

· 临床研究 ·

股骨颈系统和空心加压螺钉治疗青壮年不稳定性股骨颈骨折短期随访

张峰, 聂宇, 柴子豪, 樊宗庆, 付廷
(阜阳市人民医院骨科, 安徽 阜阳 236000)

【摘要】 目的:探讨股骨颈动力交叉螺钉系统(femoral neck system, FNS)与 3 枚空心加压螺钉(cannulate compression screw, CCS)治疗青壮年不稳定性股骨颈骨折的疗效。方法:回顾分析 2018 年 8 月至 2021 年 8 月收治的 52 例青壮年不稳定性股骨颈骨折患者临床资料, 根据内固定方式分为两组, 25 例行 FNS 固定, 27 例行闭合复位 3 枚 CCS 倒三角形分布内固定。记录并比较两组患者的手术时间、切口长度、术中出血量、住院费用、骨折复位质量; 术后定期随访患者, 比较两组患者骨折愈合时间、术后完全负重时间、术后并发症发生(骨不连、股骨颈短缩、股骨头坏死等)。术后 6 个月采用 Harris 评分评估髋关节功能。结果:两组患者手术均顺利完成, FNS 组患者出血量多于 CCS 组、切口长度大于 CCS 组、住院费用高于 CCS 组($P < 0.01$)。两组患者手术时间及术中复位 Garden 指数比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。两组患者均获得随访, 时间 6~32 个月。FNS 组骨折愈合时间少于 CCS 组, 术后完全负重时间早于 CCS 组, 髋关节 Harris 评分高于 CCS 组($P < 0.01$)。两组患者随访期间均未发生内固定断裂并发症, FNS 组发生股骨头缺血性坏死 4 例、股骨颈短缩 2 例, 其中 3 例因股骨头缺血性坏死行全髋关节置换术; CCS 组发生骨不连 2 例、股骨头缺血性坏死 9 例、股骨颈短缩 11 例, 其中 5 例因骨不连、股骨头缺血性坏死行全髋关节置换术。结论:FNS 具有操作简单、兼具旋转稳定和成角稳定, 使患者能尽早开始功能锻炼, 降低不稳定性股骨颈骨折术后并发症发生率, 是治疗青壮年不稳定性股骨颈骨折的新选择。

【关键词】 股骨颈系统; 空心加压螺钉; 股骨颈骨折; 内固定
中图分类号: R683.42

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.07.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Short term follow-up of unstable femoral neck fractures in young adults treated with femoral neck system and cannulated compression screws

ZHANG Feng, NIE Yu, CHAI Zi-hao, FAN Zong-qing, FU Ting (Department of Orthopaedics, Fuyang People's Hospital, Fuyang 236000, Anhui, China)

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical efficacy of femoral neck system (FNS) and three cannulated compression screws (CCS) in the treatment of unstable femoral neck fractures in young adults. **Methods** The clinical data of 52 young and middle-aged patients with unstable femoral neck fractures admitted from August 2018 to August 2021 were reviewed and analyzed. All patients were divided into two groups according to the internal fixation method, 25 cases were treated with FNS fixation, 27 cases were treated with closed reduction and 3 CCS inverted triangular distribution. The operation time, incision length, intraoperative bleeding, hospitalization expenses and fracture reduction quality of two groups were recorded and compared; The patients were followed up regularly after operation. The fracture healing time, complete weight-bearing time and postoperative complications (nonunion, femoral neck shortening, femoral head necrosis) of two groups were compared. The Harris score was used to evaluate hip function 6 months after surgery. **Results** The operation was successfully completed in both groups. The patients in FNS group had more bleeding, longer incision length and higher hospitalization cost than CCS group ($P < 0.01$). There were no significant difference in operation time and Garden index between two groups ($P > 0.05$). Patients in both groups were followed up for 6 to 32 months. The fracture healing time in FNS group was less than that in CCS group, the time of complete weight bearing after surgery was earlier than that in CCS group, and the hip Harris score was higher than that in CCS group ($P < 0.01$). There were no internal fixation fracture complications in two groups during follow-up. In the FNS group, there

基金项目:安徽医科大学校科研基金项目(编号:2021xkj208);安徽省科技厅 2017 年重点研究与开发计划立项项目(编号:1704a0802159)

Fund program: Anhui Medical University Scientific Research Fund Project (No. 2021xkj208)

通讯作者: 聂宇 E-mail: 251145656@qq.com

Corresponding author: NIE Yu E-mail: 251145656@qq.com

were 4 cases of avascular necrosis of the femoral head and 2 cases of femoral neck shortening, of which 3 cases underwent total hip replacement due to avascular necrosis of the femoral head. In the CCS group, there were 2 cases of nonunion, 9 cases of avascular necrosis of the femoral head, and 11 cases of femoral neck shortening, among which 5 cases underwent total hip replacement due to nonunion and avascular necrosis of the femoral head. **Conclusion** With simple operation, rotational stability and angular stability, FNS enables patients to start functional exercise as early as possible and reduces the incidence of postoperative complications of unstable femoral neck fracture. It is a new choice for the treatment of unstable femoral neck fracture in young adults.

