doi:10.11659/jjssx.05E017095

·临床研究·

三维可视化辅助股骨近端防旋髓内钉治疗高龄股骨粗隆间骨折

梁爱军[1,2],李佳怡[2],黄辰宇[3],刘 帅[2],徐 燕[3],姚庆强[2,3],王黎明[2,3] (1.姜堰中医院骨科,江苏 泰州 225500;2.南京医科大学附属南京医院骨科,江苏 南京 210006;3.南京医科大学数字医学研究所,江苏 南京 210006)

[摘 要] **目的** 探讨三维可视化(3DV)技术辅助股骨近端防旋髓内钉(PFNA)在高龄股骨粗隆间骨折(ITF)的精准化手术中的应用。**方法** 对姜堰中医院2015年6月至2016年6月11例不稳定型高龄ITF骨折行股骨近端防旋髓内钉(PFNA)治疗,所有患者术前行多排螺旋CT容积扫描,将获取得"Dicom"容积扫描数据使用M3D软件在骨窗进行三维重建;基于三维重建数据实施计算机辅助设计(CAD),包括解剖数据测量、骨折复位模拟、股骨近端防旋髓内钉(PFNA)植入参数设计,将所得CAD数据通过S-3DV系统在术中适时显示,并指导手术。记录患者的手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间及Harris髋关节评分。**结果** 3DV-PFNA技术的术中PFNA使用与CAD设计值无统计学差异($P>0.05$)。与既往常规手术结果比较,3DV-PFNA技术的术前牵引复位时间、手术时间、术中出血量、术后引流量等指标占优($P<0.05$),而下地时间、住院时间无统计学差异($P>0.05$)。术后1周内3DV-PFNA技术的髋关节Harris功能评分优于常规手术,术后1个月VAS评分无显著性差异,3DV-PFNA技术的11例骨折均愈合良好,3DV-PFNA技术的并发症发生率优于常规手术。**结论** 3DV可准确构建股骨转子间骨折的原型,设计骨折牵引复位角度,提高手术精度,减少手术时间,达到更佳的手术效果。

[关键词] 股骨粗隆间骨折;股骨近端防旋髓内钉;三维可视化;计算机辅助设计

[中图分类号] R683 [文献标识码] A [收稿日期] 2017-05-27

3D visualization assisted proximal femoral nail anti-rotation surgery in the treatment of elderly intertrochanteric fracture

LIANG Ai-jun[1,2], LI Jia-yi[2], HUANG Chen-yu[3], LIU Shuai[2], XU Yan[3], YAO Qing-qiang[2,3], WANG Li-ming[2,3] (1. Department of Drthopedics, Traditional Chinese Medicine Hospital of Jiangyan, Taizhou Jiangsu 225500, China; 2. Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing Jiangsu 210006, China; 3. Institute of Digital Medicine, Nanjing Medical University, Nanjing Jiangsu 210006, China)

Abstract: Objective To investigate the application of 3D visualization(3DV) assisted proximal femoral nail anti-rotation(PFNA) surgery in the treatment of elderly intertrochanteric fracture(ITF). **Methods** Totally 11 cases of elderly unstable ITF were treated with 3DV assisted PFNA fixation surgery. All these patients were examined with multi-row spiral CT volume scan, and the anatomical data of Dicom was reconstructed through M3D software. Computer aided design(CAD) was performed based on 3D reconstruction data, including anatomical data measurement, fracture reduction simulation, and proximal femoral head nail (PFNA) implant parameter design. And the CAD data were showed by S-3DV system during operation to guide the operation. Time of operation, intra-operative blood lose, post-operative drainage volume, hospital stay time and Harris hip score were recorded and compared to the non-3DV assisted PFNA procedure. **Results** In 3DV-PFNA surgery, there was no significant difference between the preoperative planned average PFNA size and the implanted average PFNA size

[通信作者] 王黎明,E-mail:wanglimingnj@gmail.com

[17] 任培方,卢 红,沈 晔,等. Toric人工晶状体的临床应用与效果评价[J]. 中国实用眼科杂志,2010,28(8):840-842. doi:10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2010.08.011.

[18] Cucera A, Lang GK, Buchwald HJ. Intra- and interindividual comparison of corneal refraction measured by IOL-Master vs[J]. Klin Monbl Augenheilkd, 2008, 225(11): 957-962. doi:10.1055/s-2008-1027843.

