

经皮空心加压螺钉联合内侧支撑钢板置入治疗青壮年改良 Pauwels III型股骨颈骨折的 2 年随访

<https://doi.org/10.12307/2021.196>

任思俊, 曹志鹏, 徐饶, 茹江英

投稿日期: 2020-11-28

送审日期: 2020-12-04

采用日期: 2020-12-31

在线日期: 2021-03-13

中图分类号:

R459.9; R318; R687

文章编号:

2095-4344(2021)27-04354-07

文献标识码: A

文章快速阅读:

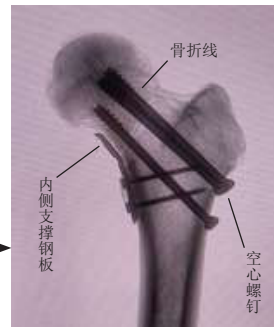
文章特点一

△ 对于青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折目前没有明确的治疗方案, 临床治疗难度较大, 又被称为“尚未解决的骨折”。

△ 探讨经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加内侧支撑钢板内固定治疗青壮年改良 Pauwels III 型股骨颈骨折的早期疗效、主要并发症发生的原因及围术期需要注意的问题。

纳入青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折患者

均采用经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路下附加内侧支撑钢板内固定进行治疗



观察术后早期疗效

探讨该技术的优势及主要并发症发生的原因

提出围术期需要注意的问题

文题释义:

Pauwels III 型股骨颈骨折: 即垂直剪切型股骨颈骨折, 具有创伤能量较高、骨折端剪切应力较大、粉碎性骨块较多、移位较明显和血运的破坏较大等特点, 术后较易发生内固定失败、骨折不愈合及股骨头无菌性坏死等并发症。

直接前侧入路: 即 Hueter 间隙入路, 由阔筋膜张肌与股直肌的间隙进入, 是真正的神经肌肉间隙入路。在切开复位股骨颈骨折中的优势在于: ① 创伤较小, 出血少, 术后疼痛轻, 康复快, 住院时间短; ② 可获得满意的解剖复位, 避免旋股内侧动脉的损伤及降低股骨头无菌性坏死发生的概率; ③ 有利于在股骨颈前内下方置入内侧支撑钢板, 增加骨折固定的稳定性。

经皮空心加压螺钉联合内侧支撑钢板内固定: 此次研究采用在 3 枚经皮空心加压螺钉固定基础上附加内侧支撑钢板, 1/3 管型钢板作支撑钢板跨骨折线置于股骨颈前内下方“安全区”, 能够增加骨折断端抗垂直剪切应力和轴向压应力, 从而提高内固定的力学稳定性。

摘要

背景: 尽管内固定材料和技术不断改进和完善, 但对于青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折的治疗仍面临较大的挑战和争议。

目的: 探讨经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加内侧支撑钢板内固定治疗青壮年改良 Pauwels III 型股骨颈骨折的早期疗效、主要并发症发生的原因及围术期需要注意的问题。

方法: 回顾性分析 2016 年 11 月至 2018 年 11 月扬州大学附属医院收治的 18 例采用经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加内侧支撑钢板内固定治疗的青壮年改良 Pauwels III 型股骨颈骨折患者的临床资料。记录受伤至入院时间、受伤到手术时间、手术时间、术后部分负重时间及完全负重时间、影像骨愈合时间和临床骨愈合时间; 根据 X 射线片和 CT 检查结果判断术后内固定失效、骨折不愈合、股骨颈短缩及股骨头无菌性坏死发生情况, 对疑有股骨头坏死者进一步行 MRI 检查; 同时在术后即刻、术后 3, 6, 12, 24 个月随访时, 通过 Harris 评分、Garden 对线指数对患侧术后的功能恢复状况和复位质量进行评估。

结果与结论: ① 18 例患者均获得随访, 随访时间 24-36 个月; 平均影像骨愈合时间和临床骨愈合时间分别为 (4.3±1.1) 个月 (3.8-6.1 个月) 和 (5.8±0.9) 个月 (4.9-8.2 个月); ② 在患髋正、侧位 X 射线片上评估 Garden 对线指数, 术后即刻、术后 3, 6, 12, 24 个月不同时间点之间两两比较差异均无显著性意义 ($P > 0.05$); ③ 术后 3, 6, 12, 24 个月, 患髋的各项 Harris 评分及总分均显著高于术前 ($P < 0.05$); 术后 6, 12, 24 个月, 患髋的各项 Harris 评分及总分与术后 3 个月相比均显著改善 ($P < 0.05$); 与术后 6 个月相比, 术后 12, 24 个月的患髋功能、活动范围及总分均显著改善 ($P < 0.05$); ④ 所有患者伤口一级愈合, 无骨折不愈合、下肢深静脉血栓、坠积性肺炎、压疮等并发症发生; 2 例患者术后发生空心加压螺钉退出伴股骨颈短缩 (约 8 mm), 但最终顺利完成临床骨愈合; 1 例患者术后 2 年随访时发生股骨头无菌性坏死伴塌陷, 随后行直接前侧入路人工全髋关节置换予以翻修; 1 例患者髋关节过度屈曲时出现明显疼痛, 术后 3 个月症状缓解; ⑤ 结果表明, 采用经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加内侧支撑钢板内固定治疗青壮年改良 Pauwels III 型股骨颈骨折, 可直视下完成骨折端的解剖复位, 固定可靠, 术后早期疗效令人满意, 但需严格手术指征和加强围术期管理, 积极预防主要并发症如骨折不愈合和股骨头无菌性坏死的发生。

关键词: 股骨颈骨折; 改良 Pauwels III 型; 青壮年; 直接前方入路; 空心加压螺钉; 内侧支撑钢板; 并发症

缩略语: 内侧支撑钢板: medial buttress plate, MBP

扬州大学附属医院, 江苏省扬州市 225000

第一作者: 任思俊, 男, 1994 年生, 安徽省宿州市人, 扬州大学医学院在读硕士, 主要从事创伤与骨关节损伤研究。

通讯作者: 茹江英, 博士, 主任医师, 副教授, 硕士生导师, 扬州大学附属医院骨科, 江苏省扬州市 225000

<https://orcid.org/0000-0003-4217-1468> (任思俊)

基金资助: 江苏省卫生计生委科研课题面上项目 (H201662), 项目负责人: 茹江英; 扬州市重点研发 (社会发展) 项目 (YZ2018086),

项目负责人: 茹江英

引用本文: 任思俊, 曹志鹏, 徐饶, 茹江英. 经皮空心加压螺钉联合内侧支撑钢板置入治疗青壮年改良 Pauwels III 型股骨颈骨折的 2 年随访 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(27):4354-4360.