KEYWORDS Femoral neck system; Cannulate compression screw; Femoral neck fracture; Internal fixation

青壮年不稳定性股骨颈骨折对临床医生来说是一个重大的挑战。在青壮年患者中,这些骨折往往是由于高能量损伤造成,此类骨折线较垂直,垂直剪切力大,术后骨折移位、不愈合、股骨头缺血性坏死等并发症的发生率较高,临床治疗比较困难^[1]。解剖复位和坚强内固定对这类骨折的成功愈合尤其重要。然而,选择何种内固定治疗此类股骨颈骨折仍存在争议^[2]。目前临床上治疗股骨颈骨折常用的两种内固定是 3 枚空心加压螺钉(cannulate compression screw, CCS)和动力髋螺钉系统(dynamic hip screw, DHS)。而对于青壮年不稳定性股骨颈骨折,若选用 CCS 固定时,术后出现骨不连率高达 19%^[3]; DHS 操作复杂,创伤大且手术时间长,出血多,内植物外侧突出明显,易引起大腿疼痛^[4]。股骨颈系统(femoral neck system, FNS)是一种新型的股骨颈内固定系统,具有操作简单、切口小、内固定占位小,兼具旋转稳定和成角稳定等优点。目前,有关 FNS 治疗青壮年不稳定性股骨颈骨折的临床研究较少,临床疗效尚不清楚。本研究回顾性分析 2018 年 8 月至 2021 年 8 月期间阜阳市人民医院骨科采用 FNS 治疗青壮年不稳定性股骨颈骨折的临床资料,并与同期采用 CCS 固定的患者进行比较,以期对青壮年不稳定性股骨颈骨折的治疗提供依据。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:(1)年龄 18~60 岁。(2)3 周以内的新鲜股骨颈骨折患者。(3)骨折类型为 Pauwels III 型。(4)采用 FNS 或 CCS 固定治疗。(5)未合并同侧股骨

骨折。(6)闭合复位可以获得良好复位。(7)伤前患肢髋关节功能正常。排除标准:(1)病理性骨折。(2)非 Pauwels III 型股骨颈骨折。(3)开放性骨折。(4)因为其他原因无法手术的患者。(5)合并严重的代谢性疾病(甲亢等)。

1.2 一般资料与分组

本研究共纳入 52 例患者,根据所选内固定方式不同分为 FNS 组(25 例)和 CCS 组(27 例)。两组患者的年龄、性别、受伤侧别、受伤原因、骨折 Garden 分型^[5]以及 Pauwels 角等一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。术前均详细告知所有患者及家属本次手术治疗的目的是可能发生的风险,并签署手术同意书,并经阜阳市人民医院医学伦理委员会审批[医伦理审查(2022)31 号]。

1.3 方法

1.3.1 手术方法 患者给予脊髓硬膜外麻醉或全身麻醉。患者仰卧位固定在骨科牵引床上并完成骨折复位。在 G 臂 X 线机透视确认股骨颈骨折复位情况,并借助 Garden 分型评价骨折复位质量。常规消毒铺巾。

FNS 组:选择 1 枚 2.5 mm 克氏针植入股骨颈前上缘控制股骨颈旋转,透视见克氏针正位位于股骨颈上缘,侧位位于股骨颈前侧。平行于小转子水平做一长约 5 cm 的纵向切口,分离股外侧肌直达骨面。在 130°导向器引导下植入导针。透视见导针在正侧位均位于股骨颈中央,深度达软骨下 5 mm。测深后延导针扩孔,置入动力棒,透视确认动力棒距软骨下 5 mm,钢板位于股骨干中轴线。再置入锁定螺钉和

表 1 两组股骨颈骨折患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data of two groups of patients with femoral neck fracture before operation