[19] Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement[J]. Am J Ophthalmol, 2009, 147(5): 788-795. doi:10.1016/j.ajo.2008.12.020.

[20] Mas D, Espinosa J, Domenech B, et al. Correlation between the dioptric power, astigmatism and surface shape of the anterior and posterior corneal surfaces[J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2009, 29(3): 219-226. doi:10.1111/j.1475-1313.2008.00632.x.

[21] Koch DD, Ali SF, Weikert MP, et al. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism[J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38(12): 2080-2087. doi:10.1016/j.jcrs.2012.08.036.

[22] Savini G, Naeser K. An analysis of the factors influencing the residual refractive astigmatism after cataract surgery with toric intraocular lenses[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2015, 56(2): 827-835. doi:10.1167/iovs.14-15903.

(编辑:刘 艺)

($P>0.05$). Compared to the non-3DV-PFNA surgery,3DV-PFNA surgery has less intra-operative blood lose and post-operative drainage volume,shorter time of preoperative traction reduction and operation($P<0.05$). Harris hip function score of 3DV-PFNA surgery was better than the conventional surgery 1 week after operation,and there was no significant difference in VAS score 1 month after operation. The 11 cases treated with 3DV-PFNA technology were healed well, and the rate of complications was lower than the conventional surgery. **Conclusion** 3DV technique can show accuracy CAD model of ITF,which may play an important role to improve efficiency and accuracy of PFNA surgery.

Keywords: intertrochanteric fracture;proximal femoral nail anti-rotation;3D visualization;computer aided design

我国老龄化社会的迫近使得高龄股骨粗隆间骨折(intertrochanteric fracture, ITF)发生率逐年上升,已经成为临床较为常见的骨折之一[1]。由于高龄患者多伴有高血压、冠心病、糖尿病等慢性疾病,高龄患者的髋部肌肉力量弱,卧床以后肌力下降更为明显,同时ITF发生后需要长期卧床,康复困难,导致ITF骨折的并发症发生率高,是骨科临床常见的致死性疾病之一[2]。近年来开始在临床使用的股骨近端防旋髓内钉(proximal femoral nail anti-rotation, PFNA)内固定被认为是一种较为可靠的髓内固定系统,既往的研究发现PFNA内固定有利于早期活动,已成为ITF骨折的重要治疗方法之一[3-4];但PFNA内固定术的成功施行往往需要借助于良好的闭合牵引复位、准确的经皮内固定植入,学习曲线长,对医师的手术技术要求高[5]。

近年来,三维可视化技术(3D visualization, 3DV)以其精准的解剖学测量、个性化手术设计、术中实时动态三维显示等特点,逐渐开始了前期的临床应用研究[6-8],在创伤骨科3DV技术被认为是辅助PFNA技术进行ITF骨折治疗的有效方法[9-10]。本研究尝试采用3DV技术辅助高龄股骨粗隆间骨折(ITF)的PFNA手术治疗,发现相较于常规PFNA手术,3DV-PFNA技术可以更好地观察骨折形态并指导术前牵引复位,帮助手术更加迅速有效地施行,从而有效缩短了牵引复位时间及手术时间,减少了术中出血量及术后引流量,并取得更加理想的术后疗效,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

