骨头颈“正中”区域时拥有最强的稳定性能,而Parker等<sup>[17]</sup>、Kuzyk等<sup>[21]</sup>则提倡将头颈螺钉置于股骨头颈冠状面的中间或中下位置、矢状面的中间位置。众所周知,患者术前骨折分型、骨密度、体重指数、术中骨折复位质量等因素均是影响股骨颈骨折内固定术后临床疗效的重要因素<sup>[4]</sup>。对此,本研究所纳入患者术前均诊断为Garden IV型股骨颈骨折,并排除了合并骨质疏松症以及体重指数提示肥胖的患者,术后影像学资料也提示患者的骨折复位质量均为Garden复位指数I级,尽可能避免了这些因素对研究结果的影响。末次随访时通过采用髋关节Harris评分对患者FNS术后患侧髋关节功能恢复情况进行评估,笔者发现术后末次随访时髋关节Harris评分与FNS动力棒末端相对于股骨头颈中心轴线的偏移程度呈显著负相关。即当动力棒末端与股骨头颈中心轴线的距离越小时,术后髋关节功能恢复情况趋向于更佳。这与FNS设计团队建议在冠状面、矢状面上将动力棒置入股骨头颈中央的理念相符合。有学者通过有限元分析也发现,当动力棒沿股骨头颈中心轴线置入时,动力棒置入深度最大,能有效降低内固定局部的应力峰值,增强抗剪切力<sup>[22]</sup>。股骨颈骨折断端应力的有效分散提升了内固定装置的稳定性,

使得骨折端的复位能够得以维持,不仅为骨折愈合创造出更为有利的环境,同时还降低了内固定切割、髓内翻等严重并发症的发生率。此外,本研究还发现随着FNS动力棒末端与股骨头颈中心轴线之间距离的增加,术后股骨颈短缩长度也呈现出增大的趋势,既往有学者通过有限元分析也发现了这一点<sup>[23]</sup>。因此,笔者还对末次随访时髋关节Harris评分与末次随访时股骨颈短缩长度之间的相关性进行了分析,结果发现两者间呈显著负相关,即当末次随访时股骨颈短缩长度越小,髋关节Harris评分越高。这也很好解释了当动力棒末端相对于股骨头颈中轴线偏移程度越小,术后髋关节功能恢复情况越佳的原因。

### 二、尖顶距对临床疗效的影响

除了头颈螺钉的位置,TAD也是引起内固定失效从而影响术后临床疗效的因素之一<sup>[12,24-27]</sup>。TAD最早由Baumgaertner等<sup>[12]</sup>在1995年提出,用来评估DHS拉力螺钉位置与术后螺钉发生切割的相关性,关于TAD的最佳范围,目前存在多种不同的观点。Nikoloski等<sup>[28]</sup>认为TAD应保持在20~30 mm以防止螺旋刀片发生切割,而Caruso等<sup>[25]</sup>认为TAD的最佳范围应进一步增大,当TAD≤34.8 mm时,均可以有效避免螺钉从股骨头切出。而目前的主流观点与Baumgaertner<sup>[12]</sup>的观点相同,认为将TAD的阈值设为25 mm可有效预测术后内固定是否发生切割。依据FNS设计团队的操作建议,动力棒需尽可能深的置入股骨头内部,以末端距软骨下5 mm为最佳,然而实际手术操作时并无法准确控制FNS动力棒置入的位置及深度。随着FNS动力棒相对于股骨头颈中心轴线发生偏移时,TAD的值也会发生变化且两者之间呈现出显著正相关性。此外,笔者还发现在一定范围内当TAD增大时,末次随访时股骨颈短缩长度也呈现出增加的趋势,两者间呈显著正相关。与此同时,髋关节Harris评分则呈现出下降的趋势。因此,笔者认为TAD应不超过25 mm以避免过大的TAD引起内固定锚合力下降、骨折断端稳定性差等不足。而关于其下限,目前相关研究较少,本研究所纳入病例中TAD最小值为16.5 mm,因此无法对TAD<16.5 mm时股骨颈短缩长度、髋关节Harris评分等因素进行分析,需要今后进一步的研究来探明。但笔者认为TAD的值不宜过小,这样才能有效避免FNS动力棒末端距离关节软骨过近而自股骨头内侧穿透切出,从而在避免内固定移位