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$)/岁	性别/例		受伤原因/例			侧别/例		Garden 分型/例				Pauwels 角($\bar{x}\pm s$)/°
			男	女	高处坠落伤	车祸伤	摔伤	左侧	右侧	I 型	II 型	III 型	IV 型	
FNS 组	25	45.20±11.88	14	11	4	6	15	13	12	0	2	15	8	58.35±7.07
CCS 组	27	49.30±9.24	11	16	5	7	15	14	13	0	2	16	9	62.21±7.47
检验值		$t=-1.395$	$\chi^2=1.211$		$\chi^2=0.051$			$\chi^2=0.000$		$\chi^2=0.014$				$t=-1.909$
P 值		0.169	0.271		0.975			0.991		0.993				0.062

注:FNS 组为股骨颈系统组,CCS 组为 3 枚空心加压螺钉组

防旋钉,防旋钉的长度与动力棒等长,再通过加压装置对骨折断端进行加压,透视见骨折复位及内固定位置满意后,去除手柄及克氏针,清点器械及用物无误后逐层缝合切口,无菌敷料包扎。典型病例图片见图 1。

CCS 组:于小转子平面以上植入 1 枚 2.5 mm 导针,正位位于股骨颈下方股骨距上(贴近股骨颈内侧骨皮质 5 mm),侧位位于股骨颈中线,平行于股骨颈长轴,进针深度位于软骨下骨 5 mm。再于股骨颈的前上和后上方平行于第 1 枚导针分别置入 2 枚导针,3 枚导针呈倒三角形分布。再沿 3 枚导针切开筋膜至骨面,测深、钻孔、拧入 3 枚 7.3 mm 半螺纹空心螺钉。冲洗缝合切口,无菌敷料包扎。典型病例影像图片见图 2。

1.3.2 围手术期处理 两组患者在切皮前 30 min

静脉滴注 1 剂 1 代头孢,术后 24 h 内再静滴 1 次;术后抗凝药物应用预防下肢深静脉血栓形成,同时根据患者疼痛评分给予止痛治疗。术后 1 d 行双下肢股四头肌等长收缩训练,术后 2 d 鼓励患者早期拄双拐患肢非负重下地活动。术后 4~6 周在双拐保护下部分负重,术后 3~6 个月根据复查骨折愈合情况决定完全负重时间。

1.4 观察项目与方法

记录两组患者的手术时间、切口长度、术中出血量、住院费用,并借助 Garden 分型评估骨折复位质量。患者于术后 1、2、3、6、9、12、18 个月至门诊定期复查,并记录骨折愈合时间、术后完全负重时间、术后并发症发生(骨不连、股骨颈短缩、股骨头坏死等),术后 6 个月随访时采用 HARRIS 等^[6]制定的 Harris 评分评估髋关节功能情况。