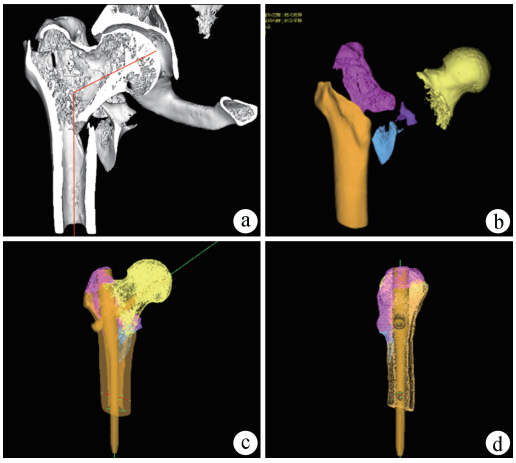
对姜堰中医院2015年6月至2016年6月11例ITF患者接收3DV-PFNA手术治疗,其中男6例,女5例;年龄为67~82岁,平均74.8岁;左侧4例,右侧7例;骨折AO分型:A2型5例,A3型6例。手术风险根据美国麻醉医师协会(ASA)分级[11],3DV-PFNA组Ⅰ级2例,Ⅱ级5例,Ⅲ级3例,Ⅳ级1例;合并有高血压病9例,糖尿病3例,冠心病1例,慢性肺疾病4例,陈旧性脑梗死2例;致伤原因:跌伤8例,交通事故伤2例,扭伤1例。入组患者从受伤至接受手术时间为2~7 d,平均3.6 d。采用常规PFNA手术的患者15例,其中男7例,女8例;年龄为62~83岁,平均72.6岁;左侧6例,右侧9例;骨折AO分型:A2型6例,31-A3型9例,ASA分级:Ⅰ级3例,Ⅱ级8例,Ⅲ级3例,Ⅳ级1例。合并内科疾病:原发性高血压7例,糖尿病4例,冠状动脉粥样硬化性心脏病2例,慢性肺疾病3例,陈旧性脑梗死3例。致伤原因:跌伤9例,交通伤3例,扭伤2例,坠落伤1例。入组患者从受伤至接受手术时间为2~6 d,平均3.1 d。2组患者均无明显手术禁忌证,手术采用PFNA闭合复位内固定。所有ITF患者入院后即开始低分子肝素抗凝治疗。在术前准备期间,发现伴随有内科疾病者,均安排对症治疗;对有糖尿病的患者术前用胰岛素泵治疗,使其空腹血糖小于9 μmol/L以下,术后继续使用直至拆线,然后改用口服降糖药或继续胰岛素补充治疗;对高血压患者则需用降压药使血压达到正常范围;对有陈旧心梗、脑梗塞及重要脏器功能障碍者需待病情稳定,经相关科室会诊无手术禁忌才考虑行PFNA手术。

1.2 手术方法

1.2.1 解剖数据获取与CAD设计 采用16层多排螺旋CT对患侧髋部及股骨行轴向容积扫描,扫描范围为骨盆至膝关节。扫描层厚0.5 mm,扫面矩阵512×512,扫描后进行骨窗重建,重建厚度为1 mm,扫描后数据结果以Dicom格式数据文件存储。数据输入到M3D Medgraphic数字医学软件(上海交通大学-锋算实验室)中,利用其阈值提取、区域增长等功能,得到三维骨骼解剖数据以".STL"文件输入3D-Matic软件;在3D-Matic中对数据进行表面光滑、后处理,并行解剖数据的测量及股骨粗隆间骨折块复位、模拟PFNA植入。将模拟手术的".STL"文件在M3D数字医学软件于TKA术中使用MSV三维可视化显示系统进行实时动态显示(图1)。

1.2.2 手术方法 常规手术技术同研究者团队既往的研究结果[9,12]。3DV-PFNA技术于麻醉后取仰卧位于骨科牵引床上,依据3DV的显示结果,确定牵引

的角度与长度,结合 C 型臂 X 光机透视下实施股骨粗隆间骨折的闭合复位;复位满意后在大转子近端 5 cm 处向头侧做 1 个 4 ~ 5 cm 的外侧切口,钝性分离肌肉,注意保护臀中肌,触到大转子顶点作为进针点,常规 3.2 mm 螺纹导针依照 3DV 的显示结果进行导针植入,术中 X 射线确定位置良好后扩髓后插入 PFNA 主钉;经瞄准器控制适度前倾钻入股骨头颈内导针,直接扩外侧皮质,术前选择的适宜长度螺旋刀片置于解锁状态后直接打入,锁定螺旋刀片,然后通过瞄准器打入远端锁定螺钉,拧入尾帽或骨蜡封闭主钉尾孔。术中 X 射线透视证实螺旋刀片置入在正位片上位于股骨头中心或下 1/3,侧位片上位于股骨头中心后即完成 PFNA 的植入,冲洗切口,切口留置引流管一根并逐层关闭伤口,结束手术。



