

# 基于 CT 影像的中青年股骨颈骨折皮质碎片与股骨头缺血性坏死的相关研究

陈芒芒,蔡晓盛,吕杨训,林胜磊,黄力鹏,林洲

(温州医科大学定理临床学院 温州市中心医院,浙江 温州 325000)

**【摘要】** 目的:探讨基于 CT 影像的中青年股骨颈骨折内固定术后股骨颈皮质粉碎和外表面积对于缺血性坏死(avascular necrosis, AVN)的影响。方法:自 2011 年 1 月至 2021 年 1 月收集 18~60 岁的中青年股骨颈骨折采用 3 枚中空拉力螺钉倒三角固定病例 218 例,男 104 例,女 114 例;年龄 19~60(48.22±10.58)岁。术前等待时间≤48 h 为 155 例,术前等待时间为>48 h 为 63 例;股骨颈皮质粉碎 68 例,其中皮质外表面积>25 mm<sup>2</sup>的 32 例。所有患者随访至少 2 年,分析比较患者年龄、性别、损伤侧别、身体质量指数、损伤机制、术前等待时间、手术时间、Garden 分型、CT 分析股骨颈皮质是否粉碎、大小、并发症情况与患者明确发生 AVN 的相关性,根据结果分为 AVN 组和非 AVN 组,单因素分析得到显著性差异的自变量,进一步行多元 Logistic 回归分析,确定 AVN 的独立危险因素。结果:通过单变量分析,AVN 组和非 AVN 组在损伤机制( $\chi^2=18.552, P=0.000$ ),术前等待时间( $\chi^2=2.065, P=0.033$ ),Garden 分型( $\chi^2=12.598, P=0.006$ ),皮质粉碎( $\chi^2=16.357, P=0.000$ ),皮质外表面积( $\chi^2=23.371, P=0.000$ ),差异均有统计学意义。多元 Logistic 回归表明:损伤机制高能量损伤[Exp(B)=3.487, 95%CI(1.583, 10.464), P=0.002],皮质粉碎[Exp(B)=2.494, 95%CI(1.315, 10.861), P=0.002];皮质外表面积>25 mm<sup>2</sup>[Exp(B)=22.161, 95%CI(3.922, 124.828), P=0.001]是股骨颈骨折内固定术后 AVN 的独立危险因素。结论:高能量损伤、股骨颈皮质粉碎和皮质外表面积>25 mm<sup>2</sup>是影响 AVN 的独立危险因素。股骨颈皮质碎片面积越大,合并上方股骨颈皮质碎片可能提示了一种更复杂更为严重的损伤。

**【关键词】** 皮质粉碎; 股骨颈骨折; 缺血性坏死

中图分类号:R683.42

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.20230118

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Relationship between cortical fragments and avascular necrosis of femoral head in young adult femoral neck fractures based on CT imaging

CHEN Mang-mang, CAI Xiao-sheng, LYU Yang-xun, LIN Sheng-lei, HUANG Li-peng, LIN Zhou (The Dingli Clinical Institute of Wenzhou Medical University, Wenzhou Central Hospital, Wenzhou 325000, Zhejiang, China)

