

学校代码: 10285

学 号: 20187735007



同等学力人员硕士学位论文

(学术学位)



Mimics 软件在三踝骨折术前计划中的初步应用

Preliminary application of Mimics software in preoperative
planning of trimalleolar fracture

研究生姓名	徐震宇
指导教师姓名	丁文鸽
专业名称	外科学(骨外科学)
研究方向	创 伤
所在院部	苏州大学附属第三医院
论文提交日期	2018 年 9 月 20 日

Mimics 软件在三踝骨折术前计划中的初步应用

中文摘要

目的

通过 Mimics 软件对 20 例三踝骨折的 CT 影像数据进行建模、复位及模拟手术，从而制定个性化的术前计划，并应用于临床手术中，根据手术结果、术后 X 线片及 AOFAS 踝-后足评分优良率来探讨该软件在三踝骨折术前计划中的应用意义。

方法

选择 20 例由常州市第一人民医院提供的三踝骨折病例，通过 Optima CT660 64 排螺旋 CT 扫描踝关节骨折端获得 DICOM 数据，使用 Mimics 17.0 软件对 DICOM 数据进行处理，通过图像分割、选取阈值、三维区域增长技术等步骤建成三踝骨折三维模型，在建成的 3D 模型上进行骨折评估、骨折模拟复位及手术方案的个性化设计，最后在临床手术中根据术前计划执行手术操作，术后进行相应影像学、功能方面评估。

结果

- 1.利用 Mimics 软件重建了三踝骨折三维模型，并在计算机上成功获得清晰的三踝骨折三维图像。
- 2.利用模拟手术模块及透明化功能，可在三维模型上进行不同方位的模拟复位及内固定置入等操作。
- 3.利用 Mimics 软件制定的个性化术前计划可应用于临床手术中，为手术的实施提供便利。

结论

Mimics 软件重建三踝骨折三维模型，有利于临床医师对三踝骨折进行更精确的分型及诊断，为临床治疗提供更好的术前评估。而根据该软件制定的个性化术前计划，可为临床手术的实施提供指导，初步显示了 Mimics 软件重建三踝骨折模型在术前计划中的应用价值。

关键词

三踝骨折, Mimics 软件, 术前计划

作者: 徐震宇

指导老师: 丁文鸽

Preliminary application of Mimics software in preoperative planning of trimalleolar fracture

Abstract

Purpose

Through modeling, resetting and simulating the CT image data on 20 cases of trimalleolar fracture by a software, Mimics, to make personalized preoperative plans and apply in clinical operation-- According to the results of surgery , AOFAS excellent ankle foot score and the pictures of postoperative X-ray to discuss the significance of the application of the software in the preoperative plan of trimalleolar fracture.

Method

Choose 20 cases of trimalleolar fracture provided by Changzhou first people's hospital, by Optima CT660 64 row helical CT scan ankle fracture end to obtain DICOM data, using Mimics 17.0 software to process DICOM data, through the image segmentation, select threshold,3D regional growing technology steps to set trimalleolar fracture 3D model, to do the design of fracture assessment, fracture simulation reduction and operation scheme on built 3D models,the imaging function will be evaluated according to the preoperative plan.

Result

1. The Mimics software was used to reconstruct the 3D model of trimalleolar fracture, a clear 3D image of the trimalleolar fracture was obtained on the computer.

2.By using the simulated operation module and transparent function, the simulated reset , the internal fixation can be performed on the 3D-model.

3.By using Mimics to facilitate the implementation of surgery.

Conclusion

Mimics software trimalleolar fracture 3D model reconstruction is helpful for clinicians with more accurate classification and diagnosis of trimalleolar fracture, and provide better preoperative evaluation for clinical treatment and operation plan.The personalized preoperative plans based on this software can provide guidance for the clinical surgery,it preliminary showed that trimalleolar fracture reconstruction of Mimics software application value in the preoperative planning.

Key words

trimalleolar fracture, Mimics software, preoperative plan

Written by: Zhen-yu Xu

Supervised by: Wen-ge Ding

目 录

第一章 前 言.....	1
第二章 材料与方 法.....	3
2.1 临床资料.....	3
2.2 使用设备.....	3
2.3 实验方法.....	4
第三章 结 果.....	7
3.1 Mimics 软件的使用结果	7
3.2 临床手术验证结果.....	7
3.3 随访结果.....	7
3.4 典型病例.....	8
第四章 讨 论.....	14
4.1 三踝骨折的术前评估.....	14
4.2 三踝骨折的手术治疗.....	14
4.3 数字医学与数字骨科学.....	15
4.4 数字骨科手术.....	16
4.5 Mimics 软件	17
4.6 Mimics 软件在踝关节骨折中的应用	18
4.7 问题与不足.....	19
4.8 展望.....	19
第五章 结 论.....	20
参考文献.....	21
综 述.....	24
三踝骨折的诊治进展.....	24
综述参考文献.....	30
常用缩写词中英文对照表.....	33
攻读学位期间公开发表论文.....	34
致 谢.....	35

第一章 前言

随着当今社会的不断发展，车祸伤、建筑伤及老年骨质疏松所致的骨折呈快速增加趋势，使得家庭和社会的经济负担更为沉重。踝关节是支撑人体活动和负重的重要关节，由胫腓骨下端、距骨上端及部分韧带所构成，其发生骨折约占全身骨折发生率的 3.92%^[1]。而因踝关节复杂的构成，导致其骨折后的类型繁多，国外学者总结临床经验后提出了多种踝关节骨折的分类法，但现今依然是以 Lauge-Hansen、Ashurst、Danis-Weber 及 AO 四种分类法为主，其涵盖了踝关节骨折的各种类型，也为临床诊治提供了依据和便利。