a:颈干角的解剖测量;b:骨折块三维形态分析;c:模拟复位与 PFNA 植入的正位视图;d:模拟复位与 PFNA 植入的侧位视图

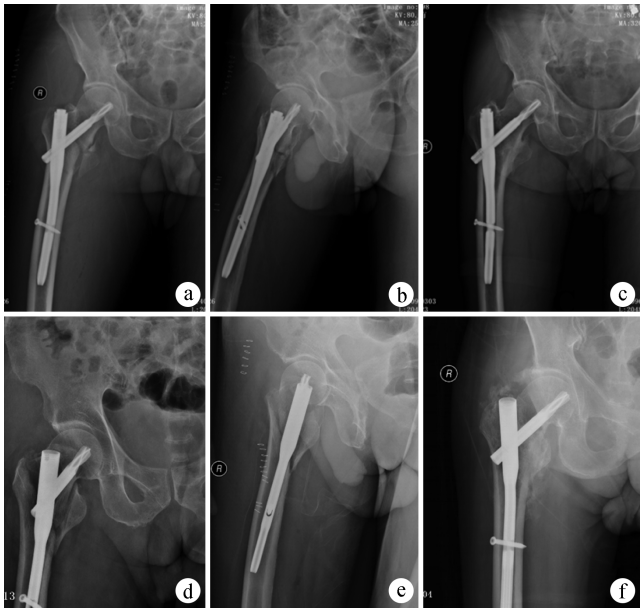
图 1 基于 3DV 技术的解剖分析与手术设计

1.3 疗效评价

记录 PFNA 主钉直径(mm)、主钉长度(mm)、螺旋刀片长度(mm)及尖顶距(tip apex distance , TAD)(mm)大小,并与术中实际值对比。记录 3DV-PFNA 的术中出血量(mL)、手术时间(min)、术后引流量(mL)、住院时间(d)、术后疼痛视觉评分(VAS 评分)、髋关节功能评估(Harris 评分),并与研究者团队既往的常规 PFNA 手术的数据进行比较。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 13.0 统计软件包进行统计学分析。计量资料首先判断数据是否为正态分布,以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,术前计划与实际使用的 PFNA 尺寸、TAD 值采用配对 t 检验进行比较;计量资料的比较采用两独立样本 t 检验,计数资料采用 χ^2 检验,$P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。



a、b:术后 2 d 正、侧位 X 射线显示骨折复位良好,PFNA 植入位置良好;c:术后 9 个月正位 X 射线显示骨折愈合良好;d ~ f:常规 PFNA 手术组;d、e:术后 2 d 正、侧位 X 射线显示 PFNA 内固定位置欠佳,力线恢复不良;c:术后 9 个月正位 X 射线显示骨折愈合,但存在异位骨化

图 2 3DV-PFNA 的术后 X 射线

2 结果

2.1 3DV-PFNA 技术的临床疗效

所有接受 3DV-PFNA 手术的 11 例患者,术中均按术前方案并在 3DV 系统的辅助下进行牵引复位与 PFNA 植入手术,手术入路、主钉直径和长度、螺旋刀片长度及 TAD 与术前方案差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1,提示 3DV 技术可以准确地进行 PFNA 的术前测量与手术设计。与常规 PFNA 技术比较,采用 3DV-PFNA 技术的术前牵引复位时间、手术时间短,术中出血量及术后引流量更少,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。术后 1 周内 3DV 组的髋关节 Harris 功能评分优于 N-3DV 组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 手术并发症

3DV-PFNA 组骨折复位均良好,PFNA 内固定位置良好,所有患者均无术中死亡、肺部感染、脑梗死等并发症的发生,术后随访 3 ~ 12 个月,3DV-PFNA 组骨折均达到临床愈合,2 组均未出现骨折移位、螺旋刀片切出股骨头、内固定物折断、松动等并发症;常规 PFNA 手术组 2 例内固定位置欠佳,2 例出现髋内翻,1 例出现异位骨化,2 例术后肺部感染,经对症治疗后治愈。数据提示 3DV-PFNA 技术与临床的经典方法对比,

3DV-PFNA 组的并发症发生率更低,骨折复位及骨折愈合效果更理想(图 1)。

2.3 典型病例

该患者男性,66 岁,因跌伤致右髋部疼痛伴活动受限 2 h 入院,X 射线提示右 ITF 骨折。入院后予以对症支持治疗,并基于三维 CT 数据进行患侧髋部解剖数据的测量及股骨粗隆间骨折块复位、模拟 PFNA 植入,于入院后第 3 天施行 3DV-PFNA 手术。术前牵引复位在 3DV 指导下通过 3 次透视调整于 5 min 完成,手术时间 30 min,术中出血量 68 mL,术后患者第 3 天下地,术后 X 射线提示骨折复位良好,PFNA 内固定位置良好,术后 9 个月 X 射线提示骨折愈合(图 2)。

