

预防股骨颈骨折空心钉内固定术后股骨颈短缩 空心螺纹钉优化选择的有限元分析

陈泽铭¹, 杨放², 余盛¹, 施泽文², 余霄¹, 陈先军¹, 石林¹, 王诚浩¹, 庞清江¹

(1.中国科学院大学宁波华美医院, 浙江 宁波 315010; 2.宁波大学医学院, 浙江 宁波 315211)

【摘要】 目的: 运用有限元分析法比较采用不同数量全螺纹空心钉在不同置钉位置内固定治疗 Pauwels II 型股骨颈骨折, 预防术后颈短缩的生物力学特性。方法: 选取健康老年女性志愿者 1 名, 年龄 55 岁, 体重 70 kg, 身高 165 cm。采用 CT 扫描, 获取右侧股骨数据, 在三维建模软件分别建立 Pauwels II 型股骨颈骨折模型、全螺纹空心钉和半螺纹空心钉模型。按全螺纹空心钉数量和置入呈倒三角分布位置分为 8 组骨折内固定模型: 3 枚半螺纹钉组, 1 枚前上方全螺纹钉加 2 枚半螺纹钉组, 1 枚后上方全螺纹钉加 2 枚半螺纹钉组, 1 枚下方全螺纹钉加 2 枚半螺纹钉组, 1 枚前上方半螺纹钉加 2 枚全螺纹钉组, 1 枚后上方半螺纹钉加 2 枚全螺纹钉组, 1 枚下方半螺纹钉加 2 枚全螺纹钉组, 3 枚全螺纹钉组。在有限元分析软件中分别加载同样载荷, 比较分析各组的内固定物的应力分布及应力峰值、股骨近端应力分布及应力峰值、骨折断端切面的应力分布及应力峰值、内固定物位移峰值, 并比较术后股骨颈长度。结果: 各组的内固定应力主要集中于骨折线处, 且均位于下方螺钉的底部, 应力峰值分别为 239.71、213.44、199.37、230.82、201.63、215.72、185.65、192.64 MPa; 各组股骨近端所受的应力主要集中于转子下内侧区域, 应力峰值分别为 269.48、241.62、249.43、269.69、271.60、346.64、236.97、439.62 MPa; 骨折断端切面的应力主要集中于半螺纹钉道周围, 全螺纹钉道周围应力相对较小, 各组应力峰值分别为 149.12、143.04、140.47、139.63、139.81、130.07、117.77、57.89 MPa; 内固定物的位移基本沿股骨颈轴线方向, 位移分布集中于螺钉尖端, 各组螺钉位移峰值分别为 5.52、5.43、5.32、5.17、5.05、5.13、5.28、5.04 mm; 各组股骨颈长度分别为 74.69、74.72、74.70、74.70、74.72、74.70、74.72、74.74 mm。结论: 呈倒三角分布的前上方 1 枚半螺纹空心钉联合 2 枚全螺纹空心钉的置钉方案既可以满足促进股骨颈愈合的滑动加压作用, 保证股骨近端稳定性, 又能减少术后股骨颈短缩程度, 有利于维持术后股骨颈长度, 降低术后股骨颈短缩导致腕关节功能障碍的发生率, 为临床空心钉治疗股骨颈骨折提供了新的优化置钉方案。

【关键词】 股骨颈骨折; 骨折固定术, 内; 有限元分析

中图分类号: R683.42

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.11.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Finite element analysis of optimal selection of cannulated threaded screw for the prevention of femoral neck shortening after internal fixation for femoral neck fracture CHEN Ze-ming, YANG Fang, YU Sheng, SHI Ze-wen, YU Xiao, CHEN Xian-jun, SHI Lin, WANG Cheng-hao, and PANG Qing-jiang*. *Hua Mei Hospital, University of Chinese Academy of Sciences, Ningbo 315010, Zhejiang, China

ABSTRACT **Objective:** To propose the an optimal screw placement scheme to prevent femoral neck shortening, finite element analysis was used to evaluate the biomechanical outcome of different numbers formed by full threaded screws at different positions in the treatment of femoral neck fractures of Pauwels type II. **Methods:** Recruited for this study was a 55-year-old female volunteer with a weight of 70 kg and a height of 165 cm. CT scan data of her right femur was collected. The models of femoral of Pauwels type II and fully threaded screw (FTS) and partially threaded screw (PTS) were constructed in three-dimensional modeling software. All these screw placement schemes were divided into eight groups simulated the inverted triangular configuration; three PTSs, an anterosuperior FTS and two PTSs, a posterosuperior FTS and two PTSs, an inferior FTS and two PTSs, an anterosuperior PTS and two FTSs, a posterosuperior PTS and two FTSs, an inferior PTS and two FTSs and three FTSs. All fracture internal fixation models were processed in finite element analysis software. Parameters of postoperative femoral neck length, displacement distribution and peak displacement of screws and VonMises stress distribution and peak stress of

基金项目: 浙江省医药卫生科技项目(编号: 22KY1129); 浙江省公益技术研究计划(编号: LGF19H060003); 宁波市自然科学基金(编号: 2019A610242); 浙江省中医药科技计划(编号: 2020ZB227)

Fund program: Medical Scientific Research Foundation of Zhejiang Province (No. 2022KY1129)

