

计算机辅助设计-快速成型在股骨转子间骨折修复中的应用： 与常规手术修复效果比较***

邢晓伟¹, 尹庆水¹, 黄山东¹, 张余¹, 徐凯¹, 张海燕², 周晔²

Application of computer-aided design-rapid prototyping in intertrochanteric fracture: Compared to routine operation

Xing Xiao-wei¹, Yin Qing-shui¹, Huang Shan-dong¹, Zhang Yu¹, Xu Kai¹, Zhang Hai-yan², Zhou Ye²

Abstract

BACKGROUND: Development of computer-aided design (CAD)-rapid prototyping implements planar image to three-dimensional solid digitization, thus, provides guidance for disease diagnosis, focus location, and operation project confirmation, which significantly enhance the security and quality of operation.

OBJECTIVE: To evaluate the therapeutic effect of CAD-rapid prototyping on treating femoral intertrochanteric fracture.

METHODS: A total of 30 cases of intertrochanteric fracture, aged 18-55 years, were selected from Department of Orthopaedics, General Hospital of Guangzhou Command. All cases were randomly divided into the routine operation and CAD groups. Traction on tibial tubercle was performed in the routine group; in the CAD group, exception of traction on tibial tubercle, CT data were extracted, intertrochanteric fracture mode was constructed by CAD, operation reposition on femoral intertrochanteric fracture was simulated, the module match with Greater trochanter of femur, as well as the screw patch was designed. Operation duration and bleeding amount were recorded in the operation. The therapeutic effect was evaluated by using Harris scores at 1 year follow-up.

RESULTS AND CONCLUSION: Femoral intertrochanteric fracture 1:1 model and screw implanting platen could guide the operation accurately, which elevated operating security. Compared to the routine group, CAD decreased operation duration and bleeding amount, with excellent reposition. Harris scores for hip joint showed that the patients recovered well after operation. There was no deformity of coxa vara or shortened limb. All patients achieved the anticipation of clinic purpose. CAD-rapid prototyping overcome the disadvantages, such as inaccurately, great trauma, and repeated radiation exposure of routine operation, which is more safety to patients and doctors.

¹Department of Orthopaedics, General Hospital of Guangzhou Command, Guangzhou 510010, Guangdong Province, China

Xing Xiao-wei★, Studying for master's degree, Department of Orthopaedics, General Hospital of Guangzhou Command, Guangzhou 510010, Guangdong Province, China
xxwlm@163.com

Xing XW, Yin QS, Huang SD, Zhang Y, Xu K, Zhang HY, Zhou Y. Application of computer-aided design-rapid prototyping in intertrochanteric fracture: Compared to routine operation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(13):2319-2323. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

Correspondence to: Yin Qing-shui, Doctoral supervisor, Chief physician, Department of Spinal and Orthopaedics, General Hospital of Guangzhou Command, Guangzhou 510010, Guangdong Province, China
gz_yqs@126.com

摘要

背景: 计算机辅助设计-快速成型技术的发展, 实现了从二维图像到三维实物的飞跃, 为临床医生对疾病的诊断、病变点的定位、手术方案的确定提供了重要的依据, 使得手术的安全性和手术的质量有了明显的提高。

目的: 评估计算机辅助设计-快速成型技术应用于股骨转子间骨折手术治疗的临床疗效。

方法: 选择 2008 年解放军广州军区广州总医院骨科收治的股骨转子间骨折患者 30 例, 年龄 18~55 岁, 随机分成常规手术组及计算机辅助组, 常规手术组仅行术前胫骨结节牵引, 计算机辅助组行胫骨结节牵引后提取二维 CT 数据, 计算机辅助设计股骨转子间骨折模型, 并模拟骨折复位手术, 逆向设计与股骨大转子相吻合的组件, 计算机精确设计手术钉道。两组均采用动力髌螺钉内固定, 均记录手术时间, 术中出血量, 术后随访 1 年并采用 Harris 评分标准对手术效果进行评估。

