doi:10.11659/jjssx.08E022141

·临床研究·

空心钉与股骨颈动力交叉钉系统治疗Pauwels Ⅱ~Ⅲ型股骨颈骨折的疗效比较

段 霄,张智勇,陈宗文,徐 磊 (淮北矿工总医院骨科,安徽 淮北 235000)

[摘 要] **目的** 探究空心钉(CCS)内固定与股骨颈动力交叉钉系统(FNS)治疗Pauwels Ⅱ~Ⅲ型股骨颈骨折的疗效。**方法** 选取于本院就诊的84例Pauwels Ⅱ~Ⅲ型后侧壁粉碎股骨颈骨折患者为研究对象。根据治疗方式不同分为CCS组(n=42)和FNS组(n=42)。比较2组患者围术期指标、随访结果、疼痛情况、Oswestry功能障碍指数(ODI)、日常生活能力、治疗前后炎症指标水平[白介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子-α(TNF-α)、C反应蛋白(CRP)、降钙素原(PCT)水平]及术后12个月生活质量评分。采用随机行走模型评价2组患者炎症指标的改善情况。**结果** FNS组手术时间短于CCS组(P<0.05),切口长度及术中出血量长/多于CCS组(P<0.05);2组患者住院时间、Garden力线指数及辅助复位情况比较差异无统计学意义(P>0.05)。FNS组患者骨折愈合时间、术后部分及完全负重时间、股骨颈短缩长度及程度、颈干角变化、大腿外侧激惹症状发生率均短/小/低于CCS组,末次随访髋关节Harris评分高于CCS组(P<0.05),2组患者股骨头坏死发生率无明显差异(P>0.05)。治疗后,FNS组视觉模拟量表(VAS)评分、ODI评分、IL-6、TNF-α、CRP、PCT水平均低于CCS组(P<0.05),日常生活能力评分、术后12个月生活质量评分高于CCS组(P<0.05)。随机行走模型结果显示,FNS组患者炎症指标较CCS组改善显著(P<0.05)。**结论** 与CCS内固定治疗相比,FNS治疗Pauwels Ⅱ~Ⅲ型后侧壁粉碎股骨颈骨折的临床效果更好,可缩短手术时间及骨折愈合时间,减轻患者疼痛,缓解炎症反应等。

[关键词] 空心钉;内固定;股骨颈动力交叉钉系统;股骨颈骨折;复位

[中图分类号] R687.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-08-25

Comparison of efficacy of cannulated compression screws and femoral neck system in treatment of Pauwels type Ⅱ and Ⅲ femoral neck fractures

DUAN Xiao, ZHANG Zhi-yong, CHEN Zong-wen, XU Lei (Department of Orthopedics, Huaibei Miner General Hospital, Huaibei Anhui 235000, China)

Abstract: Objective To explore the clinical effect of cannulated compression screws (CCS) internal fixation and femoral neck system (FNS) in the treatment of Pauwels type Ⅱ and Ⅲ femoral neck fractures. **Methods** A total of 84 patients of Pauwels type Ⅱ or Ⅲ femoral neck fracture with posterior comminution treated in our hospital were selected as the research objects. According to different treatment methods, the patients were divided into CCS group (n=42) and FNS group (n=42). The perioperative indicators, follow-up results, pain status, Oswestry disability index (ODI), ability of daily living, levels of inflammatory indicators [interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-α (TNF-α), C-reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT)] before and after treatment, and the quality of life score 12 months after operation were compared between the two groups. The random walk model was used to evaluate the improvement of inflammatory indicators in the two groups. **Results** The operation time of FNS group was shorter than that of CCS group (P<0.05), the incision length and intraoperative blood loss of FNS group were longer or more than those of CCS group (P<0.05). There was no significant difference in hospital stay, Garden index and assisted reduction between the two groups (P>0.05). The fracture healing time, partial and complete weight bearing time after operation, length and degree of femoral neck shortening, neck shaft angle change, and incidence of lateral thigh irritation in FNS group were all shorter/less/lower than those in CCS group, and Harris score of hip joint was higher than that in CCS group at the last follow-up (P<0.05), while there was no significant difference in the incidence of femoral head necrosis between the two groups (P>0.05). After treatment, the visual analogue scale (VAS) score, ODI score, levels of IL-6, TNF-α, CRP and PCT in FNS group were lower than those in CCS group (P<0.05), and the ability of daily living score and quality of life score 12 months after surgery were higher than those in CCS group (P<0.05). The inflammatory indicators of patients in FNS group were significantly improved compared with those in CCS group by random walk model (P<0.05). **Conclusion** Compared with CCS internal fixation, FNS has a good clinical effect in the treatment of Pauwels type Ⅱ and Ⅲ femoral neck fractures with posterior comminution, which can shorten the operation time and fracture healing time, relieve the pain and the inflammation response of patients.

