

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2024.17.005
文章编号: 1005-8982 (2024) 17-0028-07

骨折专题·论著

机器人辅助下拉力螺钉内固定治疗对骨质疏松性骨折患者术后疼痛和骨盆恢复情况的影响*

张朝阳¹, 陈学青¹, 王文志¹, 李志永¹, 张彦超¹, 牟婷²

(天津市宝坻区人民医院 1.骨科, 2.内分泌科, 天津 301800)

摘要: **目的** 评估HoloSight知见创伤骨科手术机器人(以下简称HoloSight系统)导航下拉力螺钉内固定对骨质疏松性骨折患者的治疗效果。**方法** 选取2021年1月—2023年1月天津市宝坻区人民医院收治的74例骨质疏松性骨折患者。采用摸球法将患者随机分为对照组和观察组,每组37例。对照组采用闭合复位徒手置钉,观察组采用HoloSight系统辅助的下拉力螺钉内固定。记录患者围手术期指标(手术时间、术中出血量、螺钉调整次数、首次下床时间、住院时间);采用视觉模拟评分法(VAS)评估两组术后6、12、24、48、72 h的疼痛情况;比较术前和术后24 h的应激指标[血管紧张素Ⅱ(AngⅡ)、促肾上腺皮质激素(ACTH)、皮质醇(Cor)];比较术前和术后6个月患者的Harris髌关节功能评分、Majeed骨盆骨折系统评分、Berg平衡量表评分、骨代谢指标[碱性磷酸酶(ALP)、骨钙素(BGP)、骨保护素(OPG)]。记录术后6个月内的并发症(螺钉松动、钉道感染、关节僵硬)发生情况。**结果** 观察组手术时间短于对照组,术中出血量少于对照组,螺钉调整次数低于对照组,首次下床时间和住院时间均短于对照组($P < 0.05$)。观察组与对照组术后6、12、24、48、72 h静息状态下VAS评分比较,采用重复测量设计的方差分析,结果:①不同时间点VAS评分比较,差异有统计学意义($F = 120.930, P = 0.000$);②观察组与对照组VAS评分比较,差异有统计学意义($F = 172.400, P = 0.000$),观察组VAS评分较低;③两组VAS评分变化趋势比较,差异有统计学意义($F = 6.002, P = 0.000$)。观察组术前和术后24 h的AngⅡ、ACTH和Cor差值均低于对照组($P < 0.05$)。观察组术前和术后6个月的Harris、Majeed、BBS评分差值均高于对照组($P < 0.05$)。观察组术前和术后6个月的ALP、BGP、OPG差值均高于对照组($P < 0.05$)。术后6个月内观察组的并发症总发生率低于对照组($P < 0.05$)。**结论** HoloSight辅助下拉力螺钉内固定有助于降低骨质疏松性骨折患者术后疼痛,促进患者术后恢复。

关键词: 骨质疏松性骨折; HoloSight知见创伤骨科手术机器人; 拉力螺钉; 功能恢复

中图分类号: R683.42

文献标识码: A

The impact of robot-assisted tension screw fixation on postoperative pain and pelvic recovery in patients with fragility pelvic fractures*

Zhang Chao-yang¹, Cheng Xue-qing¹, Wang Wen-zhi¹, Li Zhi-yong¹, Zhang Yan-chao¹, Mou Ting²

(1. Department of Orthopedics, 2. Department of Endocrinology, Baodi District People's Hospital in Tianjin, Tianjin 301800, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the therapeutic effects of the HoloSight orthopedic trauma surgery robot (hereafter referred to as the HoloSight system) in tension screw fixation for patients with pelvic fragility fractures. **Methods** A total of 74 patients with fragility pelvic fractures admitted to our hospital from January 2021 to January 2023 were selected for the study. Patients were randomly divided into a control group and an observation group, with

收稿日期: 2024-05-24

* 基金项目: 天津市卫生健康科技项目(No: TJWJ2023MS063)

