

青壮年 Pauwels 3 型股骨颈骨折治疗的研究进展

庞新岗综述, 李海峰审校

【摘要】 股骨颈骨折是临床常见的骨折, 具有发病率高, 死亡率高, 并发症发生率高和再手术率高的特点。青壮年 Pauwels 3 型股骨颈骨折多继发于高能损伤, 断端剪切力大, 传统闭合复位空心钉内固定手术失败率高。为改善预后, 更多的固定方式, 包括不同构型的多根空心钉, 空心钉联合内侧支撑钢板, 动力髋螺钉以及以此为基础的改良产品被设计并应用于临床。同时, 微创切开复位因其更好的复位效果也为更多术者所接受。文章就近年 Pauwels 3 型股骨颈骨折内固定治疗的进展进行综述。

【关键词】 股骨颈骨折; Pauwels 3 型; 青壮年; 内固定

【中图分类号】 R687.3 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2021)06-0647-04

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2021.06.019

Research progress intreatment of Pauwels type 3 femoral neck fracture in young adults

PANG Xin-gang reviewing, LI Hai-feng checking

(Department of Orthopedics, Wuxi Ninth People's Hospital, School of Medicine, Soochow University, Wuxi 214000, Jiangsu, China)

【Abstract】 Femoral neck fractures are common clinical fractures, with the high morbidity, mortality, incidence of complications and rate of reoperation. Pauwels type 3 femoral neck fractures among young adults, which are typically caused by high-energy trauma and involve a high shear load at the fracture site, are difficult to be successfully treated with closed reduction and traditional cannulated screws. To improve the prognosis, more internal fixation devices, including the different configuration of cannulated screws, cannulated screws combined medial buttress plate, dynamic hip screw and other refinements have been designed and applied to clinical therapy. At the same time, minimally invasive open reduction has been also accepted by more surgeons because of its satisfactory restoration effect. In this review, we summarize the recent papers about the therapies of Pauwels type 3 femoral neck fracture in young patients, and new viewpoints about the treatment of this fracture pattern appropriately.

【Key words】 femoral neck fractures; Pauwels type 3; young adults; internal fixation

0 引 言

股骨颈骨折是临床常见的骨折, 占全身骨折 3.6%, 髋部骨折 48%~54%。在老年群体, 股骨颈骨折主要由跌倒等低能量损伤引起, 青壮年群体多继发于车祸、高处坠落等高能损伤^[1]。随着人口老龄化加剧、交通意外发生率增加, 股骨颈骨折发生

率逐年上升。目前股骨颈骨折的治疗方法主要是内固定治疗和人工关节置换。对于青壮年群体, 出于其预期寿命长、运动诉求高等原因, 首选内固定治疗。但由于髋部血供的特殊性和生物力学特点, 使其相比于其他部位的骨折有更高的并发症发生率和再手术几率^[2]。本文就近年 Pauwels 3 型股骨颈骨折内固定治疗的进展作一综述。

1 股骨近端血供及生物力学特点

股骨头颈部的血运主要由旋股内侧动脉的分支——后上、后下支持带动脉供应^[3], 旋股外侧

作者单位: 214000 无锡, 苏州大学附属无锡九院(无锡市第九人民医院)骨科(庞新岗、李海峰)

通信作者: 李海峰, E-mail: seupxg@163.com

动脉、闭孔动脉及滋养动脉仅供应少量血运。上述动脉于骨内发生吻合,同时,股深动脉,旋股内、外侧动脉于髋关节后方形成十字吻合。术中行前方关节囊切开对股骨头、颈血运并无显著影响,但应避免在颈部上下缘剥离关节囊以免损伤走行血管^[4]。力学结构上,股骨颈干角及前倾角使股骨头颈干构成拱形结构,股骨颈外上方承受拉应力,内下方承受压应力^[5]。骨折发生后,断端承受垂直骨折线的压力和骨折线的剪切力,骨折线越接近垂直,剪切力越大,骨折移位和内固定失效的风险越高。

股骨颈 Pauwels 3 型骨折多继发于高能损伤,在这种类型损伤中,剪切力会导致早期移位、股骨近端塌陷、内翻畸形。在行内固定治疗前,应充分考虑 Pauwels 3 型骨折的生物力学和血供特点,内固定必须最大限度的抵消作用于断端的剪切力,同时避免对髓内与髓外血供的过度破坏。理想的 Pauwels 3 型骨折内固定需兼顾生物学和力学特点。