Keywords: cannulated compression screws; internal fixation; femoral neck system; femoral neck fracture; reduction

[通信作者] 段 霄,E-mail:dd151825119@163.com

股骨颈骨折是临床常见的髋部骨折,约占髋部骨折的50%,而后侧壁粉碎股骨颈骨折占股骨颈骨折的23%~62%[1-2],年轻患者多由交通伤或高处坠落伤等高能量损伤导致,老年患者多由跌倒或骨质疏松等低能量损伤导致[3]。空心钉(cannulated compression screws,CCS)内固定因手术时间短、出血量少、软组织损伤程度小等优势,已在临床治疗中得到广泛应用[4]。但术后仍有部分患者因内固定螺钉稳定性差、骨折部位压缩或机械故障等出现股骨颈缩短或髋关节活动受限等不良预后[5]。股骨颈动力交叉钉系统(femoral neck system,FNS)由圆柱螺栓、抗旋螺钉、接骨板组成,其通过微创切口及通道对患者进行内固定植入,可提高治疗效果[6-7]。研究证实,FNS治疗股骨颈骨折的稳定性优于CCS内固定,且其支撑强度高于CCS内固定2倍以上,可大幅度改善不稳定性导致的不良预后[8]。但目前关于FNS治疗Pauwels Ⅱ~Ⅲ型后侧壁粉碎股骨颈骨折的研究相对较少,且多为描述性研究。基于此,本研究比较CCS内固定与FNS治疗Pauwels Ⅱ~Ⅲ型后侧壁粉碎股骨颈骨折的临床效果,以期为临床评估FNS及优化患者治疗方案提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

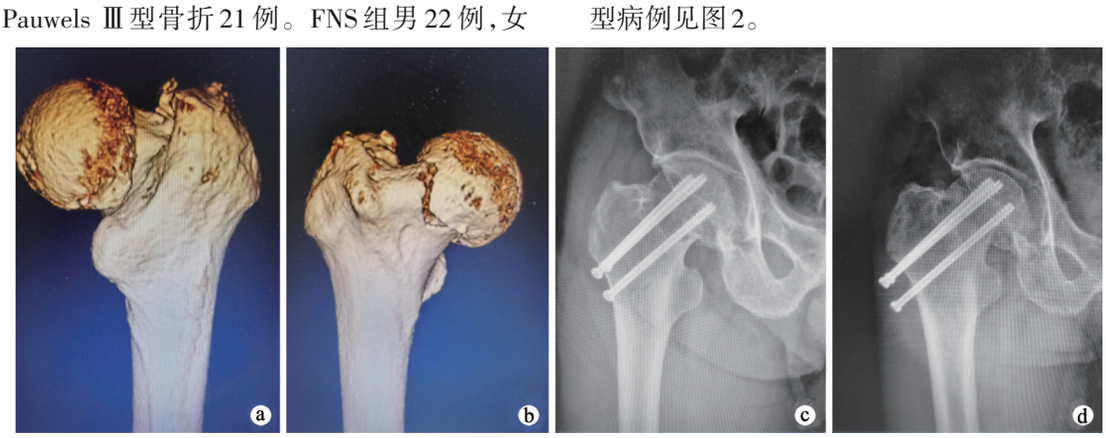
选取2018年5月至2021年8月于本院就诊的84例Pauwels Ⅱ~Ⅲ型后侧壁粉碎股骨颈骨折患者为研究对象,根据治疗方式不同分为CCS组(3枚CCS内固定)和FNS组,每组42例。CCS组男25例,女17例;年龄20~55岁,平均(42.48±8.25)岁;Pauwels Ⅱ型骨折21例,Pauwels Ⅲ型骨折21例。FNS组男22例,女20例;年龄20~55岁,平均(43.86±8.76)岁;Pauwels Ⅱ型骨折16例,Pauwels Ⅲ型骨折26例。2组患者基本资料比较无明显差异(P>0.05),具有可比性。患者均签署手术知情同意书。本研究经我院医学伦理委员会审批通过(AP-LKC-026)。