在踝关节的骨折类型中，三踝骨折是其中较为严重的损伤之一，通常合并内、外侧副韧带以及下胫腓骨韧带的损伤。中医和西医通过多年的临床研究，对三踝骨折的治疗均有深刻的体会，中医方面治疗三踝骨折主要通过使用手法整复结合夹板、石膏固定以及中药汤剂的使用。而西医方面则认为三踝骨折导致踝关节结构不稳定，治疗方面应采取手术切开复位内固定为首选^[2]，其目的为早期恢复踝关节的稳定性，以便可以尽早的进行康复锻炼，从而减少术后并发症的发生及有利于踝关节恢复更好的功能。但其手术顺序现今尚存在争论，没有任何一种复位顺序适用于所有的三踝骨折患者，外-后-内踝、后-外-内踝、后-内-外踝三种顺序各有其优缺点，而归根结底手术顺序的选择是为了减轻手术难度及缩短手术时间，所以具体术中选择哪种顺序还是应该根据病例所属的骨折分类来进一步的确定。

数字骨科学是一门计算机信息技术与临床骨科相结合的新兴交叉科学，其涵盖较广，涉及解剖学、电子学、生物力学、材料学等诸多领域。具体来说，有虚拟仿真手术、3D 打印技术、骨科有限元分析、骨科机器人手术等^[3]，在这其中，3D 打印技术已被广泛使用。3D 打印技术也称为三维打印或快速成型技术，它是一种通过使用基于数字模型文件的可粘合材料（例如粉末或塑料金属）逐层打印来构建物体的技术。该概念起源于 19 世纪末的美国，但受当时技术条件的限制，3D 打印技术在 20 世纪 80 年代才逐渐开始发展。经过数十年的不断发展，得益于互联网的推广和技术更新，使得打印成本不断下降，终于在 2010 年左右 3D 打印技术迎来其黄金时代。现今 3D 打印技术已广泛应用于航空航天、汽车、玩具、医疗、教育、工业设计、鞋类及建筑

等多个领域^[4]。中国在上世纪 80 年代末就引入了该技术，虽然在设备、材料及应用领域与国外尚有差距，但也已经接近国际先进水平。3D 打印技术在医学上的应用有医学模型、个性化植入体、医疗器械、医学教学、组织工程等方面。随着 3D 打印技术在骨科中的应用，它不仅促进了数字骨科的发展，而且为骨科疾病的诊断和治疗以及教育的发展带来了新的动力^[5]。传统临床骨科教学中，仍是通过 X 片、CT 等图像对病变部位进行学习，而刚进入临床的骨科医生空间想象力较为薄弱、对疾病的认识不深，从而大大影响其学习效率。3D 打印技术的出现使得年轻的骨科医生可以更直观的观察病变部位，加深对骨折分型的认识，而通过对 3D 打印模型的模拟手术，可以设计更为合理的手术方案、提高手术时的相互配合度及缩短手术时间。

当然，除了 3D 打印的实体模型可以进行模拟手术之外，有部分软件可以基于 CT 或者 MRI 生成的 DICOM 数据格式来构建虚拟三维模型，并在此基础上进行模拟复位及模拟手术，这部分软件即为数字软件。而现今能够生成三维模型的数字软件种类繁多，比如 Autodesk 公司的 AutoCAD 软件、3Ds Max 软件、Maya 软件,SDRC 公司的 I-DEAS 软件，UGS 公司的 Unigraphics 软件及 Siemens PLM 公司的 Solid Edge 软件等。但是这些软件购买费用较贵且对电脑硬件要求极高，固使用有所受限，而本文所介绍并使用数字软件是一款由比利时 Materialise 公司开发的高度集成且易于使用的 3D 图像生成和编辑软件，即 Mimics 软件。该软件主要针对医学领域，最大的优点是使用成本较低，并且可以轻松安装在普通个人计算机电脑上。Mimics 软件是一款模块化结构的数字软件，由基础模块、MedCAD 模块、仿真模块、STL+模块、快速成型切片模块、FEA 模块及手术模拟模块所构成，用户可以根据需求的不同进行相应的搭配。Mimics 软件可以专业处理由 CT 或 MRI 生成的 DICOM 格式数据，并将其三维重建为新的图像，其重建的模型可以进行多角度、多平面的观察及数据的测量。Mimics 软件还可以进行模拟骨折的复位、手术，以此评估选用内固定物的大小、方向及贴合情况，进而可以实现骨折的个性化治疗。

本课题研究对象为常州市第一人民医院骨科提供的 20 例三踝骨折的患者，通过对患者骨折处进行 CT 扫描提取 DICOM 数据，然后导入 Mimics 软件经三维重建、模拟复位及模拟手术等操作，从而制定个性化的术前计划并应用于临床手术中，根据手术结果、术后影像学检查评价及踝关节功能的评估来探讨其在三踝骨折术前计划中的应用价值。

第二章 材料与方法

2.1 临床资料

选取常州市第一人民医院自 2016 年 5 月 1 日至 2018 年 5 月 1 日接诊并收治入院的三踝骨折患者 20 例，其中男性 6 例，女性 14 例；年龄 29~74 岁，平均年龄 52.9 ± 14.2 岁；左侧三踝骨折 9 例，右侧三踝骨折 11 例；骨折根据 Lauge-Hansen 分类法：旋后外旋型 15 例，旋后内收型 1 例，旋前外展型 4 例；损伤原因中交通事故 5 例，摔伤 12 例，扭伤 3 例。排除病理性骨折，所有患者均行手术治疗，术前行 X 线片及多排螺旋 CT 检查。

表 1 Lauge-Hansen 分类例数表

	旋后外旋	旋后内收	旋前外旋	旋前外展	旋前背屈
男性	3	0	0	3	0
女性	12	1	0	1	0
百分比	75%	5%	0%	20%	0%

2.2 使用设备

Optima CT660 64 排螺旋 CT 及医学影像存储与传输系统(常州市第一人民医院)；
个人计算机电脑一台，配置如下：

操作系统：Windows 10 家庭中文版；

处理器：Inter(R)Core(TM)i5-8250U CPU @ 1.60GHZ 1.80GHZ；

安装内存 (RAM)：4.00GB；

系统类型：64 位操作系统；

显卡：Inter(R) UHD Graphics 620；

Mimics 软件 17.0 版本 (Materialise 公司，比利时，官网下载)；

移动储存介质：光盘。

2.3 实验方法

2.3.1 图像获取

采用的 CT 机为常州一院影像科提供的 Optima CT660 64 排螺旋 CT, 扫描条件是 250Ma, 矩阵 512×512, 120KV, 扫描轴层厚度为 2mm, 扫描对象取平卧位, 对患足踝关节进行扫描, 扫描范围为胫腓骨中段到跖骨远端, CT 机生成的数据以 DICOM 格式存储在计算机上。

