

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2017.10.030

数字化模板技术在复杂踝关节骨折手术治疗中的应用*

陈 智¹ 江 阳¹ 蔡 明^{1Δ} 王 令¹ 尹一然²

(1 重庆市中医院 骨科 重庆 400010; 2 西南医科大学附属医院 骨科 四川 泸州 646000)

摘要 目的:探讨数字化模板技术辅助手术治疗复杂踝关节骨折的临床疗效。**方法:**选择 2013 年 6 月至 2015 年 6 月在我院接受治疗的踝关节骨折患者 60 例,随机分为术前数字化模板设计组(实验组)和传统内固定组(对照组)。实验组在术前行 CT 薄层扫描,建立踝关节数字三维模型,应用 3D 打印机打印出骨折模型,制定个性化的手术方案并实施手术;对照组采用传统切开复位手术治疗。分别记录两组患者的手术时间、术中出血量、住院时间、Burwell-Charnley X 线复位评分及 Olerud-Molander 功能评分。**结果:**实验组患者的手术时间、术中出血量及住院时间均少于对照组,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。实验组术后复位优良率(96.7%)高于对照组(93.3%),差异具有统计学意义($P < 0.05$)。实验组术后踝关节功能评分高于对照组,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**应用数字化骨科技术治疗踝关节复杂骨折的临床效果显著,可缩短手术时间,减少手术并发症,值得临床推广应用。

关键词:踝关节骨折;内固定;三维测量;数字化骨科

中图分类号:R683 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2017)10-1914-04

Application of Digital Template Technology in Complex Surgical Treatment for Ankle Fractures*

CHEN Zhi¹, JIANG Yang¹, CAI Ming^{1Δ}, WANG Ling¹, YIN Yi-ran²

(1 Department of orthopedics, Chongqing Hospital of traditional Chinese medicine, Chongqing, 400010, China;

2 Department of orthopedics, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou, Sichuan, 646000, China)

ABSTRACT Objective: To study the clinical effect of digital template technology on the surgical treatment for complex ankle fractures. **Methods:** 60 cases with ankle fracture who were treated in our hospital from June 2013 to June 2015 were selected and randomly divided into two groups. The patients in the experimental group were treated with digital template technology, while the patients in the control group were treated with traditional operation method. Then the operation time, blood loss, the hospitalization and the Olerud-Molander function evaluation in the two groups were observed and compared before and after the treatment. **Results:** The operation time, blood loss and hospitalization in the experimental group were lower than those of the control group, and the differences were statistically significant between the two groups ($P < 0.05$). After inspection, the restoration rate in the experimental group was 96.7%, which was higher than 93.3% in the control group, and the difference was statistically significant between the two groups ($P < 0.05$). The Olerud - Molander score in the experimental group was higher than that of the control group, and the difference was statistically significant between the two groups ($P < 0.05$). **Conclusion:** Digital orthopaedic technology has better clinical effect in the treatment of complex ankle fractures, which can obviously shorten the operation time, reduce the surgical complications, and it is worthy of clinical promotion.

Key words: Ankle fractures; Internal fixation; Three-dimensional measurement; Digital orthopaedic

Chinese Library Classification(CLC): R683 **Document code:** A

Article ID:1673-6273(2017)10-1914-04

前言

随着社会的进步,交通业和建筑业的发展越来越迅猛,高能量损伤也越来越常见,踝关节骨折的发生率明显增高^[1-3]。踝关节骨折因损伤的能量大,多造成多阶段骨折甚至骨折线波及关节面,容易发生复杂的胫骨远端长段粉碎性骨折,骨折块的血运破坏更大^[4,5]。所以踝关节复杂骨折在治疗上更容易引起内固定失败,骨折不愈合或畸形愈合,治疗上更加复杂及棘手^[6]。

踝关节骨折通常需要行手术治疗,但是由于踝关节这种复杂的解剖关系,无论如何手术,术后各种并发症较为常见^[7,8]。目前,临床医师一致认为,恢复踝关节关节面的平整是治疗踝关节骨折的重要步骤,一定要尽可能的恢复关节面对合关系^[9-11]。而根据目前的医疗技术,术前仅根据 X 线及 CT 不能够对复杂的骨折进行充分的认识,术中根据具体情况临时改变复位策略,若不能在术前对患者的骨折情况进行充分的认识,制定详细的复位、固定计划,并于术中遵照的完成,再美好的愿望也仅仅是幻

* 基金项目:四川省科技重点攻关项目(2001B30611)