纳入标准:①年龄18~65岁;②单侧Pauwels Ⅱ~Ⅲ型后侧壁粉碎股骨颈骨折(受伤至手术时间≤7 d);③采用3枚CCS内固定治疗或FNS治疗;④临床资料完整;⑤依从性较好;⑥受伤前髋关节功能正常。排除标准:①病理性、陈旧性骨折;②合并严重代谢性疾病;③开放性骨折;④合并严重心、肝、肾疾病及精神类疾病。

1.2 手术方法

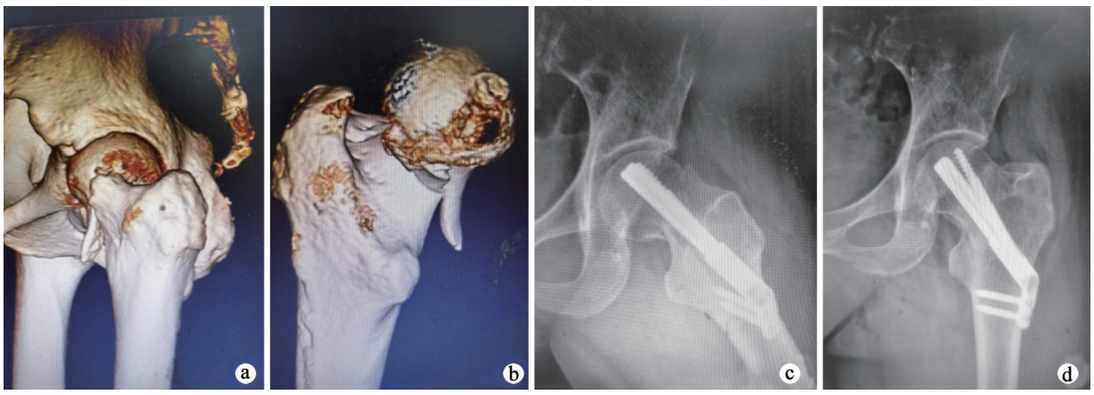
患者全身麻醉或硬膜外麻醉,平卧在牵引床上,调整姿态及C型臂位置以达到满意透视效果。CCS组:透视下将导针插入股骨外侧皮质,进针点与小转子尖部呈水平状态,根据透视图像的颈干角及前倾角于股骨距上方置入第1枚导针,后在该导针前、后方各置入1枚平行导针,3枚导针呈正三角或倒三角排列。切开皮肤、测深后依次拧入3枚半螺纹CCS。去除抗旋导针,放松牵引,均匀同步加压,透视下确认加压效果。典型病例见图1。

FNS组:在大转子外侧作约4 cm皮肤切口,置入定位针,起自小转子尖部水平并向远端延伸。在130°导向器引导下置入第2枚导针,通过透视确定导针位于股骨颈中心后测深,依据手柄导向器拧入锁定螺钉和抗旋螺钉,抗旋螺钉长度与动力棒长度相同。再逆时针旋转多功能杆,实现股骨颈骨折块间的加压。典型病例见图2。



a、b:术前X射线片提示右股骨颈头下型骨折,类型为Pauwels Ⅲ型;c:术后X射线片提示骨折解剖复位,内固定在位;d:术后3个月可见骨折线模糊

图1 CCS组患者手术前后影像图片



a、b:术前X射线片提示右股骨颈头下型骨折,类型为Pauwels Ⅲ型;c:术后X射线片提示骨折解剖复位,内固定在位;d:术后3个月可见骨折愈合

图2 FNS组患者手术前后影像图片

1.3 观察指标

比较2组患者围术期指标:手术时间、切口长度、术中出血量、住院时间、Garden力线指数、有无辅助复位。术后每3个月随访1次,随访12个月,记录2组患者骨折愈合时间、末次随访髋关节Harris评分、术后负重时间、股骨颈短缩长度、股骨颈短缩程度、颈干角变化、大腿外侧激惹症状(包括疼痛、摩擦、弹响等)、股骨头坏死及术后12个月生活质量评分。采用视觉模拟量表(visual analogue scale,VAS)、Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index,ODI)、日常生活活动能力量表评估2组患者术前及术后1个月的疼痛程度、功能情况及日常生活能力。比较2组患者手术前后白介素-6(interleukin-6,IL-6)、肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor-α,TNF-α)、C反应蛋白(C-reaction protein,CRP)、降钙素原(procalcitonin,PCT)水平。