通讯作者: 庞清江 E-mail: pangqingjiang@ucas.ac.cn

Corresponding author: PANG Qing-jiang E-mail: pangqingjiang@ucas.ac.cn

screws, the proximal femur and fracture section were collected. **Results:** The maximum VonMises stress of screws was 239.71, 213.44, 199.37, 230.82, 201.63, 215.72, 185.65 and 192.64 MPa, respectively, which was concentrated in the inferior screw near the fracture line. The maximum Von Mises stress of the proximal femur was 269.48, 241.62, 249.43, 269.69, 271.60, 346.64, 236.97 and 439.62 MPa, respectively, which was concentrated in the inferior medial area of subtrochanteric femur. The maximum Von Mises stress of fracture section was 149.12, 143.04, 140.47, 139.63, 139.81, 130.07, 117.77 and 57.89 MPa, respectively, which was concentrated around the partially threaded screw channel instead of the fully threaded screw channel. The maximum displacement of screws was 5.52, 5.43, 5.32, 5.17, 5.05, 5.13, 5.28 and 5.04 mm, respectively, which was along the axis of the femoral neck, and the displacement distribution was concentrated on the tip of the screw. The length of postoperative femoral neck length was 74.69, 74.72, 74.70, 74.70, 74.72, 74.70, 74.72 and 74.74 mm, respectively. **Conclusion:** The placement of one anterosuperior partially threaded screw and two fully threaded screws with an inverted triangular distribution can not only meet the sliding compression effect to promote femoral neck healing and ensure the stability of the proximal femur, but also reduce the degree of postoperative femoral neck shortening and reduce the incidence of hip joint dysfunction. This study provides a new optimal screw placement solution for the treatment of femoral neck fractures.

KEYWORDS Femoral neck fractures; Fracture fixation, internal; Finite element analysis

股骨颈骨折是临床常见髋部骨折，而 Pauwels II 型骨折线与股骨颈轴线几乎垂直，是一种不稳定的股骨颈骨折类型，通常采用人工髋关节置换或空心钉内固定的治疗方式。空心钉内固定术具有创伤小、恢复快、手术时间短、花费低及易推广等优势，作为保髋的常用术式^[1-2]。传统倒三角分布的半螺纹空心钉因提供持续滑动加压作用，不可避免的造成了术后颈短缩的发生。先前研究发现，内固定术后 1 年股骨颈短缩率近乎 50%^[3-4]。股骨颈短缩已是空心钉内固定术后最常见并发症，甚至是造成术后疼痛、跛行、髋关节功能障碍主要的因素^[3,5]。因此，如何在充分保证股骨颈骨愈合的前提下，尽可能减少术后颈短缩程度成为了当前研究的重点与难点。有学者^[6-8]在临床中采用全螺纹空心钉联合半螺纹空心钉呈倒三角分布的内固定方案治疗股骨颈骨折，证实其术后颈短缩发生率明显低于传统置钉方式。但其生物力学机制尚未阐明，且国内外研究中尚无对采用不同数量及置钉位置的全螺纹空心钉方案进行系统比较。故在本研究中，笔者对在呈倒三角分布的不同位置采用不同数量全螺纹空心钉治疗 Pauwels II 型股骨颈骨折的有限元分析结果进行评价，对比分析各组间力学稳定性及股骨颈短缩程度，为治疗股骨颈骨折寻求最优化的空心钉内固定方案。

1 资料与方法

1.1 建立股骨颈骨折空心螺钉内固定有限元模型

1.1.1 股骨颈骨折建模 选取健康老年女性志愿者 1 名，年龄 55 岁，体重 70 kg，身高 165 cm，行走步态正常，未见明显脊柱畸形、下肢关节畸形，X 线检查排除先天

性髋关节发育不良、股骨头坏死等髋关节疾病，影像学进一步排除髋部骨折、畸形、肿瘤、感染等病变，经测量 X 线下肢全长片力线正常。行髋关节 CT 平扫（16 排螺旋 CT，美国 GE 公司产），结果导入 Mimics Medical 软件，设定灰度阈值在 226~2 961 Hu 对图像分割选取骨组织，再导入 Geomagic Studio 软件中进行光滑处理。根据 Pauwels II 型骨折进行截骨，进行曲面拟合后建立了 Pauwels II 型股骨颈骨折三维数字化模型。

1.1.2 建立空心螺钉模型 采用 AO 中空螺钉系统，螺纹直径 7.3 mm，螺杆直径 4.8 mm，螺杆内径 2.6 mm，半螺纹钉螺纹部分长度 16 mm。忽略螺纹形状简化成圆柱，螺钉长度视股骨颈内固定术规范及股骨颈实际长度调整，在通用三维建模软件中建立半螺纹钉及全螺纹钉模型。

1.1.3 模型分组与装配 按照试验设计及股骨颈内固定方式的研究，三钉采用倒三角式平行固定，并对螺钉位置进行编号（前上方钉位为①号，后上方钉位为②号，下方钉位为③号），三钉均与股骨颈轴线平行，将钉尖放置于股骨头表面下 5 mm 处（图 1）。