作者简介:陈智(1982-),男,主治医师,研究方向:脊柱及创伤,电话:13983729719

Δ 通讯作者:蔡明(1961-),男,副主任医师,研究方向:脊柱及创伤,电话:13908346537

(收稿日期:2016-09-23 接受日期:2016-10-17)

想。随着科学技术的迅猛发展,数字化技术已经应用于医学的各个领域,计算机辅助骨科技术将医学影像技术,计算机应用及空间示踪技术完美的结合。我院将数字化导航技术应用于复杂踝关节手术中,取得了良好的效果,现报道如下:

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取自 2013 年 6 月至 2015 年 6 月在我科就诊的踝关节骨折患者共 60 例,按照就诊顺序随机分为两组:术前数字化模板设计治疗组(实验组)30 例和传统内固定治疗组(对照组)30 例。其中实验组男 17 例,女 13 例,年龄 28-62 岁,平均 42 ± 8.8 岁,致伤原因:车祸伤 14 例,摔伤 10 例,高处坠落伤 5 例,扭伤 1 例;骨折类型按照 AO 分型:双踝骨折 8 例,单纯三踝骨折 14 例,三踝骨折涉及胫骨下端 PILON 骨折 8 例。对照组男 18 例,女 12 例,年龄 25-57 岁,平均 40 ± 7.6 岁,致伤原因:车祸伤 12 例,摔伤 13 例,高处坠落伤 4 例,扭伤 1 例;骨折类型按照 AO 分型:双踝骨折 9 例,单纯三踝骨折 15 例,三踝骨折涉及胫骨下端 PILON 骨折 6 例。

1.2 入选及排除标准

入选标准:1)、外伤史;2)、体格检查踝关节肿胀,疼痛,活动受限;3)、辅助检查 X 示踝关节骨折;4)、骨折不稳定,符合手术指征;5)、患者及家属同意实验条款,签署知情同意书,并获得伦理委员会通过。排除标准:1)、裂纹骨折或骨折稳定,无移位,无需手术治疗者;2)、不同意本治疗方案者;3)、合并基础疾病,不耐受麻醉及手术者。

1.3 模型制作

实验组所有患者术前均行踝关节的 CT 扫描。患者取仰卧位,脚尖朝上,膝关节伸直。设备为德国西门子 64 排螺旋 CT,扫描参数:120 kV,250 mA·s,扫描条件:层厚 0.6 mm,总扫描时间 16 s。扫描范围:上至骨折线上 10 cm,下包含距骨。扫描后使用 Siemes Somatom SensationI 影像工作站将采集到的下肢断层扫描图像 (DICOM) 导入交互式医学影像控制系统 Mims13.0。显示踝关节的水平面、冠状面、矢状面。启动 Region Growing(动态阈值增长功能)对扫描图像建立 Mask 像素集合。启动 Editmasks 逐层删除其他部位的具有与骨相同灰质的情况,补全像素。启动 SementationMenu 中的 Cakulate 3D(计算机模型功能)形成模拟形态,计算下肢三维模型,运用 Unite 布尔

运算重建踝关节的三维模型。应用 3D 打印机打印踝关节模型。对照组无需制作踝关节骨折模型,出于诊断及手术需要行 X 线检查及 CT 三维重建。

1.4 手术方法

所有患者手术均由同一主任医师完成,实验组均在术前制作患侧踝关节骨折模型,由手术医师讨论研究,明确骨折类型,骨折线的位置及走行,骨折块的形状及数量等,根据患者的具体情况,制定个性化的手术方案,一般后踝及内踝单一骨折块用空心螺钉固定,外踝及胫骨下段骨折用锁定钢板固定。术前根据骨折部位判断手术切口及显露方法,研究骨折块与周围重要血管、神经的位置关系,行体外模拟复位;根据骨折块的移位情况决定行牵引复位、撬拨复位等复位方法,判断是否需要临时固定及如何临时固定,选择临时固定克氏针的粗细、长短、数量,选择大小及长短合适的钢板及螺钉,在体外行模拟固定。对照组按照传统手术方法进行,术前由手术医师讨论手术方案。所有患者术中遵照术前讨论实施手术,术后常规预防性应用抗生素 24 小时,术后 24 小时嘱患者主、被动锻炼膝、踝关节,1 周后加强锻炼。

1.5 观察指标

统计患者的手术时间,术中出血量,住院时间。术前及术后即刻、1 月、3 月、6 月及 12 月均行踝关节正侧位 X 线片,观察骨折移位及成角情况,应用 Burwell-Charnley 标准对骨折的复位情况进行评价,复位效果分为三个等级,即解剖复位、功能复位及较差复位。分别对每位患者术前及术后 6 月、12 月随访时踝关节恢复情况,并根据 Olerud-Molander 主观评分标准对患者踝关节功能恢复情况进行评价。