2 股骨颈骨折的复位方式

无论是切开复位还是闭合复位,复位的目标都应是解剖复位。股骨颈骨折复位质量对预后有显著影响,而解剖复位是股骨颈骨折治疗原则。良好的复位有利于解除血管压迫,为断端血管爬行重建和骨小梁重建提供结构基础^[6],降低股骨头坏死和骨折不愈合的风险。Garden 指数和颈干角是评价复位质量的常用指标,基于 Garden 指数和颈干角大小将复位质量分为 A、B、C 三级^[6],刘冰川等^[7]对股骨颈骨折病例回顾性研究发现,复位良好病例(A 级)的股骨头坏死率为 9.89%,显著低于复位质量不佳病例(25%~44%),这一结论与 Min 等^[8]的随访结果吻合。

股骨颈骨折闭合复位在临床工作中应用广泛,对于无移位或移位较轻的骨折,闭合复位具有手术时间短,术中出血少等优点。但对于 Pauwels 3 型股骨颈骨折而言,闭合复位并不总能达到满意。这是因为 Pauwels 3 型骨折断端剪切力大,且往往合并下方和后方的碎骨折块所致^[8]。

为兼顾骨折治疗中力学上的稳定性和生物学上的血运,微创切开复位^[9]为更多的医师所关注和追求。直接前方入路(DAA)和前外侧入路(watson-jones)均可良好显露股骨颈。从解剖上讲,两种入路均从肌间隙进入,避免肌肉损伤引起的疼痛和

功能受限,保留了后支持带动脉和后方的十字吻合在难复性股骨颈骨折的治疗中获得满意效果^[4, 10]。随着手术技术的成熟,两种入路被进一步改良,以期更低的手术创伤、更好的功能与外观,除可获得精确复位,主张切开复位的学者还认为早期切开发节囊可降低关节腔压力,解除“堵塞效应”,有利于股骨头血运恢复^[11]。

微创的理念不应只体现在对小切口的追求上。骨折闭合复位的初衷是保护断端血运,但对股骨颈骨折而言,反复复位会导致支持带动脉医源性激惹,重复穿针、扩髓会额外破坏髓内血运,反而增加股骨头坏死率。因此对于难复位型股骨颈骨折,不应一味追求闭合复位,及时正确的切开复位可能获得更好的预后^[12];机器人导航技术的引入,使定位和内固定植入更精准,减少重复操作导致的骨质丢失和血运破坏,是股骨颈骨折治疗的新选择^[13]。

3 股骨颈骨折的固定方式

3.1 不同数量与空间分布的空心钉 由于微创和良好的抗旋稳定性的特点,使用直径 6 mm 以上的多枚空心钉(cannulated screws, CS)是处理股骨颈骨折的主流方案之一。在 CS 的数量选择上,尽管 2 枚与 3 枚 CS 在对抗垂直负荷上无显著差异,但多数医师相信 3 枚 CS 可在负重期间提供更可靠的稳定性^[14]。为更好应对股骨颈短缩问题,有学者提出使用 4 枚 CS 菱形 4 壁支撑技术,但体外力学检测和有限元分析表明,使用 4 枚 CS 菱形固定并未显示更优的固定效果^[15-16],同时,增加 CS 数量会导致额外的髓内血供破坏,增加股骨头坏死风险^[17],在临床应用中 4 枚 CS 菱形固定仍不做首选。双平面双支撑螺钉固定,即 F 构型^[18],是有别于传统平行固定的 CS 固定技术,增加了对股骨颈远端和后侧皮质的支撑,通过增加螺钉工作长度和在外侧皮质与股骨距处获得可靠的两点支撑,产生良好的抗扭转和抗剪切作用^[18-19]。但也有学者提出 F 构型可能增加股骨近端再骨折风险;相比平行 CS 固定,F 构型虽能更好地控制股骨颈短缩,但也不再具备滑动加压特性,对骨折愈合是否存在影响,有待进一步观察。

Pauwels 3 型股骨颈骨折断端面临更大的剪切应力。平行 CS 固定方式在提供断端加压力量的同时也产生剪切力,导致断端移位和内翻塌陷。在单纯行

平行 CS 固定的患者中,有 20%~48% 发生不良后果。为更好地对抗剪切应力,部分医师选择 2~3 枚平行 CS 联合 1 枚 Pauwels 螺钉的固定方式^[20-22],该螺钉自股骨大粗隆进针,垂直骨折线向股骨距方向进入。体外力学研究表明,平行 CS 联合 Pauwels 钉在对抗纵行负荷上显著优于平行 CS 固定^[23]。在临床随访中,使用平行 CS 联合 Pauwels 钉的患者有更高的关节功能评分和更低的股骨颈短缩率^[21-22]。

近来,部分学者提出使用 CS 联合内侧支撑钢板(1.7~2.7 mm 厚度)可获得良好的早期稳定性^[24]。多枚 CS 提供良好的抗旋稳定和部分断端加压,内侧支撑钢板可以股骨颈内下方支撑,抵消 CS 断端加压产生的剪切应力,并将剪切力转化为压力,为骨折愈合创造良好的机械环境^[24-25]。