结果与结论: 快速成型建立股骨转子间骨折的 1:1 实体模型及置钉导向模版, 精确地指导手术快速精确实施。快速成型技术做好的模型应用于手术, 提高了手术的安全性, 与常规手术组比较缩短了手术时间, 减少了手术出血量, 术后复查 X 射线见骨折端复位良好, 内固定位置良好, 应用 Harris 髋关节评分患者恢复良好, 无髓内翻畸形及患肢短缩畸形, 显著提高了手术的有效性, 均达到了术前的预期效果。相比传统手术存在精确性不足、创伤较大、术中医生和患者需要反复受到射线照射等缺点, 计算机辅助骨科-快速成型技术应用于手术具有安全, 准确等优点, 术前采集图像可术中反复使用, 并减少术中患的放射性损伤。

关键词: 计算机辅助设计; 快速成型; 骨折; 个性化手术; 数字化骨科技术

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.13.011

Supported by: the Military Science & Technology Program during the Eleventh Five-Year Plan Period, No. 08Z010*; Medical Research Foundation of Guangdong Province, No. B2009211*

Received: 2009-12-10
Accepted: 2010-01-11

邢晓伟, 尹庆水, 黄山东, 张余, 徐凯, 张海燕, 周晔. 计算机辅助设计-快速成型在股骨转子间骨折修复中的应用: 与常规手术修复效果比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(13):2319-2323.

[http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

解放军广州军区
广州总医院, ¹ 脊柱
骨科, ² 医学实
验科, 广东省广州
市 510010

邢晓伟★, 男,
1983年生, 山西
省忻州市人, 汉
族, 南方医科大学
研究生在读硕士,
主要从事上颈椎
疾患的诊断与
治疗研究。
xxwlm@163.com

通讯作者: 尹庆
水, 博士生导师,
主任医师, 解放军
广州军区广州总
医院骨科, 广东省
广州市 510010
gz_yqs@126.
com

中图分类号: R394.2
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225
(2010)13-02319-05

收稿日期: 2009-12-10
修回日期: 2010-01-11
(20091210009/
GW·Z)

0 引言

股骨转子间骨折多见于老年患者, 有资料显示, 其发病年龄较股骨颈骨折晚五六岁, 发病率占全部骨折的3%~4%, 占髋部骨折的35.7%。治疗目的是防止髓内翻畸形, 降低患者的病死率。随着社会人口老龄化和高能量损伤日益增多, 髋部骨折的发生率也不断增高^[1]。传统的牵引治疗要获得良好的复位和可靠的固定非常困难。高龄患者长期卧床引起的并发症很多, 据文献报道, 保守治疗引起髓内翻的发生率为40%~50%, 死亡率高达35%左右^[2]。因此, 如果患者全身情况允许, 早期手术治疗被认为是减少卧床并发症、提高生活质量的有效方法^[3]。

目前手术治疗股骨转子间骨折的内固定种类较多, 常用的为钉板固定装置和髓内固定装置, 此外还有外固定支架及人工关节置换等。动力髋螺钉是最常见的治疗股骨转子间骨折的内固定装置之一, 在长期临床应用过程中取得了良好的效果, 至今仍为骨科医生广泛使用^[4]。在过去几十年里, 医学影像学的发展非常迅速, 计算机图形处理速度也迅速提高, 相应软件处理能力的提高, 计算机辅助设计-快速成型技术的发展, 实现了从二维图像到三维实物的飞跃, 这一切使得临床医生对疾病的诊断、病变点的定位、手术方案的确定提供了重要的依据, 使得手术的安全性和手术的质量有了明显的提高^[5-7]。

本文将计算机辅助设计-快速成型技术应用于临床, 精确指导临床医生快速精确实施手术, 减少术中医生及患者电透次数, 减少辐射量, 缩短手术时间及患者出血量。

1 材料和方法

材料:

主要设备:

设备	厂家
Dell工作站	Intel T5400
螺旋CT	Biograph 16 HR型, 德国 西门子公司
Simpleware 3.2	上海硅步科技材料有限公司
AFS激光快速成型机	北京隆源公司

内固定材料: DHS钛合金材料, 购自威高骨科材料有限公司, 批号:0801142197; 型号: GC2Z06; 性能与用途: 钛合金组织相容性好, 兼具静力与动力加压作用, 滑动式钉板固定装置与加压固定装置, 有利于促进骨折愈合。

对象: 选择2008-01-01/12-31解放军广州军区广州总医院股骨转子间骨折患者30例, 年龄40(18~55)岁; 摔伤8例, 车祸12例, 坠落伤7例, 训练伤2例; 男20例, 女10例。