2.3.2 三维重建

将病例的 DICOM 格式图像数据经常州一院的医学影像存储与传输系统刻录进光盘, 再经光盘传输进入个人计算机电脑中。打开 Mimics 17.0 软件 (见图 1), 点击 file 中的 New Project Wizard, 选中图像文件夹, 调整好图像 X、Y、Z 轴方向后将数据导入该软件。调整数据图像前、后、上、下、左、右的方向, 分别用 A、P、T、B、L、R 标记 (见图 2)。运用阈值选取技术 (Thresholding) 进行阈值分割, 通常采用 Bone CT, 默认阈值范围 226~1902, 建立原始蒙版。使用三维区域增长技术 (3D Region Growing) 重建实体的结构区域, 通过编辑蒙版功能精确划分出各个独立骨折块, 并用不同的颜色标记以便与原始蒙版相区分, 利用 Mimics 软件 FEA 模块中的 Remesh 功能对毛糙的图像进行光滑, 并最终生成虚拟三维模型。通过 360 度观察三维模型, 可以了解三踝骨折处损伤的情况并进一步明确骨折的分类。

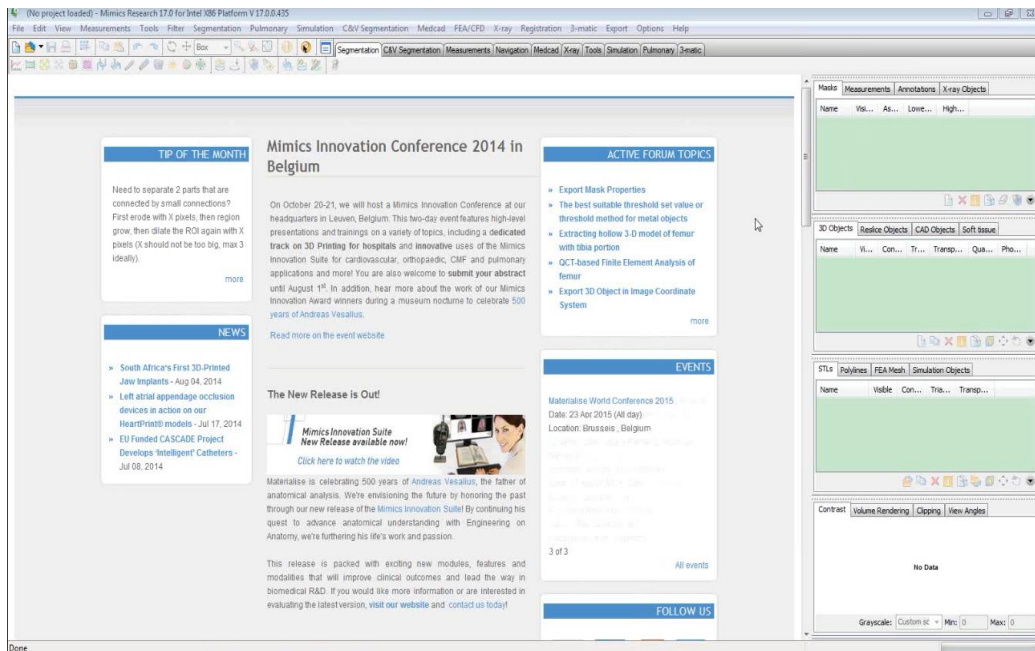


图 1 Mimics 17.0 软件界面



图 2 图像位置标记

2.3.3 模拟复位

利用 Mimics 软件的复位调整模块中的 Move 和 Rotate，进行分离骨折块的调整，经过拆分、拖动、旋转等操作，将相应骨折块分别与内踝、外踝、后踝的断端相吻合，然后观察踝关节修复的符合度。

2.3.4 模拟手术

模拟手术均按外-后-内踝的顺序依次进行。在 STLs 模块中导入模拟手术所需的钢板、螺钉及空心钉的三维数据。点击 Toggle Transparency（透明化功能）将整个复位后的模型图透明化以便观察螺钉置入后的内部情况。进行模拟手术：治疗外踝骨折时通常使用螺钉联合钢板固定的方式；内踝骨折时使用 1~2 枚螺钉固定；后踝骨折时可使用螺钉或者小型钢板固定；下胫腓联合损伤则根据情况由腓骨端向胫骨端置入螺钉或者微型钢板固定。

2.3.5 制定术前计划

手术入路顺序均选择外-后-内踝，然后根据模拟手术结果分别制定外踝、后踝、内踝所需的内固定种类、数量及置入方向，下胫腓联合损伤则需根据真实术中情况选择固定与否。

2.3.6 临床手术验证

根据 Mimics 软件制定的术前计划由同组高年资主刀医师进行手术治疗。手术均

采取全麻麻醉，常规消毒、铺巾、驱血及止血带止血，手术入路均选择为外-后-内踝，严格根据术前计划中制定的方案执行手术操作，术中注意保护血管及神经，术后及时复查 X 线片进行影像学评估。

2.3.7 术后功能锻炼及随访

术后一般采用石膏托固定 4~6 周，继之去除后指导加强踝关节的屈伸锻炼，根据复查情况术后 8 周左右开始扶拐逐步负重，下胫腓联合螺钉一般术后 12 周取出。对该 20 例三踝骨折患者进行术后第 1、3、6、12 月的随访，包括术后 X 线片及 AOFAS 踝-后足评分。AOFAS 踝-后足的评分标准为优：90~100 分，良：75~89 分，可：50~74 分，差：50 分以下。

第三章 结果

3.1 Mimics 软件的使用结果

20 例三踝骨折病例均可经 Mimics 17.0 软件重建出三维模型，可多角度、多平面清楚的观察骨折处的损伤情况及进一步明确骨折分类，并根据模拟复位及手术等操作制定了个性化的术前计划。