表 1 3DV-PFNA 的术前设计参数与术中实际值的比较($\bar{x} \pm s$, $n=11$, mm)

项目	主钉直径	主钉长度	螺旋刀片长度	TAD
术前计划	9.34 ±0.71	176.49 ±11.24	85.19 ±6.15	22.57 ±0.68
实际使用	9.67 ±1.03	179.83 ±15.16	86.82 ±6.70	23.11 ±0.75
t	−0.913 1	−0.615 8	−0.634 0	−1.885 0
P	0.370 3	0.543 8	0.532 1	0.071 6

表 2 3DV-PFNA 技术与常规手术的比较($\bar{x} \pm s$)

手术术式	n	牵引复位时间(min)	透视次数(次)	手术时间(min)	术中出血量(mL)	术后引流量(mL)	住院时间(d)	术后 1 周 Harris 评分(分)
3DV-PFNA	11	5.71 ±2.33	6.5 ±3.7	51.24 ±4.95	102.77 ±4.36	39.85 ±4.13	12.58 ±3.28	69.35 ±5.57
PFNA	15	8.69 ±3.12	10.3 ±4.2	61.07 ±7.47	122.33 ±9.79	58.60 ±6.27	13.10 ±4.24	60.64 ±4.83
t		−2.664 1	−2.393 6	−3.787 0	−6.167 5	−8.618 1	−0.338 6	4.259 5
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05

3 讨论

3.1 PFNA 治疗高龄 ITF 骨折的优势

ITF 骨折尤其老年 ITF 骨折的病死率一直较高,其主要原因是长期卧床导致褥疮、肺炎、泌尿系统感染及深静脉栓塞等严重并发症,故对于高龄 ITF 骨折的治疗需尽快恢复活动能力,减少各种并发症[13-14]。同时,由于 ITF 骨折往往存在不稳定的生物力学因素,非手术治疗的疗程较长,卧床时间长,并发症发生率高,只有 40% 恢复独立生活,恢复到伤前水平不足 20%,故并不是高龄 ITF 骨折理想的治疗方法[15]。人工髋关节置换目前开展已较为成熟,虽然可以迅速有效地改善 ITF 骨折引起的疼痛及功能障碍,近期疗效满意,但还是面临人工关节使用年限相对短、假体感染、松动等并发症相对较高的风险[16]。唐佩福等[14,17]对 PFNA 和人工股骨头置换术治疗老年股骨转子间骨折进行了回顾性研究,研究结果显示 PFNA 作为一种较为可靠的髓内固定方式,其可以明显缩短患者下地康复时间,而关节功能预后无明显差异。在本文,PFNA 患者术后恢复均良好,没有严重并发症的发生。因此。我们认为高龄 ITF 骨折行 PFNA 固定有利于患者的早期健康,可以减少住院、护理、康复的费用,对社会医疗资源的节约也是有利的[18]。可见,PFNA 内固定是治疗高龄 ITF 骨折较理想的治疗方法。