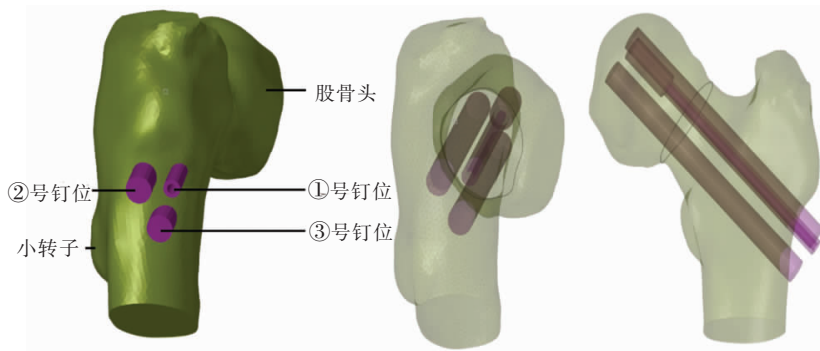


图 1 钉孔分布及模型装配细节。前上方钉位为①号，后上方钉位为②号，下方钉位为③号
Fig.1 Screw hole distribution and model assembly details. Anterosuperior position is ①; postero-superior position is ②; inferior position is ③

按全螺纹钉数量不同设置 A、B、C、D 4 大类组，再根据其位置分布不同划分为 8 组(图 2)。A 组:3 枚半螺纹空心钉。B 组(1 枚全螺纹空心钉加 2 枚半螺纹空心钉):B1 组,1 枚全螺纹空心钉位于①号位;B2 组,1 枚全螺纹空心钉位于②号位;B3 组,1 枚全螺纹空心钉位于③号位。C 组(2 枚全螺纹空心钉加 1 枚半螺纹空心钉):C1 组,1 枚半螺纹钉位于①号位;C2 组,1 枚半螺纹钉位于②号位;C3 组,1 枚半螺纹钉位于③号位。D 组:3 枚全螺纹空心钉。

将建模后的股骨颈骨折模型与 8 组螺钉内固定模型导入 Abaqus 软件进行装配,得到 8 组股骨颈内固定空心螺钉内固定有限元模型,并在 Altair Hypermesh 软件中进行单元网格划分(表 1)。分析过程中螺纹与骨质接触区域采用共节点方式,螺杆与骨质接触区域采用接触方式。

表 1 模型各部位单元与网格数量

Tab.1 Number of elements and nodes of the finite element models

部位	单元类型	网格数(个)
近端骨折块	C3D10	45 773
远端骨折块	C3D10	70 629
半螺纹空心钉	C3D8	24 405
全螺纹空心钉	C3D8	45 510

1.2 材料属性赋值

将 INP 文件导入有限元分析软件 Abaqus 中对材料属性赋值。螺钉、皮质骨及松质骨均为连续、均

质、各向同性的材料。根据文献[9]将股骨表面 2 mm 设定皮质骨,其余部分设定为松质骨。同时参照已有研究参数^[10]对不同区域骨质及钛质螺钉(Ti6Al4V ELI 材料)分别设定弹性模量和泊松比(表 2)。

表 2 有限元模型材料参数

Tab.2 Finite element model material assignment

材料	弹性模量(MPa)	泊松比
钛合金(Ti6Al4VELI)	110 000	0.33
股骨头松质骨	840	0.29
股骨松质骨	620	0.29
股骨皮质骨	16 800	0.3

1.3 约束和受力加载条件

设定股骨小转子下缘 5 cm 远处水平进行固定约束,限制该平面所有节点自由度为 0,令其在 x、y、z 轴上位移为 0。骨折断端骨面间摩擦系数为 0.46^[11],螺钉非螺纹部分与股骨间摩擦系数为 0.3^[12]。

本研究模拟静态单足站立时股骨所受力学情况,根据相似模型参数^[13-14],设置髋臼作用在股骨头上的力 R,以及作用在股骨大转子附近的外展肌力(梨状肌和臀中肌)P 和股外侧肌力 T。在单足站立时,R=2.35G,与股骨纵轴成 24.5°;P=1.54 G,与股骨纵轴成 29.5°;T=0.25 G,方向竖直向下。其中 G 为体重,G=700 N,则 R=1 645 N,P=1 078 N,T=411.25 N(图 3)。

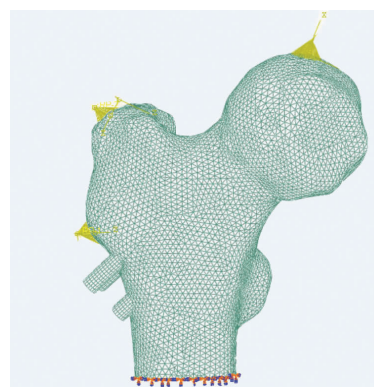


图 3 模型受力加载及边界约束
Fig.3 Model loading and boundary constraints

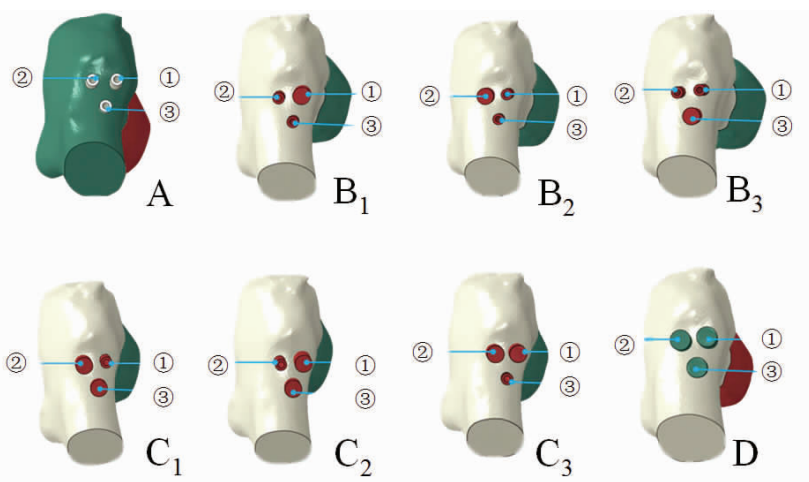


图 2 8 组螺钉内固定模型。A:3 枚半螺纹空心钉;B1:1 枚全螺纹钉位于①号位;B2:1 枚全螺纹钉位于②号位;B3:1 枚全螺纹钉位于③号位;C1:1 枚半螺纹钉位于①号位;C2:1 枚半螺纹钉位于②号位;C3:1 枚半螺纹钉位于③号位;D:3 枚全螺纹空心钉