[通信作者] 陈学青, E-mail: chenxq301800@163.com; Tel: 15620208904

37 patients in each group, using a ball-drawing method. The control group received closed reduction and manual screw placement, while the observation group underwent tension screw fixation assisted by the HoloSight visualization system. Perioperative indicators (surgery time, intraoperative blood loss, number of screw adjustments, first ambulation time, hospital stay) were recorded. Pain scores (VAS) were compared at 6, 12, 24, 48 and 72 h postoperatively. Stress indicators [angiotensin II (Ang II), adrenocorticotrophic hormone (ACTH), cortisol (Cor)] were compared preoperatively and 24h postoperatively. Harris hip joint function scores, majeed pelvic fracture system scores, berg balance scale scores, and bone metabolism indicators [alkaline phosphatase (ALP), osteocalcin (BGP), osteoprotegerin (OPG)] were compared preoperatively and 6 months postoperatively. **Results** The operative time for the observation group was shorter than that for the control group, with less intraoperative blood loss, fewer screw adjustments, and shorter initial out-of-bed and hospitalization times ($P < 0.05$). The postoperative VAS scores at rest at 6, 12, 24, 48, and 72 hours were compared between the observation group and the control group using repeated measures ANOVA, which showed: (1) significant differences in VAS scores at different time points ($F = 120.930, P = 0.000$); (2) significant differences in VAS scores between the observation and control groups, with lower scores observed in the observation group ($F = 172.400, P = 0.000$); (3) significant differences in the trends of VAS score changes between the two groups ($F = 6.002, P = 0.000$). The differences in Ang II, ACTH, and Cor levels preoperatively and 24 hours postoperatively were lower in the observation group than in the control group ($P < 0.05$). The differences in Harris, Majeed, and BBS scores preoperatively and 6 months postoperatively were higher in the observation group than in the control group ($P < 0.05$). Similarly, the differences in ALP, BGP, and OPG levels preoperatively and 6 months postoperatively were higher in the observation group than in the control group ($P < 0.05$). The overall incidence of complications within 6 months postoperatively was lower in the observation group compared to the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** HoloSight-assisted tension screw fixation helps reduce postoperative pain in patients with fragility pelvic fractures and promotes postoperative recovery.

Keywords: fragility pelvic fracture; HoloSight orthopedic trauma surgery robot; tension screw; functional recovery

骨质疏松性骨折是一种常见于老年人的骨折类型,通常由骨质疏松等因素导致,其治疗方法的选择对患者的术后恢复和生活质量有决定性的影响^[1]。虽然传统的徒手置钉被广泛应用,但其操作精确性和术后恢复效果存在一定的局限性^[2]。因为徒手置钉往往依赖于医生的经验和术中透视,存在着手术时间长、出血量大、螺钉位置不准确等问题,增加了术后并发症的风险^[3]。近年来,随着医疗技术的进步,计算机辅助导航系统在骨科手术中的应用逐渐增多。HoloSight 知见创伤骨科手术机器人(以下简称 HoloSight 系统)是一种先进的计算机辅助手术导航系统,能够在手术过程中提供实时的三维可视化和精确的导航指导。目前,HoloSight 系统在创伤骨科手术中的应用已取得了一定的成果,但其在骨质疏松性骨折治疗中的具体疗效尚需进一步验证^[4]。本研究通过对比分析传统治疗方法与 HoloSight 系统辅助下的拉力螺钉内固定的治疗效果,旨在评估 HoloSight 系统在提高手术精确性和骨盆功能恢复的作用。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月—2023 年 1 月天津市宝坻区人民医院收治的 74 例脆性骨盆骨折(fragility fractures of pelvis, FFP)患者。采用摸球法将患者随机分为对照组和观察组,每组 37 例。纳入标准:①均经影像学检查确诊为脆性骨盆骨折;②无手术禁忌证或既往骨盆手术史;③无精神障碍或沟通交流障碍;④临床资料完整且依从性好。排除标准:①合并恶性肿瘤;②存在开放性骨折或伤口感染;③存在免疫系统疾病或血液系统疾病;④合并器官功能障碍。本研究经医院医学伦理委员会审核,患者及家属均签署知情同意书。对照组采用闭合复位徒手置钉,观察组采用 HoloSight 系统辅助的拉力螺钉内固定。两组患者的性别构成、年龄、FFP 分型和受伤原因比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表 1。

1.2 方法

1.2.1 对照组 采用传统闭合复位徒手置钉治

表 1 两组一般资料比较 (n=37)