3.2 钉板系统 动力髋螺钉(dynamic hip screw, DHS)是股骨颈骨折常用的固定方式之一。一项调查显示 47% 的被调查者愿意选择 DHS 作为 Pauwels 3 型股骨颈骨折的治疗手段^[26]。DHS 的优势在于其主钉可实现滑动加压,将剪切力转为压应力,促进骨折愈合;外侧钢板与主钉角稳定,对抗髋内翻方面也显著优于 CS;联合使用空心螺钉可弥补 DHS 在抗旋方面的不足^[27]。Chen 等^[28]对 86 例股骨骨折病例随访发现,使用 DHS 与使用 CS 可以获得相近的骨折愈合率,但 DHS 病例股骨颈短缩更少,退钉率更低,尸体标本上的力学检测也证实 DHS 有更好的生物力学强度。

经皮加压钢板(percutaneous compression plate, PCCP)同样是动力髋螺钉,在保留 DHS 主钉滑动加压的基础上,增加平行主钉以增加抗旋稳定性。在临床随访中,PCCP 相比于 CS 显示出更好的稳定性和滑动加压作用,允许更早负重活动^[29]。

股骨颈系统(femoral neck system, FNS)是新型的动力髋螺钉系统,相比 DHS, FNS 缩短了外侧板长度以减少术中对外侧组织的剥离,同时增加锁定防旋钉设计。在有限元分析和体外力学检测中, FNS 表现出与 DHS 相当的稳定性以及比 CS 更均匀的应力分布和更小的移位风险^[30-31]。FNS 在设计上弥补 DHS 单根主钉防旋不足的缺点,防旋螺钉与主动稳定结合,增加防旋作用,同时远端通过锁定钉将钢板与股骨干固定,将骨折近端与远端通过钢板锚定为整体,增加稳定性。但 FNS 防旋钉与主钉存在 7.5° 夹角,这样的设计是否还能实现主钉的

滑动加压?在人体中是否能获得满意的治疗效果?尚需进一步随访验证。

Chen 等^[32]自行设计解剖型内侧支撑钢板(medial anatomical buttress plate, MABP),联合动力髋螺钉和植骨,在股骨颈骨折不愈合的治疗中获得满意效果。该种设计充分利用内侧支撑钢板的抗剪切能力和动力髋螺钉的抗旋及抗内翻能力,固定可靠。这种固定方式尚不推荐用于股骨颈骨折的初次治疗,但其 MABP 的设计具有借鉴意义。

4 结 语

股骨颈骨折的治疗原则是解剖复位,断端加压,坚强固定,因此,恰当及时地复位断端以及选择正确的固定方式是提高手术成功率的关键。目前股骨颈骨折内固定方式众多,包括不同构型的空心钉系统,动力髋螺钉系统,股骨近端锁定钢板,髓内固定系统。虽然种类样式各异,但其作用方式可总结为 4 个模块:①断端加压模块,通过半螺纹空心螺钉发挥拉力螺钉作用加压,动力钉滑动加压;②外侧壁模块,与置于股骨头内的主钉形成角稳定,控制头的位置,控制内翻;③内侧支撑模块,重建内侧壁,对抗剪切应力;④抗旋模块,股骨头颈内双轴心,控制股骨头旋转。在内固定的选择或设计中,可根据股骨颈骨折的类型、复位的难易程度、断端稳定性选择具备合适模块特性的内固定装置,以达到坚强固定,为骨折愈合创造合适的力学环境。

【参考文献】

- [1] Ye Y, Hao J, Mauffrey C, et al. Optimizing Stability in Femoral Neck Fracture Fixation [J]. *Orthopedics*, 2015, 38 (10): 625-630.
- [2] Cha YH, Yoo JI, Hwang SY, et al. Biomechanical Evaluation of Internal Fixation of Pauwels Type III Femoral Neck Fractures: A Systematic Review of Various Fixation Methods [J]. *Clin Orthop Surg*, 2019, 11(1): 1-14.
- [3] 王子华, 邱 兴, 赵德伟. 基于三维重建的股骨头支持带血管的显微外科定位研究及临床意义 [J]. *中国美容整形外科杂志*, 2020, 31(3): 171-174.
- [4] Putnam SM, Collinge CA, Gardner MJ, et al. Vascular Anatomy of the Medial Femoral Neck and Implications for Surface Plate Fixation [J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33(3): 111-115.
- [5] 祝晓忠, 梅 炯, 倪 明, 等. 股骨近端骨小梁结构的大体解剖和影像重建分析 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2019, 33(10): 1254-1259.
- [6] Wang T, Sun JY, Zha GC, et al. Analysis of risk factors for fem-