1.4 统计学方法

采用SPSS 20.0软件分析数据。连续性变量进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立t检验;计数资料以率(%)表示,组间比较采用χ^2检验。采用ORACLE 10g工具评价2组患者炎症因子的随机行走模型。检验水准α=0.05。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者围术期指标比较

FNS组手术时间短于CCS组,切口长度及术中出血量长/多于CCS组(P<0.05);2组患者住院时间、Garden力线指数及辅助复位情况比较差异无统计学意义(P>0.05),见表1。

表1 2组患者围术期指标比较(n=42)

项目		CCS组	FNS组	$t/\chi^2/Z$	P
手术时间(min)		64.51±14.38	47.75±10.49	6.102	<0.001
切口长度(cm)		3.36±0.98	4.01±1.21	2.705	0.008
术中出血量(mL)		18.53±5.62	32.28±9.45	8.105	<0.001
住院时间(d)		3.49±0.65	3.56±0.72	0.468	0.641
Garden力线指数[例(%)]	Ⅰ级	26(61.90)	32(76.19)	2.010	0.366
	Ⅱ级	11(26.19)	7(17.67)		
	Ⅲ级	5(11.90)	3(7.14)		
辅助复位[例(%)]	有	6(14.29)	7(16.67)	0.091	0.763
	无	36(85.71)	35(83.33)		

2.2 2组患者随访结果比较

2组患者骨折愈合时间、术后部分及完全负重时间、股骨颈短缩长度及程度、颈干角变化、大腿外侧激惹症状发生率、末次随访髋关节Harris评分比较差异具有统计学意义(P<0.05)。2组患者股骨头坏死发生率比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表2。

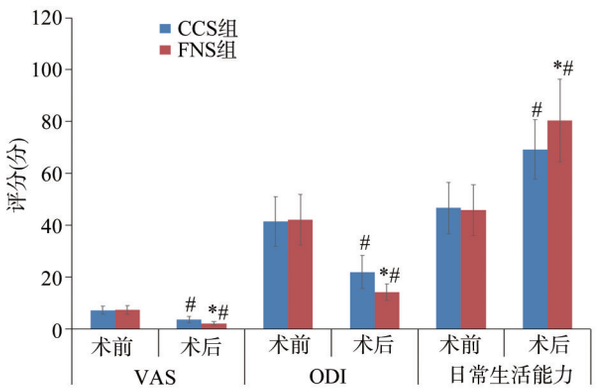
2.3 2组患者手术前后疼痛程度、功能情况及日常生活能力比较

2组患者术前VAS评分、ODI评分及日常生活能

表2 2组患者随访结果比较(n=42)

项目		CCS组	FNS组	t/χ^2	P
骨折愈合时间(月)		4.54±1.06	3.21±0.74	6.667	<0.001
髋关节Harris评分(分)		86.48±11.69	95.42±15.55	2.978	0.004
术后负重时间(周)	部分	6.15±1.47	2.42±0.59	15.261	<0.001
	完全	12.04±2.86	7.59±1.93	8.359	<0.001
股骨颈短缩长度(mm)		8.75±1.46	5.19±1.13	12.497	<0.001
股骨颈短缩程度[例(%)]	轻	11(26.19)	25(59.52)	9.889	0.007
	中	26(61.90)	13(30.95)		
	重	5(11.90)	4(9.52)		
颈干角变化(°)		4.49±1.25	2.31±0.74	9.726	<0.001
大腿外侧激惹症状例(%)]		11(26.19)	0(0)	12.658	<0.001
股骨头坏死[例(%)]		3(7.14)	0(0)	3.111	0.078