切出和获得坚强内固定之间得到理想平衡。

### 三、提升内固定置入准确性的方法

采用FNS治疗股骨颈骨折,动力棒置入的位置及深度之所以存在差异,术者的经验、徒手操作的偏差及不稳定性均是重要原因。如FNS各组件安装时相互锁定的精确程度、导针的置入位置、术中透视的角度偏差等均会影响FNS内固定置入的准确性<sup>[5]</sup>,反复调整导针位置不仅增加了术中透视次数,对股骨头颈内部结构的破坏也进一步扩大,进而影响骨折愈合以及内固定的稳定性,对术后临床疗效产生影响。然而随着骨科机器人的出现,手术操作的精确性及安全性得到很大程度的提升,这些问题得到有效解决<sup>[29-31]</sup>。Jing等<sup>[32]</sup>在骨科机器人的辅助下采用FNS治疗股骨颈骨折,结果发现其拥有与传统徒手操作相似的临床疗效。此外,近年来3D打印技术飞速发展,与骨科临床的关系也越来越密切。依据患者术前影像学资料,盛晓磊等<sup>[33]</sup>利用计算机三维重建技术和3D打印技术制作个性化手术导板,并在导板辅助下进行FNS手术治疗中青年股骨颈骨折患者,结果显示在导板辅助下FNS动力棒置入位置以及深度的精准性得到显著提升,术后6个月随访时拥有较传统手术组更高的髋关节临床功能评分,且术中透视次数更少、手术时间更短,降低了FNS作为新兴内固定技术的操作难度,大幅缩短了手术医生的学习曲线。

### 四、本研究的不足之处

本研究尚存在一些不足之处:(1)作为临床回顾性研究,所选择病例均来自同一中心,样本量也相对偏小,且未将随访期间发生骨折延迟愈合或不愈合、股骨头缺血性坏死、内固定失效等严重并发症的病例纳入在内;(2)尽管控制了一些术前混杂因素,但仍可能存在一些对临床结果产生影响的因素,比如患者年龄、术前酗酒史和(或)吸烟史以及其他未知因素,因此尚无法做到排除所有混杂因素的影响;(3)影像学测量存在一定误差。

综上所述,采用FNS内固定治疗股骨颈骨折,当结合适宜的尖顶距时,将动力棒尽可能靠近股骨头颈中心轴线置入,术后可能获得更好的临床疗效。

### 参 考 文 献

- Slobogean GP, Sprague SA, Scott T, et al. Complications following young femoral neck fractures [J]. *Injury*, 2015, 46(3): 484-491.
- Damany DS, Parker MJ, Chojnowski A. Complications after intra-

capsular hip fractures in young adults: A meta-analysis of 18 published studies involving 564 fractures [J]. *Injury*, 2005, 36(1): 131-141.

- Thorngren KG, Hommel A, Norrman PO, et al. Epidemiology of femoral neck fractures [J]. *Injury*, 2002, 33 Suppl 3: C1-C7.
- 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组,中国医师协会骨科医师分会创伤专家工作委员会.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.
- Stoffel K, Zderic I, Gras F, et al. Biomechanical evaluation of the femoral neck system in unstable pauwels III femoral neck fractures: a comparison with the dynamic hip screw and cannulated screws [J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(3): 131-137.
- Schopper C, Zderic I, Menze J, et al. Higher stability and more predictive fixation with the Femoral Neck System versus Hansson Pins in femoral neck fractures Pauwels II [J]. *J Orthop Translat*, 2020, 24: 88-95.
- Garden RS. Malreduction and avascular necrosis in subcapital fractures of the femur [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1971, 53(2): 183-197.
- Hu HJ, Cheng JB, Feng ML, et al. Clinical outcome of femoral neck system versus cannulated compression screws for fixation of femoral neck fracture in younger patients [J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 370.
- 周孝乾, 田智勇, 陈洪强, 等. 比基尼入路切开复位PFNA与闭合空心钉治疗青壮年股骨颈骨折的疗效比较 [J]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2020, 6(5): 251-256.
- Schuetze K, Burkhardt J, Pankratz C, et al. Is new always better: comparison of the femoral neck system and the dynamic hip screw in the treatment of femoral neck fractures [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2023, 143(6): 3155-3161.
- Moon JK, Lee JI, Hwang KT, et al. Biomechanical comparison of the femoral neck system and the dynamic hip screw in basicervical femoral neck fractures [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 7915.
- Baumgaertner MR, Curtin SL, Lindskog DM, et al. The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1995, 77(7): 1058-1064.
- Zeng JY, Ye JJ, Xie Y, et al. Effect of screw blade position on proximal femoral nail anti-rotation internal fixation for unstable intertrochanteric fractures in the elderly [J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2020, 34(5): 569-573.
- Li S, Chang SM, Jin YM, et al. A mathematical simulation of the tip-apex distance and the calcar-referenced tip-apex distance for intertrochanteric fractures reduced with lag screws [J]. *Injury*, 2016, 47(6): 1302-1308.
- Hsueh KK, Fang CK, Chen CM, et al. Risk factors in cutout of sliding hip screw in intertrochanteric fractures: an evaluation of 937 patients [J]. *Int Orthop*, 2010, 34(8): 1273-1276.
- Jung EY, Oh IT, Shim SY, et al. The effect of valgus reduction on the position of the blade of the proximal femoral nail antirotation in intertrochanteric hip fractures [J]. *Clin Orthop Surg*, 2019, 11(1): 36-42.
- Parker MJ. Cutting-out of the dynamic hip screw related to its position [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1992, 74(4): 625.
- Mavrogenis AF, Panagopoulos GN, Megaloikonomos PD, et al. Complications after hip nailing for fractures [J]. *Orthopedics*, 2016, 39(1): e108-e116.
- Sim E, Schmiedmayer HB, Lugner P. Mechanical factors responsible for the obstruction of the gliding mechanism of a dynamic hip screw for stabilizing peritrochanteric femoral fractures [J]. *J Trauma*, 2000,