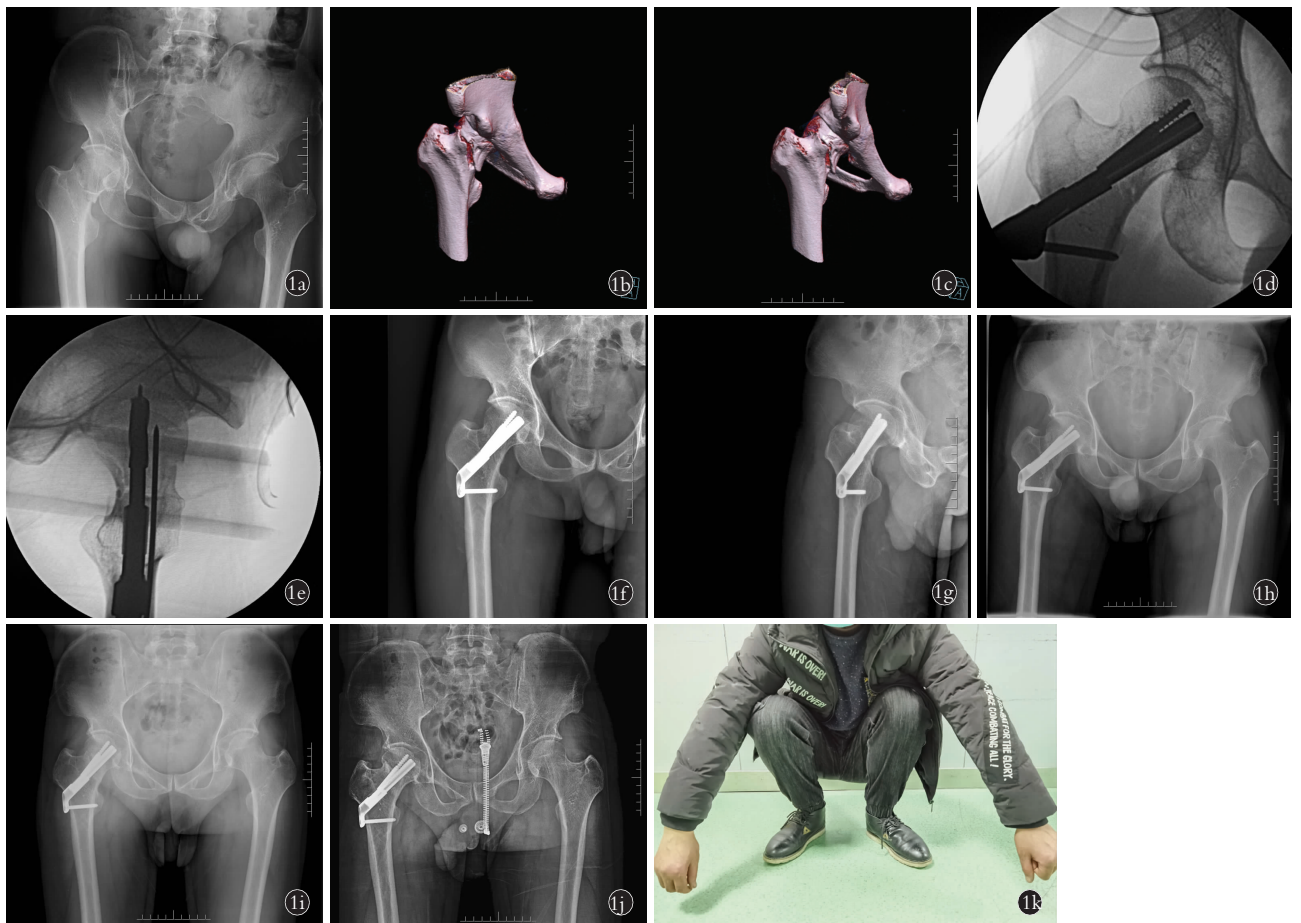


图 1 患者,男,37 岁,车祸致右侧股骨颈骨折(Garden III 型;Pauwels III 型),FNS 组 **1a**. 术前双髋关节正位 X 线片 **1b,1c**. 术前右髋关节 CT 三维重建 **1d,1e**. 术中植入 FNS 后透视见骨折复位及内固定位置佳 **1f,1g**. 术后第 2 天右髋关节正侧位 X 线片 **1h,1i,1j**. 术后 3、12 个月 X 线片示骨折愈合、股骨颈无短缩 **1k**. 术后 12 个月髋关节功能良好

Fig.1 A 37-year-old male patient with right femoral neck fracture (Garden III ;Pauwels III) caused by traffic accident, FNS group **1a**. Pre-operative double hip joint X-ray **1b,1c**. Pre-operative right hip joint CT three-dimensional reconstruction **1d,1e**. The position of fracture reduction and internal fixation is good after FNS implantation during operation **1f,1g**. AP and lateral X-rays of right hip joint on the second day after operation **1h,1i,1j**. Three and twelve months after operation, X-rays showed fracture was healed and femoral neck was not shortened **1k**. Hip joint function was good at 12 months after operation

1.5 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;不符合正态分布的定量资料用 *M*(*P*25,*P*75)来表示,组间比较采用秩和检验;定性资料组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法;检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

所有患者顺利完成手术,术中未出现血管神经损伤等并发症。FNS 组患者切口长度大于 CCS 组、出血量多于 CCS 组、住院费用高于 CCS 组 ($P<0.01$);两组患者手术时间和术中复位 Garden 分型比

较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 2。

两组患者均获得随访,时间 6~32 个月。FNS 组的骨折愈合时间小于 CCS 组、术后完全负重时间早于 CCS 组 ($P<0.05$),见表 2。术后 6 个月,FNS 组髋关节 Harris 评分高于 CCS 组 ($P<0.01$),见表 3。

两组患者随访期间均未发生内固定断裂、松动并发症,FNS 组发生股骨头坏死 4 例、股骨颈短缩 2 例,其中 3 例因股骨头坏死行全髋关节置换术,余 21 例均获得临床愈合;CCS 组发生骨不连 2 例、股骨头坏死 9 例、股骨颈短缩 11 例,其中 5 例因骨不连、股骨头坏死行全髋关节置换术,余 16 例均获得临床愈合。