Fig.2 Eight groups screw placement schemes. A:Three PTSs;B1:One FTS in position ①;B2:One FTS in position ②;B3:One FTS in position ③;C1:One PTS in position ①;C2:One PTS in position ②;C3:One PTS in position ③;D:Three FTSs

1.4 评价指标

通过以下几项指标对 8 组内固定方式进行生物力学评价和分析:(1)内固定物的应力分布及应力峰值。(2)股骨的应力分布及应力峰值。(3)骨折断端切面的应力分布及应力峰值。(4)内固定物位

移和峰值。(5)术后股骨颈长度。

2 结果

2.1 内固定物的应力分布

8 组的内固定应力主要集中于骨折线处,且均位于 3 枚螺钉中的下方位置螺钉的底部(图 4),应力峰值分别为 239.71、213.44、199.37、230.82、201.63、215.72、185.65、192.64 MPa。内固定物应力峰值随全螺纹钉数量增加而下降。从应力结果来看,钛钉所受到的 VonMises 应力远远小于材料的屈服强度,故可认为在此工况下不会发生断钉情况。

2.2 股骨的应力分布

8 组股骨所受应力主要集中于股骨小转子附近,尤其是转子下股骨内侧区域(图 5),应力峰值分别为 269.48、241.62、249.43、269.69、271.60、346.64、236.97、439.62 MPa。与 A 组相比,另 7 组的股骨应力峰值增幅分别是 -10.34%、-7.44%、0.08%、0.79%、28.63%、-12.06%、63.14%。

2.3 骨折断端切面的应力分布

8 组骨折断端切面应力主要集中于半螺纹钉道周围,全螺纹钉道周围应力相对较小(图 6)。应力峰值分别为 149.12、143.04、140.47、139.63、139.81、130.07、117.77、57.89 MPa。与 A 组相比,另 7 组的应力峰值增幅分别是 -4.08%、-5.80%、-6.36%、-6.24%、-12.77%、-21.02%、-61.18%。

2.4 内固定物位移和峰值

内固定物的位移基本是沿股骨颈轴线方向,从螺钉尖端向外侧的螺钉尾端传递,位移最大处均处于股骨头内部的螺钉尖端(图 7)。8 组螺钉位移峰值分别为 5.52、5.43、5.32、5.17、5.05、5.13、5.28、5.04 mm,3 枚半螺纹钉组的螺钉位移峰值最大,3 枚全螺纹钉组的螺钉位移峰值最小。与 A 组相比,另 7 组的内固定物的位移峰值增幅分别是 -1.63%、-3.62%、-6.34%、-8.51%、-7.07%、-4.35%、-8.70%。

2.5 股骨颈长度

8 组股骨颈长度分别为 74.69、74.72、74.70、74.70、74.72、74.70、74.72、74.74 mm。与 A 组相比,另 7 组的股骨颈短缩程度分别是 0.04%、0.01%、0.01%、0.04%、0.01%、0.04%、0.07%。3 枚半螺纹钉组的股骨颈短缩最明显,3 枚全螺纹钉组股骨颈短缩影响最小。

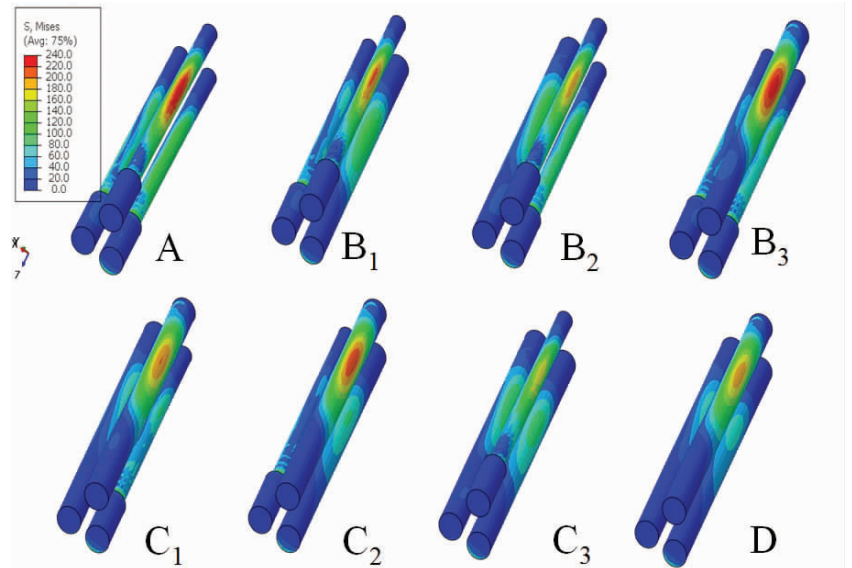


图 4 各组内固定物 VonMises 应力分布云图。A:3 枚半螺纹空心钉;B1:1 枚全螺纹钉位于①号位;B2:1 枚全螺纹钉位于②号位;B3:1 枚全螺纹钉位于③号位;C1:1 枚半螺纹钉位于①号位;C2:1 枚半螺纹钉位于②号位;C3:1 枚半螺纹钉位于③号位;D:3 枚全螺纹空心钉
Fig.4 VonMises stress distribution of fixings in each group. A: Three PTSs; B1: One FTS in position ①; B2: One FTS in position ②; B3: One FTS in position ③; C1: One PTS in position ①; C2: One PTS in position ②; C3: One PTS in position ③; D: Three FTSs