组别	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	FFP分型 例(%)			受伤原因 例(%)		
			Ⅲa	Ⅲc	Ⅳ	交通伤	坠落伤	其他
对照组	22/15	66.32 ± 7.23	18(48.65)	13(35.14)	6(16.22)	18(48.65)	15(40.54)	4(10.81)
观察组	20/17	65.94 ± 7.19	19(51.35)	11(39.73)	7(18.92)	19(51.35)	13(35.14)	5(11.90)
χ^2/t 值	0.220	0.227		0.271			0.281	
P值	0.639	0.821		0.873			0.869	

疗。患者全身麻醉后,置于全透视手术床上,采用C型臂X射线机透视,监测骨折的移位和复位情况。利用肢体牵引和相应体位调整进行骨折复位,复位满意后采用C型臂X射线机监测下徒手导入通道螺钉导针,并拧入相应长度的空心螺钉以固定骨盆后环。

1.2.2 观察组 采用HoloSight系统辅助的拉力螺钉内固定。在患者双侧髂前上棘安装智能可视化系统的骨骼跟踪器,并进行电子计算机断层三维扫描。术后将扫描数据导入微创智能可视化软件进行三维重建、智能分割及骨折模拟复位,同时规划通道螺钉的置钉路径。术中,在保持无菌操作的条件下,重新安装已消毒的骨骼跟踪器,利用HoloSight系统的高精度光学追踪单元和混合现实技术,实时显示骨盆的三维位置和形态。术中通过可视化界面监控骨折复位过程,并根据系统规划的导针路径精确置入导针,继而放置拉力螺钉以固定骨盆骨折部位。

1.3 观察指标

1.3.1 围手术期指标 手术时间、术中出血量、螺钉调整次数、首次下床时间、住院时间。

1.3.2 疼痛情况 采用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)^[5]评估两组患者术后6、12、24、48和72h的疼痛情况;总分10分,分数越高表示疼痛越剧烈。

1.3.3 应激指标 分别在术前和术后24h抽取患者外周静脉血,3 000 r/min离心10 min,置入-80℃冰箱冷冻保存待测。采用酶联免疫吸附试验检测血清血管紧张素Ⅱ(Angiotensin Ⅱ, Ang Ⅱ)、促肾上腺皮质激素(Adrenocorticotrophic Hormone, ACTH)、皮质醇(Cortisol, Cor)水平。试剂盒均购自上海百赛生物技术股份有限公司。

1.3.4 骨盆恢复情况 分别在术前和术后6个月采用Harris髋关节功能评分^[6]、Majeed骨盆骨折系统评分^[7]、Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)^[8]评估两组患者的骨盆恢复情况。Harris量表总分100分,Majeed量表总分100分,BBS量表总分56分,均为分数越高表示患者功能和平衡能力越好。

1.3.5 骨代谢指标 分别在术前和术后6个月抽取患者外周静脉血,3 000 r/min离心10 min,置入-80℃冰箱冷冻保存待测。采用酶联免疫吸附试验检测血清碱性磷酸酶(alkaline phosphatase, ALP)、骨钙素(bone gla protein or osteocalcin, BGP)、骨保护素(Osteoprotegerin, OPG)水平。试剂盒均购自上海百赛生物技术股份有限公司。

1.3.6 并发症 随访术后6个月内的螺钉松动、钉道感染、关节僵硬等并发症发生情况。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0统计软件。计数资料采用例(%)表示,比较用 χ^2 检验;计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者围手术期指标比较

两组的手术时间、术中出血量、螺钉调整次数、首次下床时间和住院时间比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);观察组手术时间短于对照组,术中出血量少于对照组,螺钉调整次数低于对照组,首次下床时间和住院时间均短于对照组。见表2。

2.2 两组手术时间和术中出血量的学习曲线比较

两组手术时间和术中出血量的学习曲线方差见表3,根据方差绘制学习曲线见图1和图2。

表 2 两组围手术期指标比较 (n=37, $\bar{x} \pm s$)

组别	手术时间/min	术中出血量/mL	螺钉调整次数/次	首次下床时间/d	住院时间/d
对照组	118.47 ± 14.48	82.42 ± 8.16	5.04 ± 1.02	12.28 ± 2.19	20.14 ± 2.86
观察组	83.52 ± 10.43	50.39 ± 5.69	2.13 ± 0.45	7.13 ± 1.18	13.02 ± 2.42
t 值	11.913	19.585	15.877	12.593	11.560
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3 两组手术时间和术中出血量的学习曲线方程