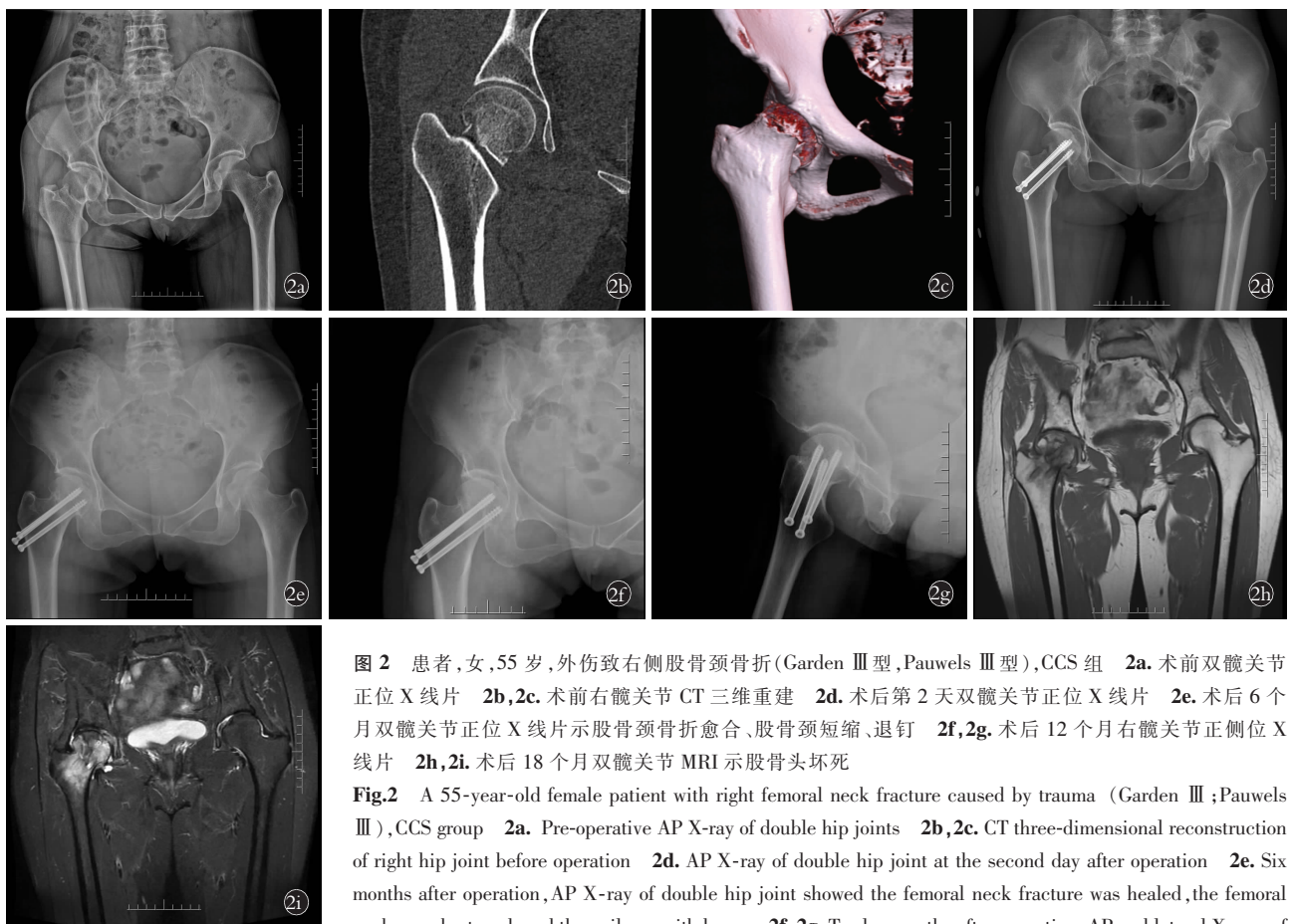


图 2 患者,女,55 岁,外伤致右侧股骨颈骨折(Garden III 型,Pauwels III 型),CCS 组 2a. 术前双髋关节正位 X 线片 2b,2c. 术前右髋关节 CT 三维重建 2d. 术后第 2 天双髋关节正位 X 线片 2e. 术后 6 个月双髋关节正位 X 线片示股骨颈骨折愈合、股骨颈短缩、退钉 2f,2g. 术后 12 个月右髋关节正侧位 X 线片 2h,2i. 术后 18 个月双髋关节 MRI 示股骨头坏死