力评分比较差异无统计学意义(P>0.05);2组患者术后VAS评分、ODI评分明显下降(P<0.05),且FNS组降幅明显大于CCS组(P<0.05),日常生活能力评分明显升高(P<0.05),且FNS组升幅大于CCS组(P<0.05),见图3。



*:与CCS组比较,P<0.05;#:与术前比较,P<0.05

图3　2组患者疼痛程度、功能情况及日常生活能力比较

2.4　2组患者手术前后炎症因子比较

2组患者术前IL-6、TNF-α、CRP、PCT水平比较,差异均无统计学意义(P>0.05);2组患者术后IL-6、TNF-α、CRP、PCT水平均降低(P<0.05),且FNS组低于CCS组(P<0.05),见图4。

2.5　2组患者术后生活质量评分比较

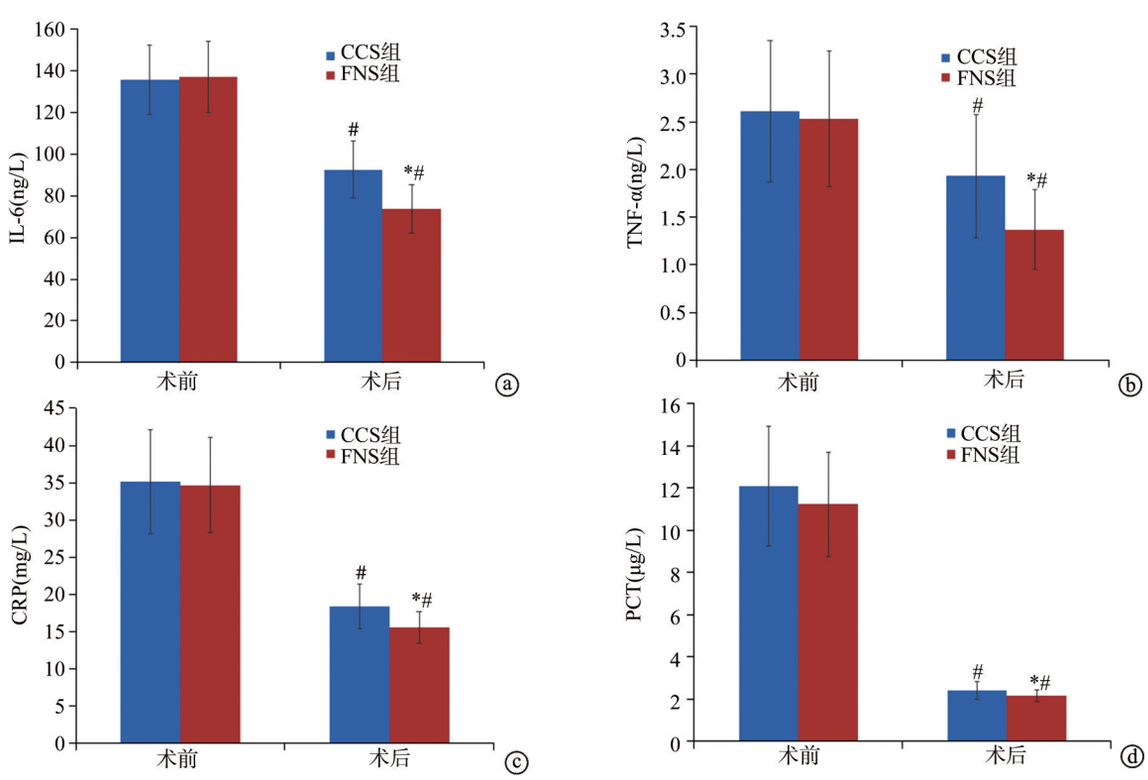
术后12个月,FNS组患者在生理、心理、社会关系和环境方面的评分均高于CCS组(P<0.05),见表3。

表3　术后生活质量评分比较($\bar{x}\pm s$,n=42,分)

组别	生理	心理	社会关系	环境
CCS组	87.95±8.04	83.38±10.47	85.88±8.36	85.47±9.32
FNS组	91.46±5.91	89.19±7.73	90.34±6.73	89.78±8.25
t	2.929	2.893	2.693	2.244
P	0.004	0.005	0.009	0.027