1.6 统计方法

所有统计数据均采用 SPSS13.0 软件进行处理。计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用 t 检验,计数资料采用 X^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者手术情况比较

所有病例手术均获得成功,60 例患者均顺利完成骨折复位内固定术,实验组患者的手术时间、术中出血量及住院时间均少于对照组,差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 两组患者手术情况比较

Table 1 Comparison of the operation situations between two groups

Group	n	Operation time (min)	Blood loss (mL)	Hospitalization (week)
Experimental group	30	45.48 $\pm$ 14.25	90.00 $\pm$ 28.3	2.03 $\pm$ 0.32
Control group	30	60.24 $\pm$ 17.36*	130.00 $\pm$ 32.2*	2.85 $\pm$ 0.51*

*Note: Compared with the experimental group, $P < 0.05$.

2.2 两组患者踝关节复位情况比较

实验组患者解剖复位 26 例,功能复位 3 例,较差复位 1 例;对照组患者解剖复位 21 例,一般复位 7 例,较差复位 2 例。实验组患者踝关节复位情况优于对照组,差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 两组患者踝关节功能比较

术后 1 月、3 月、6 月及 12 月随访,根据 Olerud-Molander 评分标准对患者踝关节功能进行评价,实验组患者踝关节功能评分高于对照组,差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 3。

3 讨论

表 2 患者踝关节复位情况比较

Table 2 The comparison of postoperative restoration situation

Group	n	Anatomical reattachment	Function reset	Poor reset
Experimental group	30	26(86.7%)	3(10%)	1(3.3%)
Control group	30	21(70%)*	7(23.3%)*	2(6.7%)*

* Note: Compared with the experimental group, $P<0.05$.

表 3 术后各时间段患者踝关节功能情况比较

Table 3 The comparison of ankle joint function scores

Group	n	One month	Three months	Six months	One year
Experimental group	30	61.12± 5.24	72.58± 5.03	80.56± 4.12	95.28± 3.88
Control group	30	55.35± 4.50*	62.57± 5.42*	73.72± 4.08*	88.20± 3.92*

*Note: Compared with the experimental group, $P<0.05$.

踝关节是人体重要的行动关节,由胫腓骨远端及距骨构成,周围脂肪组织及肌肉组织较少,皮下组织较薄,受到外力时抗缓冲能力差,故损伤一般较重^[15]。踝关节骨折多由高能量损伤引起,由于踝关节的特殊结构,此类骨折多伴随复杂的位置改变及关节面的坍塌,手术治疗中复位困难,术中即使尽最大努力也很难达到解剖复位,且术中为求尽可能的复位往往需要扩大切口,过多剥离,坚强固定,严重影响局部血运造成术后恢复困难^[16]。目前对于踝关节骨折的诊断主要有X线检查,CT平扫及三维重建。但复杂的踝关节骨折由于骨折类型复杂,部分骨折块移位较多,X线检查由于是正位或者侧位方向上的二维图像,移位的骨折块可能引起图像的重叠,从而很难反应出骨折的具体解剖结构,影响临床医师对骨折情况的判断^[17]。CT平扫及三维重建通过对踝关节逐层扫描可以获得不同层面上的图像,通过三维重建技术将骨质的形态数字化表达,并能够多方位,多角度的立体观察,能够很好的展现病变状态,使临床医师对骨折形态有深刻的认识。

近年来,数字化骨科技术已越来越多的应用到医疗领域,特别是神经外科,整形科等。在骨科方面,数字化技术尚处在初步应用阶段,临床上主要应用于脊柱外科的定位及关节矫形等方面,创伤骨科应用较少^[18]。数字化骨科技术主要包括术前的个性化手术设计及术中的导航模板组成,从而实现个性化及精准化的目标^[19]。针对于创伤骨科,术前的手术设计显得尤为重要,相对于脊柱外科及关节置换的程序化手术,创伤骨科由于受伤机制、受伤原因及受伤部位的不同,没有任何两个创伤骨科的手术步骤是完全一致的,故很难实现程序化手术。以往受制于条件的限制,创伤骨科的临床医师仅能够通过X线及CT三维重建获得术前骨折部位的影响,在二维图像及脑海中的三维结构来讨论手术方案的制定,绝大多数还是通过术中的解剖临时制定固定方案,不但延长了手术时间,增加术中出血量,也可能造成术中固定失败。3D打印可将术前CT三维重建数据导入计算机软件,从而制作出患者骨折部位1比1的模型,立体的呈现骨折结构,使临床医师的术前讨论更加形象,生动,并可在术前根据骨折复位难点模拟体外复位,不但可以缩短手术时间,减少术中出血,也避免了术中对软组织的过多剥离,保留