Fixation of the modified Pauwels type III femoral neck fractures in young adults with percutaneous hollow compression screw combined with medial buttress plate: 2-year follow-up

Ren Sijun, Cao Zhipeng, Xu Rao, Ru Jiangying

Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou 225000, Jiangsu Province, China

Ren Sijun, Master candidate, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou 225000, Jiangsu Province, China

Corresponding author: Ru Jiangying, MD, Chief physician, Associate professor, Master's supervisor, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou 225000, Jiangsu Province, China

Abstract

BACKGROUND: Although materials and technologies of internal fixation have been improved significantly, the treatment of Pauwels III fractures of femoral neck in young adults remains a challenging and controversial issue.

OBJECTIVE: To explore the early effect of percutaneous hollow compression screw combined with medial buttress plate via direct anterior approach for modified Pauwels type III femoral neck fractures in young adults, causes of main complications and problems in perioperative period need to be paid attention to.

METHODS: Clinical data of 18 young adults of modified Pauwels type III femoral neck fractures in young adults treated with percutaneous hollow compression screw combined with medial buttress plate via direct anterior approach in Affiliated Hospital of Yangzhou University from November 2016 to November 2018 were retrospectively analyzed in this retrospective study. The data, including time from injury to admission, time from injury to operation, operation time, postoperative partial-weight bearing time and full-weight bearing time, imaging bone healing time and clinical bone healing time, were all required to be carefully recorded. According to the results of X-ray and CT examination, the failure of internal fixation, bone non-unions, femoral neck shortening, and aseptic necrosis of the femoral head were assessed. It was necessary to further perform MRI if having suspected the occurrence of aseptic necrosis of the femoral head. Meanwhile, the reduction quality and functional recovery of the affected hips, at immediately, 3, 6, 12, and 24 months after surgery, were evaluated respectively by Garden's alignment index and the Harris score.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) In all 18 patients, the average follow-up time was 24–36 months. The average image bone healing time and clinical bone healing time were (4.3±1.1) months (3.8–6.1 months) and (5.8±0.9) months (4.9–8.2 months), respectively. (2) There was no significant difference in Garden's alignment index on the anteroposterior and lateral X-rays of the affected hip immediately, 3, 6, 12, and 24 months after surgery ($P > 0.05$). (3) At 3, 6, 12, and 24 months after surgery, the Harris scores and total scores of the affected hip were all significantly higher than those before surgery ($P < 0.05$). Compared with 3 months after surgery, the Harris scores and total scores of the affected hip were all significantly improved at 6, 12, and 24 months after surgery ($P < 0.05$). Compared with 6 months after surgery, the hip function, range of motion and total Harris score were all significantly improved at 12 and 24 months after surgery ($P < 0.05$). (4) The wounds of all patients healed at the first level, and there were no complications such as nonunion, deep venous thrombosis, hypostatic pneumonia, or bed sore. Two cases of patients had withdrawals of hollow compression screw accompanied with shortening of the femoral neck after surgery (about 8 mm), but the clinical bone healing was successfully completed. Aseptic necrosis of the femoral head occurred in one patient concomitant with hip dysfunction 2 years postoperatively, who was revised subsequently by total hip arthroplasty via original direct anterior approach. One patient experienced obvious pain during the hyperflexion of the hip joint, and the symptoms were relieved 3 months after the primary operation without special treatment. (5) The all outcomes indicated that fixation of percutaneous hollow compression screw combined with medial buttress plate via direct anterior approach in young adults with modified Pauwels type III femoral neck fractures can achieve the anatomical reduction and fixation of the fractures under direct vision, and its early effect is satisfactory. However, it is required to control surgical indications and strengthen perioperative management strictly so as to prevent the occurrence of major complications, such as nonunion and aseptic necrosis of the femoral head.

Key words: femoral neck fracture; modified Pauwels type III; young adults; direct anterior approach; hollow compression screw; medial buttress plate; complications

Funding: the Scientific Research Project of Jiangsu Provincial Health and Family Planning Commission, No. H201662 (to RYJ); the Key Research and Development (Social Development) Funding Project of Yangzhou City, No. YZ2018086 (to RYJ)

How to cite this article: REN SJ, CAO ZP, XU R, RU JY. Fixation of the modified Pauwels type III femoral neck fractures in young adults with percutaneous hollow compression screw combined with medial buttress plate: 2-year follow-up. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(27):4354-4360.

0 引言 Introduction

随着社会的快速发展, 股骨颈骨折越来越常见, 但发生在青壮年中的 Pauwels III型股骨颈骨折较少, 文献报道其发生概率约为全部股骨颈骨折的 3%^[1-2]。尽管目前可选择内固定方法较多, 诸如空心螺钉 (3 枚平行钉或 3 枚平行钉 +1 枚垂直螺钉)、滑动螺钉系统、动力髌螺钉系统、股骨近端防旋髓内钉、股骨近端锁定钢板及动力锁定钢板 (Targon FN) 等, 但由于青壮年 Pauwels III型股骨颈骨折具有创伤能量较高、粉碎性骨块较多、剪切力大、移位较明显和血供破坏较大等特点, 术后发生骨折不愈合和股骨头无菌性坏死的概率分别可高达 30% 和 35%^[3-4], 均显著高于老年患者, 且发生内固定失败率高达 10%^[1], 因此有学者又称其为“尚未解决的骨折”^[3-4]。近年来, 有研究报道, 经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加内侧支撑钢板 (medial buttress plate, MBP) 内固定治疗垂直不稳定性股骨颈骨折, 具有独特的生物力学优势, 由于能增加骨折断端的抗垂直剪切应力、轴向压应力, 从而可显著改善固定的力学稳定性和术后骨折愈合率^[5-6]。此次研究为了探讨经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加 MBP 内固定治疗青壮年改良 Pauwels III型股骨颈骨折的疗效, 回顾性分析 18 例此类患者的临床资料, 早期疗效令人满意,

但在围术期管理方面也存在一些需注意的问题, 现报告如下。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析, 自身前后对照试验, LSD 检验。

1.2 时间及地点 于 2016 年 11 月至 2018 年 11 月在扬州大学附属医院骨科完成。

1.3 对象 收集自 2016 年 11 月至 2018 年 11 月扬州大学附属医院骨科收治的 18 例青壮年改良 Pauwels III型股骨颈骨折患者的临床资料, 其中男 11 例, 女 7 例; 年龄 18–60 岁, 平均 (38.8±11.2) 岁; 受伤机制: 车祸伤 10 例, 高处坠落伤 6 例, 重物砸伤 2 例; Garden 分型: III型 8 例, IV型 10 例; 所有患者均为闭合性和难复性骨折