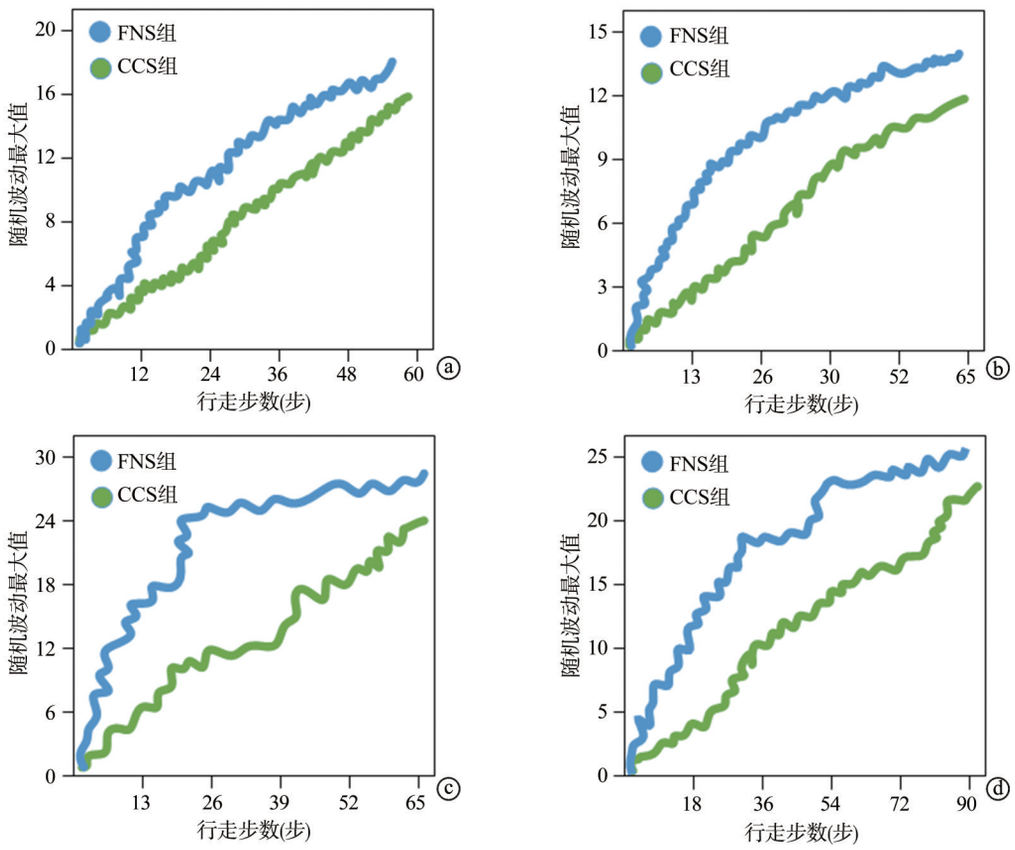
2.6　随机行走模型评价

FNS组患者IL-6、TNF-α、CRP、PCT分别有56、60、64、82次综合评价记录,CCS组分别有58、64、67、89次;FNS组的改善系数分别为0.321 4、0.216 7、0.437 5、0.317 1,CCS组分别为0.275 9、0.187 5、0.358 2、0.258 4。FNS组患者综合指标每改善1分,分别需要行走3.111、4.615、2.286、3.154步,CCS组分别需要行走3.625、5.333、2.792、3.870步。FNS组患者各指标的改善情况优于CCS组,差异具有统计学意义(P<0.05),见图5。



a:IL-6;b:TNF-α;c:CRP;d:PCT　*:与CCS组比较,P<0.05;#:与术前比较,P<0.05

图4　2组患者手术前后炎症因子比较



a:IL-6;b:TNF-α;c:CRP;d:PCT

图5 2组患者随机行走模型评价

3 讨论

后侧壁粉碎股骨颈骨折通常由高能量损伤引起，占股骨颈骨折的23%~62%，具有Pauwels角较大、股骨距不完整、粉碎性骨折等特点[9-10]。内固定手术是其临床首选治疗方案，但实施过程中仍有稳定性差、抗旋转力差、并发症发生率较高等不足[11-12]。FNS作为一种新型内固定方式，其治疗Pauwels Ⅲ型股骨颈骨折的生物力学特性优于CCS内固定，且稳定性较好、外侧接骨板较小，对股骨颈直径较小的患者同样适用，同时其采用小切口置入，实现了微创，可减少肌肉损失[13-14]。