Fig.2 A 55-year-old female patient with right femoral neck fracture caused by trauma (Garden III ;Pauwels III),CCS group 2a. Pre-operative AP X-ray of double hip joints 2b,2c. CT three-dimensional reconstruction of right hip joint before operation 2d. AP X-ray of double hip joint at the second day after operation 2e. Six months after operation,AP X-ray of double hip joint showed the femoral neck fracture was healed,the femoral neck was shortened,and the nail was withdrawn 2f,2g. Twelve months after operation,AP and lateral X-rays of the right hip joint in anterior and lateral position 2h,2i. MRI of double hip joints showed femoral head necrosis 18 months after operation

表 2 两组股骨颈骨折患者术后临床指标比较

Tab.2 Comparison of clinical indicators of two groups of patients with femoral neck fracture after surgery

组别	例数	随访时间 ($\bar{x}\pm s$)/月	骨折愈合时 间($\bar{x}\pm s$)/月	手术时间 ($\bar{x}\pm s$)/min	切口长度 ($\bar{x}\pm s$)/cm	术中出血量 ($\bar{x}\pm s$)/ml	Garden 分型/例			住院费用($\bar{x}\pm s$)/ 元	术后完全负重 时间($\bar{x}\pm s$)/周
							I 型	II 型	III 型		
FNS 组	25	15.04±3.88	3.72±0.98	113.00±36.74	6.04±1.06	49.20±33.66	18	6	1	40 354.88±2 734.82	14.88±3.92
CCS 组	27	16.19±5.35	5.07±1.54	105.33±54.97	3.63±0.74	10.00±7.07	17	8	2	21 656.59±4 582.02	20.30±3.92
检验值		<i>t</i> =0.878	<i>t</i> =3.744	<i>t</i> =0.362	<i>t</i> =9.560	<i>t</i> =5.917	$\chi^2=0.572$			<i>t</i> =17.687	<i>t</i> =-3.744
<i>P</i> 值		0.384	0.000	0.719	0.000	0.000	0.751			0.000	0.000

表 3 两组股骨颈骨折患者术后 6 个月 Harris 评分比较 ($\bar{x} \pm s$)Tab.3 Comparison of Harris score of two groups of patients with femoral neck fracture 6 months after operation ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	疼痛	功能	畸形	活动范围	总分
FNS 组	25	42.08±2.04	40.24±1.53	3.96±0.20	4.92±0.28	91.04±2.64
CCS 组	27	39.26±4.23	39.07±2.87	3.92±0.27	4.81±0.39	87.07±4.71
t 值		3.023	1.846	0.518	1.117	3.779
P 值		0.004	0.072	0.607	0.270	0.000

3 讨论

目前,临床上将 18~60 岁人群的股骨颈骨折定义为青壮年股骨颈骨折^[7]。青壮年股骨颈骨折在临床上相对少见,占全部股骨颈骨折的 3%~5%,往往与高能量损伤密切相关,多为不稳定性骨折,因而骨折通常为粉碎性,加之骨折断端垂直剪切力较大,导致治疗困难、疗效差,术后骨折不愈合和股骨头坏死的发生率分别为 10%~30%、10%~45%^[8],被称为“尚未解决的骨折”^[9]。对于青壮年不稳定性股骨颈骨折,骨折复位和内固定仍然是最被广泛接受的治疗方法,但术后发生股骨头坏死、骨不连、股骨颈短缩的可能性仍然很高。骨折的解剖复位和牢固稳定的内固定是避免上述并发症的关键因素^[10]。随着 Pauwel 角的增加,骨折断端受到更多的剪切力,需要最佳的固定,以抵抗这些力,并增加旋转稳定性^[11]。

CCS 和 DHS 是目前临床上治疗股骨颈骨折常用的内固定。3 枚空心螺钉倒“品”字的螺钉分布有一定的生物力学优势,可以为骨折断端提供坚强的支撑^[12]。3 枚螺钉作为一个整体,能有效对抗骨折断端旋转应力,降低术后内固定失效的发生率。对于青壮年不稳定性股骨颈骨折,选择 3 枚空心钉固定仍存在一些问题^[13]。由于 Pauwels 较大,骨折线近乎垂直,骨折端垂直剪切力较大,空心螺钉滑动加压的方向与骨折线方向不垂直,生物力学上固定不坚强,其远期失败率高达 20%~48%^[14]。FREITAS 等^[15]应用有限元分析 DHS 治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折的生物力学效应,并将其与 CCS 进行比较,结果发现,DHS 结合防旋转螺钉在旋转和垂直位移、骨折的牵引和压缩分布以及冯·米塞斯应力方面产生了更好的结果,与 CCS 相比具有更好的力学优势。王青等^[16]在空心钉与滑动髁螺钉治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折的 Meta 分析发现,滑动髁螺钉固定术后骨不连率显著低于空心钉固定,但是手术操作复杂,并存在术中出血多、术后髋关节功能评分低,而空心钉固定手术时间更短。