纳入标准: 60岁以下患者, 无明显骨质疏松, 伤前肢体髋关节活动能力正常, 单侧转子间骨折, 骨折按Evans分型(I、II、III)型。

排除标准: 合并骨盆骨折及下肢其他部位的骨折, 患者存在严重内科基础疾病等手术禁忌证。

30例患者随机分成两组, 计算机辅助组(n=15)与常规手术组(n=15)。

根据Evans分型:

计算机辅助组:

一类I型4例、一类II型7例、一类III型4例, 平均年龄40岁;
摔伤6例, 车祸7例, 训练伤2例;
左侧转子间骨折11例, 右侧转子间骨折4例。

常规手术组:

一类I型5例、一类II型3例、一类III型7例;
摔伤2例, 车祸5例, 坠落伤7例, 训练伤1例;
左侧转子间骨折8例, 右侧转子间骨折7例。

计算机辅助组患者术前均行胫骨结节牵引, 行螺旋CT平扫及快速成型建立骨折模型, 计算机设计与大转子相吻合的置钉模板; 常规手术组患者术前仅行胫骨结节牵引, 术中两组患者于连续硬膜外麻醉下置于骨科牵引床。在征得计算机辅助组患者及其家属同意下行CT扫描及快速成型模型的打印。

试验过程:

计算机辅助设计建立骨折模型及计算机模拟手术复位骨折模型: 患者入院后行X射线检查及螺旋CT平扫, 扫描层厚1 mm, 术前更充分的了解股骨转子间骨折的轮廓及CT断层信息, 患侧髋部CT平扫断层数据以dicom3.0格式导入mimics10.0, 设定Thresholding=200 (housefield scale), 启动edit mask-erase逐层擦去患侧的髓白, region growing对患侧股骨中上段建立mask的像素集合, calculate3D from mask建立患侧转子间的骨折模型, 同理

再建立患侧骨折近端及远端的骨折模型, 在mimics的CMF/Simulation单元下启动reposition将骨折端行解剖复位后, 行Boolean将骨折模型合并成新的STL文件。

计算机辅助设计手术钉道: 提取复位好的转子间骨折模型, MedCAD-draw cylinder钉道的位置选取正位符合颈干角, 进入深度应距股骨头软骨质下0.5~1.0 cm, 侧位均符合前倾角, 且在股骨颈的稍偏下后方通过股骨矩已获得最大把持力^[8], 见位置合适满意后, 启动Boolean将cylinder以STL格式的文件输出待处理。

计算机设计与大转子相贴合的模版: Geomagic studio9.0软件提取复位后布尔运算得到的骨折复位后的STL文件, 启动edit-selection tools-lasso选取范围包括股骨中上段外侧大转子矢状位的最顶点A, 矢状位上大转子前缘顶点B及后缘的顶点C, 保证计算机辅助设计好的模版与大转子良好的贴附, 实现在术中模版避免前后上下滑动, 待范围合适, 边缘规整后edit-reverse selection-delete polygons得到与大转子相吻合的面, open manifold去除三维图像信号噪点, shell选取thickness5.012mm apply, 设计出大转子外侧相贴合的模版。

计算机辅助设计钉道模版: Mimcs10.0提取设计好的与大转子贴合模版与cylinder行Boolean(minus), 生成的substract以STL导入, Geomagic studio9.0将埋入股骨头的那部分钉道delete polygons, 然后open manifold去除三维图像信号噪点, 将露在骨头外面后期做为钉道的cylinder以STL输出; Mimcs10.0提取设计好的与大转子贴合模版与cylinder行Boolean(minus), 生成的substract以STL导入Geomagic studio9.0将模版上的空心噪点delete polygons- open manifold去除三维图像信号噪点; 将上述结果输入Mimcs10.0启动Boolean模块(unite)便得到了钉道和模版的结合体。

快速成型打印骨折模型及钉道模版: 将前期计算机辅助设计好的骨折模型及钉道模版导入magics5.1行优化处理, 优盘拷贝数据导入快速成型机行选择性激光烧结法(SLS, Selective LaserSintering)利用激光器对热塑粉末进行分层烧结固化堆积成形零件, 光敏树脂材料制作出1:1实体股骨转子间模型及打钉导向模版。