纳入标准: ①年龄 18–60 岁的改良 Pauwels III型股骨颈骨折患者; ②行经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加 MBP 内固定治疗; ③有明确、初次、急性的创伤史。

排除标准: ①开放性骨折; ②伴有患髋的严重软组织损伤、多发性骨折; ③伴有重要血管、神经损伤; ④伴有头、胸、腹及盆腔等部位的重要内脏损伤; ⑤病理性骨折; ⑥伴有重度骨质疏松患者; ⑦合并严重代谢性疾病患者; ⑧伴有严重心血管系统、呼吸系统及神经精神系统疾病患者; ⑨有长期

饮酒、应用激素类药物史；⑩伴有股骨头坏死、肢体偏瘫及智力障碍等患者。

1.4 材料 内置物材料介绍见表 1。

表 1 | 内置物的材料学特征

Table 1 | Material characteristics of internal implants

指标	7.3 空心加压螺钉	1/3 管型钢板 (内 侧支撑钢板)	金属接骨螺钉
生产厂家	山东威高	山东威高	山东威高
批号	国械注准 20163462422	国械注准 20163462420	国械注准 20163462421
适应证	四肢干骺端骨折内固定	四肢骨折	与同系列接骨板配伍使用
材质	钛合金	钛合金	钛合金
生物相容性	耐腐蚀良好	耐腐蚀良好	耐腐蚀良好
不良反应	过敏、排异反应	过敏、排异反应	过敏、排异反应

1.5 方法

1.5.1 手术方法 患者取仰卧位，在牵引床上先尝试闭合复位，对难复位者则行切开复位内固定术。常规消毒、铺无菌单，以髂前上棘远端 2.0-3.0 cm 且向外侧 2.0-3.0 cm 为起始向远端做一 8-10 cm 切口，钝性分离沿阔筋膜张肌与股直肌之间的间隙 (Hueter 间隙) 进入，应注意避免股外侧皮神经受损。向内牵拉缝匠肌，向外牵拉阔筋膜张肌，由股直肌外侧缘进入，将向内侧牵拉股直肌暴露旋股外侧动脉升支后予以离断结扎。随即显露前方的髋关节囊，行“L”型切开前方关节囊，清除囊内血肿，暴露骨折断端。将一两枚克氏针于前方置入股骨头内，在直视下利用“摇杆技术”控制股骨头协助完成骨折端解剖复位。随后经股骨近端外侧另外一长 2 cm 的纵形小切口，呈倒三角置入 3 枚克氏针予以临时固定，在 C 臂透视机下证实骨折断端解剖复位后，顺着克氏针的方向分别置入 3 枚直径 7.3 mm 的空心加压螺钉。随后充分屈曲、外旋患髋，暴露股骨小转子和股骨颈的前内侧区域，取一块 3-5 孔 1/3 管型钢板，使其预弯后将服帖置于股骨颈前内下方“安全区”^[7]；首先在钢板中部置入 1 枚皮质骨螺钉以允许旋转钢板调整位置，随后骨折远端再置入一两枚皮质骨螺钉予以固定，钻孔时可采用直径 3 mm 的克氏针，以避免钻头受到空心加压螺钉阻挡时发生断裂。关闭伤口前评估髋关节活动度，评估钢板是否撞击髋臼缘和骨折固定的稳定性。彻底止血后，生理盐水冲洗伤口，于关节囊内放置负压引流管，缝合关节囊并逐层闭合至皮下组织和皮肤。

1.5.2 术后处理 术后当日，予以患足“丁”字鞋防旋固定，并保持外展中立位，嘱患者积极行股四头肌等长收缩功能锻炼。术后 24 h 预防性使用抗生素；术后 24-48 h 拔除引流管，予以皮下注射低分子肝素，同时行双下肢气压泵治疗来预防下肢深静脉血栓形成。术后 1 周后坐起，并积极行股四头肌等张收缩功能锻炼。术后定期复查，若术后 12 周经影像学复查确定骨折线模糊、有连续骨痂通过骨折端、局部无压痛、无纵向叩击痛后，开始扶拐下地逐渐进行部分或完全负重活动。住院期间与门诊复查时，对患者进行个性化康复训练、跟踪指导。

1.6 主要观察指标 患者手术由一位主任医师 (茹江英) 负责实施，由另一位高年资非手术医师 (徐饶) 完成患者临床及影像学资料的评估。

1.6.1 随访 术后即刻摄 X 射线片检查骨折复位和内固定物情况，分别于术后 1, 3, 6, 12, 24 个月门诊复查，根据 X 射线片、CT 检查结果判断术后内固定失效、骨折不愈合、股骨头短缩及股骨头无菌性坏死发生情况，对疑有股骨头坏死者进一步行 MRI 检查。

1.6.2 临床评估 ①按照 Harris 评分标准评价患者髋关节功能，评分标准包括疼痛、功能、畸形、活动范围 4 个部分，汇总每项不同分值，具体标准为：优 90-100 分，良 80-89 分，中 70-79 分，差 < 70 分。②临床骨折愈合标准：局部无压痛、无纵向叩击痛；无异常活动；能脱离助行器连续步行 3 min，并且多于 30 步。③股骨头坏死诊断标准^[8]：髋部疼痛伴活动受限、甚至跛行；腹股沟中点压痛；Thomas 征及 4 字试验阳性；X 射线片显示股骨头塌陷 (新月征)、股骨头呈囊性变或伴硬化骨、出现关节间隙狭窄及骨性关节炎。

1.6.3 影像学评估 ①通过术前正侧位 X 射线片对股骨颈骨折进行改良 Pauwels 角 (通过骨折线与股骨干纵轴线垂线的夹角) 分型^[9]，I 型：< 30°，II 型：30°-50°，III 型：> 50°。这种分型可以更好地预测术后内固定失败、骨折不愈合及股骨头缺血性坏死情况的发生。②通过在正侧位 X 射线片上测量 Garden 对线指数判断股骨颈骨折复位质量^[10]，正常正位片上股骨干内缘与股骨头内侧压力骨小梁呈 160° 交角，侧位片上股骨头轴线与股骨颈轴线呈一条直线 (180°)；如正位片上 Garden 指数 < 155° 或侧位片上 > 180° 则提示复位不满意，预测股骨头坏死率可能增加；如复位后 Garden 指数为 155°-180° 即可认为复位满意。③影像骨愈合标准：X 射线片或 CT 显示骨折线模糊或消失，有连续性骨痂通过骨折端，且股骨颈短缩 < 2 mm、无内外翻畸形发生。