骨折块的血运,真正达到了创伤骨科手术的个体化,精准化及微创化^[20]。

本研究通过术前对骨折部位行CT薄层扫描,进行三维重建,结合逆向工程原理及3D打印快速成型技术重建患者骨折的踝关节,使我们能够多角度,全方位的观察骨折移位形态,由术者认真研究讨论,制定详细的复位及固定方案,术中根据方案行微创切口,解剖复位,钢板及螺钉内固定,不但缩短了手术时间,也使固定更为可靠,真正达到了创伤骨科的微创化、个体化及精准化。本研究的结果显示:采用术前三维设计方法无论从手术时间,术中出血量还是住院时间均优于传统手术治疗组,且术后根据Burwell-Charnley复位标准及Olerud-Molander踝关节功能评分标准评价,实验组均优于对照组。结果说明本治疗方案临床可行,效果明显,值得临床推广。

参 考 文 献(References)

- [1] Davidovitch RI, Weil Y, Karia R, et al. Intraoperative syndesmotomic reduction:three-dimensional versus standard fluoroscopic imaging[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(20): 1838-1843
- [2] Van den Bekerom MP, Mutsaerts EL, van Dijk CN. Evaluation of the integrity of the deltoid ligament in supination external rotation ankle fractures: a systematic review of the literature [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2014, 129(2): 227-235
- [3] Labib S, Hage WD, Sutton KM, et al. The effect of ankle position on the static tension in the Achilles tendon before and after operative repair: biomechanical cadaver study[J]. Foot Ankle Int, 2013, 28(4): 478-481
- [4] Chung KJ, Hong do Y, Kim YT, et al. Preshaping plates for minimally invasive fixation of calcaneal fractures using a real-size 3D-printed model as a preoperative and intraoperative tool [J]. Foot Ankle Int, 2014, 35(11): 1231-1236
- [5] Hintermann B, Valderrabano V, Boss A, et al. Medial ankle instability; an exploratory, prospective study of fifty two cases [J]. Am J Sports Med, 2012, 32(1): 183-190
- [6] Bartonl ěk J, Rammelt S, Kostliv ý K, et al. Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2015, 135(4): 505-516
- [7] DeAngelis NA, Eskander MS, French BG. Does medial tenderness

- predict deep deltoid ligament incompetence in supination-external rotation type ankle fractures [J]. J Orthop Trauma, 2013, 21 (4): 244-247
- [8] von Recum J, Wendl K, Vock B, et al. Intraoperative 3D C-arm imaging. State of the art[J]. Unfallchirurg, 2012, 115(9): 196-201
- [9] Michelson JD, VamerKE, Checcone M. Diagnosing deltoid injury in ankle fractures: the gravity stress view [J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 387: 178-182
- [10] Henari S, Banks LN, Radovanovic I, et al. Ultrasonography as a diagnostic tool in assessing deltoid ligament injury in supination external rotation fractures of the ankle [J]. Orthopedics, 2011, 34(10): 639-643
- [11] Deland JT, de Asia RJ, Segal A. Reconstruction of the chronically failed deltoid ligament: a new technique [J]. Foot Ankle Int, 2014, 25 (11): 795-799
- [12] Boss AP, Hintermann B. Anatomical study of the medial ankle ligament complex[J]. Foot Ankle Int, 2012, 23(6): 547-553
- [13] Beerekamp MS, Sulkers GS, Ubbink DT, et al. Accuracy and consequences of 3D-fluoroscopy in upper and lower extremity fracture treatment: a systematic review [J]. Eur J Radiol, 2012, 81 (420): 4019-4028
- [14] Schuberth JM, Collman DR, Rush SM, et al. Deltoid ligament integrity in lateral malleolar fractures: a comparative analysis of arthroscopic and radiographic assessments[J]. Foot Ankle Surg, 2014, 43(1): 20-29
- [15] Ruan Z, Luo C, Shi Z, et al. Intraoperative reduction of distal tibiofibular joint aided by three-dimensional fluoroscopy [J]. Technol Health Care, 2011, 19(3): 161-166
- [16] Giovinco NA, Dunn SP, Dowling L, et al. A novel combination of printed 3-dimensional anatomic templates and computer-assisted surgical simulation for virtual preoperative planning in Charcot foot reconstruction[J]. Foot Ankle Surg, 2012, 5-6(3): 387-393
- [17] Dubois-Ferrière V, Assal M. Benefit of computer assisted surgery in foot and ankle surgery[J]. Rev Med Suisse, 2014, 10(420): 562-564
- [18] Brunner A, Heeren N, Albrecht F, et al. Effect of three-dimensional computed tomography reconstructions on reliability [J]. Foot Ankle Int, 2012, 33(9): 727-733
- [19] Gay SB, Siström C, Wang GJ, et al. Percutaneous screw fixation of acetabular fracture with CT guidance: preliminary results of a new technique[J]. AJR Am J Roentgenol, 2012, 158: 819
- [20] 魏国柱, 高红, 刘曦, 等. 螺旋 CT 扫描及三维重建技术在股骨颈骨折分型及治疗中的应用 [J]. 现代生物医学进展, 2016, 16(10): 1946-1948
- Wei Guo-zhu, Gao Hong, Liu Tun, et al. Application of Spiral CT Scanning and 3D Reconstruction Technology in Classification and Treatment of Femoral Neck Fracture [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2016, 16(10): 1946-1948