进行手术计划, 行体模拟外手术练习:

根据模型进行手术设计: 选择合适的内固定器械, 螺钉的直径、长度, 进钉点及进钉角度, 还可以在模型上模拟进行钻孔、上钉等操作, 以期熟练操作手法, 缩短手术时间, 减少术中出血, 减轻对患者的医源性伤害; 术前可利用快速成型模型向患者及家属详细讲解病变的复杂性及手术操作的危险性, 取得患者及家属的理解与配合, 加强术前宣教的效果^[9]。

快速成型模型的术中应用: 术中将模型带入手术室

(可将模型消毒), 直接在手术台旁供术者参考, 在模型的指导下进行手术操作。根据模型判断螺钉的位置和方向, 保证内固定器械的置入更加直观和准确。

统计设计:

手术的安全性: 手术时间计算(平均手术时间从切开皮肤至关闭伤口计算, 闭合复位透视时间不纳入统计)和手术出血量, 手术人员为本院创伤骨科副教授1名, 对照组采用常规手术方式进行手术。

手术的有效性: 术后平均随访1年, 术后患者行Harris关节评分环节^[10], 术后6个月全部患者均能在无拐的状态下正常活动。

临床随访: 随访时间设为术后1年, 以术后平片等影像资料判断, 平均3个月的骨折愈合时间作为参考, 1年后对患者进行患肢功能评价, 较好地证明此研究的目的, 延长时间导致失访率上升。

评估标准: 髋关节活动功能评价采用Harris关节评分: 包括疼痛(44分), 功能(47分), 下肢畸形(4分), 髋关节活动范围(5分)等4项。满分100分, 90~100为优, 80~89分为良, 70~79分为可, 低于70分为差。

主要观察指标: 出血量、手术时间; 术后髋关节功能; 一次置钉成功率; 术中X射线放射次数。

设计、实施、评估者: 实验设计为第一、二作者, 实施评估为所有作者。

统计学分析: 将随访获取的数据输入电脑数据, 用SPSS 13.0软件进行统计处理, 两组间数据进行独立样本t 检验分析, $P \leq 0.05$ 为差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 手术情况及治疗结果 快速成型模型与术中所见完全吻合, 准确、直观地反映了病变的基本状况, 见图1~4。



Figure 1 Fracture model reproduced by computer
图1 计算机还原骨折模型



Figure 2 Reduction of fracture using computer-aided design
图2 计算机辅助下复位骨折

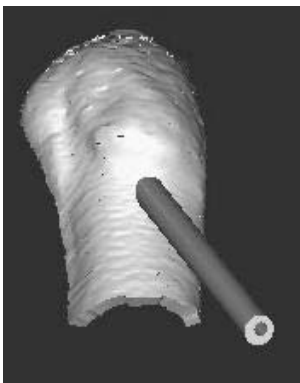


Figure 3 Platen and screw path similar to greater trochanter of femur using computer-aided design
图3 计算机辅助设计与大转子相贴合的模版及钉道



Figure 4 Screw-plate system was used to guide screw implanting
图4 术中应用钉板精确指导置钉

所有患者均按计划完成了手术, 手术过程顺利。计算机辅助组手术时间明显缩短, 术中一次置钉成功率为80%, 常规手术组为40%; 计算机辅助组的术中电透次数显著减少, 相比常规手术的每次15次降低至10次左右, 显著降低了术中患者辐射量; 术后复查X射线和CT效果良好, 基本达到了解剖复位, 骨折端对位对线良好, 符合前倾角及颈干角股骨颈的生物力学特性, 螺钉位置均达到了术前预期的要求(正位在股骨颈下1/3, 螺钉长度在股骨头软骨下0.5~1.0 cm), 未出现神经、血管损伤等并发症。

计算机辅助组平均手术时间(82.20±9.92) min, 出血量(245.60±22.00) mL; 常规手术组手术时间(122.00±10.64) min, 出血量(295.14±19.62) mL, 组间差异具有显著性意义($P \leq 0.05$)。计算机辅助组Harris评分84.33±3.35; 常规手术组Harris评分82.47±3.83, 组间差异无显著性意义。

