

# 基于真实CT数据骨科虚拟手术计划在髋臼骨折手术中的运用\*☆

汪光晔<sup>1</sup>, 张春才<sup>2</sup>, 许硕贵<sup>2</sup>, 薛双桃<sup>1</sup>, 林清高<sup>1</sup>

## Virtual operation planning in orthopedic surgery for acetabular fractures based on real CT data

Wang Guang-ye<sup>1</sup>, Zhang Chun-cai<sup>2</sup>, Xu Shuo-gui<sup>2</sup>, Xue Shuang-tao<sup>1</sup>, Lin Qing-gao<sup>1</sup>

### Abstract

**BACKGROUND:** Virtual operation planning can help surgeons to improve the accuracy of orthopedic operations.

**OBJECTIVE:** To test the feasibility and clinical value of preoperative virtual surgical planning in pelvis and acetabular fractures using Mimics software based on an interactive virtual reality-style environment.

**METHODS:** Thirteen patients with pelvis and acetabular fractures were scanned with spiral CT preoperatively. The real data from CT in DICOM format were transformed into Mimics software. With segmentation process, each fracture segment became a separate object. Bone fragments could be moved and rotated in all three planes and reduction was performed. Then we performed all the steps of the surgical procedure.

**RESULTS AND CONCLUSION:** The median time needed to segment the osseous parts of an entire pelvis and to extract a surface model was 45 minutes (ranging 30 to 70 minutes), and the median time for fracture reduction was 28 minutes (ranging 16 to 45 minutes). The planned approach was followed in 12 of the 13 cases, the planned fixation was followed completely in 12 cases and partially in 1 cases. The screw count was identical to the planned operation in 10 cases, the screw length was identical in 8 cases, and fixation plate count was identical in 11 cases. Postoperative congruence of the acetabular joint surface as determined according to Matta in the follow-up CT was anatomic in 6 cases (46%) and satisfactory in 7 cases (54%). There was no case with inadvertent penetration of the hip joint. Virtual operation planning in orthopedic surgery is helpful for enacting accurate operation program and providing data reference for actual operation, which brings significant value and new opportunities in clinical practice.

Wang GY, Zhang CC, Xu SG, Xue ST, Lin QG. Virtual operation planning in orthopedic surgery for acetabular fractures based on real CT data. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(43): 7987-7990.  
[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

### 摘要

**背景:** 骨科虚拟手术计划有助于提高外科医生的手术精确性。

**目的:** 探索计算机术前模拟手术技术在骨盆、髋臼骨折的治疗中的应用方法及临床价值。

**方法:** 对13例骨盆及髋臼骨折患者进行螺旋CT影像扫描, 将其DICOM数据输入个人计算机中Mimics软件, 使用分割方法, 于内固定前建立计算机模拟手术过程。

**结果与结论:** 骨块分割出来和提取关节表面模型的平均时间为45 min(30~70 min), 操作者可进行骨折复位与固定时间平均为28 min(16~45 min)。计划13例手术入路, 最终12例完全采用, 12例完全采用了模拟手术固定方法, 1例部分采用了计划固定方法; 螺钉数与术前计划一致的有10例患者, 螺钉长度与术前计划一致的有8例, 固定钢板与术前计划一致的11例。随访CT显示关节面解剖复位6例(46%), 7例(54%)满意, 没有螺钉穿入关节腔。说明通过计算机术前模拟手术, 可以制定准确的手术方案, 为指导实际手术提供数据支持。

**关键词:** 术前计划; 骨盆骨折; 髋臼骨折; 计算机辅助虚拟手术; 数据

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.43.002

汪光晔, 张春才, 许硕贵, 薛双桃, 林清高. 基于真实CT数据骨科虚拟手术计划在髋臼骨折手术中的运用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(43):7987-7990. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

## 0 引言

骨盆髋臼手术在骨科创伤领域中一直都是十分复杂细致极富挑战性的手术, 对于破碎的骨盆治疗的目的是维持其解剖形态, 恢复其生物力学特点。当对一个髋臼骨折进行外科手术治疗时, 应遵从关节骨折的基本原则: 关节面的解剖复位, 牢固的内固定并允许术后即刻的功能锻炼。这些治疗原则看上去简单, 但是骨盆髋臼外科手术常会涉及到一些重要的、困难的问题; 虽然骨盆髋臼功能解剖国内外已获得了很好的研究, 并且3D CT也已提高了影像学上的诊断能