**ABSTRACT Objective** To explore the effect of femoral neck cortical fragments and surfacial area on avascular necrosis (AVN) after internal fixation of femoral neck fractures based on CT imaging in young adult. **Methods** From January 2011 to January 2021, 218 young and middle-aged patients with femoral neck fractures were reverse triangle fixed with three cannulated lag screws, including 104 males and 114 females; aged 19 to 60 years old with a mean of (48.22±10.58) years old. The preoperative waiting time ≤48 h was 155 cases, and the preoperative waiting time >48 h was 63 cases; 68 cases were comminuted cortex of the femoral neck, 32 of them with superficial area of the comminuted cortex >25 mm<sup>2</sup>. All patients were followed up for at least 2 years, the age, gender, injury side, body mass index, injury mechanism, preoperative waiting time, operation time, Garden classification, whether femoral neck cortex fracture and size by CT analysis and complications were analyzed the correlation to the definite occurrence of AVN. The AVN group and the non-AVN group were divided according to the final efficacy results. Univariate analysis yielded significant independent variables, Multiple Logistic regression analysis was further performed to identify the independent risk factors for AVN. **Results** By univariate analysis, the AVN and non-AVN groups were significant in injury mechanism ( $\chi^2=18.552, P=0.000$ ), preoperative waiting time ( $\chi^2=2.065, P=0.033$ ), Garden classification ( $\chi^2=12.598, P=0.006$ ), comminuted cortex ( $\chi^2=16.357, P=0.000$ ), and the superficial area of the comminuted cortex ( $\chi^2=23.371, P=0.000, P=0.000$ ). Multiple Logistic regression indicated injury mechanism high energy injury [Exp(B)=3.487, 95%CI(1.583, 10.464), P=0.002], comminuted cortex of the femoral neck [Exp(B)=2.494, 95%CI(1.315, 10.861), P=0.002]; the

基金项目:温州市科技计划项目(编号:Y20210442)

Fund project: Wenzhou City Science and Technology Plan Projects(No.Y20210442)

通讯作者:林洲 E-mail:scarmonker@163.com

Corresponding author: ZHOU Lin E-mail:scarmonker@163.com

superficial area of the comminuted cortex > 25 mm<sup>2</sup> [ $Exp(B) = 22.161, 95\% CI (3.922, 1242.828), P = 0.001$ ] were independent risk factors for AVN after internal fixation of femoral neck fractures. **Conclusion** High energy injury mechanism, with comminuted cortex of the femoral neck and the superficial area of the comminuted cortex > 25 mm<sup>2</sup> were independent risk factors for AVN. The larger the superficial area of the cortex fragment may suggest more complicated injury mechanism and worse outcome.

**KEYWORDS** Comminuted Cortex; Femoral neck fractures; Avascular necrosis

股骨颈骨折(femoral neck fractures, FNFs)好发于中老年患者,但随着高能量损伤较前增多,中青年 FNFs 较前也有所增加<sup>[1]</sup>,骨折往往需要解剖复位和坚强固定<sup>[2]</sup>。损伤发生时预测并发症的方法不是很可靠的<sup>[3]</sup>。股骨颈粉碎后皮质粉碎被认为是 FNFs 螺钉术后缺血性坏死(avascular necrosis, AVN)的一个因素<sup>[4]</sup>,但多是在 X 线片的研究基础上,而且未深入研究碎片大小和位置等。血液供应的破坏是 AVN 的核心问题<sup>[5]</sup>,当发生骨折时,支持带血管受到牵拉扯伤,所以有理由认为,股骨颈皮质的粉碎和大小和支持带血供损伤是存在一定关系的。本研究旨在分析 218 例股骨颈骨折采用中空拉力螺钉治疗后发生股骨头无菌性坏死的相关因素分析,探讨基于 CT 影像的中青年 FNFs 皮质粉碎和皮质碎片的外表面积对于 AVN 的发生影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准:(1)FNFs 闭合复位使用 3 枚倒三角中空拉力螺钉固定。(2)2 年以上的随访。排除标准:(1)正位 X 线片 Garden 指数 > 155°, 侧位 X 线片 > 180°。(2)发育性髋关节发育不良(developmental dysplasia of hip, DDH)。(3)双侧髋部骨折、合并同侧下肢骨折、髋关节骨关节炎、类风湿关节炎或病理性骨折患者,以及恶性肿瘤(术后 2 年内死亡)或代谢性骨病患者。(4)长期使用类固醇患者。(5)痴呆或精神病患者。(6)中风后遗症影响下肢活动者。(7)术前术后无 CT 影响的。所有患者知情同意并签署知情同意书,本研究经温州市中心医院伦理委员会的批准(编号:快 K2021-04-009)。