组别	手术时间	R ² 值	P 值	术中出血量	R ² 值	P 值
对照组	$y = 160.580 - 15.559 \times \log(x)$	0.847	0.000	$y = 101.677 - 7.168 \times \log(x)$	0.858	0.000
观察组	$y = 115.388 - 11.873 \times \log(x)$	0.910	0.000	$y = 68.308 - 6.689 \times \log(x)$	0.916	0.000

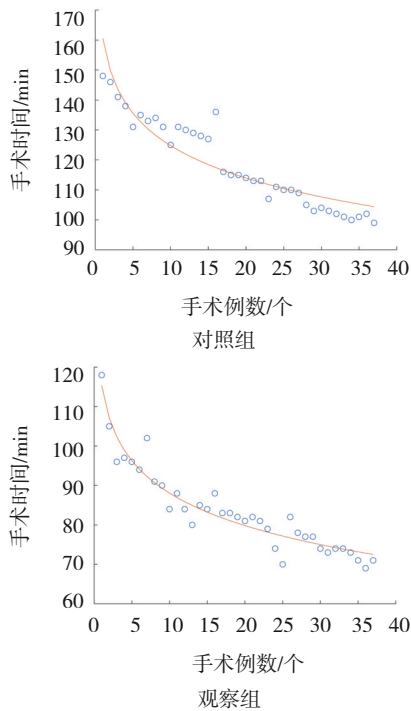


图 1 两组手术时间学习曲线

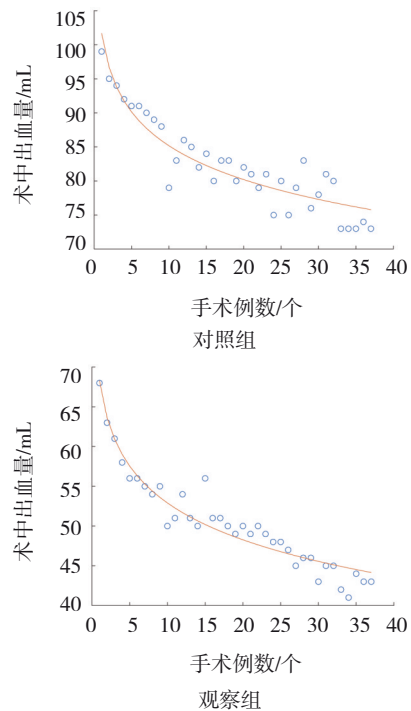


图 2 两组术中出血量学习曲线

2.3 两组患者术后疼痛情况比较

观察组与对照组术后 6、12、24、48 和 72 h 静息状态下 VAS 评分比较, 采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点 VAS 评分比较, 差异有统计学意义

($F = 120.930, P = 0.000$); ②两组 VAS 评分比较, 差异有统计学意义 ($F = 172.400, P = 0.000$), 观察组 VAS 评分较低; ③两组 VAS 评分变化趋势比较, 差异有统计学意义 ($F = 6.002, P = 0.000$)。见表 4。

表 4 两组术后 VAS 评分比较 (n=37, 分, $\bar{x} \pm s$)

组别	术后 6 h	术后 12 h	术后 24 h	术后 48 h	术后 72 h
对照组	3.57 ± 0.50	4.19 ± 0.52	4.65 ± 0.68	4.30 ± 0.46	3.03 ± 0.29
观察组	3.08 ± 0.43	3.78 ± 0.42	3.84 ± 0.50	3.22 ± 0.42	2.38 ± 0.49
t 值	4.461	3.705	5.865	10.545	6.928
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.4 两组患者术前和术后 24 h 应激指标变化

两组术前和术后 24 h 的 Ang II、ACTH 和 Cor 差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组术前和术后 24 h 的 Ang II、ACTH 和 Cor 差值均低于对照组。见表 5。

表 5 两组术前和术后 24 h 的应激指标差值比较
($n=37, \bar{x} \pm s$)

组别	Ang II 差值/ (mmol/L)	ACTH 差值/ (ng/L)	Cor 差值/ (ng/mL)
对照组	100.14 ± 11.25	29.57 ± 3.68	116.32 ± 13.82
观察组	45.50 ± 5.48	16.02 ± 2.47	24.84 ± 3.57
t 值	5.626	25.006	24.589
P 值	0.000	0.000	0.000