力, 但是全面理解骨折线和骨折碎片依然困难; 虽然手术切口正确的选择对髋臼手术特别重要, 但是如何选择恰当的手术切口有时仍然困难; 一些小的、关键骨块的复位往往非常必需, 其常在术中复位或骨盆髋关节术后力学功能上起到关键作用, 但是在外科手术中, 在处理大的骨块时, 由于受到切口的限制, 这些小的骨块往往处于不可见的区域, 并未得到足够的重视; 手术中完整并精确控制复位的骨块也是一个问题; 复位后, 固定问题随之而来, 钢板必需在三个平面上精确塑形, 以适用于不同个体的骨盆的形态; 此外关键部位的螺钉的位置要求也极其严格, 螺钉贯穿破关节面的情况必需避免。

<sup>1</sup>Department of Orthopedics, Wuhu Second People's Hospital, Wuhu 241000, Anhui Province, China; <sup>2</sup>Department of Orthopedics, Changhai Hospital, Second Military Medical University of Chinese PLA, Shanghai 200433, China

Wang Guang-ye☆, Doctor, Associate chief physician, Department of Orthopedics, Wuhu Second People's Hospital, Wuhu 241000, Anhui Province, China wangguangye@126.com

Supported by: the Science and Technology Research Project of Shanghai Science and Technology Committee, No. 03JC140087\*

Received: 2011-07-04 Accepted: 2011-09-09

<sup>1</sup> 芜湖市第二人民医院骨三科, 安徽省芜湖市 241000; <sup>2</sup> 解放军第二军医大学长海医院骨科, 上海市 200433

汪光晔☆, 男, 1971年生, 安徽省芜湖市人, 汉族, 2007年解放军第二军医大学长海医院骨科, 上海 200433 毕业, 博士, 副主任医师, 主要从事生物力学方面的研究。 wangguangye@126.com

中图分类号: R318  
文献标识码: A  
文章编号: 1673-8225 (2011)43-07987-04

收稿日期: 2011-07-04  
修回日期: 2011-09-09  
(20110704001/D · W)

综上, 骨盆髌臼手术中, 严格的术前计划非常关键。骨科虚拟手术计划(virtual operation planning in orthopaedic surgery, VIRTOPS)有助于提高外科医生的手术精确性<sup>[1-2]</sup>。在骨盆肿瘤、个体化假体设计及上颌面外科已有报道<sup>[3-4]</sup>, 但在骨盆髌臼骨折中仍鲜有报道。实验运用Mimics(Materialise's interactive medical image control system, Materialise公司)软件工具进行骨盆髌臼骨折虚拟手术。目的在于在计算机上进行虚拟操作手术的每一个“真实”的步骤, 以达到优化手术的目的。

## 1 对象和方法

**设计:** 自身对照实验。

**时间及地点:** 2010-01/2011-05在皖南医学院附属芜湖市第二人民医院完成。

**对象:** 纳入髌臼骨折患者13例, 其中男11例, 女2例; 年龄18~45岁, 平均(31±9)岁; 体质量47~84 kg, 平均(63±18) kg。

按AO分型: A型3例, B型6例, C型4例, 所有病例术前均行X射线检查和螺旋CT1.5MM断层扫描(Sensation 64, Siemens Medical Solutions, Germany)。

**诊断标准:** 髌臼骨折统一诊断标准参考《骨与关节损伤》第4版Judet-Leroumel分型分类法<sup>[5]</sup>。

**纳入标准:** ①经X射线或CT确诊髌臼骨折并行手术切开复位内固定治疗。②纳入患者对实验均知情同意, 并签署知情同意书。

**排除标准:** ①保守治疗的患者。②合并脑、胸、腹部损伤, 身体状况不允许髌臼骨折手术者。

**方法:**

**数字化模型的建立:** 使用DICOM格式患者自身的原始数据, 采用1.5 mm断层, 以便获得一个逼真的虚拟骨盆。模拟模型采用半自动加手动分割模式, 第一步确定骨密度的起始值。第二步自动分割出这些骨密度。然后对于这些数据进行检查和修整, 尤其是那些小的不能自动分割出来的小骨碎片, 采用手动编辑分割。最终每一个碎骨片成为一个独立的客体, 并指定为不同的颜色。