### 1.2 临床资料

2011 年 1 月至 2021 年 1 月对温州市中心医院和苏州大学附属第二医院收治的所有 18~60 岁的中青年 FNFs 采用 3 枚中空拉力螺钉固定病例进行医学研究,根据纳入排除标准共纳入 218 例 FNFs 患者,男 104 例,女 114 例;年龄 19~60(48.22±10.58)岁;右侧 98 例,左侧 120 例;低能量损伤 137 例,高能量损伤 81 例;术前等待时间 ≤ 48 h 为 155 例,术前等待时间 > 48 h 为 63 例;Garden I/II 型 94 例, Garden III/IV 型 124 例。68 例合并不同程度的股骨颈皮质粉碎,其中皮质外表面积 > 25 mm<sup>2</sup> 的 32 例。所有患者在术前进行了 CT 扫描或重建,采用临床症状和影

像学分析进行诊断。使用 3 枚中空拉力倒三角螺钉平行固定。发生 AVN 为 26 例,无感染并发症。

### 1.3 治疗方案

所有参加研究的患者都接受了统一的术前和术后管理。在手术前 30 min,使用静脉滴注的头孢菌素预防感染。手术在影像增强器的帮助下,通过 3 枚中空拉力螺钉对骨折进行闭合复位经皮螺钉内固定术。术后第 1 天就鼓励患者坐位。术后至少 3 d 使用止痛药。患者术后使用助行器移动,术后 3 个月部分负重,如果出现愈合的临床和影像学征象可在术后 6 个月完全负重活动。出院后,第 1 个月每 2 周随访 1 次;然后,每月随访 1 次,直到第 6 个月,每 3 个月随访 1 次,直到第 1 年结束,每年随访 1 次。随访至少 2 年,或者观察到患者发生不良并发症的情况。

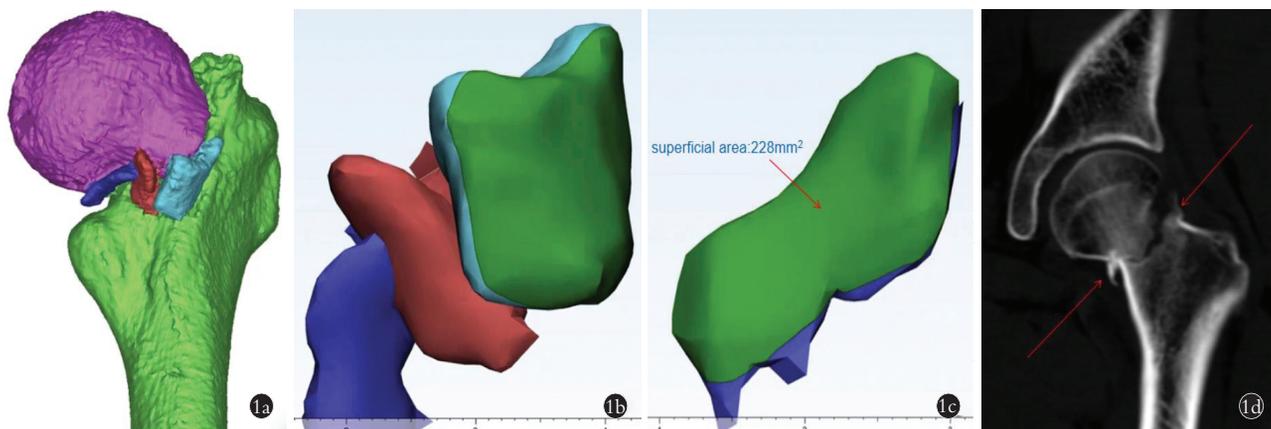
### 1.4 观察项目与方法

收集患者的临床资料:年龄、性别、损伤侧、身体质量指数、损伤机制、术前等待时间、手术时间、Garden 分型、CT 分析股骨颈皮质是否粉碎、导入 DCM 格式(data communication module, DCM)至 Mimics 21.0 分析外表面积大小(见图 1),并发症情况。由 1 位主治以上医生根据纳入标准和排除标准收集中青年 FNFs 患者一般资料。由 2 位主治以上医生根据随访,如发现股骨头存在囊性变、软骨下骨硬化等股骨头坏死、骨折不愈合倾向的,进一步查 MRI 明确。综合整理分析不良预后的发生情况及分组。根据不同的并发症:分为坏死组、非坏死组。每一位医生独立阅片和分析病史特点,如意见一致者,则确定结果。如有意见不一致者,则再次商讨判读最终确定。由于 CT 的层厚问题,可能会存在股骨颈皮质碎片未能发现的问题,笔者采取的策略为不管在术前术后,CT 上任何图像上找到碎片皮质,就认为 FNFs 碎片的存在。