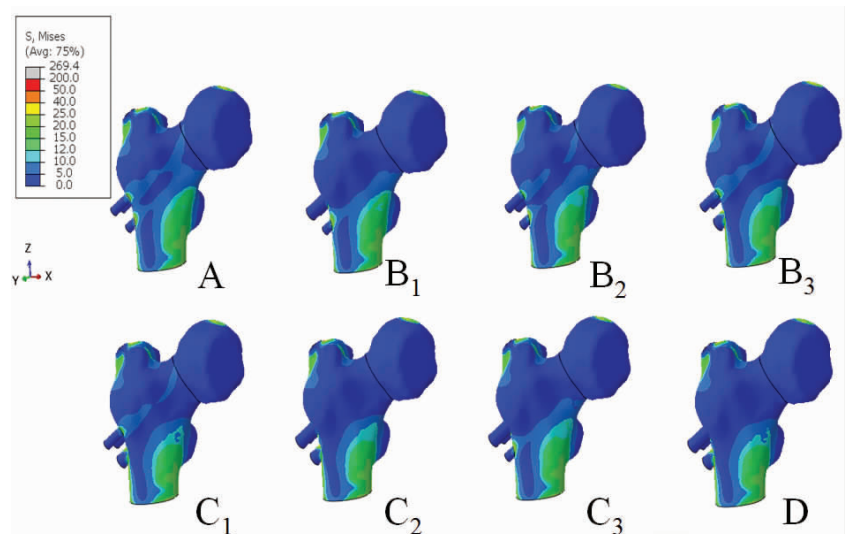


图 5 各组股骨 VonMises 应力分布云图。A:3 枚半螺纹空心钉;B1:1 枚全螺纹钉位于①号位;B2:1 枚全螺纹钉位于②号位;B3:1 枚全螺纹钉位于③号位;C1:1 枚半螺纹钉位于①号位;C2:1 枚半螺纹钉位于②号位;C3:1 枚半螺纹钉位于③号位;D:3 枚全螺纹空心钉
Fig.5 VonMises stress distribution in femur of each group. A: Three PTSs; B1: One FTS in position ①; B2: One FTS in position ②; B3: One FTS in position ③; C1: One PTS in position ①; C2: One PTS in position ②; C3: One PTS in position ③; D: Three FTSs

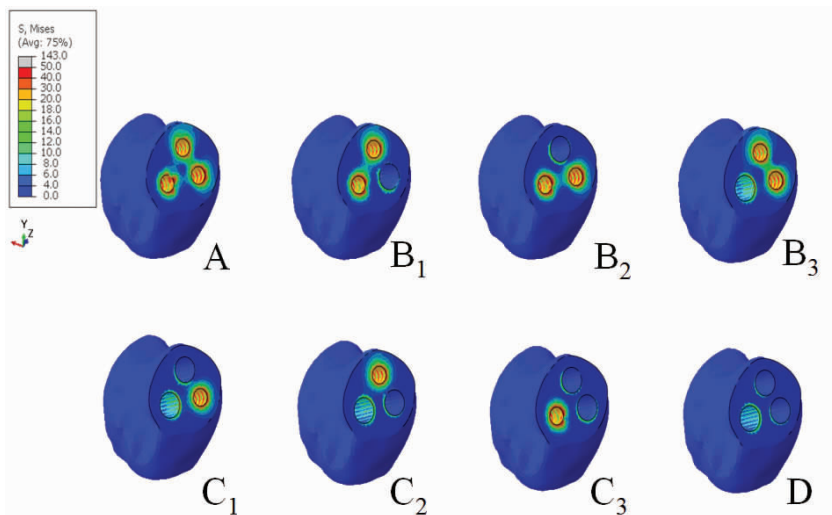


图 6 各组骨折断端切面 VonMises 应力分布云图。A:3 枚半螺纹空心钉;B₁:1 枚全螺纹钉位于①号位;B₂:1 枚全螺纹钉位于②号位;B₃:1 枚全螺纹钉位于③号位;C₁:1 枚半螺纹钉位于①号位;C₂:1 枚半螺纹钉位于②号位;C₃:1 枚半螺纹钉位于③号位;D:3 枚全螺纹空心钉

Fig.6 Stress distribution in eight fracture section configurations. A:Three PTSs;B₁:One FTS in position ①;B₂:One FTS in position ②;B₃:One FTS in position ③;C₁:One PTS in position ①;C₂:One PTS in position ②;C₃:One PTS in position ③;D:Three FTSs