本研究结果显示，FNS组患者手术时间短于CCS组。有研究报道，CCS内固定手术时间约为55 min，显著长于FNS（约为40 min）[14-15]，本研究结果与之相近。研究显示，FNS可简化手术流程，缩短学习曲线，且随着手术操作次数的增多，手术时间也会逐渐缩短[16]。本研究结果显示，FNS组切口长度长于CCS组，但仍符合微创治疗理念，较其他治疗方法更具优势；而FNS组术中出血量多于CCS组，推测原因可能为CCS内固定术中可经皮置入导针，FNS则需要切开后放置导向器，进而增加了术中出血量[17]。

Shu等[18]研究发现，采用FNS治疗的患者较采用CCS内固定治疗的患者骨折愈合更快，且髋关节Harris评分更高，本研究结果与之一致。推测其原因可能是，CCS内固定手术过程中易损伤骨骺动脉主干，增加局部压力，引起血运受损，进而导致骨折愈合时间延长；而FNS的中心内固定方法可以避免对骨骺动脉主干造成损伤，且直接面对骨骺动脉网的中心区，存在较多吻合口，可缓解患者动静态时的加压能力，减少血管损伤，故而FNS组患者髋关节Harris评分优于CCS组。股骨颈短缩是股骨颈骨折患者术后常见并发症，短缩程度越大，髋关节功能恢复越差。研究证实，股骨颈短缩的同时会引起钉尾刺激大腿外侧软组织，引发大腿疼痛；而FNS治疗方案中预留了20 cm的短缩长度，且短缩长度小于15 cm时动力棒不会突出大腿外侧引起患者疼痛[19]。本研究中，FNS组患者未出现大腿外侧激惹症状，而CCS组出现11例（26.19%）大腿外侧激惹症状，这也是FNS组患者末次随访髋关节Harris评分高于CCS组的原因之一。此外，本研究发现FNS组颈干角变化小于CCS组，推测可能与FNS生物力学性能较好，而CCS内固定不足以对

抗垂直剪切力有关[20]。随访结果显示,2组患者股骨头坏死发生率差异不明显,这可能与CCS组患者术后部分负重时间延迟导致内固定机械失效率降低有关,还可能与随访时间过短有关[21]。

本研究中,治疗后FNS组VAS、ODI评分均明显低于CCS组,而日常生活能力评分及术后12个月的生存质量评分明显高于CCS组,表明FNS在减轻患者疼痛、促进术后恢复及改善生活质量方面更具优势;FNS组术后IL-6、TNF-α、CRP、PCT等炎症因子水平均低于CCS组,表明FNS较CCS内固定治疗更有利于减轻患者炎症反应,促进恢复。

综上,与CCS内固定治疗相比,FNS治疗Pauwels Ⅱ~Ⅲ型后侧壁粉碎股骨颈骨折的临床效果较好,可缩短手术时间、骨折愈合时间,减轻患者疼痛,缓解炎症反应等。然而本研究纳入样本量较少,且为单中心回顾性研究,缺乏前瞻性对照研究,随访时间较短,临床资料收集有限,日后仍需进一步扩大样本范围,进行前瞻性、多中心研究。

[参考文献]

[1] Sano K, Homma Y, Shirogane Y, et al. Acetabular morphological variation in Asian patients with femoral neck fracture: a three-dimensional CT-based study[J]. Injury, 2022, 53(8): 2823-2831. doi: 10.1016/j.injury.2022.06.023.

[2] Fan Z, Huang Y, Su H, et al. How to choose the suitable FNS specification in young patients with femoral neck fracture: a finite element analysis[J]. Injury, 2021, 52(8): 2116-2125. doi: 10.1016/j.injury.2021.05.043.

[3] Yuan KX, Yang F, Fu K, et al. Internal fixation using fully threaded cannulated compression screws for fresh femoral neck fractures in adults[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 108. doi: 10.1186/s13018-022-03005-8.

[4] Tang Y, Zhang Z, Wang L, et al. Femoral neck system versus inverted cannulated cancellous screw for the treatment of femoral neck fractures in adults: a preliminary comparative study[J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 504. doi: 10.1186/s13018-021-02659-0.