AVN 诊断标准:绝大多数的股骨头坏死研究专家都沿用此国际标准(ARCO 分期)。只要在影像学证据找到诸如股骨头塌陷、关节间隙狭窄、半月征、硬化或囊变改变的,即可分组到坏死组。或者因患者复诊不便,在他院诊断股骨头缺血性坏死的。

### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学处理。用 Mimics 软件重建股骨近端 CT 图像,并进行影像学分析,计算碎片外表面积。年龄、性别、损伤侧、身体质量指



**图 1** Mimics 软件重建股骨颈骨碎片图片示例 **1a.** 通过 mimics 21.0 导入图像 DCM 格式文件重建三维 **1b.** 切割出来的独立的骨碎片图片 **1c.** 通过软件计算外表面积,绿色部分代表外表面积 **1d.** 通过关节 CT 常规,在股骨颈的张力侧和压力侧均发现股骨颈的骨碎片  
**Fig.1** Example of femoral neck fragment reconstructed in Mimics software **1a.** Reconstruction of 3 D through Mimics21.0 import image DCM format file **1b.** Picture of separate bone fragments cutout **1c.** The surface area was calculated by software,and the green part represents the surface area **1d.** By joint CT routine, bone fragments of the femoral neck were found in both the tension side and the pressure side of the femoral neck

数、损伤机制、术前等待时间、手术时间、Garden 分型、皮质粉碎、皮质外表面积的组间资料比较采用  $\chi^2$  检验进行单因素分析,单因素分析得到显著性差异的自变量,进一步行多元 Logistic 回归分析,将 AVN 作为因变量, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 FNFs 内固定术后 AVN 一般影响因素

通过单变量方差分析,AVN 组和非 AVN 组的损伤机制 ( $\chi^2 = 18.552, P = 0.000$ ),术前等待时间 ( $\chi^2 = 2.065, P = 0.033$ ),Garden 分型 ( $\chi^2 = 12.598, P = 0.006$ ),皮质粉碎 ( $\chi^2 = 16.357, P = 0.000$ ),皮质外表面积 ( $\chi^2 = 23.371, P = 0.000$ ),差异有统计学意义。两组的基线资料,包括年龄、性别、损伤侧、身体质量指数、手术时间比较差异无统计学意义。见表 1。

### 2.2 FNFs 内固定术后 AVN 独立危险因素

单因素分析结果有显著性的自变量再以 AVN 作为因变量进行多元 Logistic 回归分析:损伤机制中高能损伤 [ $Exp(B) = 3.487, 95\%CI(1.583, 10.464), P = 0.002$ ],皮质粉碎 [ $Exp(B) = 2.494, 95\%CI(1.315, 10.861), P = 0.002$ ];皮质外表面积  $> 25 \text{ mm}^2$  [ $Exp(B) = 22.161, 95\%CI(3.922, 124.828), P = 0.001$ ] 是 FNFs 内固定术后 AVN 的独立危险因素。术前等待时间  $> 48 \text{ h}$  在本研究中并非独立危险因素 [ $Exp(B) = 2.060, 95\%CI(1.208, 6.842), P = 0.164$ ]。见表 2。

## 3 讨论

### 3.1 中青年骨折的诊治现状

腕部骨折是一种非常常见的损伤,预计到 2050 年腕部骨折的发生率将增加到 456.3 万例<sup>[6]</sup>。FNFs 占 51.97%,处理不当将严重影响患者的生活质量和增加社会家庭负担<sup>[7]</sup>,对中青年患者的生活

质量更有显著影响<sup>[8]</sup>。FNFs 由于较高并发症仍是一个未解决的问题,这在 FNFs 的治疗中造成很大的挑战<sup>[9-10]</sup>。