3.2 临床手术验证结果

20 例三踝骨折病例手术均较为顺利，各病例术中使用钢板及螺钉的种类、数量、置入方向与术前计划中制定的方案高度一致，手术时间 50min~150min，术后复查 X 线片进行影像学评价（见表 2）。

表 2 三踝骨折术后影像学评价表

骨折类型	解剖复位	一般	差
旋后外旋(15 例)	11	3	1
旋后内收(1 例)	1	0	0
旋前外旋(0 例)	0	0	0
旋前外展(4 例)	4	0	0
旋前背屈(0 例)	0	0	0

3.3 随访结果

20 例三踝骨折均得到有效随访，随访 6 至 12 个月，根据 AOFAS 踝-后足评分（见表 3），其中优 17 例，良 2 例，可 1 例，差 0 例，优良率为 95%，平均得分为 93.6±5.6 分。该结果证明了根据 Mimics 软件制定的术前计划对三踝骨折的手术治疗有较为理想的效果。

表 3 三踝骨折术后 AOFAS 踝-后足评分表

骨折类型	优	良	可	差
旋后外旋(15 例)	13	1	1	0
旋后内收(1 例)	1	0	0	0
旋前外旋(0 例)	0	0	0	0
旋前外展(4 例)	3	1	0	0
旋前背屈(0 例)	0	0	0	0

3.4 典型病例

3.4.1 病史资料

吴某某，女性，36 岁，其因“摔伤致左踝关节疼痛、活动受限三小时”入院。既往无慢性疾病史，无外伤及手术史。根据术前 X 片、CT 可诊断为三踝骨折（分别见图 3、图 4），Lauge-Hansen 分型：旋后外旋型。



图 3 三踝骨折 X 线正侧位片

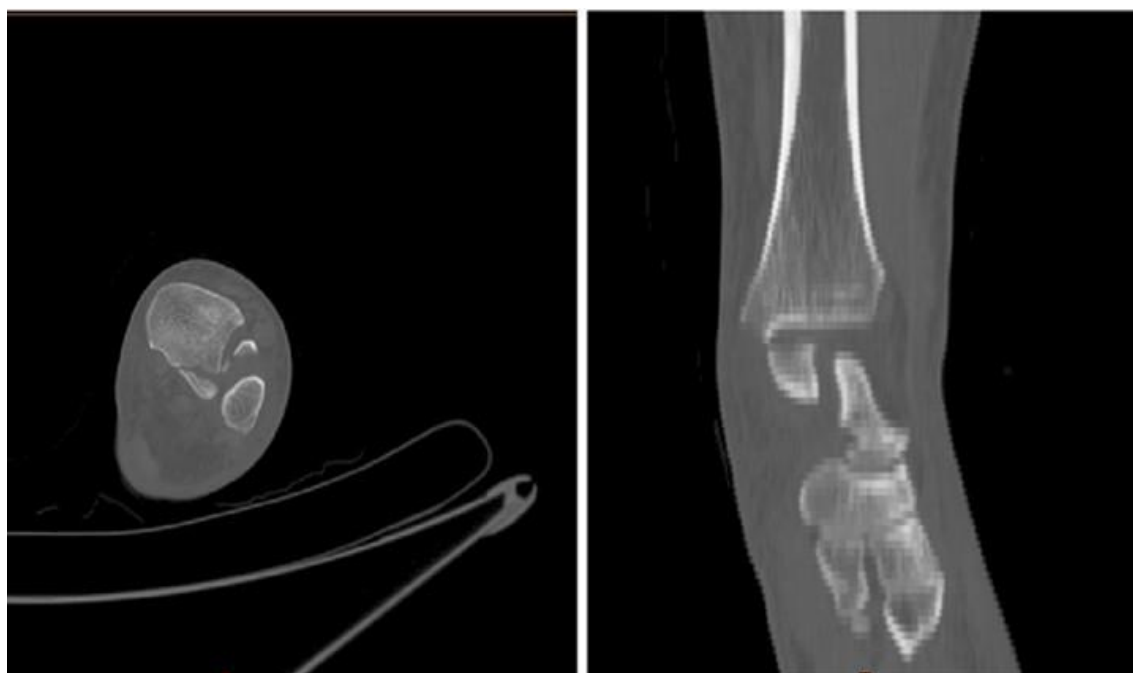


图 4 三踝骨折 CT 片

3.4.2 三维建模

将该患者经 64 排螺旋 CT 扫描所获取的 DICOM 格式数据导入 Mimics 17.0 软件，然后经三维区域增长技术、蒙版分割等操作后以不同颜色标记各个骨折块，最后经光滑操作后建立三维模型（见图 5）。通过观察三维模型可进一步明确为旋后外旋型。