2.2 不良事件 30例患者术后均进行了为期1年的随访, 无失访, 计算机辅助组未发生髓内翻畸形及伤肢缩短, 两组患者在平均年龄性别、并发症等方面条件基本一致, 差异无显著性意义($P \geq 0.05$)。

3 讨论

近年来随着计算机图形学、影像学的发展, 以及计算机图形处理速度的迅速提高, 人们研究了从二维图像到三维图像的重构技术, 重构的三维图像结合组成了综合计算机技术、虚拟现实技术、医学成像技术、图像处理技术及机器人技术与外科手术相结合, 产生了一个崭新的研究领域, 计算机辅助外科手术是一种基于计算机对大量数据信息的高速处理及控制能力, 通过虚拟手术环境为外科医生从技术上提供支援, 使手术更安全, 更准确的一门新技术学科。用计算机进行手术方案的三维构思比较客观、定量, 且其信息可供整个手术组的每一位成员共享三维图像, 对具体图像与同行进行交流, 在虚拟的空间进行三维手术模拟, 并制定出较为完善的手术方案。如果所设想的空间与现实空间(患者的术野)及位置能够正确的对应, 在手术中就可随时以此作为参考; 相比传统手术完全依赖人工经验, 存在精确性有时不足, 创伤较大, 术中医生和患者需要反复受到射线照射等缺点, 而计算机辅助骨科手术具有安全, 准确等优点, 术前采集图像可术中反复使用, 可减少术中患者的放射性损伤。计算机辅助骨科手术实现了对数字化医学影像的高速处理及控制能力, 通过虚拟手术环境为骨科医生从技术上提供支援, 使手术更微创、更安全、更准确的一门新技术计算机辅助骨科迅猛的发展; 计算机辅助骨科尤其适用于需要反复术中放射线拍摄, 手术部位有重要血管神经通过, 精确性要求高的骨科手术, 如人

工关节置换、脊柱或髋关节螺钉等^[11]。

快速成型技术采用离散/堆积成型原理,根据三维CAD模型对于不同的工艺要求,按照一定厚度进行分层,将三维数字模型变成厚度很薄的二维平面模型。再将数据进行一定的处理,加入加工参数,产生数控代码,在数控系统控制下以平面加工方式连续加工出每个薄层,并使之黏结而成形。实际上就是基于“生长”或“添加”材料原理一层一层地离散叠加,从底到顶完成零件的制作过程。它是计算机辅助设计与制造技术、逆向工程技术、分层制造技术、材料去除成型、材料增加成型技术以及它们的集成的总称^[12-13]。

根据模型进行手术设计有利于术前选择合适的内固定器械,螺钉的直径、长度,进钉点及进钉角度,还可以在模型上模拟进行钻孔、上钉等操作,以期熟练操作手法,缩短手术时间,减少术中出血,减轻对患者的医源性伤害;术前可利用快速成型模型向患者及家属详细讲解病变的复杂性及手术操作的危险性,取得患者及家属的理解与配合,加强术前宣教的效果。

快速成型技术做好的模型应用于手术,提高了手术的安全性,缩短了手术时间及手术出血量,术后复查X线见骨折端复位良好,内固定位置良好,应用Harris髋关节评分患者恢复良好,无髋内翻畸形及患肢短缩畸形,显著提高了手术的有效性,均达到了术前的预期效果。相比传统手术完全依赖人工经验,存在精确性有时不足,创伤较大,术中医生和患者需要反复受到射线照射等缺点,计算机辅助骨科-快速成型技术应用于手术具有安全、准确等优点,术前采集图像术中反复使用,可减少术中医患的放射性损伤^[14-15]。

4 参考文献

- [1] Weng RM, Hu JY, Zhang JB, et al. Zhongguo Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi. 2006; 21(10):838.
翁润民, 胡景阳, 张俊斌, 等. 高龄髋部骨折患者的围手术期处理[J]. 中国骨关节损伤杂志, 2006, 21(10):838.
- [2] Lin PC, Chang SY. Functional recovery among elderly people one year after hip fracture surgery. J Nurs Res. 2004; 12(1):72-82.
- [3] Zhang BZ, Qiu GX. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2005; 21(8):582-584.
张保中, 邱贵兴. 高龄股骨转子间骨折的手术治疗[J]. 中华创伤杂志, 2005; 21(8):582-584.
- [4] Abalo A, Dossim A, Ouro Bangna AF, et al. Dynamic hip screw and compression plate fixation of ipsilateral femoral neck and shaft fractures. J Orthop Surg (Hong Kong). 2008; 16(1):35-38.
- [5] Wang JQ, Sun L, Wang MY. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2004; 6(1):110-114.
王军强, 孙磊, 王满宜. 计算机辅助骨科手术的应用和进展[J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6(1):110-114.
- [6] Duan YJ, Sun EL, Yiliao Weisheng Zhuangbei. 2006; 27(10):31-34.
段彦静, 孙文磊. 逆向工程和快速成型技术及医学应用[J]. 医疗卫生装备, 2006, 27(10):31-34.