本研究中 CCS 组骨折平均愈合时间为 5.07 个月,术后骨不连、股骨头坏死、股骨颈短缩的发生率分别为 7.4%、24.3%和 40.7%,与 HU 等^[10]报道的数

据接近。结合文献^[12-13,17]分析其可能原因如下:(1)空心螺钉的动态加压特性以致于其不能为股骨颈提供足够稳定的支持,并延长术后愈合时间。(2)骨折端在加压过程中存在吸收。(3)3 枚螺钉之间无相关性,螺钉的位置容易受到外科医生的主客观因素的影响。因此,其抗垂直剪切和扭转的能力较差,而 Pauwels III 型股骨颈骨折垂直剪切力较大,Pauwels 角度的增加可能导致固定失败率的升高。

FNS 作为一种新型内固定,具有操作简单、切口小、内固定占位小,兼具多枚空心螺钉的旋转稳定和 DHS 的成角稳定;FNS 设计上允许动力棒在钉板套筒内滑动短缩 20 mm 而不向外侧突出,降低了对软组织的激惹,有利于降低患者术后大腿疼痛发生率^[18]。STOFFEL 等^[19]在体外生物力学实验发现:从生物力学的角度来看,FNS 是治疗不稳定性股骨颈骨折的有效替代方案,具有微创植入的优点,其稳定性与 DHS 系统相当,优于 CCS。范智荣等^[20]运用有限元分析 FNS 治疗不稳定性 Pauwels III 型股骨颈骨折的生物力学效应,并将其与不同构型的空心螺钉进行对比,结果发现,FNS 治疗不稳定性股骨颈骨折的生物力学稳定性优于 CCS,内固定失败率较 CCS 低。杨家赵等^[21]通过临床回顾性分析比较 59 例 Pauwels III 型股骨颈骨折患者,分别使用倒三角空心螺钉(31 例)与 FNS(28 例)治疗,结果显示 FNS 组骨折愈合时间骨折愈合时间早于空心钉组,髋关节 Harris 评分高于空心钉组,术后部分负重开始时间早于空心钉组,大腿外侧激惹症发生率低于空心钉组,但二者股骨头坏死发生率和翻修手术率无明显差异。

本研究结果显示,FNS 组的骨折愈合时间小于 CCS 组,术后完全负重时间早于 CCS 组,髋关节 Harris 评分高于 CCS 组,术后并发症发生率低于 CCS 组,与上述文献相符。本研究中,FNS 组股骨颈短缩的发生率明显低于 CCS 组,这可能与 FNS 具有较好的机械稳定性和剪切阻力有关。但本研究中 FNS 组手术时间与 CCS 组相比无统计学意义,与既往文献报道存在差异,这可能与早期开展 FNS 操作不熟练有关。因此,熟练地使用 FNS 对缩短手术时

间非常重要。

综上所述,与 CCS 相比,FNS 是治疗青壮年不稳定性股骨颈骨折的新选择。此内固定的优点是操作简单、微创置入、疗效确切、术后恢复快、并发症少,但费用更高。FNS 良好的生物力学性能和临床疗效使其成为治疗不稳定性股骨颈骨折的新选择。本研究存在局限性:首先是小样本单中心的回顾性分析;其次,由于 FNS 上市时间短、价格昂贵,本研究的准确性可能受到样本量小和随访时间短的限制。未来需要更大样本和更长随访时间进一步验证。

参考文献

[1] KUNAPULI S C, SCHRAMSKI M J, LEE A S, et al. Biomechanical analysis of augmented plate fixation for the treatment of vertical shear femoral neck fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 2015, 29(3): 144-150.

[2] WANG T, SUN J Y, ZHA G C, et al. Analysis of risk factors for femoral head necrosis after internal fixation in femoral neck fractures[J]. *Orthopedics*, 2014, 37(12): e1117-e1123.

[3] LIPORACE F, GAINES R, COLLINGE C, et al. Results of internal fixation of Pauwels type-3 vertical femoral neck fractures[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90(8): 1654-1659.