3.2 采用 3DV-PFNA 技术的优势

由于 ITF 骨折好发于伴随有骨质疏松症的高龄患者,股骨头颈部位的骨质可能出现难以满足 PFNA 固定要求的情况,因此最好选择股骨头颈部骨量较高的部位进行 PFNA 内固定[19]。相关研究发现 PFNA 抗旋钉如果置入在股骨头颈中央或稍偏下后方、TAD 控制在低于 25 mm 则可以有效避免股骨头切割的风险,有利于提高早期下地时内固定的安全性。同时,由于 ITF 骨折良好的内后侧骨皮质复位可以减小术后髋内翻畸形的发生率,因此在术前使用牵引复位方法实现对 ITF 骨折内后侧骨皮质的准确复位对术后的疗效具有重要影响[20]。鉴于 ITF 骨折往往伴随有较为复杂的三维解剖学改变,仅仅依靠术前的读片很难准确了解牵引复位的三维方向;而术前的反复透视虽然理论上可以观察三维形态,但是不仅图像不够直接,而且还需要多次变换 C 型臂 X 光机的角度,导致手术时间的延长,也会增加患者和手术医师接触 X 射线带来的伤害的机会[21]。在本文,3DV 系统可以准确地在术前进行三维解剖重建与测量,可以让医师全面观察 ITF 骨折块间的解剖对位关系,并对骨折进行更准确的分型。在此基础上,3DV 还可以计算理想的 PFNA 尺寸,并在术前牵引复位和 PFNA 置钉时进行实施显示,从而准确指导术前的牵引复位。因此本研究结果提示相对于常规 PFNA 技术,手术医师借助于 3DV-PFNA 技术可以减少透视次数、缩短手术时间,对于术中更快地完成牵引复位具有重要的辅助作用。通过 3DV 的实时显示,医师在术中可以随时调取三维解剖图像,明确需要穿过的骨折块,可指导术中进针点的选择,最终的结果提示

3DV-PFNA 技术的内固定位置满意,TAD 均在合理范围内,术后随访未有内固定失败等并发症发生。可见,3DV 技术可以通过术前设计、术前牵引复位指导、术中内固定植入辅助给医师施行 PFNA 内固定提供指导,有利于快速准确的完成手术,从而有效减小手术创伤。

3.3 采用 3DV-PFNA 技术时存在的局限性

由于 3DV 技术尚不能达到理想的全程导航与指引,我们认为还存在以下不足之处:①3DV 技术虽然可以精准地反应解剖结构,但尚无法制作可靠准确的经皮导向模板;②3DV 技术尚不能实现对生物力学环境改变的准确计算,牵引复位时不仅仍需要借助 X 射线进行观察,而且牵引的力量还只能依靠医师的经验来完成;③目前 3DV 技术还需要一定的数据采集、处理时间、特定的软硬件、专门人员,外科医师还需要进一步学习相关数字化软件的应用知识,可能在技术应用初期延长学习曲线。随着 3DV 技术的进一步发展,以上存在的局限性亦可能通过三维设计软件的智能化、解剖数据采集与处理的精确化得到有效解决。

综上所述,相较于常规手术技术,三维可视化辅助的 PFNA 内固定技术可以为高龄股骨粗隆间骨折患者提供更加快速准确的手术,有利于患者术后的早期康复。

[参考文献]

[1] 林 峰,沈 冰,李 玮,等. Ⅲ型标准伽玛(γ)型髓内钉联合抗骨质疏松药物治疗股骨粗隆间骨折临床疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2017,29(8):815 - 816. doi:10.7531/j. issn. 1672 - 9935. 2014. 08. 029.

[2] Chang JD, Yoo JH, Reddy P, et al. Risk factors for contra-lateral hip fracture in elderly patients with previous hip fracture [J]. Injury, 2013, 44(12):1930 - 1933. doi:10.1016/j. injury. 2013. 03. 034.

[3] Cho HM, Lee K. Clinical and functional outcomes of treatment for type A1 intertrochanteric femoral fracture in elderly patients: comparison of dynamic hip screw and proximal femoral nail antirotation [J]. Hip Pelvis, 2016, 28(4):232 - 242. doi:10.5371/hp. 2016. 28. 4. 232.

[4] 顾强荣,王黎明,蒋纯志,等. 股骨近端防旋髓内钉治疗老年股骨粗隆间骨折的疗效分析[J]. 江苏医药,2015,41(6):650 - 652. doi:10.5371/hp. 2016. 28. 4. 232.

[5] 周 青,沈 云. 股骨转子问骨折两种髓内固定方法的比较[J]. 中华创伤骨科杂志,2005,7(8):730 - 733. doi:10.3760/cma. j. issn. 1671 - 7600. 2005. 08. 010.

[6] 黄 俊,纪 方,曹 磊,等. DHS、Gamma 钉和 PFNA 治疗老年骨质疏松性股骨粗隆间骨折[J]. 第二军医大学学报,2008,29(10):1261 - 1263. doi:10.3321/j. issn:0258 - 879X. 2008. 10. 030.