2.5 两组患者术前和术后 6 个月骨盆恢复情况变化

两组患者术前和术后 6 个月的 Harris、Majeed、BBS 评分差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组术前和术后 6 个月的 Harris、Majeed、BBS 评分差值均高于对照组。见表 6。

表 6 两组术前和术后 6 个月的 Harris、Majeed、BBS 评分差值比较
($n=37, \text{分}, \bar{x} \pm s$)

组别	Harris 评分差值	Majeed 评分差值	BBS 评分差值
对照组	28.02 ± 3.35	29.91 ± 3.71	19.03 ± 2.80
观察组	39.09 ± 4.62	41.63 ± 4.89	27.43 ± 3.56
t 值	5.626	25.006	24.589
P 值	0.000	0.000	0.000

2.6 两组患者术前和术后 6 个月骨代谢情况比较

两组术前和术后 6 个月的 ALP、BGP、OPG 差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组术前和术后 6 个月的 ALP、BGP、OPG 差值均高于对照组。见表 7。

表 7 两组术前和术后 6 个月的骨代谢指标差值比较
($n=37, \bar{x} \pm s$)

组别	ALP 差值/(u/L)	BGP 差值/($\mu\text{g/L}$)	OPG 差值/(ng/L)
对照组	39.21 ± 4.42	2.23 ± 0.71	45.32 ± 5.41
观察组	65.48 ± 7.39	5.27 ± 1.03	72.05 ± 7.39
t 值	5.626	25.006	24.589
P 值	0.000	0.000	0.000

2.7 两组患者并发症情况比较

两组术后 6 个月内并发症总发生率比较,经 χ^2 检验,差异有统计学意义 ($\chi^2=6.366, P=0.012$); 观察组的并发症总发生率低于对照组。见表 8。

表 8 两组术后 6 个月内并发症情况比较 [$n=37, \text{例}(\%)$]

组别	螺钉松动	钉道感染	关节僵硬	总发生
对照组	3(8.11)	4(10.81)	3(8.11)	10(27.03)
观察组	1(2.70)	0(0.00)	1(2.70)	2(5.41)

2.8 典型病例影像学检查结果

患者男性,80 岁,意外摔伤。治疗前和经 HoloSight 系统辅助螺钉固定后(术后 1 d)的影像学检查结果见图 3。



图 3 典型病例手术前后影像学检查结果

3 讨论

闭合复位徒手置钉手术是骨盆脆性骨折的常用治疗方法,但徒手置钉难以精确控制钉位,在某些复杂骨折情况下难以达到理想的复位效果,容易导致术后并发症^[9]。相对于传统方法,机器人辅助置钉有助于提高手术的精确度和安全性^[10]。目前,HoloSight 系统已在多个临床研究中表现出优异的手术辅助能力^[11],有望进一步提高骨盆脆性骨折的治疗效果。本研究结果显示,应用 HoloSight 系统辅助

置钉的观察组手术时间和螺钉调整次数均少于进行徒手置钉的对照组患者,这是因为 HoloSight 系统集成了高精度光学追踪与实时三维成像技术,能够在手术过程中提供精确的骨折位置和导针路径的可视化^[9],从而减少手术中需要的试探性操作和调整时间。QI 等^[12]的研究也表明,精确导航能减轻术者在定位和置钉过程中的不确定性,并降低了复位不准确导致的二次调整风险。此外,根据 HERREGODTS 等^[13]的研究结果,手术精确性的提高也降低了对周围血管和组织的损伤。因为精准导航可减少手术中不必要的组织操纵和反复调整,从而有效控制手术切口的大小和深度,进一步减少了术中出血量。而对照组由于缺乏精准导航,可能需要多次调整螺钉位置以达到理想的复位效果,这增加了组织损伤和术中出血的风险。龙玉斌等^[14]的研究也指出,术中损伤不仅延长术后疼痛和住院时间,也可能影响患者的术后功能恢复。观察组通过精准导航减轻了术中组织的损伤,有助于减少术后疼痛,加速功能恢复,使患者能更早进行康复训练,优化了患者的整体治疗效果和术后恢复过程。本研究中,学习曲线也显示,观察组的手术时间和出血量在研究过程中呈现下降趋势,说明随着对系统操作的熟练掌握和对手术流程的深入了解,医生能够更高效、精确地完成手术步骤。也有研究表明,提高手术团队对机器人辅助操作的培训频率,并通过模拟手术和实际操作相结合的方式,增强团队对系统功能和手术流程的熟悉程度,可进一步缩短学习曲线^[15]。