- oral head necrosis after internal fixation in femoral neck fractures [J]. *Orthopedics*, 2014, 37(12):e1117-e1123.
- [7] 刘冰川, 孙川, 邢永, 等. 中青年股骨颈骨折内固定术后发生缺血性股骨头坏死的相关因素[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2020, 52(2):290-297.
- [8] Min BW, Kim SJ. Avascular necrosis of the femoral head after osteosynthesis of femoral neck fracture[J]. *Orthopedics*, 2011, 34(5):349.
- [9] Wang G, Tang Y, Wang B, *et al.* Minimally invasive open reduction combined with proximal femoral hollow locking plate in the treatment of Pauwels type III femoral neck fracture[J]. *J Int Med Res*, 2019, 47(7):3050-3060.
- [10] Mei J, Ni M, Wang G, *et al.* Number and distribution of nutrient foramina within the femoral neck and their relationship to the retinacula of Weitbrecht: an anatomical study[J]. *Anat Sci Int*, 2017, 92(1):91-97.
- [11] 马志军, 吴双, 王景贵, 等. 微创切开复位结合股骨近端空心锁定钢板治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折的疗效分析[J]. *创伤外科杂志*, 2021, 23(1):41-44.
- [12] Liu C, Liu MT, Li P, *et al.* Efficacy evaluation for the treatment of subcapital femoral neck fracture in young adults by capsulotomy reduction and closed reduction[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(4):483-488.
- [13] Wang XD, Lan H, Li KN. Treatment of Femoral Neck Fractures with Cannulated Screw Invasive Internal Fixation Assisted by Orthopaedic Surgery Robot Positioning System[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(5):864-872.
- [14] Dong Q, Han Z, Zhang YG, *et al.* Comparison of Transverse Cancellous Lag Screw and Ordinary Cannulated Screw Fixations in Treatment of Vertical Femoral Neck Fractures[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(4):595-603.
- [15] 梁会, 何小健, 陈农, 等. Pauwels II 型后侧壁粉碎股骨颈骨折不同构型空心钉内固定的生物力学比较[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2018, 33(10):1013-1016.
- [16] 王颖, 刘志朋, 殷涛, 等. 利用有限元探究内固定治疗股骨颈骨折的生物力学研究[J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2019, 25(1):56-61.
- [17] Zhang YQ, Chang SM, Huang YG, *et al.* The femoral neck safe zone: a radiographic simulation study to prevent cortical perforation with multiple screw insertion[J]. *J Orthop Trauma*, 2015, 29(5):e178-e182.
- [18] 王子凡, 缪佳庆. 空心钉 F 形内固定骨质疏松性 Pauwels II 型股骨颈骨折的体外生物力学研究[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35(2):153-155.
- [19] Galal S, Nagy M. Non-parallel screw fixation for femoral neck fractures in young adults[J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2017, 8(3):220-224.
- [20] Guimaraes J, Rocha LR, Noronha RT, *et al.* Vertical femoral neck fractures in young adults: a closed fixation strategy using a transverse cancellous lag screw[J]. *Injury*, 2017, 48(Suppl 4):S10-S16.
- [21] 焦健, 郝跃峰, 司卫兵, 等. 微创 Cross 螺钉内固定技术治疗青壮年垂直剪切型股骨颈骨折的疗效观察[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019, 34(12):1233-1236.
- [22] Dong Q, Han Z, Zhang YG, *et al.* Comparison of Transverse Cancellous Lag Screw and Ordinary Cannulated Screw Fixations in Treatment of Vertical Femoral Neck Fractures[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(4):595-603.
- [23] 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[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2014, 48(6):673-678.
- [24] 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]. *J Exp Orthop*, 2019, 6(1):18.
- [25] 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[J]. *Med Hypotheses*, 2015, 84(5):429-433.
- [26] 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]. *J Orthop Trauma*, 2014, 28(9):e221-e225.
- [27] Freitas A, Torres GM, Souza AC, *et al.* Analysis on the mechanical resistance of fixation of femoral neck fractures in synthetic bone, using the dynamic hip system and an anti-rotation screw[J]. *Rev Bras Ortop*, 2014, 49(6):586-592.
- [28] Chen C, Yu L, Tang X, *et al.* Dynamic hip system blade versus cannulated compression screw for the treatment of femoral neck fractures: A retrospective study[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2017, 51(5):381-387.
- [29] Yin Q, Gu S, Wang J, *et al.* Prospective randomized controlled study on treatment of displaced femoral neck fractures with percutaneous compression plate[J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2016, 30(8):951-955.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] Chen H, Li J, Chang Z, *et al.* Treatment of femoral neck nonunion with a new fixation construct through the Watson-Jones approach[J]. *J Orthop Translat*, 2019, 19:126-132.

(收稿日期:2020-12-30; 修回日期:2021-02-17)

(责任编辑:刘玉巧; 英文编辑:朱一超)