[5] Chu K, Cheng G, Yu GZ, et al. Inconsistency of bone mineral density between femoral head and proximal femur after femoral neck fracture surgery indicates great possibility of femoral head necrosis[J]. Orthopedics, 2020, 44(2): 1-6. doi: 10.3928/01477447-20201216-06.

[6] Teng Y, Zhang Y, Guo C. Finite element analysis of femoral neck system in the treatment of Pauwels type Ⅲ femoral neck fracture[J]. Medicine, 2022, 101(28): e29450. doi: 10.1097/MD.0000000000029450.

[7] He C, Lu Y, Wang Q, et al. Comparison of the clinical efficacy of a femoral neck system versus cannulated screws in the treatment of femoral neck fracture in young adults[J]. BMC Musculoskelet Dis, 2021, 22(1): 994. doi: 10.1186/s12891-021-04888-0.

[8] Hu H, Cheng J, Feng M, 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. doi: 10.1186/s13018-021-02517-z.

[9] Steffensmeier A, Shah N, Archdeacon M, et al. Clinical and biomechanical effects of femoral neck buttress plate used for vertical femoral neck fractures[J]. Injury, 2022, 53(3): 1137-1143. doi: 10.1016/j.injury.2021.12.004.

[10] Marchand LS, Butler B, McKegg P, et al. Fixed angle device comparison in young femoral neck fractures: dynamic hip screw *vs* dynamic helical hip system[J]. Injury, 2022, 53(2): 590-595. doi: 10.1016/j.injury.2021.11.016.

[11] 朱 轶,刘 苏,张金坤,等. 股骨颈动力交叉钉系统与3枚空心钉内固定治疗股骨颈骨折的短期疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2022, 37(6): 605-608. doi: 10.7531/j.issn.1672-9935.2022.06.011.

[12] Bliven E, Sandriesser S, Augat P, et al. Biomechanical evaluation of locked plating fixation for unstable femoral neck fractures[J]. Bone Joint Res, 2020, 9(6): 314-321. doi: 10.1302/2046-3758.96.BJR-2019-0331.R1.

[13] 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. doi: 10.1016/j.jot.2020.06.002.

[14] 许新忠,常 菁,余水生,等. 股骨颈系统固定治疗股骨颈骨折的近期疗效分析[J]. 中华创伤骨科杂志, 2020, 22(7): 624-627. doi: 10.3760/cma.j.cn115530-20200618-00410.

[15] 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. doi: 10.1038/s41598-022-11914-1.

[16] Brattgjerd JE, Niratisairak S, Steen H, et al. Intermediate dynamic compression and decreased posterior tilt with interlocked pins in femoral neck fixation in synthetic bone[J]. J Biomech Eng, 2021, 143(7): 074502. doi: 10.1115/1.4050282.

[17] 杨家赵,周雪锋,朱万博,等. 股骨颈动力交叉钉系统与空心螺钉固定治疗青壮年股骨颈骨折的近期疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(9): 761-768. doi: 10.3760/cma.j.cn115530-20210205-00073.

[18] Shu DP, Xiao YP, Bei MJ, et al. Dynamic compression locking system versus multiple camiulated compression screw for the treatment of femoral neck fractures: a comparative study[J]. BMC Musculoskelel Disord, 2020, 21(1): 230. doi: 10.1186/s12891-020-03259-5.

[19] Song JH, Kim J, Oh S. Internal fixation of Pauwels type-3 undisplaced-incomplete insufficiency femoral neck fractures with cephalomedullary nails[J]. Hip Pelvis, 2020, 32(2): 105-111. doi: 10.5371/hp.2020.32.2.105.

[20] 熊 巍,易 敏,龙 成,等. 股骨颈动力交叉钉系统与倒三角形空心螺钉固定治疗成人股骨颈骨折的疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(9): 748-753. doi: 10.3760/cma.j.cn115530-20210822-00388.

[21] Roytman GR, Ramji AF, Beitler B, et al. Accuracy of guide wire placement for femoral neck stabilization using 3D printed drill guides[J]. 3D Print Med, 2022, 8(1): 19. doi: 10.1186/s41205-022-00146-8.

(编辑:杨 颖)