本研究中,观察组患者术后 24 h 的应激指标均低于对照组,这可以归结于 HoloSight 系统在手术中提供的精准导航和实时反馈。因为 HoloSight 系统减少了手术时间和术中出血量,降低了组织损伤和术中干预的频率。相较于传统的闭合复位徒手置钉治疗,这种高精度和高效率的手术方式减轻了患者的生理应激反应^[16]。HELANDER 等^[17]的研究也显示,皮质醇等应激激素会促进炎性介质的释放,影响免疫细胞的功能,增加感染的风险,延长愈合时间。因此,通过有效控制和减少术后应激水平,可以减少这些负面生理反应,加速患者的整体康复进程,也体现了术中应用 HoloSight 系统的优势。此外,观察组在术后 6 个月的 Harris 评分、Majeed 评分、

BBS 评分高于对照组,这表明观察组患者的骨盆恢复情况更为理想,这也是因为 HoloSight 系统提高了骨折复位和内固定的准确性。LEI 等^[18]指出,精准的骨折复位直接影响到骨折愈合的质量和速度,减少了骨折错位的可能性,从而提高了骨折愈合后的结构和功能恢复。此外,本研究中观察组患者术后 6 个月的 ALP、BGP 和 OPG 水平均高于对照组,这些指标的提升反映了骨组织重建更活跃和骨质恢复更好^[19-20]。因为手术中的组织切割会导致局部血管和细胞结构的破坏,引起促炎细胞因子水平的上升,从而影响骨吸收^[21]。过丽强等^[22]的研究显示,手术应激导致皮质醇水平升高,皮质醇通过增加受体活化核因子 κ B 配体的表达,促进破骨细胞的分化和活化。破骨细胞是专门负责骨组织降解的细胞,其活化增强了骨质疏松过程,加速骨基质的吸收。SCHLUNDT 等^[23]则指出,炎症因子在手术创伤后的上调,不仅增强破骨细胞的生成,还抑制成骨细胞的功能,进一步破坏骨形成。而术中的精确操作减少了组织损伤,从而降低了促炎细胞因子的产生,骨代谢环境得以优化,能有效对抗 RANKL 介导的骨吸收,进一步稳定骨质密度。因此,通过 HoloSight 系统辅助的手术不仅提高了手术的精确性和效率,还通过改善术后的骨代谢状况,加速了患者的骨质恢复。因此,使用 HoloSight 系统的观察组术后并发症发生率更低。

综上所述,HoloSight 系统在骨盆脆性骨折手术中的应用,有助于提高手术精确性、缩短恢复时间、改善术后功能恢复。然而,在临床应用中需注意系统的成本效益比,操作复杂性和技术培训需求。未来还需通过更多的临床试验验证其长期效果和安全性,从而推动其在更广泛的临床环境中的应用。

参 考 文 献 :

- [1] ZHANG J Z, ZHANG L C, LI C B, et al. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of fragility fractures of the pelvis[J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(9): 2195-2212.
- [2] 姚升, 郭晓东, 刘佳, 等. 3D 打印个性化体外导板辅助经皮微创置钉治疗骨盆髌臼骨折[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21(6): 471-477.
- [3] ISHII M, OHNISHI A, YAMAGISHI A, et al. Freehand screw insertion technique without image guidance for the cortical bone trajectory screw in posterior lumbar interbody fusion: what affects screw misplacement?[J]. *J Neurosurg Spine*, 2022, 36(1): 1-7.