(上接第 1817 页)

- [10] Paefgen V, Doleschel D, Kiessling F. Evolution of contrast agents for ultrasound imaging and ultrasound-mediated drug delivery [J]. Front Pharmacol, 2015, 15: 197
- [11] Maruyama H, Sekimoto T, Yokosuka O. Role of contrast-enhanced ultrasonography with Sonazoid for hepatocellular carcinoma: evidence from a 10-year experience [J]. J Gastroenterol, 2016, 51(5): 421-433
- [12] Dong Y, Wang WP, Lin P, et al. Assessment of renal perfusion with contrast-enhanced ultrasound: Preliminary results in early diabetic nephropathies [J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2016, 62(3): 229-238
- [13] Maruyama H, Sekimoto T, Yokosuka O. Role of contrast-enhanced ultrasonography with Sonazoid for hepatocellular carcinoma: evidence from a 10-year experience [J]. J Gastroenterol, 2016, 51(5): 421-433
- [14] Xu J, Zeng X, Liu Y, et al. A novel dual-targeted ultrasound contrast agent provides improvement of gene delivery efficiency in vitro [J]. Tumour Biol, 2016, 37(7): 8609-8619
- [15] Castle J, Feinstein SB. Drug and gene delivery using sonoporation for cardiovascular disease[J]. Adv Exp Med Biol, 2016, 880: 331-338
- [16] Abou-Elkacem L, Bachawal SV, Willmann JK. Ultrasound molecular imaging: Moving toward clinical translation [J]. Eur J Radiol, 2015, 84(9): 1685-1693
- [17] Ellegala DB, Leong-Poi H, Carpenter JE, et al. Imaging tumor angiogenesis with contrast ultrasound and microbubbles targeted to alpha(V)beta(3)[J]. Circulation, 2003, 108(3): 336-341
- [18] 贺娟, 孙江川, 常淑芳, 等. 人卵巢癌靶向超声造影剂的制备及其体外寻靶能力观察[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(6): 929-931
- He Juan, Sun Jiang-chuan, Chang Shu-fang, et al. Preparation of targeted liposome microbubbles and observation of its targeted ability in human ovarian cancer in vivo [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2009, 25(6): 929-931
- [19] Abou-Elkacem L, Wilson KE, Johnson SM, et al. Ultrasound molecular imaging of the breast cancer neovasculature using engineered fibronectin scaffold ligands: A novel class of targeted contrast ultrasound agent [J]. Theranostics, 2016, 6 (11): 1740-1752
- [20] 杨薇, 陆永萍, 邵庆华, 等. IL-8 单克隆抗体靶向偶联 SonoVue 微气泡造影剂的方法学研究 [J]. 中国超声医学杂志, 2011, 27(6): 485-488
- Yang wei, Lu Yong-ping, Shao Qing-hua, et al. Methodology of anti-human interleukin-8 monoclonal antibody targeted conjugating SonoVue microbubbles contrast agent [J]. Chinese Journal of Ultrasound in Medicine, 2011, 27(6): 485-488
- [21] 邵庆华, 李云燕, 杨薇, 等. SonoVue 与 IL-8 单克隆抗体偶联对兔腹主动脉粥样斑块造影的研究[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2013, 42(5): 573-577
- Shao Qing-hua, Li Yun-yan, Yang Wei, et al. Targeted imaging of atherosclerotic plaque in the rabbit abdominal aorta with SonoVue conjugated with IL-8 monoclonal antibody [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology: Medical Sciences, 2013, 42 (5): 573-577