1.7 统计学分析 应用 SPSS 19.0 统计学软件 (IBM 公司, 美国) 对所有数据进行统计学处理。计量资料用以 $\bar{x} \pm s$ 表示，如数据呈正态分布，两两比较采用 t 检验；如数据呈非正态分布，两两比较采用 Mann-Whitney 检验， $P < 0.05$ 认为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 纳入 18 例患者均获得随访，随访时间 24-36 个月。

2.2 试验流程图 见图 1。

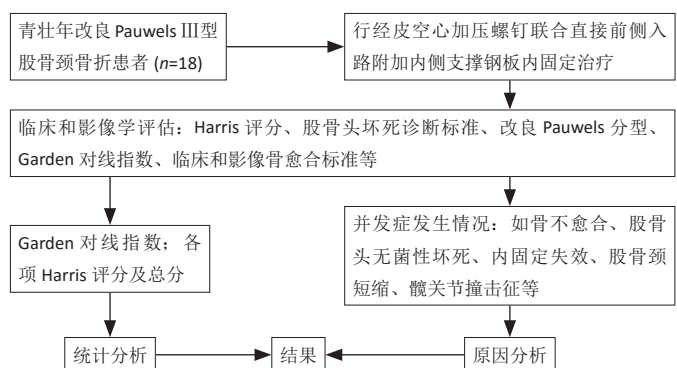


图 1 | 试验流程图
Figure 1 | Trial flow chart

2.3 一般情况 18例患者受伤至入院时间2-52 h, 平均(8.8±5.7) h; 受伤到手术时间24-112 h, 平均(46.6±6.3) h; 手术时间62-128 min, 平均(88.6±11.4) min; 平均术后部分负重时间及完全负重时间分别为(3.1±0.6)个月(2.5-4.3个月)和(5.5±0.7)个月(4.6-7.2个月); 平均影像骨愈合时间和临床骨愈合时间分别为(4.3±1.1)个月(3.8-6.1个月)和(5.8±0.9)个月(4.9-8.2个月)。

2.4 影像学评估结果 采用Garden对线指数评估不同时间点的股骨颈复位质量, 术后6, 12, 24个月的患髋关节Garden对线指数与术后即刻相比, 差异均无显著性意义($P > 0.05$), 见表2。

表2 | 不同随访时间点患髋关节Garden对线指数的比较 ($\bar{x} \pm s, n=18, ^\circ$)
Table 2 | Comparison of Garden's alignment index for the affected hip among different follow-up time points

随访时间	Garden 对线指数	
	正位	侧位
术后即刻	162.3±4.5	179.8±5.4
术后6个月	161.9±5.2	179.3±5.9
术后12个月	159.8±3.6	178.7±4.3
术后24个月	159.5±4.1	177.6±4.8

2.5 疗效评价 通过不同时间点的患髋Harris评分评价术后髋关节功能恢复情况。结果显示, 术后3, 6, 12, 24个月, 患髋的各项Harris评分及总分均显著高于术前, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 术后6, 12, 24个月, 患髋的各项Harris评分及总分与术后3个月相比均显著改善, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 与术后6个月相比, 术后12, 24个月患髋功能、活动范围及总分均显著改善, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 但在疼痛、畸形方面, 术后6, 12, 24个月两两比较差异均无显著性意义($P > 0.05$); 术后12, 24个月, 患髋的各项Harris评分及总分, 两两比较差异均无显著性意义($P > 0.05$), 见表3。

表3 | 不同随访时间点患髋关节各项Harris评分及总分的比较 ($\bar{x} \pm s, n=18, ^\circ$)
Table 3 | Comparison of Harris scores and total score for the affected hip among different time points

随访时间	各项Harris评分				Harris总分
	疼痛	功能	畸形	活动范围	
术前	10.7±2.4	16.7±2.7	1.2±0.5	2.1±0.7	30.6±4.2
术后3个月	31.4±3.9 ^a	24.2±3.9 ^a	3.2±0.5 ^a	3.0±0.5 ^a	61.6±5.9 ^a
术后6个月	40.6±2.5 ^{ab}	31.4±2.6 ^{ab}	3.8±0.3 ^{ab}	4.0±0.3 ^{ab}	79.8±3.2 ^{ab}
术后12个月	41.4±3.8 ^{ab}	43.2±3.2 ^{abc}	3.9±0.3 ^{ab}	4.8±0.4 ^{abc}	93.3±4.1 ^{abc}
术后24个月	40.7±4.3 ^{ab}	42.2±2.0 ^{abc}	3.9±0.2 ^{ab}	4.8±0.2 ^{abc}	91.6±5.2 ^{abc}

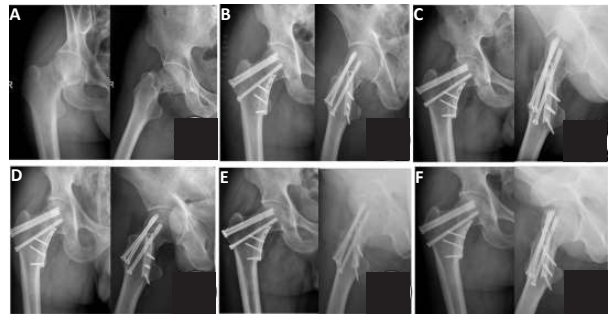
表注: 与术前相比, ^a $P < 0.05$; 与术后3个月相比, ^b $P < 0.05$; 与术后6个月相比, ^c $P < 0.05$

2.6 并发症发生情况 此组18例患者中, 2例患者术后发生空心加压螺钉退出伴股骨颈短缩(约8 mm), 但最终顺利完成临床骨愈合; 1例患者术后2年随访时发生股骨头无菌性坏死塌陷, 伴有患髋关节功能障碍, 随后行直接前侧入路人工全髋关节置换予以翻修; 1例患者髋关节过度屈曲时出现明显疼痛, 考虑与内侧支撑钢板过长和髌臼前下缘撞击有关, 术后3个月症状缓解。所有患者伤口一级愈合, 均无骨折不愈合、下肢深静脉血栓、坠积性肺炎及压疮等并发症发生。

2.7 材料与宿主生物相容性 所有患者均未出现与植入物材料相关的不良事件, 植入物生物相容性良好。

2.8 典型病例

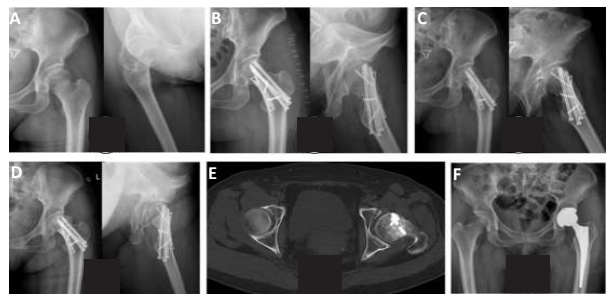
典型病例1: 患者男性, 42岁, 高处坠落致右股骨颈骨折(改良Pauwels III型), 既往体健, 无其他基础疾病, 行经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加MBP内固定治疗, 见图2。