- [4] 何立, 陈华, 易成腊. 骨盆解锁复位架联合智能可视化系统辅助复位与固定治疗 Tile C1 型骨盆骨折[J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(19): 1308-1315.
- [5] YANG K W, XIANG F F, YE J W, et al. A retrospective analysis of minimally invasive internal fixation versus nonoperative conservative management of pelvic ring fragility fractures and the elderly[J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1): 108.
- [6] 郑占乐, 陈伟, 张弢, 等. 取梁换柱部分置换术在股骨头坏死中的应用[J]. 河北医科大学学报, 2023, 44(1): 112-115.
- [7] QIAO B, LIU J Y, NI W D, et al. Unilateral lumbopelvic fixation for AO/OTA Type C1 and C2 pelvic fractures: clinical efficacy and preliminary experiences in 23 patients[J]. *Injury*, 2021, 52(8): 2333-2338.
- [8] AYVAT E, DOĞAN M, AYVAT F, et al. Usefulness of the berg balance scale for prediction of fall risk in multiple sclerosis[J]. *Neurol Sci*, 2024, 45(6): 2801-2805.
- [9] CHEN H, ZHANG Q, WU Y, et al. Achieve closed reduction of irreducible, unilateral vertically displaced pelvic ring disruption with an unlocking closed reduction technique[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(3): 942-948.
- [10] 戚浩天, 田维, 刘兆杰, 等. 机器人辅助骨盆后环通道螺钉内固定治疗青少年不稳定型骨盆骨折[J]. 中华骨科杂志, 2022, 42(10): 635-643.
- [11] 樊仕才, 廖奕岚, 麦奇光, 等. 智能可视化系统辅助复位及固定治疗高龄骨盆脆性骨折[J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(19): 1300-1307.
- [12] QI H F, LI Z, MA T, et al. Robot navigation system assisted PFNA fixation of femoral intertrochanteric fractures in the elderly: a retrospective clinical study[J]. *Clin Interv Aging*, 2024, 19: 11-19.
- [13] HERREGODTS S, VERHAEGHE M, de CONINCK B, et al. An improved method for assessing the technical accuracy of optical tracking systems for orthopaedic surgical navigation[J]. *Int J Med Robot*, 2021, 17(4): e2285.
- [14] 龙玉斌, 李一然, 陈伟, 等. 天玑机器人辅助股骨颈动力交叉钉系统固定治疗中老年股骨颈骨折的近期效果分析[J]. 河北医科大学学报, 2023, 44(5): 541-546.
- [15] XING B R, SHEN X Y, MA L J, et al. TiRobot-assisted percutaneous cannulated screw fixation for elderly patients with fragility fractures of the pelvis: a retrospective study[J]. *Orthop Surg*, 2024, 16(3): 662-674.
- [16] 胡鹏宇, 王海涛, 余志平, 等. 虚拟现实技术联合电磁导航手术机器人辅助治疗复杂骨盆骨折一例[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(6): 807-808.
- [17] HELANDER E M, WEBB M P, MENARD B, et al. Metabolic and the surgical stress response considerations to improve postoperative recovery[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2019, 23(5): 33.
- [18] LEI J T, LI Y N, XU H F. Study on circumpelvic muscle deformation and dynamic simulation of pelvic fracture reduction[J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2023, 26(6): 734-743.
- [19] MATHOLD K, NOBIN R, BRUDIN L, et al. Albumin-to-alkaline phosphatase ratio may be a better predictor of survival than sclerostin, dickkopf-1, osteopontin, osteoprotegerin and osteocalcin[J]. *Heliyon*, 2024, 10(8): e29639.
- [20] ZHENG X Q, HUANG J, LIN J L, et al. Pathophysiological mechanism of acute bone loss after fracture[J]. *J Adv Res*, 2023, 49: 63-80.
- [21] MURAKAMI T, NAKAMINAMI Y, TAKAHATA Y, et al. Activation and function of NLRP3 inflammasome in bone and joint-related diseases[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(10): 5365.
- [22] 过丽强, 胡晓惠, 黄子裕, 等. 核因子- κ B 影响骨折愈合细胞作用的研究进展[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(15): 53-61.
- [23] SCHLUNDT C, SAB R A, BUCHER C H, et al. Complex spatio-temporal interplay of distinct immune and bone cell subsets during bone fracture healing[J]. *Cells*, 2023, 13(1): 40.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 张朝阳, 陈学青, 王文志, 等. 机器人辅助下拉力螺钉内固定治疗对骨盆脆性骨折患者术后疼痛和骨盆恢复情况的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(17): 28-34.

Cite this article as: ZHANG C Y, CHENG X Q, WANG W Z, et al. The impact of robot-assisted tension screw fixation on postoperative pain and pelvic recovery in patients with fragility pelvic fractures[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2024, 34(17): 28-34.