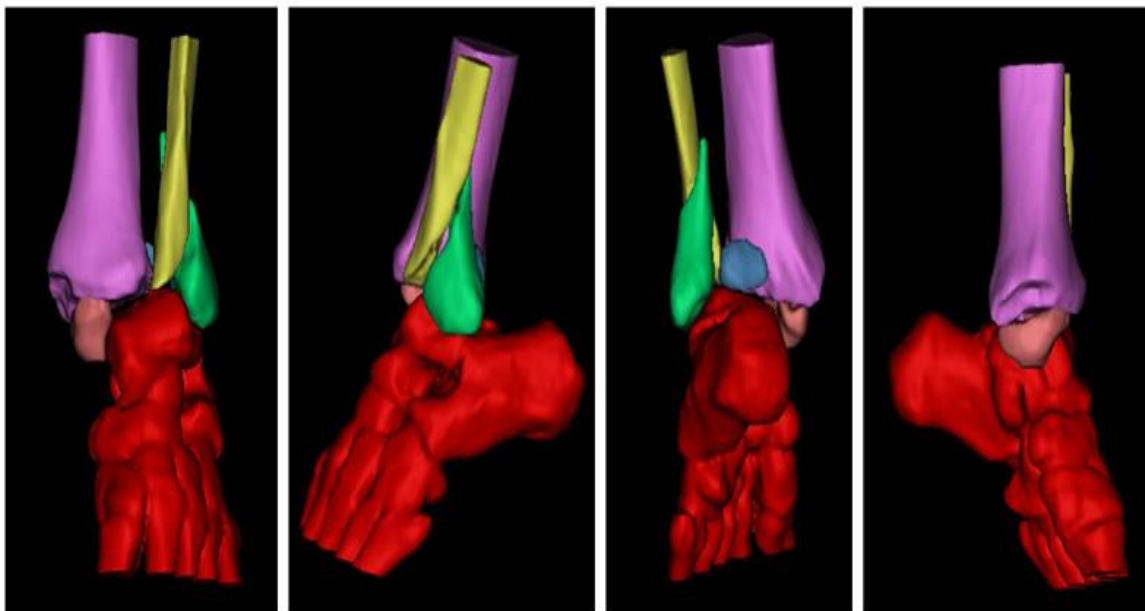


图 5 3D 建模后各方向视图片

3.4.3 模拟复位

使用复位调整模块中的 Move 和 Rotate 功能对患者的外踝、后踝、内踝依次进行复位，并进一步观察踝关节修复符合度（见图 6）。

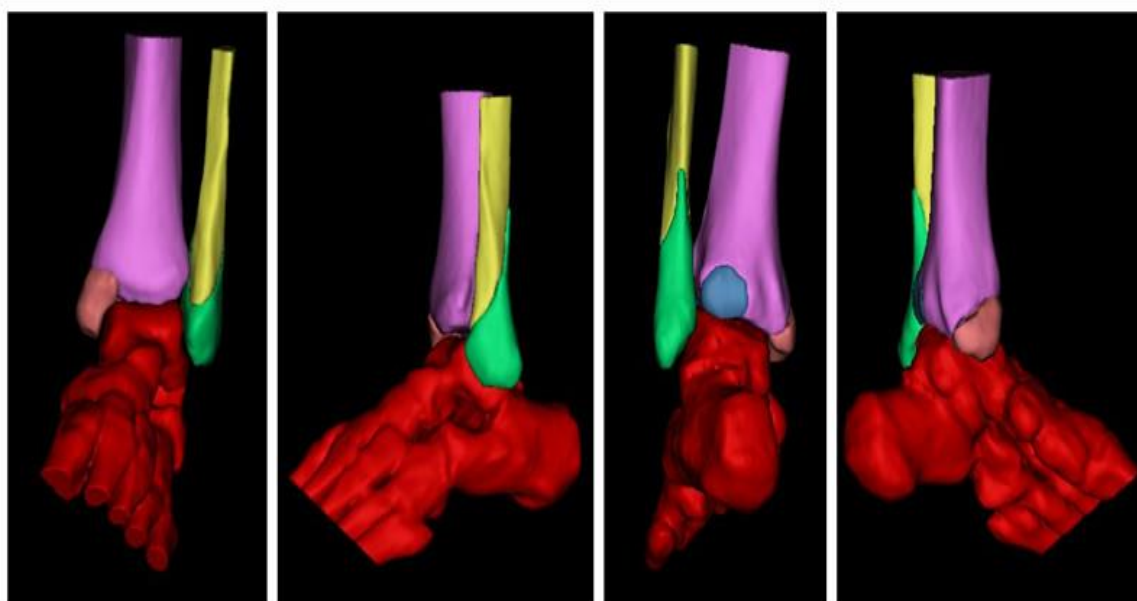


图 6 模型复位后各方向视图

3.4.4 模拟手术

点击 Toggle Transparency 将三维模型透明化，模拟手术记录：以外-后-内踝的顺序进行模拟手术操作，外踝骨折复位处首先从前向后置入一枚普通螺钉以固定骨折端（见图 7），然后由外侧端置入外踝解剖锁定钢板及螺钉进一步固定（见图 8）。后踝骨折复位处从后向前方向置入两枚空心钉固定（见图 9）。最后内踝骨折复位处自右向左方向置入两枚空心钉固定（见图 10），整个手术模拟完成（见图 11）。