[7] 陈 刚,张绍祥,谭立文,等. 中国人三维数字化肝脏模型系统的建立[J]. 中华肝胆外科杂志,2010,16(10):734 - 737. doi: 10.3760/cma. j. issn. 1007 - 8118. 2010. 10. 006.

[8] 吴 毅,谭立文,罗 娜,等. 女性盆底三维数字化模型在解剖教学中的应用[J]. 局解手术学杂志,2014,23(2):213. doi:10.11659/jjssx. 1672 - 5042. 201402047.

[9] 冒锋涌,姚庆强,郑朋飞,等. 3D 打印骨折模型在股骨粗隆间骨折治疗中的应用[J]. 中华创伤骨科杂志,2016,18(8):725 - 728. doi:10.3760/cma. j. issn. 1671 - 7600. 2016. 08. 015.

[10] Park JH, Lee Y, Shon OJ, et al. Surgical tips of intramedullary nailing in severely bowed femurs in atypical femur fractures: Simulation with 3D printed model[J]. Injury, 2016, 47(6):1318 - 1324. doi:10.1016/j. injury. 2016. 02. 026.

[11] Eakin JL, Bader AM. ASA physical status classification system: Is it consistent amongst providers and useful in determining need for pre-operative evaluation resources? [J]. J Clin Anesth, 2017, 39:73 - 74. doi:10.1016/j. jclinane. 2017. 03. 028.

[12] 郑朋飞,姚庆强,王黎明,等. 3D 打印手术导板引导儿童髋部锁定加压接骨板置入[J]. 中华实验外科杂志,2016,33(2):468. doi:10.3760/cma. j. issn. 1001 - 9030. 2016. 02. 057.

[13] Tsumura H, Torisu T, Kaku N, et al. Five- to fifteen-year clinical results and the radiographic evaluation of acetabular changes after bipolar hip arthroplasty for femoral head osteonecrosis [J]. J Arthroplasty, 2005, 20(7):892 - 897. doi:10.1016/j. arth. 2004. 11. 010.

[14] 唐佩福,姚 琦,黄 鹏,等. 股骨近端髓内钉-螺旋刀片治疗高龄骨质疏松性股骨转子间骨折[J]. 中华创伤骨科杂志,2007,9(7):622 - 624. doi:10.3760/cma. j. issn. 1671 - 7600. 2007. 07. 007.

[15] Herman A, Landau Y, Gutman G, et al. Radiological evaluation of intertrochanteric fracture fixation by the proximal femoral nail [J]. Injury, 2012, 43(6):856 - 863. doi:10.1016/j. injury. 2011. 10. 030.

[16] 赵晶鑫,苏秀云,赵 喆,等. 股骨近端髓内钉治疗股骨粗隆间骨折的影像学分析[J]. 北京大学学报(医学版),2015,47(2):263 - 268. doi:10.3969/j. issn. 1671 - 167X. 2015. 02. 014.

[17] Tang PF, Hu FK, Shen J, et al. Proximal femoral nail antirotation versus hemiarthroplasty: a study for the treatment of intertrochanteric fractures[J]. Injury, 2012, 43(6):876 - 881. doi:10.1016/j. injury. 2011. 11. 008.

[18] Vidyadhara S, Rao SK. One and two femoral neck screws with intramedull-ary nails for unstable trochanteric fracture of femur in the elderly-randomized clinical trial[J]. Injury, 2007, 38(7):806 - 814. doi:806 - 814. Epub 2006 Oct 16.

[19] Yu W, Zhang X, Zhu X, et al. Proximal femoral nails anti-rotation versus dynamic hip screws for treatment of stable intertrochanteric femur fractures: an outcome analyses with a minimum 4 years of follow-up[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2016, 21(17):222. doi:10.1186/s12891 - 016 - 1079 - 7.

[20] 李光辉,夏仁云,王体沛,等. 动力髋螺钉治疗老年人股骨粗隆间骨折的手术风险及疗效[J]. 中国矫形外科杂志,2005,13(20):1538 - 1539. doi:10.3969/j. issn. 1005 - 8478. 2005. 20. 005.

[21] Hwang JH, Oh JK, Han SH, et al. Mismatch between PFNa and medullary canal causing difficulty in nailing of the pertrochanteric fractures[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2008, 128(12):1443 - 1436. doi:10.1007/s00402 - 008 - 0736 - 1.

(编辑:周小林)