**手术过程模拟设计手术方案:** 所有的虚拟客体(碎骨块)在三维平面中可以独立地自由移动、旋转、并能被复位及去除, 以便观察模型每一碎骨块, 了解每一碎片的空间关系。确定术中可能寻找到的解剖标志和每一骨块复位顺序, 以及每一骨块预固定与最终加强固定的方法, 同时通过模型和固定方法的判断确定术中采用的手术切口。一旦复位成功, 即可以选用适当的内固定材料。在复位成功的骨盆上, 可勾画出钢板轮廓, 通过旋转骨盆数字模型和改变模型的透明度, 螺钉长度及方向可以控制, 所有的手术模拟过程被记录

和打印出来。

**主要观察指标:** 分别测量建立患者个体化数字模型、虚拟骨折的复位与固定操作所需要的时间。所有患者在术后2~4 d CT复查。根据Matta的标准评估关节面的复位: 关节面移位小于1 mm为解剖复位; 2.0~3.0 mm为满意; 大于3 mm为不满意。

**病例演示:** 通过一个典型病例演示操作程序。男26岁, 高处坠落伤, 致全身多发伤, 伤后15 d手术。左侧髌臼骨折, 股骨颈骨折, 耻骨联合分离及骶髂关节分离。以DICOM格式患者自身的CT数据导入医生自己个人计算机Mimics软件中, 建立虚拟手术模型, 见图1。



Figure 1 Model of fractured pelvis prepared for virtual surgery  
图1 虚拟手术的骨折模型

在虚拟操作过程中, 骨盆可以自由旋转, 见图2, 根据手术入路, 每一操作步骤都能被研究。

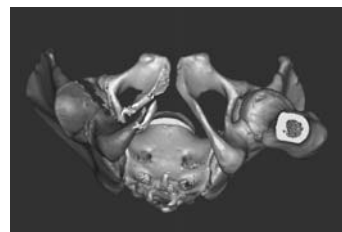


Figure 2 The pelvis in virtual operation model can be rotated  
图2 虚拟手术模型骨盆可以旋转

骨折片能被去除, 以便于观察各骨折片之间的空间关系, 并可确认关键骨折片, 见图3。骨折片能被旋转、移动来进行骨折复位, 见图4。



Figure 3 Every fragment in virtual operation model can be subtracted. It can give the surgeon insight into their spatial relation and help in choosing the operative approach  
图3 虚拟手术模型中各骨折可以被去除, 以便观察之间空间关系及选择手术入路



Figure 4 Every fragment in virtual operation model can be moved

图4 虚拟手术模型中各骨折片可以被移动

在复位后的模型上, 医生可以选择适当的内植物。本例关键的前柱骨折片首先采用课题组研制的两枚弓齿钉(兰州西脉公司生产)预固定<sup>[6]</sup>, 以保证复位的效果, 再以重建钢板加强, 见图5~7。该患者髋臼关节脱位采用了课题组自己研究的尚未报道髌-髌钢板固定方法, 见图5。本例患者髋臼后角骨折无明显移位, 又因系非负重区, 未采用内固定<sup>[7]</sup>。



Figure 5 Pelvis plain film after fixation

图5 患者内固定后骨盆平片



Figure 6 Three-dimensional reconstruction of patients after internal fixation

图6 患者内固定后 3D 重建

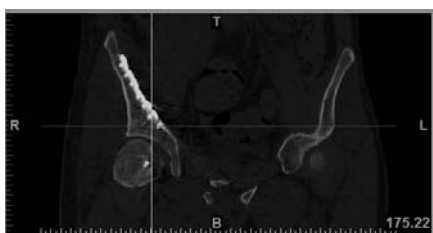


Figure 7 Anatomic reduction of articular surface

图7 关节面解剖复位

## 2 结果

**2.1 软件操作时间评估** 术前计划中骨折分割是最费时。在骨折碎片较多的6例患者及关节面严重嵌塞的3例患者, 用部分手动分割。把骨块从整个骨盆中分割出来和提取关节表面模型的平均时间为45 min (30~70 min), 软件自带的CAD模块可允许直接且直观地对骨折块进行操作, 经过训练后, 操作者可进行骨折虚拟复位与固定时间平均为28 min (16~45 min)。