中青年 FNFs 多为高能损伤,与坠落、跌倒、车祸等相关<sup>[11]</sup>,中空拉力螺钉内固定术是目前最常用的方法,尤其是针对中青年为治疗首选和典型代表的内固定物<sup>[12-13]</sup>。AVN 是 FNFs 最严重的并发症之一,据报道在 10%~45%<sup>[14]</sup>。本研究中 AVN 的发生率为 11.9%(26/218),与之前文献报道的范围相符。HUANG 等<sup>[15]</sup>对 146 例青壮年 FNFs 患者行闭合复位后,采用 7.0 mm 拉力螺钉三角形或钻石形植入进行固定,发现伴后侧皮质缺失的 FNFs 与不伴后侧皮质缺失的骨折在股骨头缺血坏死 (34.2% vs 15.2%,  $P = 0.002$ ) 方面差异有统计学意义,但其采用 X 线片阅片的方式判断皮质粉碎,其病例数可能会比实际的皮质粉碎要少。FNFs 常伴有股骨颈后侧皮质粉碎或骨折块缺失,如果是有移位的 FNFs,出现率约为 70%<sup>[16]</sup>。

### 3.2 股骨颈皮质粉碎和股骨头 AVN 的相关研究

AVN 发生的时间主要发生在手术后 2~2.5 年<sup>[14]</sup>。随着对于器械的进步,治疗理念和技术的提升,FNFs 后发生股骨头坏死较以前减少<sup>[17]</sup>,但始终还有一定的较高的发生概率,且危害严重,因此别称为“尚未解决的骨折”<sup>[18]</sup>。后侧皮质粉碎占 FNFs 的 10%~50%,移位的 FNFs 中皮质粉碎会更高,达 22%~67%<sup>[15]</sup>,本研究股骨颈皮质粉碎的发生率为 31.2%,与之前的报道相符。KHOO 等<sup>[19]</sup>回顾性分析了 53 例使用空心加压螺钉固定的中青年 FNFs 患者(30~59 岁),发现年龄、移位、螺钉数、复位满意度和解剖位置与 AVN 的发生率无明显关系,而后侧皮质完整性缺失

表 1 中青年股骨颈骨折 218 例患者术后发生缺血性坏死的单因素分析结果

Tab.1 Results of the univariate analysis of avascular necrosis after operation for 218 young and middle-aged patients with femoral neck fractures

影响因素	缺血性坏死/例		$\chi^2$ 值	P 值
	无	有		
年龄			0.970	0.792
≤45 岁	89	11		
>45 岁	103	15		
性别			1.084	0.315
男	90	14		
女	102	12		
损伤侧			2.922	0.066
右	86	12		
左	106	14		
身体质量指数			0.784	0.242
≤25 kg·m <sup>-2</sup>	76	9		
>25 kg·m <sup>-2</sup>	116	17		
损伤机制			18.552	0.000
低能量	131	6		
高能量	61	20		
术前等待时间			2.065	0.033
≤48 h	138	17		
>48 h	54	9		
手术时间			0.997	0.592
≤45 min	133	18		
>45 min	59	8		
Garden 分型			12.598	0.006
I / II 型	88	6		
III / IV 型	104	20		
皮质粉碎			16.357	0.000
无	138	12		
有	54	14		
皮质外表面积			23.371	0.000
≤25 mm <sup>2</sup>	169	17		
>25 mm <sup>2</sup>	23	9		

注:皮质粉碎:0、1 分别代表无皮质粉碎、皮质粉碎

显著影响股骨头坏死的发生率。伴后侧皮质粉碎的骨折股骨头坏死的发生率几乎是后侧皮质粉碎骨折的 2.5 倍。而本研究的患者年龄 18~60 岁,发现股骨颈皮质碎片发生股骨头 AVN 的发生率是无皮质粉碎的 2.57 倍(14/68)/(12/150)。