图注: 图A为术前正、侧位X射线片, 显示右股骨颈骨折(改良Pauwels角为65°); B为术后即刻正、侧位X射线片, 显示骨折复位良好, 内固定定位满意; C为术后3个月正、侧位X射线片, 显示骨折线稍模糊, 有骨痂形成; D为术后6个月正、侧位X射线片, 显示骨折线明显模糊; E为术后1年正、侧位X射线片, 显示骨折顺利愈合; F为术后2年正、侧位X射线片, 显示内固定在位良好, 股骨头外形完整, 无坏死征象, 且无股骨颈短缩畸形

图2 | 男性42岁改良Pauwels III型右股骨颈骨折患者行经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加内侧支撑钢板内固定治疗的影像学图片
Figure 2 | Images of a 42-year-old man with modified Pauwels type III right femoral neck fracture undergoing percutaneous hollow compression screw combined with direct anterior approach and internal fixation with medial buttress plate

典型病例2: 患者女性, 53岁, 骑电瓶车摔倒致左股骨颈骨折(改良Pauwels III型), 既往有原发性高血压病、2型糖尿病、高脂血症及右侧脑梗死病史, 行经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加MBP内固定治疗。术后18个月时出现左髋关节疼痛, 行走困难, 行X射线片、CT检查, 结果显示股骨头坏死伴塌陷, 随后于原直接前侧入路行全髋关节置换予以翻修, 见图3。



图注: 图A为术前正、侧位X射线片, 显示左股骨颈骨折(改良Pauwels角为70°); B为术后即刻正、侧位X射线片, 显示骨折复位良好, 内固定定位满意; C为术后9个月正、侧位X射线片, 显示骨折线消失; D为术后2年正、侧位X射线片, 显示股骨头无菌性坏死伴负重区塌陷; E为术后2年横截面CT片, 显示股骨头密度不均匀伴囊性变; F为左侧全髋关节置换予以翻修后骨盆X射线片, 显示假体位置及包容度满意, 双下肢等长

图3 | 患者女性53岁改良Pauwels III型左股骨颈骨折患者行经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加内侧支撑钢板内固定治疗的影像学图片
Figure 3 | Images of a 53-year-old female patient with modified Pauwels type III left femoral neck fracture undergoing percutaneous hollow compression screw combined with direct anterior approach and internal fixation with medial buttress plate

3 讨论 Discussion

3.1 直接前侧入路置入 MBP 的优势 青壮年股骨颈骨折多由高能暴力损伤所致, 一旦发生骨折端多伴有碎骨块形成且移位明显, 尤其对于垂直不稳定性股骨颈骨折患者, 采用各种手法及机械方法很难使移位的股骨颈骨折得到正确满意的闭合复位; 此外, 反复手法复位会加重骨折断端血运破坏, 增加术后骨折不愈合和股骨头无菌性坏死的发生率^[6], 因此国际上对于此类骨折的处理, 愈来愈强调应予切开解剖复位^[8, 11]。传统髋部骨折切开复位的手术入路主要包括 Smith-Peterson(S-P) 前侧入路、Kocher-Langenbeck(K-L) 后外侧入路及 Watson-Jones(W-J) 外侧入路, 但这几种入路均存在不同程度的弊端, 如显露范围广、软组织损伤大、容易损伤旋股内侧动脉分支而影响股骨头血运及异位骨化风险高等^[1, 12]。随着微创技术的发展, 直接前侧入路被众多学者所推崇, 并愈来愈多地被应用于青壮年股骨颈骨折的手术治疗, 1881 年首先由德国医生 Carl Hueter 提出从阔筋膜张肌与股直肌的间隙 (Hueter 间隙) 进入, 是真正的神经及肌肉间隙入路^[11]。STANNARD 等^[13] 发现采用直接前侧入路治疗的股骨颈骨折患者, 术后髋关节功能优良率显著高于后路组, 并且显著降低了股骨头无菌性坏死的发生率。在此次研究中, 作者结合自身体会, 认为直接前侧入路处理垂直不稳定性股骨颈骨折的优势在于: ①由肌肉神经间隙进入, 创伤较小, 减少出血, 术后疼痛不明显, 快速康复, 减少住院时间; ②切开前方关节囊, 可清除囊内血肿, 充分减压, 减少了股骨头坏死的发生; ③可在直视下进行骨折端的复位, 尤其对于粉碎性、嵌插型等难复位性股骨颈骨折, 可获得满意的解剖复位, 促进骨折的愈合; ④无需剥离后关节囊, 避免了旋股内侧动脉的损伤, 从而降低股骨头无菌性坏死的发生率; ⑤有利于在股骨颈前内下方置入 MBP 而避免股骨头血运的损伤。

3.2 经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加 MBP 的力学优势 股骨颈骨折的应力分布较特殊, 张力侧为骨折端上部, 压力侧为骨折端下部^[14], 由于股骨颈的特殊结构, 在骨折部位需承受较大的垂直剪切应力, 从而影响骨折复位和内固定后的稳定性。目前, 呈倒“品”字形的 3 枚空心加压螺钉固定仍是股骨颈骨折的主要固定方式, 诸多学者已公认其应遵循“贴边、平行”的原则, 即上方 2 枚螺钉应尽量分别靠近股骨颈前后皮质, 下方螺钉应置于股骨距区并靠近小转子近端, 平行的 3 枚空心加压螺钉可对骨折面形成面状加压作用, 可有效阻挡扭转力和剪切力^[5, 15-16]。但对于垂直不稳定性股骨颈骨折, 仅 3 枚平行空心加压螺钉固定其稳定性尚显不足, 术后易发生骨折近端内翻移位、短缩、畸形连接及内固定失败等情况^[5-6, 15]。故有学者提出 3 枚平行空心加压螺钉基础上再附加 1 枚垂直骨折线的横向空心加压螺钉, 结构更牢固, 力学稳定性获得显著改善^[17]。近年来, 有研究报道附加 MBP (或称为抗滑动钢板) 可有效抵抗 Pauwels II、III 型股骨颈骨折的高垂直剪切应力, 将之转化为有利的压应力, 增加固定稳定性, 降低骨折愈合前空心螺钉固定的失效^[5]。KUNAPULI 等^[16] 采用 40 例第 4 代人工合成股骨标本, 比较了附加或不附加 MBP 的空心加压螺钉固定或动力髋螺