[4] BHANDARI M, TORNETTA P 3rd, HANSON B, et al. Optimal internal fixation for femoral neck fractures: multiple screws or sliding hip screws[J]. *J Orthop Trauma*, 2009, 23(6): 403-407.

[5] 蔡乐益, 郭晓山, 郑文浩, 等. 对 Garden 指数作为股骨颈骨折复位质量评价标准的再认识[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22(3): 232-237.

CAI L Y, GUO X S, ZHENG W H, et al. Re-evaluation of Garden indexes as a criterion for reduction of femoral neck fracture: a cadaveric study[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2020, 22(3): 232-237. Chinese.

[6] HARRIS W H. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1969, 51(4): 737-755.

[7] MEDDA S, SNOAP T, CARROLL E A. Treatment of young femoral neck fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33(Suppl 1): S1-S6.

[8] 窦连大, 王辉, 张春明, 等. DHS 加防旋螺钉治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折[J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28(18): 1722-1724.

DOU L D, WANG H, ZHANG C M, et al. Treatment of Pauwels III femoral neck fracture with DHS and anti-rotation screw[J]. *Orthop J China*, 2020, 28(18): 1722-1724. Chinese.

[9] 远东涛, 张绍安, 吴广良, 等. 富血小板血浆联合中空螺钉内固定治疗股骨颈骨折[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22(3): 263-267.

YUAN D T, ZHANG S A, WU G L, et al. Platelet-rich plasma combined with hollow screw fixation for femoral neck fractures[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2020, 22(3): 263-267. Chinese.

[10] HU H J, CHENG J B, FENG M L, 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.

[11] GAO Z C, WANG M, SHEN B J, et al. Treatment of Pauwels

type III femoral neck fracture with medial femoral neck support screw: a biomechanical and clinical study[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 21418.

[12] FORSH D A, FERGUSON T A. Contemporary management of femoral neck fractures: the young and the old[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2012, 5(3): 214-221.

[13] ZHOU X Q, LI Z Q, XU R J, et al. Comparison of early clinical results for femoral neck system and cannulated screws in the treatment of unstable femoral neck fractures[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(6): 1802-1809.

[14] LY T V, SWIONTKOWSKI M F. Treatment of femoral neck fractures in young adults[J]. *Instr Course Lect*, 2009, 58: 69-81.

[15] FREITAS A, TOLEDO JUNIOR J V, FERREIRA DOS SANTOS A, et al. Biomechanical study of different internal fixations in Pauwels type III femoral neck fracture-A finite elements analysis[J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2020, 14: 145-150.

[16] 王青, 姜达君, 贾伟涛. Pauwels 三型股骨颈骨折不同内固定方式的 meta 分析[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2018, 38(9): 1046-1052, 1045.

WANG Q, JIANG D J, JIA W T. A meta-analysis of different internal fixation strategies of Pauwels III femoral neck fractures[J]. *J Shanghai Jiaotong Univ Med Sci (Yixue Ban)*, 2018, 38(9): 1046-1052, 1045. Chinese.

[17] 严才平, 王星宽, 向超, 等. 股骨颈动力交叉钉系统与空心加压螺钉治疗中青年股骨颈骨折的疗效比较[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35(10): 1286-1292.

YAN C P, WANG X K, XIANG C, et al. Comparison of effectiveness of femoral neck system and cannulate compression screw in treatment of femoral neck fracture in young and middle-aged patients[J]. *China J Reparative Reconstr Surg*, 2021, 35(10): 1286-1292. Chinese.

[18] 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.

XU X Z, CHANG J, YU S S, et al. Fixation with Femoral Neck System for femoral neck fractures: short-term therapeutic outcomes[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2020, 22(7): 624-627. Chinese.

[19] 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.

[20] 范智荣, 苏海涛, 周霖, 等. 新型股骨颈内固定系统治疗不稳定性股骨颈骨折的有限元分析[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(15): 2321-2328.

FAN Z R, SU H T, ZHOU L, et al. Finite element analysis of novel femoral neck system for unstable femoral neck fractures[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2021, 25(15): 2321-2328. Chinese.

[21] 杨家赵, 周雪峰, 李黎, 等. 股骨颈动力交叉钉系统和倒三角空心钉治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折疗效比较[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35(9): 1111-1118.

YANG J Z, ZHOU X F, LI L, et al. Comparison of femoral neck system and inverted triangle cannulated screws fixations in treatment of Pauwels type III femoral neck fractures[J]. *China J Reparative Reconstr Surg*, 2021, 35(9): 1111-1118. Chinese.