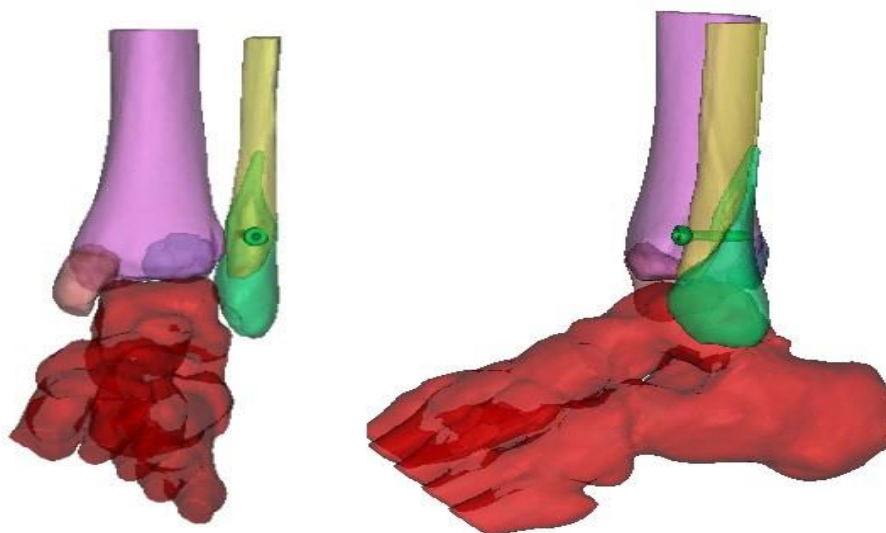


图 7 外踝螺钉置入图

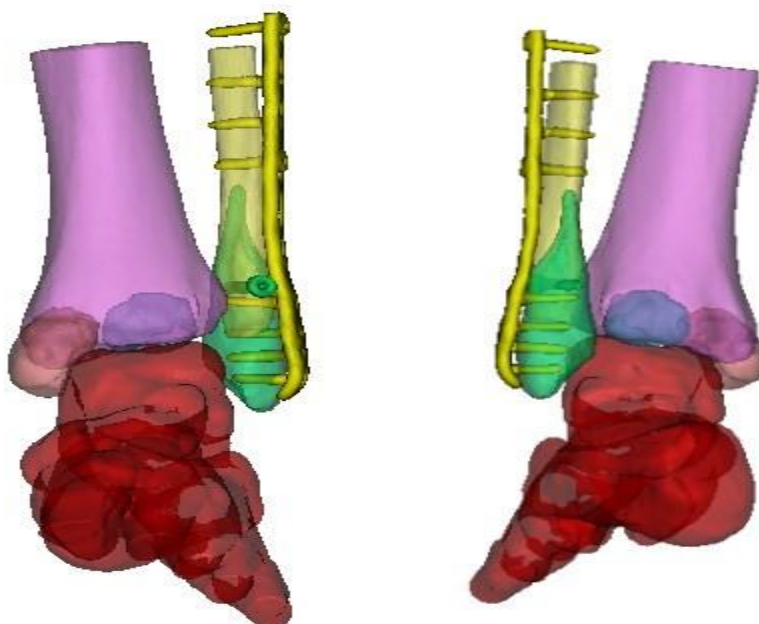
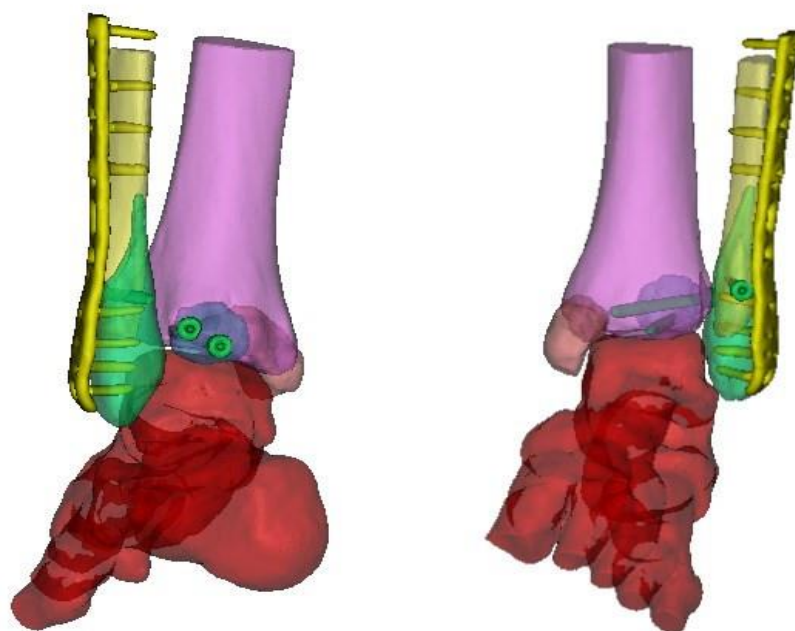