- [7] Yang YH, Zheng J. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2005; 7(7): 614-616.
杨永宏, 郑杰. 计算机辅助导航系统及其骨科应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2005, 7(7):614-616.
- [8] Ding XF, Pei GX, Jin D, et al. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2008; 10(4):313-317.
丁晓飞, 裴国献, 金丹, 等. 股骨近端髓内钉与滑动髋螺钉固定治疗成人股骨转子间骨折的系统评价[J]. 中华创伤骨科杂志, 2008, 10(4):313-317.
- [9] Mahomed NN, Arndt DC, McGrory BJ, et al. The Harris hip score: comparison of patient self-report with surgeon assessment. J Arthroplasty. 2001; 16(5):575.
- [10] Xiao J, Yin QS, Zhang MC, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2008; 12(35): 6835-6838.
肖进, 尹庆水, 张美超, 等. Mimics软件重建脊柱三维骨骼数据基础上快速成型的脊柱畸形模型[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(35): 6835-6838.
- [11] Yu Z, Wang LM. Guoji Gukexue Zazhi. 2005; 26(3):140-143.
喻忠, 王黎明. 骨科手术导航系统研究现状[J]. 国际骨科学杂志, 2005, 26(3):140-143.
- [12] Mao KY, Chen JY, Hao LB, et al. Zhongguo Jiaoxing Waikexue Zazhi. 2005; 13(1):67-68.
毛克亚, 陈继营, 郝立波, 等. 数字化人体骨骼的初步临床应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2005, 13(1): 67-68.
- [13] Lu R, Yan YH. Shengwu Guke Cailiao yu Linchuang Yanjiu. 2004; 2(1):29-32.
陆蓉, 闫玉华. 快速成型技术原理及其医学应用[J]. 生物骨科材料与临床研究. 2004, 2(1): 29 - 32
- [14] Brown GA, Firoozbakhsh K, De Coster TA, et al. Rapid prototyping: the future of trauma surgery. J Bone Joint Surg (Am). 2003; 85(suppl 4): 49- 55.
- [15] Pei GX, Xiang DY. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2003; 5(2): 85-88.
裴国献, 相大勇. 计算机辅助骨科技术的现状与未来[J]. 中华创伤骨科杂志, 2003, 5(2): 85-88.

来自本文课题的更多信息一

基金资助: 全军“十一五”计划课题专项(08Z010); 广东省医学科研基金(B2009211)项目。

利益冲突: 无利益冲突。

课题的创新点: 课题创新性地计算机辅助设计-快速成型技术应用于临床, 精确指导临床医生快速精确实施手术, 减少术中医生及患者电透次数, 减少辐射量, 缩短手术时间及患者出血量。

课题评估的“金标准”: 转子间骨折置钉的金标准: 术中电透侧位片内固定位于股骨颈中央, 长度在股骨头软骨下0.5~1.0 mm; 正位内固定通过股骨颈中下1/3骨质最坚硬的区域, 并以此为标准确立一次置钉成功率。

设计或课题的偏倚与不足: ①样本量较小, 得到的资料有限。②术前行CT扫描到制作出快速成型的骨折模型及组件需数天。③快速成型模型成本价格偏高, 有待于进一步推广到临床。④设计好的模版与大转子的贴附关系依赖于术中复位程度。

提供临床借鉴的价值: 计算机辅助设计-快速成型技术已趋于成熟, 精确快速实施个性化手术是骨科学的新热点, 尤其对于一些骨病畸形及复杂骨折意义更大, 术前行计算机模拟设计对于临床医生实施手术有着更大的帮助。