### 3.3 本研究的成果和分析

本研究结果提示皮质粉碎的大小和 AVN 的关系,首先皮质粉碎提示了复位后的不稳定,而不稳定影响血管化,影响股骨头的血液供应恢复。其次,股骨颈愈合需要 I 期骨愈合的方式,这就需要解剖复位和绝对稳定<sup>[20]</sup>。如果骨折部位粉碎,固定相对不稳定,这可能会导致血管再生障碍<sup>[13]</sup>,而血管化则是股骨头血供保证的关键。

后侧皮质粉碎的中青年 FNFs 暴力相对高,且复位困难,复位后固定不稳定,易发生骨折不愈合,股骨头坏死等并发症。尽管临床中对皮质碎片有所重视,但 FNFs 皮质粉碎或缺失不仅在分型中也很少将其作为参考,在治疗上也无特殊或不同的固定的方法和器械,而仅仅是认为其可能是不良预后的一个因素。而进一步的研究分析却很少,且多数是根据 X 线片检查来分析,判读上具有较多的误差。

本研究皮质粉碎病例的 AVN 发生率 20.59%,明显高于无皮质粉碎病例的 AVN 发生率 8.00%。TANG 等<sup>[21]</sup>通过高倍显微镜发现皮质碎片可以发生在压力侧和张力侧,并发现骨折起始时张力侧的皮质裂痕先出现。本研究中还发现了位于股骨颈上方的皮质碎片,同时有两侧皮质碎片的病例有 9 例,发生 AVN3 例(33.3%)。这也提示多处的股骨颈皮质碎片可能意味着更大的预后风险。

### 3.4 本研究的优缺点

本研究创新之处在于通过 CT 重建, Mimics 重建后,将碎片面积进行测量并作为一个危险因素。通过 CT 判读,明显提高了对碎片的诊断和判读。不足之处是,目前病例数仍很少。今后要进行多中心大宗病例数研究。

总之,高能量损伤、股骨颈皮质粉碎和皮质外表

表 2 中青年股骨颈骨折 218 例患者术后发生缺血性坏死的多元 Logistic 回归分析结果

Tab.2 Results of the multiple logistic regression analysis of avascular necrosis after operation of 218 young and middle-aged patients with femoral neck fractures

影响因素	B 值	Walds 值	P 值	Exp (B)	95%CI
损伤机制(高能量)	1.272	8.104	0.002	3.487	1.583, 10.464
术前等待时间(>48 h)	1.078	4.512	0.164	2.060	1.208, 6.842
Garden 分型(III / IV 型)	2.956	2.268	0.009	1.985	2.634, 13.129
皮质粉碎	1.427	6.981	0.002	2.494	1.315, 10.861
皮质外表面积(>25 mm <sup>2</sup> )	3.326	12.512	0.001	22.161	3.922, 124.828

面积>25 mm<sup>2</sup>是影响 AVN 的独立危险因素。股骨颈皮质碎片面积越大,合并上方股骨颈皮质碎片可能提示了一种更复杂更为严重的损伤。骨科医生在应对这类病例时需要加强重视复位,探讨更为合适的内固定物和手术方式。