图 8 外踝钢板置入图



图片 9 后踝骨折螺钉固定图

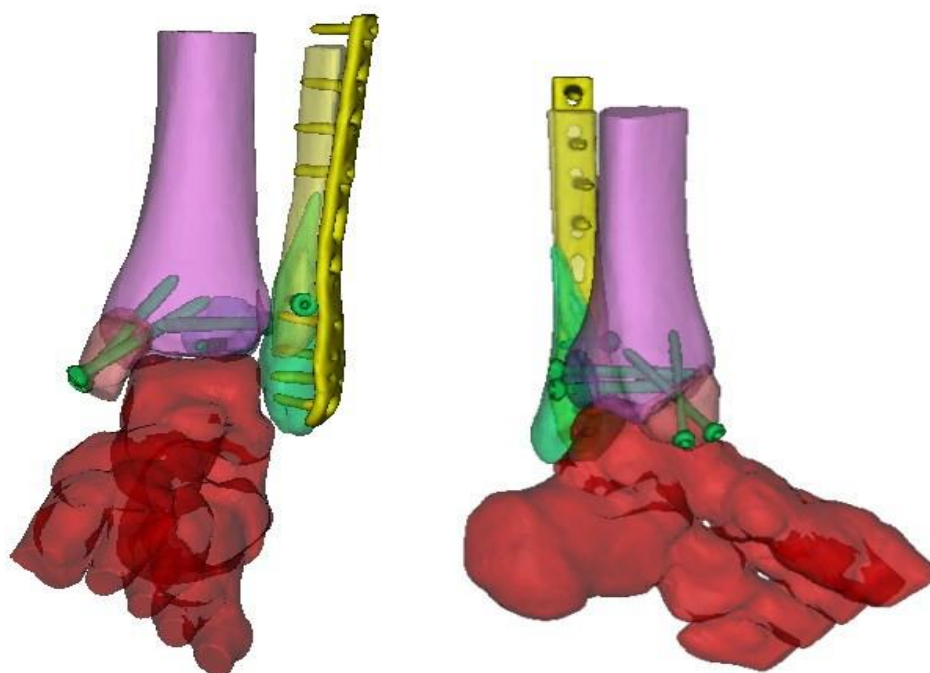


图 10 内踝骨折螺钉固定图

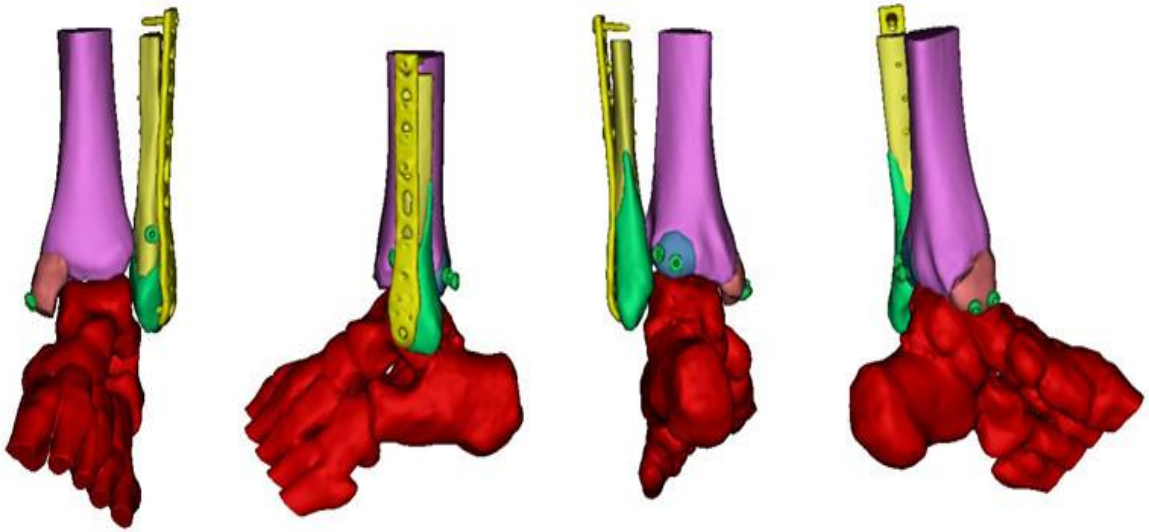


图 11 模拟手术完成图

3.4.5 制定术前计划

手术入路：外-后-内踝；

外踝：从前向后置入螺钉一枚，外踝外侧端置入解剖锁定钢板一块及配套螺钉；

后踝：从后向前置入两枚空心螺钉；

内踝：从右向左置入两枚空心螺钉；

下胫腓关节：准备微型钢板根据术中情况决定是否使用固定；

踝关节韧带损伤：根据术中情况予以修补。

3.4.6 临床手术记录

根据术前计划进行手术操作：采取漂浮体位，上止血带，常规消毒铺单，取踝关节后外侧纵行切口，显露腓骨骨折端，清理并解剖复位后，自前向后使用克氏针及螺钉一枚简单固定，外侧予解剖锁定钢板固定；在腓骨长短肌内侧缘剥离，显露胫骨后踝，复位后予两枚空心螺钉固定；踝关节前内侧弧形切开，保护大隐静脉，显露内踝骨折块，可见内踝内侧距骨破损大小约 1~2mm，漂浮，去除游离漂浮软骨，复位内踝骨折端，予克氏针及螺钉两枚固定，复位钳复位下胫腓关节，自腓骨向胫骨钻孔，引入牵引线，两端微型钢板固定胫腓联合，冲洗，逐层缝合，无菌包扎。手术顺利，术后予石膏托固定。术后及时复查 X 线片（见图 12）。