钉固定技术, 治疗垂直剪切应力型股骨颈骨折的力学稳定性, 结果显示, 空心加压螺钉附加 MBP 内固定组的失效载荷、能量吸收值及轴向刚度均显著高于单纯空心加压螺钉固定组; 总的来讲, 附加 MBP 后较单纯空心加压螺钉内固定的力学性能增加 83%。GIORDANO 等^[18] 应用 Pauwels 螺钉固定方式联合或不联合 MBP 治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折并进行力学研究, 结果同样也证明了联合 MBP 的结构更稳定。在此次研究中, 在髋关节正、侧位 X 射线片上, 采用 Garden 对线指数评估术后即刻和术后 6, 12, 24 个月的股骨颈复位质量, 结果显示, 术后 6, 12, 24 个月与术后即刻相比, 差异均无显著性意义 ($P > 0.05$), 结果表明, 股骨颈骨折解剖复位后采用经皮空心加压螺钉附加 MBP 固定, 可获得良好的力学稳定性, 并降低复位丢失的发生率。

3.3 早期疗效 尽管目前固定此类骨折的方法较多, 诸如空心螺钉 (3 枚平行钉或 3 枚平行钉 +1 枚垂直螺钉)、滑动螺钉系统、动力髋螺钉、股骨近端防旋髓内钉、股骨近端锁定钢板及 Targon FN 等, 但如选择治疗方式不合理可能发生股骨头坏死、股骨颈不愈合、内翻畸形愈合、骨折断端短缩、髋关节生物力学结构改变及关节功能障碍等情况, 再次手术率高达 18%^[2, 4, 14]。值得注意的是, 有少数学者采用切开复位股骨近端防旋髓内钉治疗青壮年垂直剪切型股骨颈骨折, 结果显示术后骨折愈合率较高、内固定失败率较低, 但在股骨近端防旋髓内钉螺旋刀片打入过程中, 可能引起骨折端错位加重及股骨头血运的破坏^[19-20]。由于研究病例数较少和随访时间较短, 其疗效仍需要更多的临床与生物力学研究进行验证。虽然不同内固定物治疗股骨颈骨折的优缺点需进一步在临床实践中验证, 但大多数学者公认股骨颈骨折术后的功能恢复情况与术前损伤严重程度、受伤到手术时间的长短、复位质量及力学稳定性等因素相关^[6, 15, 21]; 尤其对于青壮年垂直不稳定性股骨颈骨折的治疗, 大部分学者认为应达到解剖复位、骨折端之间牢固加压及可靠内固定来完成骨折一期愈合^[14]。已有生物力学研究显示, 空心螺钉附加 MBP 后其抗剪切应力的稳定性可明显改善, 但尚缺乏相关的临床研究报道^[16]。国内李文龙等^[6] 比较了 1/3 管型板结合空心加压螺钉与单纯 3 枚空心加压螺钉内固定治疗青壮年 Pauwels II、III 型股骨颈骨折的临床效果, 结果显示, 1/3 管型板结合空心加压螺钉内固定治疗青壮年 Pauwels II、III 型股骨颈骨折的效果优于单纯空心加压螺钉内固定, 且具有患者住院时间短、骨折复位质量高及髋关节功能恢复好等优点。丁强等^[22] 应用该固定方式治疗青壮年非头下型股骨颈骨折, 结果显示, 该方式可显著降低骨折不愈合、股骨头无菌性坏死的发生率, 具有切实可行、疗效较好的优点。2017 年 YE 等^[23] 采用空心加压螺钉联合 MBP 内固定治疗 28 例青壮年 (< 60 岁) Pauwels III 型股骨颈骨折, 短期随访结果显示术后患者的骨愈合率可获得明显改善, 且未增加股骨头无菌性坏死并发症的发生。ZHUANG 等^[24] 采用 MBP 联合 2 枚空心加压螺钉治疗 24 例青壮年不稳定型股骨颈骨折患者, 早期疗效比较满意, 股骨头缺血性坏死发生率较低, 未发生骨折不愈合, 髋关节功能恢复较好。有学者采用荟萃分析同样也证实了, 经皮空心加压

螺钉联合直接前侧入路附加 MBP 内固定治疗青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折患者骨折不愈合、股骨头无菌性坏死及内固定失败的发生率较低，髋关节功能恢复好。

此次研究分析了 18 例患者的 Harris 评分，在术后 3, 6, 12, 24 个月患髋 Harris 评分中各项评分及总分均显著高于术前 ($P < 0.05$)；术后 6, 12, 24 个月患髋 Harris 评分中各项评分及总分均显著高于术后 3 个月 ($P < 0.05$)；术后 12, 24 个月患髋功能、活动范围及总分均显著高于术后 6 个月 ($P < 0.05$)；术后 12, 24 个月患髋 Harris 评分中各项评分及总分相比差异无显著性意义 ($P > 0.05$)；在随访期间所有患者均未发生骨折不愈合情况，可能与随访时间较短有关，仍需进一步随访观察。

3.4 术后并发症发生的原因分析 尽管采用经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加 MBP 内固定治疗青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折，术后早期疗效令人满意，但若处理不当，术中、术后仍可能会发生一些不良并发症，如骨折不愈合、股骨头无菌性坏死、内固定失败、手术切口感染、患肢大腿外侧麻木、下肢深静脉血栓、坠积性肺炎及压疮等^[6, 22-24]。林绪超等^[25]采用该治疗方式治疗青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折，发生 1 例损伤股外侧皮神经引起患肢大腿外侧麻木不适，术后 3 个月恢复正常。最近 MARCHAND 等^[26]报道了 1 例附加 MBP 联合动力髌螺钉固定治疗青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折的并发症，患者术后出现 MBP 撞击髌白前下缘软骨，引起髌部剧烈疼痛，因此提示使用 MBP 不宜过长且应固定在合适位置，术中需进行撞击试验。平行空心加压螺钉固定股骨颈骨折是一个滑动加压过程，引起轻度股骨颈缩短是可接受的，有益于骨折端加压愈合^[27]。

此次研究中，1 例患者于术后 1 个月复查时发现髋关节过度屈曲时存在明显疼痛，考虑与 MBP 过长和髌白前下缘撞击有关，术后 3 个月症状缓解；2 例患者术后发生空心加压螺钉退出伴股骨颈短缩（约 8 mm），但顺利完成骨愈合。对于骨折近端是否需要置钉的问题，目前临床上尚无统一标准，结合相关文献回顾，大多数学者仍采用骨折近端置钉加以固定，但有报道术后出现近端固定螺钉断裂、内固定失效等并发症^[23]，因此需要进一步相关生物力学研究的验证。