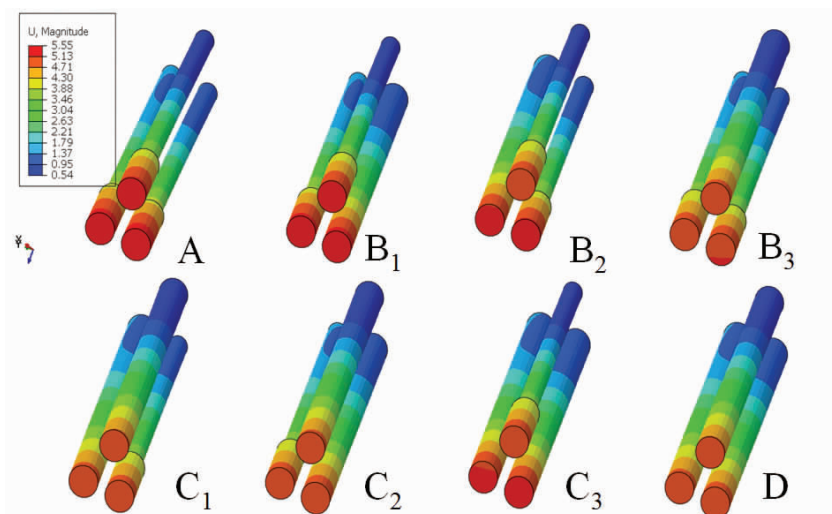


图 7 各组内固定物位移分布云图。A:3 枚半螺纹空心钉;B₁:1 枚全螺纹钉位于①号位;B₂:1 枚全螺纹钉位于②号位;B₃:1 枚全螺纹钉位于③号位;C₁:1 枚半螺纹钉位于①号位;C₂:1 枚半螺纹钉位于②号位;C₃:1 枚半螺纹钉位于③号位;D:3 枚全螺纹空心钉

Fig.7 Displacement distribution of fixed objects in each group. A:Three PTSs;B₁:One FTS in position ①;B₂:One FTS in position ②;B₃:One FTS in position ③;C₁:One PTS in position ①;C₂:One PTS in position ②;C₃:One PTS in position ③;D:Three FTSs

3 讨论

随着股骨颈骨折青壮年患者数量日益增多,空心钉内固定术作为对年龄<60 岁中青年股骨颈骨折患者治疗的主要方式,越来越受到关注,但其术后股骨颈短缩、骨不连、股骨头坏死等并发症也同样值得重视。据研究报道,术后 1 年股骨颈短缩、骨不连及股骨头缺血坏死的发生率分别可达 48.9%、10.6%和

14.8%^[2]。3 枚半螺纹空心钉由于其平行排列,对骨折线两端持续产生滑动加压作用,虽有利于骨折愈合,但因骨折线处骨质在长期加压下被逐渐吸收,导致术后股骨颈短缩,使股骨颈偏心距减少,进一步造成臀中肌、臀小肌髋关节外展肌力臂减小,最终造成髋关节功能障碍,严重影响患者预后。因此,寻求一种既生物力学性能稳定,又可以最大限度减少股骨颈短缩程度的内固定方案是目前研究的热点。

3.1 螺钉选择对骨折稳定性的分析

股骨颈骨折愈合需要内固定物提供整体相对稳定环境和持续加压固定。故此,空心钉内固定所提供的整体稳定性至关重要。最佳的内固定方式应当使股骨应力分布相对分散而非集中于某些区域。股骨应力峰值大和应力相对集中,一定程度上反应了术后股骨近端整体抗旋、抗剪切力能力下降。本研究结果显示,与 A 组(3 枚半螺纹空心钉)股骨应力峰值 269.48 MPa 比较,采用全螺纹钉后应力峰值增幅达-12.06%~63.14%。故比较各组股骨应力峰值及分布后,笔者认为应避免采用 C₂ 组(1 枚后上方半螺纹空心钉加 2 枚全螺纹空心钉)、D 组(3 枚全螺纹空心钉)的置钉方案。

3.2 螺纹钉选择对骨折断端滑动加压作用影响的比较

滑动加压作用是股骨颈愈合的生物力学基础。在有限元分析中,骨折断端切面的应力峰值大小是空心拉力螺钉滑动加压原理

的直接体现。本研究结果显示,与 A 组(3 枚半螺纹空心钉)骨折断端切面应力峰值 149.12 MPa 比较,采用全螺纹钉后峰值均出现下降,幅度达-4.08%~-61.18%。可见降幅随全螺纹钉数量增加而扩大,A 组应力峰值最大,对骨折端的滑动加压作用最明显。因此,本研究提示应避免临床选择轴向加压能力差、不利于股骨颈愈合的 C₃ 组(1 枚下方半螺纹空

心钉加 2 枚全螺纹空心钉)、D 组 (3 枚全螺纹空心钉)的置钉方案。

3.3 螺纹钉选择对股骨头力学特性的改变

已有学者提出, 股骨颈骨折空心钉术后颈短缩程度与股骨头塌陷存在关联, 或许是因为股骨颈短缩后股骨头滋养血管网被破坏所致^[15]。在本研究中, 由于设定螺钉头部螺纹部分与股骨头为绑定关系, 且从位移云图可以看到螺钉位移分布集中于股骨头区, 故可认为螺钉位移峰值大小与股骨头形变大小成正相关。通过本研究的结果排除了 A、B1、B2、B3、C2、C3 组, 可以选择使股骨头形变较少的 C1 组 (1 枚前上方半螺纹空心钉加 2 枚全螺纹空心钉)、D 组 (3 枚全螺纹空心钉)置钉方案, 来维持股骨头的相对稳定和股骨头血运的通畅, 减少术后股骨头缺血性坏死的发生。