- 49(6): 995-1001.
- 20 Cleveland M, Bosworth DM, Thompson FR, et al. A ten-year analysis of intertrochanteric fractures of the femur [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1959, 41-A: 1399-1408.
- 21 Kuzyk PRT, Zdero R, Shah S, et al. Femoral head lag screw position for cephalomedullary nails: a biomechanical analysis [J]. *J Orthop Trauma*, 2012, 26(7): 414-421.
- 22 姬帅, 马腾, 王谦, 等. 股骨颈动力交叉钉系统固定 Pauwels III 型股骨颈骨折头钉不同置入位置的有限元分析 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2023, 12(3): 210-215.
- 23 王拯. FNS 治疗股骨颈骨折的生物力学分析及其临床应用研究 [D]. 宁夏医科大学, 2022 .
- 24 Rubio-Avila J, Madden K, Simunovic N, et al. Tip to apex distance in femoral intertrochanteric fractures: a systematic review [J]. *J Orthop Sci*, 2013, 18(4): 592-598.
- 25 Caruso G, Corradi N, Caldaria A, et al. New tip-apex distance and calcar-referenced tip-apex distance cut-offs May be the best predictors for cut-out risk after intramedullary fixation of proximal femur fractures [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 357.
- 26 Khanna V, Tiwari M. Significance of tip apex distance in intertrochanteric fracture femur managed with proximal femoral nailing [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107(6): 103009.
- 27 Caruso G, Bonomo M, Valpiani G, et al. A six-year retrospective analysis of cut-out risk predictors in cephalomedullary nailing for pertrochanteric fractures: Can the tip-apex distance (TAD) still be considered the best parameter? [J]. *Bone Joint Res*, 2017, 6(8): 481-488.
- 28 Nikoloski AN, Osbrough AL, Yates PJ. Should the tip-apex distance (TAD) rule be modified for the proximal femoral nail antirotation (PFNA)? A retrospective study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2013, 8: 35.
- 29 Cong YX, Wen PF, Duan YC, et al. Orthopedic Robot-Assisted femoral neck system in the treatment of femoral neck fracture [J]. *J Vis Exp*, 2023 (193): e64267.
- 30 McDonnell JM, Ahern DP, Ó Doinn T, et al. Surgeon proficiency in robot-assisted spine surgery [J]. *Bone Joint J*, 2020, 102-B(5): 568-572.
- 31 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]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2020, 6(1): 25-30.
- 32 Jing Y, Zhang S, Han Z, et al. Short-term effectiveness of orthopedic robot-assisted femoral neck system fixation for fresh femoral neck fractures [J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2022, 36(8): 946-950.
- 33 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.
- (收稿日期: 2023-01-27)  
(本文编辑: 吕红芝)

金宇杰, 虞宵, 周晓强, 等. 动力交叉钉系统治疗股骨颈骨折其内固定位置与临床疗效的相关性研究 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2023, 9(4): 193-200.

1915  
CHINESE MEDICAL ASSOCIATION  
中华医学学会