在此次研究中仅 1 例予以骨折近端螺钉固定，作者主要考虑该患者体质量较大（体质量指数 $> 30 \text{ kg/m}^2$ ），近端螺钉置入可能增加骨折断端固定的稳定性；该患者术后未发生内固定失效且顺利完成骨愈合，但在术后 2 年随访时患者出现股骨头无菌性坏死伴塌陷，随后在原直接前侧入路行全髋关节置换予以翻修，最后一次随访时患髋 Harris 评分为 97 分。作者认为该患者发生股骨头无菌性坏死的原因可能在于：①患者为绝经期女性，伴随骨量及骨密度降低；②伴有基础疾病，既往有原发性高血压病、2 型糖尿病、高脂血症及脑梗死病史，由于血液黏度较高而增加了股骨头缺血性坏死的风险；③由于肥胖（体质量指数 $> 32.6 \text{ kg/m}^2$ ）的因素而增加对患侧股骨颈骨折端的垂直剪切力；④患者受伤到手术的时间相对较长（78 h），因囊内高压而影响了股骨头血供；⑤术中复位困难致手术时间过长，同时在骨折端暴露及反复复位过程中，极易损伤股骨头支配的血管网；⑥因早期手术经验不

足引起钢板置入位置欠佳。

有研究表明，股骨头血供的主要来源于旋股内侧动脉及其分支，而旋股外侧动脉的分支对股骨头的血供极少^[28-29]，故在直接前侧入路中暴露结扎旋股外侧动脉的升支并不影响股骨头的血供^[26]。此外，PUTNAM 等^[7]的解剖学研究结果也证实，旋股内侧动脉及其分支主要沿股骨颈后方走行支配股骨头的血供，髋关节前方入路中结扎旋股外侧动脉升支、切开前方关节囊，剥离股骨颈前内侧软组织并于“安全区”置入 MBP，并不会影响及损伤股骨头的血供。PAPAKOSTIDIS 等^[30]对手术治疗股骨颈骨折的结果进行荟萃分析，结果显示，受伤 24 h 内手术可降低骨不愈合的发生率，并未证明手术时机与股骨头缺血性坏死之间的关系。SLOBOGEAN 等^[31]对 488 名骨科专家手术治疗青壮年股骨颈骨折的意见进行调查，有 92% 的专家倾向受伤 24 h 内进行手术治疗，有 40% 的专家认为尽早手术治疗对患者预后很重要。因此，对于青壮年股骨颈手术时机的选择缺乏明确证据，应根据每例患者的具体情况而定，在身体条件允许的情况下，尽早开展手术治疗。特别对于骨质疏松、基础疾病多、肥胖患者应慎重选择，可能为相对手术指征，如若进行手术，术后应延长下地负重时间，并根据骨密度情况联合抗骨质疏松药物治疗，基础疾病控制相对平稳，适当减重。加强围术期的科学管理是股骨颈骨折手术患者获得满意预后的重要环节。

3.5 围术期需要注意的问题 对于青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折，术后极易发生骨折不愈合、股骨头无菌性坏死及内固定失败等并发症，给患者带来不可恢复性伤害；术前病情评估和病例选择、术中手术时间把控和骨折复位质量、术后指导康复功能锻炼均极其重要，直接影响患者的愈后情况。结合此次研究的结果，作者认为此类患者在围术期管理上需注意以下几点：①术前应严格选择手术指征：如对于合并脑卒中后遗症的、骨密度较低的、医从性差的等患者应慎重选择，术后发生股骨头无菌性坏死、骨折不愈合及内固定失效的概率较高，应密切加强对患者术后的跟踪随访；②手术时机的合理把握：如患者身体条件允许，无明显手术禁忌，应尽早实施手术治疗，以减少股骨头血供不足致坏死的风险；③加强术前医患沟通，充分告知手术风险及可能发生的不良后果，增强患者的理解和医从性，以避免医患矛盾的扩大与激化；④术中手术操作应强调微创暴露，提升复位技巧，需借助牵引床来维持骨折端复位，同时明确 MBP 置入安全区以避免血管损伤风险；⑤内固定的合理选择：钢板长度适宜以免发生髌白前缘撞击；不适宜选用锁定钢板及螺钉，且骨折近端不宜固定螺钉以免造成骨折断端加压障碍而导致骨折不愈合及内固定失效；⑥合理计划不同内固定材料置入的顺序：在完成骨折断端解剖复位的前提下，先经皮置入 3 枚空心加压螺钉再外旋患肢充分暴露股骨颈前内下方，随后置入并固定 MBP；⑦术后康复锻炼计划应个体化制定：根据随访复查结果，对于患者绝对卧床时间和下地负重行走时间的医嘱应因人而异，同时对于术后并发症的发生做到早发现 and 早处理。

此次研究也存在一定的缺陷，如目前尚无专门设计的 MBP，作者所采用的 1/3 管型钢板需术中折弯，故与骨面的

服帖度欠佳,仍需要进一步设计和改进;此外,此次试验为回顾性病例研究,尚缺乏对照的手术技术,且病例数量较少,随访时间也相对较短,今后仍需要进行前瞻性、随机对照性、大样本量的临床及生物力学研究来进一步验证其疗效。总之,采用经皮空心加压螺钉联合直接前侧入路附加 MBP 内固定治疗青壮年改良 Pauwels III 型股骨颈骨折,可直视下完成骨折端的解剖复位、固定可靠,术后早期疗效令人满意,但需严格手术指征及加强围术期管理,积极预防主要并发症如骨折不愈合和股骨头无菌性坏死的发生。

致谢:感谢上海交通大学机械与动力工程学院李元超教授对此次试验的支持与帮助。

作者贡献:茹江英设计试验及分析结果,茹江英、任思俊和曹志鹏实施手术,徐饶评估患者临床及影像学资料,任思俊完成患者随访、资料整理及文章撰写。

经费支持:该文章接受了“江苏省卫生计生委科研课题面上项目(H201662)及扬州市重点研发(社会发展)项目(YZ2018086)”的基金资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突:文章中治疗干预手段采用山东威高骨科材料股份有限公司提高的手术器械,文章的全部作者声明,没有接受该器械的任何资助,在课题研究和文章撰写过程,不存在利益冲突。

机构伦理问题:该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和扬州大学附属医院对研究的相关伦理要求。手术主刀医师为主任医师,扬州大学附属医院为三级甲等医院,符合三、四级手术治疗的资质要求。