3.4 全螺纹空心钉对术后股骨颈短缩程度影响

股骨颈骨折空心钉内固定术后常继发股骨颈短缩, 多数学者通过改变螺钉种类、数量或者分布位置以探索新置钉方案来减少股骨颈短缩程度^[6-8, 16-17]。本研究结果显示, 随全螺纹空心钉数量的增加, 股骨颈短缩程度逐渐降低。通过测量各组术后股骨颈长度, 将其与 A 组 (3 枚半螺纹空心钉)股骨颈长度对比后, 笔者认为应排除增幅较小的 B2 组 (1 枚后上方全螺纹空心钉加 2 枚半螺纹空心钉)、B3 组 (1 枚下方全螺纹空心钉加 2 枚半螺纹空心钉)、C2 组 (1 枚后上方半螺纹空心钉加 2 枚全螺纹空心钉)以及自身对照组 A 组。

3.5 股骨颈骨折空心螺纹钉优化方案的选择

本研究对呈倒三角分布的不同位置采用不同数量全螺纹空心钉治疗 Pauwels II 型股骨颈骨折的有限元分析结果进行对比, 分析各组间生物力学特性及股骨颈短缩程度后, 笔者认为: (1)从股骨近端术后抗旋转、抗剪切及稳定性来看, 排除了 C2、D 组方案。(2)从为骨折端提供滑动加压作用, 促进骨折愈合能力分析, 排除了 C3、D 组方案。(3)从防止股骨头过分塌陷, 保障股骨头血运而言, 排除了 A、B1、B2、B3、C2、C3 组方案。(4)为减少术后股骨颈过度短缩程度, 排除了 A、B2、B3、C2 组方案。综上分析, 运用有限元分析法对内固定物的应力分布及应力峰值、股骨近端应力分布及应力峰值、骨折断端切面的应力分布及应力峰值、内固定物位移和峰值以及术后股骨颈长度的结果比较, 逐步排除了不利于骨折愈合、骨折端稳定、造成术后颈短缩明显的组别, 最终选择呈倒三角分布的前上方 1 枚半螺纹空心钉联合 2 枚全螺纹空心钉 (C1 组)的优化置钉方案, 与传统 3 枚半螺纹空心钉相比, 既可以提供滑动加压作

用, 充分保证骨折稳定性, 又能最大程度上减少过度加压所致的术后股骨颈短缩程度。

综上所述, 本研究表明采用呈倒三角分布的前上方 1 枚半螺纹空心钉联合 2 枚全螺纹空心钉的方案在维持骨折稳定性方面与单纯 3 枚半螺纹空心钉方案相近, 可有效预防术后股骨颈短缩, 为临床上治疗股骨颈骨折提供了置钉优化方案。

参考文献

- [1] 林振恩, 郑斌, 陈学生, 等. 改良闭合复位技术治疗股骨颈骨折疗效分析[J]. 中国骨伤, 2018, 31(2): 115-119.
LIN ZE, ZHENG H, CHEN XS, et al. Analysis of curative effect of traditional Chinese bone setting manipulation for the treatment of femoral neck fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(2): 115-119. Chinese with abstract in English.
- [2] 张立志, 高杰, 张志成, 等. 人工髋关节置换和空心钉内固定治疗高龄患者股骨颈骨折的临床疗效对比[J]. 中国骨伤, 2018, 31(2): 103-110.
ZHANG LZ, GAO J, ZHANG ZC, et al. Comparison of clinical effects of total artificial hip replacement and cannulated screw fixation for the treatment of displaced femoral neck fractures in elderly patients[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(2): 103-110. Chinese with abstract in English.
- [3] 冯晓飞, 余霄, 庞清江. 股骨颈骨折内固定术后股骨颈短缩的临床特点[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2018, 11(5): 364-369.
FENG XF, YU X, PANG QJ. Clinical feature of femoral neck shortening after internal fixation of femoral neck fracture[J]. Zhonghua Gu Yu Guan Jie Wai Ke Za Zhi, 2018, 11(5): 364-369. Chinese.
- [4] 余霄, 张迪峰, 宋蒙胜, 等. 骨质疏松性股骨颈骨折空心钉内固定术后股骨颈短缩对髋关节生物力学影响的有限元分析[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(33): 2628-2632.
YU X, ZHANG DF, SONG MS, et al. Finite element analysis of evaluating the change of the hip joint biomechanics following femoral neck shortening after cannulated screw fixation for osteoporotic femoral neck fracture[J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2020, 100(33): 2628-2632. Chinese.
- [5] Slobogean GP, Stockton DJ, Zeng BF, et al. Femoral neck shortening in adult patients under the age of 55 years is associated with worse functional outcomes: Analysis of the prospective multi-center study of hip fracture outcomes in China (SHOC)[J]. Injury, 2017, 48(8): 1837-1842.
- [6] Shin KH, Hong SH, Han SB. Posterior fully threaded positioning screw prevents femoral neck collapse in Garden I or II femoral neck fractures[J]. Injury, 2020, 51(4): 1031-1037.
- [7] Weil YA, Qawasm F, Liebergall M, et al. Use of fully threaded cannulated screws decreases femoral neck shortening after fixation of femoral neck fractures[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2018, 138(5): 661-667.
- [8] 黄永刚, 宋春健, 黄坤, 等. 空心加压螺钉内固定治疗垂直型股骨颈骨折的前瞻性研究[J]. 中国骨与关节杂志, 2018, 7(11): 832-836.
HANG YG, SONG CJ, HUANG K, et al. Treatment of vertical femoral neck fracture with cannulated screw fixation[J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Za Zhi, 2018, 7(11): 832-836. Chinese.
- [9] 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.