#### 参考文献

- [1] DAVIDOVITCH R I, JORDAN C J, EGOL K A, et al. Challenges in the treatment of femoral neck fractures in the nonelderly adult[J]. *J Trauma*, 2010, 68(1): 236–242.
- [2] PANTELI M, RODHAM P, GIANNOUDIS P V. Biomechanical rationale for implant choices in femoral neck fracture fixation in the non-elderly[J]. *Injury*, 2015, 46(3): 445–452.
- [3] RODRIGUEZ-MERCHAN E C, GOMEZ-CARDERO P, JIMENEZ-YUSTE V. Late avascular necrosis of the femoral head (anfh) after the percutaneous fixation of a non-displaced fracture of the femoral neck in a haemophilic patient with inhibitors: a non-reported association[J]. *Haemophilia*, 2012, 18(1): e4–e5.
- [4] RAWALL S, BALI K, UPENDRA B, et al. Displaced femoral neck fractures in the young: significance of posterior comminution and raised intracapsular pressure[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2012, 132(1): 73–79.
- [5] GIERER P, MITTLMEIER T. Femoral neck fracture[J]. *Unfallchirurg*, 2015, 118(3): 259–269; quiz 270.
- [6] LIANG Y, HUO M, KENNISON R, et al. The role of cognitive control in older adult cognitive reappraisal: detached and positive reappraisal[J]. *Front Behav Neurosci*, 2017, 11: 27.
- [7] 吴明, 吴智敏, 胡关彪. 改良式闭合复位空心钉内固定治疗股骨颈骨折的临床研究[J]. *浙江创伤外科*, 2017, 22(2): 251–252.  
WU M, WU Z M, HU G B. Clinical study on the treatment of femoral neck fracture with improved closed reduction and hollow nail internal fixation[J]. *Zhejiang J Trauma Surg*, 2017, 22(2): 251–252. Chinese.
- [8] LIANG Y, WANG L, ZHU J B. Factor structure and psychometric properties of Chinese version of Beck Anxiety Inventory in Chinese doctors[J]. *J Health Psychol*, 2018, 23(5): 657–666.
- [9] VARGHESE V D, LIVINGSTON A, BOOPALAN P R, et al. Valgus osteotomy for nonunion and neglected neck of femur fractures[J]. *World J Orthop*, 2016, 7(5): 301–307.
- [10] KUO F C, KUO S J, KO J Y. Overgrowth of the femoral neck after hip fractures in children[J]. *J Orthop Surg Res*, 2016, 11(1): 50.
- [11] KEMMLER W, VON STENGEL S, KOHL M. Exercise frequency and fracture risk in older adults-how often is enough[J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2017, 15(6): 564–570.
- [12] 楼宇梁, 洪建军, 余可和, 等. 不同直径空心钉闭合复位内固定治疗股骨颈骨折疗效分析[J]. *中国骨伤*, 2015, 28(9): 792–795.  
LOU Y L, HONG J J, YU K H, et al. Comparison of different diameter hollow screw for the treatment of femoral neck fractures[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2015, 28(9): 792–795. Chinese.
- [13] ZHANG X L, WANG Y M, CHU K, et al. The application of PRP combined with TCP in repairing avascular necrosis of the femoral head after femoral neck fracture in rabbit[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2018, 22(4): 903–909.
- [14] XU D F, BI F G, MA C Y, et al. A systematic review of undisplaced femoral neck fracture treatments for patients over 65 years of age, with a focus on union rates and avascular necrosis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2017, 12(1): 28.
- [15] HUANG T W, HSU W H, PENG K T, et al. Effect of integrity of the posterior cortex in displaced femoral neck fractures on outcome after surgical fixation in young adults[J]. *Injury*, 2011, 42(2): 217–222.
- [16] SCHECK M. The significance of posterior comminution in femoral neck fractures[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1980(152): 138–142.
- [17] FELTON J, SLOBOGAN G P, JACKSON S S, et al. Femoral neck shortening after hip fracture fixation is associated with inferior hip function: results from the FAITH trial[J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33(10): 487–496.
- [18] UNGER A C, DIRKSEN B, RENKEN F G, et al. Treatment of femoral neck fracture with a minimal invasive surgical approach for hemiarthroplasty-clinical and radiological results in 180 geriatric patients[J]. *Open Orthop J*, 2014, 8: 225–231.
- [19] KHOO C, HASEEB A, AJIT SINGH V. Cannulated screw fixation for femoral neck fractures: a 5-year experience in A single institution[J]. *Malays Orthop J*, 2014, 8(2): 14–21.
- [20] VAN WALSUM A D P, VROEMEN J, JANZING H M J, et al. Low failure rate by means of DLBP fixation of undisplaced femoral neck fractures[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2017, 43(4): 475–480.
- [21] TANG T T, CRIPTON P A, GUY P, et al. Clinical hip fracture is accompanied by compression induced failure in the superior cortex of the femoral neck[J]. *Bone*, 2018, 108: 121–131.

(收稿日期: 2023-09-06 本文编辑: 王玉蔓)