知情同意问题:参与试验的患病个体及其家属为自愿参加,均对试验过程完全知情同意,在充分了解治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

写作指南:该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。
文章查重:文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审:文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明:文章采用的统计学方法已通过扬州大学医学院统计学教研室审核。

文章版权:文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明:这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] SLOBOGAN GP, SPRAGUE SA, SCOTT T, et al. Complications following young femoral neck fractures. *Injury*. 2015;46(3):484-491.
- [2] LY TV, SWIONTKOWSKI MF. Treatment of Femoral Neck Fractures in Young Adults. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90A(10):2254-2266.
- [3] UPADHYAY A, JAIN P, MISHRA P, et al. Delayed internal fixation of fractures of the neck of the femur in young adults. A prospective, randomised study comparing closed and open reduction. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(7):1035-1040.
- [4] DAVIDOVITCH RI, JORDAN CJ, EGOL KA, et al. Challenges in the treatment of femoral neck fractures in the nonelderly adult. *J Trauma*. 2010;68(1):236-242.
- [5] MIR H, COLLINGE C. Application of a medial buttress plate may prevent many treatment failures seen after fixation of vertical femoral neck fractures in young adults. *Med Hypotheses*. 2015;84(5):429-433.
- [6] 李文龙,梅沉成,范亚楠,等. 1/3 管状板联合空心加压螺钉内固定术治疗青壮年 Pauwels II、III 型股骨颈骨折 43 例 [J]. *山东医药*, 2016,56(27):92-94.
- [7] PUTNAM SM, COLLINGE CA, GARDNER MJ, et al. Vascular Anatomy of the Medial Femoral Neck and Implications for Surface Plate Fixation. *J Orthop Trauma*. 2019;33(3):111-115.
- [8] STACEY SC, RENNINGER CH, HAK D, et al. Tips and tricks for ORIF of displaced femoral neck fractures in the young adult patient. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2016;26(4):355-363.
- [9] WANG S, YANG J, SHEN H, et al. Using a modified Pauwels method to predict the outcome of femoral neck fracture in relatively young patients. *Injury*. 2015;46(10):1969-1974.
- [10] GARDEN RS. Malreduction and avascular necrosis in subcapital fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Br*. 1971;53(2):183-197.
- [11] MOLNAR RB, ROUITT MJ. Open reduction of intracapsular hip fractures using a modified Smith-Petersen surgical exposure. *J Orthop Trauma*. 2007;21(7):490-494.
- [12] LUTTRELL K, BELTRAN M, COLLINGE CA. Preoperative decision making in the treatment of high-angle “vertical” femoral neck fractures in young adult patients. An expert opinion survey of the Orthopaedic Trauma Association’s (OTA) membership. *J Orthop Trauma*. 2014;28(9):e221-e225.
- [13] STANNARD JP, HARRIS HW, VOLGAS DA, et al. Functional outcome of patients with femoral head fractures associated with hip dislocations. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;(377):44-56.
- [14] YE Y, HAO J, MAUFFREY C, et al. Optimizing Stability in Femoral Neck Fracture Fixation. *Orthopedics*. 2015;38(10):625-630.
- [15] 杨义,于志亮,郭连霞,等. 同种异体腓骨段联合加压空心钉内固定术治疗青壮年股骨颈移位骨折 [J]. *中国医师杂志*, 2014(21):119-120.
- [16] KUNAPULI SC, SCHRAMSKI MJ, LEE AS, et al. Biomechanical analysis of augmented plate fixation for the treatment of vertical shear femoral neck fractures. *J Orthop Trauma*. 2015;29(3):144-150.
- [17] GUMUSTAS SA, TOSUN HB, AGIR I, et al. Influence of number and orientation of screws on stability in the internal fixation of unstable femoral neck fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2014;48(6):673-678.
- [18] GIORDANO V, ALVES DD, PAES RP, et al. The role of the medial plate for Pauwels type III femoral neck fracture: a comparative mechanical study using two fixations with cannulated screws. *J Exp Orthop*. 2019;6(1):18.
- [19] 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.
- [20] 杨晓秋,赵滨,叶赞,等. 切开复位 PFNA 内固定治疗青壮年移位型股骨颈骨折近期疗效观察 [J]. *贵州医药*, 2018,42(8):998-999.
- [21] ZLOWODZKI M, AYENI O, PETRISOR BA, et al. Femoral neck shortening after fracture fixation with multiple cancellous screws: incidence and effect on function. *J Trauma*. 2008;64(1):163-169.
- [22] 丁强,孙楠,吴非燃,等. 空心钉附加内侧支撑钢板内固定治疗青壮年非头下型股骨颈骨折的疗效观察 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2018,33(5):534-535.
- [23] YE Y, CHEN K, TIAN K, et al. Medial buttress plate augmentation of cannulated screw fixation in vertically unstable femoral neck fractures: Surgical technique and preliminary results. *Injury*. 2017;48(10):2189-2193.
- [24] ZHUANG L, WANG L, XU D, et al. Anteromedial femoral neck plate with cannulated screws for the treatment of irreducible displaced femoral neck fracture in young patients: a preliminary study. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2019;45(6):995-1002.
- [25] 林绪超,何文,郑竑,等. 经皮空心钉联合 DAA 入路微创支撑钢板内固定治疗青壮年 Pauwels III 型股骨颈骨折的近期疗效 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019,34(6):593-595.
- [26] MARCHAND LS, KARNS M, HIGGINS TF, et al. Femoral Neck Fracture Fixation with a Medial Buttress Plate That Led to Impingement with Hip Flexion: A Case Report. *JBS Case Connect*. 2019;9(1):e21.
- [27] ZLOWODZKI M, AYENI O, PETRISOR BA, et al. Femoral neck shortening after fracture fixation with multiple cancellous screws: incidence and effect on function. *J Trauma*. 2008;64(1):163-169.
- [28] GAUTIER E, GANZ K, KRUGEL N, et al. Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(5):679-683.
- [29] LAZARO LE, KLINGER CE, SCULCO PK, et al. The terminal branches of the medial femoral circumflex artery: the arterial supply of the femoral head. *Bone Joint J*. 2015;97-B(9):1204-1213.
- [30] PAPANIKITIDIS C, PANAGIOTOPOULOS A, PICCIOLI A, et al. Timing of internal fixation of femoral neck fractures. A systematic review and meta-analysis of the final outcome. *Injury*. 2015;46(3):459-466.
- [31] SLOBOGAN GP, SPRAGUE SA, SCOTT T, et al. Management of young femoral neck fractures: is there a consensus? *Injury*. 2015;46(3):435-440.

(责任编辑: GD, ZN, ZH)