**2.2 术后效果评估** 在13例计划手术入路中, 最终12例完全采用。在计划采用Ilioinguinal入路的5例患者中5例最终采用; Kocher-Langenbeck approach计划6例, 采用5例, 1例髋臼横断骨折由于系陈旧性骨折, 术中复位困难, 最终增加了前路Ilioinguinal入路。Kocher-Langenbeck联合 Ilioinguinal入路计划2例采用3例。12例完全采用了模拟手术固定方法, 1例部分采用了计划固定方法; 螺钉数与术前计划一致的有10个患者, 螺钉长度与术前计划一致的有8例, 固定钢板数完全相同的11例, 固定钢板与术前计划一致的11例。根据Matta的标准, 治疗后随访CT显示: 关节面6例(46%)解剖复位, 7例(54%)满意, 没有螺钉穿入关节腔。

**2.3 并发症及不良反应** 所有病例没有发生深部感染、内固定失败等严重并发症, 由于随访时间较短, 如髋关节的创伤性关节炎等术后功能结果分析不包括在本研究范围内。

## 3 讨论

计算机技术在日常的骨科创伤手术中很少被采用, 计算机技术能让手术变得更加容易, 更加精确, 但是, 这些计算机系统往往要在手术室中运用许多新的并且昂贵的设备, 医生也必需要熟悉它的使用, 设计能证明计算机辅助手术有益的随机对照临床研究也很困难, 即便是使用这些系统的医生也只是掌握了其基本功能, 不情愿去钻研这些技术的所有优点, 因此计算机技术在日常的骨科创伤手术中很少被采用。临床医生也往往更加关注手术技巧, 而不太情愿去使用需要学习新的不同知识的技术。

虚拟手术计划 (VIRTOPS)目前在骨科临床实中较为少见, Gellrich等<sup>[8]</sup>以未受伤侧的眼眶对照, 运用计算机虚拟重建受伤侧的眼眶获得成功。Brown以虚拟模型在髋臼骨折中设计跨柱螺钉。虚拟术前计划也可以运用于复杂人工关节手术中, 在虚拟模型上的术前计划有助于在困难复杂的髋关节翻修手术中确定假体位置<sup>[9]</sup>, 以及复杂髋臼功能的重建, 在骨盆髋臼手术中, 虚拟术前计划更多用于在微创手术中来计算螺钉的轨迹与大小, 及跨柱螺钉的轨迹与尺寸<sup>[10]</sup>。

使用Mimics软件在虚拟手术一个真正受伤的骨盆模型时, 其功能较为全面、操作方便, 且允许模拟手术的每一过程。因为这需要一定的计算机学科知识和医学知识。本文的模型分割过程是由进行过软件系统学习过的手术医生自己完成, 观察每一块模型并与二维CT断层逐层进行比较, 以减少三维模型部分自动生成的误差。这同先前许多报道由缺乏医学知识的工程师来完成模型的构建有着更高的精度<sup>[11]</sup>。虚拟手术每一过程也是由医生自己来控制 and 演示。

实验结果显示虚拟手术能帮助理解复杂髌臼骨折。Judet等<sup>[12]</sup>曾经强调: 直到完全了解骨折之前, 不要开始一个髌臼骨折的治疗。尽管现代的诊断已经有了3D CT扫描, 但是了解一个髌臼骨折是一个逐步的过程, 还需要深入到每一骨折片, 通过去除骨折片或透明化骨折模型来了解各骨折片之间的空间关系。尽管精心的术前计划, 但术中一些“变异”仍时有发生。虚拟手术每一过程可以使得这种“变异”最小化。

在复杂的髌臼骨折中, 在不同的角度模拟碎骨片的复位与固定有助于选择正确的手术路径, 例如一些横断、“T”型或双柱骨折<sup>[13]</sup>。另外也可以在多平面重建的3个切面图中, 勾画出钢板外形与记录螺钉的方向与准确长度。这就使得术前选择甚至塑形内植物成为可能。内固定后CT扫描可以重新评估手术的效果。

在所有13例患者中, 12例的固定绝对遵守了术前计划, 其他1例中, 有一些较小的变化。计划手术过程的变化是由于虚拟手术与真实手术时的条件不同。在虚拟环境中骨折块没有软组织的附着, 螺钉在任意方向上可以容易放置。在真实手术中, 软组织会干扰复位, 并阻碍操作视野。此外由于高能量骨盆髌臼骨折往往是复合伤, 待到病情平稳能进行髌臼骨折时, 由于术前时间过长, 复位也变得较为困难, 这也不能在虚拟手术中表现出来。因此外科医生在操练虚拟手术过程中, 要牢记手术视野中的真实条件。