WANG Y, LIU ZP, YIN T, et al. Finite element study on biomechanics of internal fixation for femoral neck fracture[J]. Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Wai Ke Za Zhi, 2019, 25(1):56-61. Chinese.

[10] 张晟, 王一民, 王博炜, 等. InterTan 钉板系统与空心钉固定 Pauwels Ⅲ型股骨颈骨折的有限元分析[J]. 中华创伤骨科杂志, 2013, 15(1):13-17.

ZHANG C, WANG YM, WANG BW, et al. InterTan compression hip screw versus three parallel cannulated screws for Pauwels Ⅲ femoral neck fractures: a finite element analysis[J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2013, 15(1):13-17. Chinese.

[11] Eberle S, Gerber C, von Oldenburg G, et al. A biomechanical evaluation of orthopaedic implants for hip fractures by finite element analysis and in-vitro tests[J]. Proc Inst Mech Eng H, 2010, 224(10):1141-1152.

[12] Chen WP, Tai CL, Shih CH, et al. Selection of fixation devices in proximal femur rotational osteotomy: clinical complications and finite element analysis[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2004, 19(3):255-262.

[13] 任栋, 程培焱, 宋朝晖, 等. 不同数量和空间构型的空心拉力螺钉治疗股骨颈骨折的有限元分析[J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(9):815-822.

REN D, CHEN PY, SONG ZH, et al. Three-dimensional finite element analysis of different quantity and configuration of cannulated lag screws for femoral neck fractures[J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2017, 33(9):815-822. Chinese.

[14] 苏雁飞, 王奇志, 胡磊, 等. 单钉固定股骨颈骨折的应力分析[J]. 北京生物医学工程, 2008, 27(4):355-357.

SU YF, WANG QZ, HU L, et al. The stress analysis of a femoral neck fracture model fixed with a single screw[J]. Bei Jing Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng, 2008, 27(4):355-357. Chinese.

[15] Nanty L, Canovas F, Rodriguez T, et al. Femoral neck shortening after internal fixation of Garden I fractures increases the risk of femoral head collapse[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2019, 105(5):999-1004.

[16] 相庚, 冯亚非, 程建刚, 等. 单头与双头螺纹空心钉固定治疗 Pauwels Ⅲ型股骨颈骨折的生物力学性能比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21(12):1064-1068.

XIANG G, FENG YF, CHEN JG, et al. A biomechanical comparison of single-versus double-threaded cannulated screws for femoral neck fractures of Pauwels type Ⅲ [J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2019, 21(12):1064-1068. Chinese.

[17] Li J, Wang M, Li L, et al. Finite element analysis of different configurations of fully threaded cannulated screw in the treatment of unstable femoral neck fractures[J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1):272.

(收稿日期:2021-04-21 本文编辑:王玉蔓)

• 经验交流 •

自体结构植骨结合钢板固定治疗初次全膝关节置换胫骨内侧严重骨缺损

王旭春¹, 姜斌方¹, 武中庆¹, 陈闽昌¹, 张占丰²

(1.湖州市吴兴区人民医院骨科, 浙江 湖州 313000; 2. 湖州市第一人民医院, 浙江 湖州 313000)

【摘要】 目的: 探讨自体结构植骨结合钢板固定这一技术在伴随胫骨近端内侧严重骨缺损的初次全膝置换术(total knee arthroplasty, TKA)中的应用技巧及其价值。方法: 自 2012 年 3 月至 2018 年 10 月采用自体结构植骨结合钢板固定处理初次全膝置换术中胫骨近端内侧严重骨缺损患者 21 例, 男 9 例, 女 12 例, 年龄 61~77(69.6±9.1)岁, 病程 64~257(73.6±170.7)个月。根据 Rand 分型: Ⅲb 型 13 例, Ⅳb 型 8 例。术后观察并发症发生情况, 以美国特种外科医院(Hospital for Special Surgery, HSS)评分, SF-36 生活质量评分进行膝关节功能评价。结果: 21 例患者均获得随访, 时间 37~64(49.5±13.7)个月。所有患者切口顺利愈合, 术后 2 例患者出现下肢肌间静脉丛血栓, 无假体周围感染、假体松动等其他并发症出现。所有患者在术后 X 线随访时自体植骨块均获得骨性愈合, 愈合时间 8~13(10.1±2.3)个月。患者 HSS 评分由术前 30~48(53.4±4.2)分升高至末次随访时 75~92(81.2±8.4)分(P<0.05)。患者术后 SF-36 生活质量评分与术前比较差异有统计学意义(P<0.05)。结论: 自体结构植骨结合钢板固定这一技术应用于初次膝关节置换中胫骨近端严重骨缺损能获得满意的骨整合效果, 并发症少, 对膝关节功能改善效果明显。

【关键词】 关节成形术, 置换, 膝; 骨关节炎, 膝; 胫骨; 骨缺损

基金名称: 浙江省医药卫生科技计划项目(编号: 2021KY346)

Fund program: Medical and Health Science and Technology Plan Project of Zhejiang(No. 2021KY346)

通讯作者: 武中庆 E-mail: 335980557@qq.com

Corresponding author: WU Zhong-qing E-mail: 335980557@qq.com