计算机术前虚拟手术有一定教学意义, 年轻人和缺乏经验的外科医生可以从虚拟手术中受益。未来, 髌臼的生物力学模型也可以被整合进软件, 考虑到复位固定的骨块的应力分布, 基于生物力学模型的计划骨盆髌臼接骨术也成为可能<sup>[14-15]</sup>。运用MIMICS软件可制定详细的术前计划、能达到教学及提供下一步力学研究目的。

#### 4 参考文献

- [1] Schnurr C, Nessler J, Meyer C, et al. How accurate is image-free computer navigation for hip resurfacing arthroplasty? An anatomical investigation. J Orthop Sci. 2009;14(5):497-504.
- [2] Schramm A, Suarez-Cunquero MM, Rücker M, et al. Computer-assisted therapy in orbital and mid-facial reconstructions. Int J Med Robot. 2009;5(2):111-124.
- [3] Metz LN, Burch S. Computer-assisted surgical planning and image-guided surgical navigation in refractory adult scoliosis surgery: case report and review of the literature. Spine (Phila Pa 1976). 2008;33(9):E287-292.

- [4] Atesok K, Schemitsch EH. Computer-assisted trauma surgery. J Am Acad Orthop Surg. 2010;18(5):247-258.
- [5] Liu MX. Shandong Zhongyiyao Daxue. 2009.
- [6] Wang GY, Zhang CC, Xu SG. Zhongguo Gushang. 2007;20(12):830-832.
- [7] Wang GY, Zhang CC, Xu SG. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(22):3991-3994.
- [8] Gellrich NC, Schramm A, Hammer B, et al. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. Plast Reconstr Surg. 2002;110(6):1417-1429.
- [9] Choplin RH, Henley CN, Edds EM, et al. Total hip arthroplasty in patients with bone deficiency of the acetabulum. Radiographics. 2008;28(3):771-86.
- [10] Chen KN, Wang G, Cao LG, et al. Differences of percutaneous retrograde screw fixation of anterior column acetabular fractures between male and female: a study of 164 virtual three-dimensional models. Injury. 2009;40(10):1067-1072.
- [11] Noser H, Radetzk F, Stock K, et al. Method for Computing General Sacroiliac Screw Corridors Based on CT Scans of the Pelvis. J Digit Imaging. 2010;20(5):497-504.
- [12] Judet R, Judet J, Lanzetta A, et al. Fractures of the acetabulum. Classification and guiding rules for open reduction. Arch Orthop. 1968;81(3):119-158.
- [13] Bell RB, Markiewicz MR. Computer-assisted planning, stereolithographic modeling, and intraoperative navigation for complex orbital reconstruction: a descriptive study in a preliminary cohort. J Oral Maxillofac Surg. 2009;67(12):2559-2570.
- [14] Olsen M, Davis ET, Waddell JP, et al. Imageless computer navigation for placement of the femoral component in resurfacing arthroplasty of the hip. J Bone Joint Surg Br. 2009;91(3):310-315.
- [15] Yamazaki M, Okawa A, Fujiyoshi T, et al. Simulated surgery for a patient with neurofibromatosis type-1 who had severe cervicothoracic kyphoscoliosis and an anomalous vertebral artery. Spine (Phila Pa 1976). 2010;35(9):E368-373.

#### 来自本文课题的更多信息一

**基金资助:** 上海科学技术委员会科研计划项目 (03JC140087)。

**作者贡献:** 第一作者进行实验设计、实施及评估, 第二作者对文章审校, 第一作者成文及对文章资料的收集, 并对文章负责。

**致谢:** 感谢南京航空航天大学力学实验室秦田教授在骨盆数字模型构建上提供的帮助。

**利益冲突:** 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

**伦理批准:** 参与实验的患病个体及其家属自愿参加, 在充分了解本治疗方案的前提下签署“知情同意书”; 治疗方案获医院伦理委员会批准。

**本文创新性:** 检索 CNKI, PubMed 数据库, 检索时间 2007-01/2011-06, 检索关键词设定为术前计划; 骨盆骨折; 髌臼骨折; 计算机辅助虚拟手术; 数据; Preoperative Planning; Pelvis; Acetabulum fractures; Computer Assisted virtual surgery。

检索结果表明, 国内外此类研究多用在骨盆肿瘤、个体化假体设计及上颌面外科。实验证实骨盆髌臼手术中, 需严格的术前计划, 骨科虚拟手术计划能够在计算机上进行虚拟操作手术的每一个“真实”的步骤, 有助于提高外科医生的手术精确性, 提高解剖复位率, 降低并发症发生率等优点, 以达到优化手术的目的。