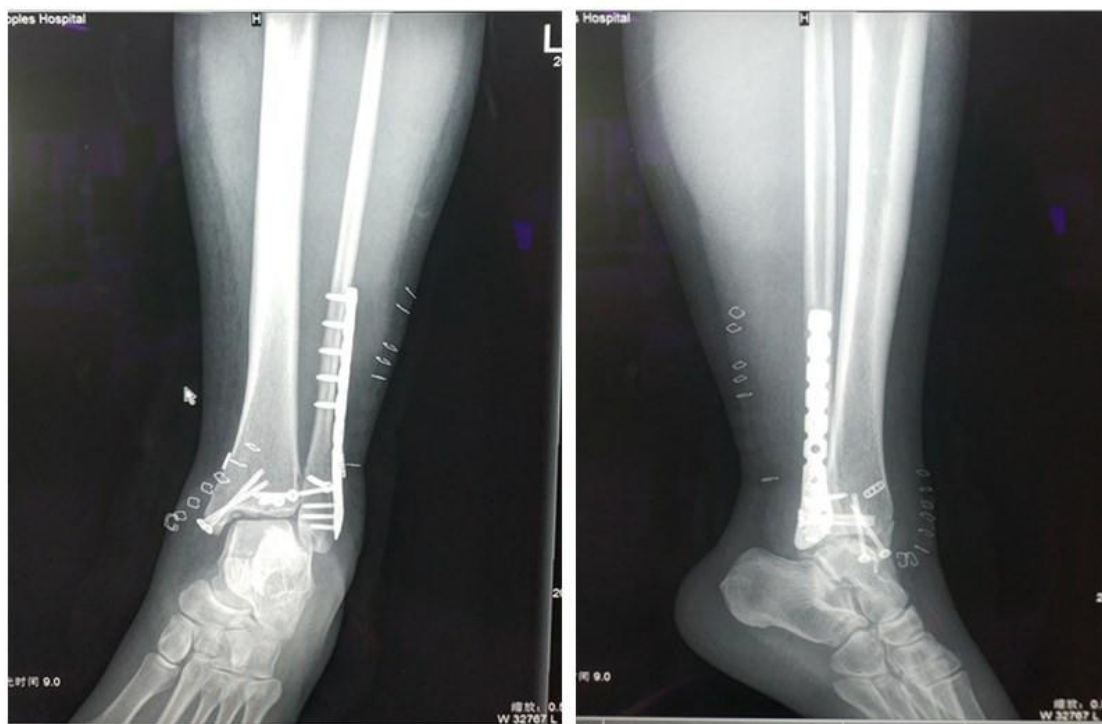


图 12 术后 X 片

第四章 讨论

4.1 三踝骨折的术前评估

三踝骨折是因暴力伤导致踝关节的内踝、外踝、后踝均发生了骨折，通常合并内、外侧副韧带以及下胫腓骨韧带的损伤。现今治疗方法首选依然还是手术治疗，对于闭合性三踝骨折来说，如伤侧踝关节肿胀不明显，创伤后 6~8h 内可以进行手术内固定治疗，但如果肿胀较为明显，则需要延迟 3~14d，待皮肤皱褶征出现后再行手术治疗^[6]。而术前评估是三踝骨折手术成功的关键，其中首选的评估方法就是影像学的检查，包括：X 线片、CT 及 MRI。X 线片因较低的价格及较快的成像速度使其成为现今应用最为普遍的检查，其对内踝、外踝的骨折评估较为容易，但对后踝骨折、胫距关节面损伤、较小的下胫腓联合损伤等方面的评估有较大的局限性^[7]，而且因为骨折后疼痛导致患者配合度下降，所以难以获得理想的摄 X 片视角，并且其存在影像重叠的劣势，所以 X 线片在三踝骨折的诊断方面漏诊率较高。CT 和三维重建技术的出现可以避免影像重叠，并清楚的显示内、外和后踝处的骨折和位移情况，此外还能发现在 X 线片上容易漏诊的细微骨折和游离骨块，对选择手术入路和内固定种类以及治疗内、外、后踝骨折具有重要的指导意义^[8]。MRI 不是必需的检查项目，但它具有多参数、多方向和最佳软组织分辨率的优点，其可以同时清晰显示骨挫伤、骨折伤、踝关节周围韧带损伤、肌腱损伤等病损，在损伤评估方面 MRI 可以对普通 X 线片起到较好的补充作用，为早期临床治疗和康复提供客观依据^[9]，但受其较为昂贵价格的影响，多数中小级别的医疗机构还未引进，故其在术前评估的使用方面受到限制。除上述常用影像学检查之外，踝关节 B 超及踝关节镜近年来也开始逐步被应用于三踝骨折的术前评估中，踝关节 B 超为无创性检查，可用于踝关节韧带损伤及下胫腓联合分离的诊断，敏感度较高。踝关节镜则因其较好的直观性，可清楚观察踝关节骨与韧带的损伤，已经被认为是诊断的“金标准”，但因其为有创性检查，故单独使用其进行诊断在临床中较少，而较多的是使用踝关节镜进行辅助手术治疗。

4.2 三踝骨折的手术治疗

近年来随着人们对三踝骨折认识的加深，中医手法整复及石膏外固定、西医手术

治疗及中西医结合治疗等多种治疗方法被应用于三踝骨折的治疗中,取得了较好的疗效。而由于手术治疗可以获得坚强的固定并且能及早进行术后康复锻炼,从而使得术后并发症的发生率下降,踝关节功能得到尽快的恢复,所以被公认为首选的治疗方法。现今三踝骨折手术治疗中最大的争议是手术整复顺序,后-外-内踝、后-内-外踝、外-后-内踝的手术顺序均有文献报道^[10-12]可以获得较好的疗效,但具体哪一种顺序更好还有待进一步的研究报道。手术治疗内踝骨折时一般只需 1~2 枚螺钉固定,可以使用普通螺钉或者可吸收螺钉,也可使用张力带固定^[13],但对于骨折块较小时也只能选用克氏针交叉固定。在外踝骨折治疗上需根据骨折情况的不同选择内固定,对于斜形骨折,可置入 2 枚拉力螺钉从前向后的方向固定;对于横断骨折,可做髓内内固定;而其它类型的外踝骨折则可选用螺钉加钢板进行固定。如果后踝骨折累及关节面积大于 25%-30%,则需通过手术治疗来稳定关节并降低关节面不规则而导致创伤性关节炎的发生率,通常选用松质骨螺钉固定,如骨折块较大可从前向后固定,如骨折块较小可从后向前固定。对下胫腓联合分离是否进行固定,现今尚存在较大争论^[14],但是其绝对手术指征是对内、外踝固定后仍存在下胫腓联合不稳定^[15],其治疗方法为由腓骨端向胫骨端置入 1~2 枚松质骨螺钉,必要时也可根据术中情况使用 endobutton 钢板^[16]进行固定。除了常规手术治疗三踝骨折以外,现今不少临床骨科医师的理念已经向微创方向转变,微创手术创伤小、疼痛轻及恢复快的特点,既有利于患者,同时也符合了外科的发展方向,微创经皮内固定治疗三踝骨折已经在临床中得到了较为广泛的应用。但手术治疗也存在一些相应的弊端,比如三踝骨折内固定手术治疗后需行二次手术取出内固定,前后两次手术导致费用方面明显较保守治疗高;其次手术治疗对下肢软组织、血管的损伤较大,且胫骨下端本身的解剖特点使得其血供较易受到破坏,所以术后容易导致骨折延迟愈合或骨不愈;最后手术治疗本身具有一定的风险性,并且当今社会高血压病、糖尿病、冠心病等慢性疾病发病率逐年升高,如这部分患者受伤后出现三踝骨折,则术后深静脉血栓、肺栓塞、切口感染、骨髓炎等并发症的发生概率也会相应的增大,所以对这部分患者应该做好更为详细的术前计划,并严格控制原发病,以期降低术后并发症的发生。

4.3 数字医学与数字骨科学

1989 年美国 VHP (可视人计划)促进了数字人和医学图像研究的发展。数字人

研究是信息技术与现代医学相交叉的项目,对科技和医学的发展意义重大。数字化技术可以通过连续的断层图像进行三维重建,准确地显示复杂的三维生物组织结构,并且可以执行诸如旋转、复位、测量、切割和手术等多种操作,从而得到大量精确的数据,可应用于临床教学、诊断、辅助手术设计及模拟手术操作等方面。继美国之后,日本与韩国也迅速展开了人体数据库的研究与建造计划。我国在这方面的研究起步较晚,经 2001 年和 2003 年的两次香山会议才逐步展开了数字化虚拟人的研究。钟世镇院士率先在国内开展了“虚拟中国人”的人体切片建模研究工作^[17],为中国数字医学的发展奠定了基础,并于 2006 年首次提出“数字骨科学”的概念。经过多年积极的努力及国内研究投入的不断加大,2011 年 11 月中华医学会批准成立了“中华医学会医学工程学分会数字骨科学组”,2016 年 4 月成立了“SICOT 中国部数字骨科学会”,学会的成立促进了数字骨科技术在骨科临床的推广应用。

数字骨科学是近年来的新兴学科,由计算机数字技术与临床骨科相结合,其以骨科学为基础,计算机图像处理技术为辅助,涉及信息学、材料学、立体几何学、人体解剖学、生物力学、机械工程学等多个领域。数字骨科学具有广阔的发展空间和较大的科学价值,在临床应用中意义重大。首先其可改变传统教学模式,临床教学中通过数字骨科技术可将骨科病例的 CT、MRI 等二维模型转变为三维模型,从而可以清晰的展现在学生面前,提高了学生的兴趣,并且这些数据可以储存进个人计算机中,方便学生进行复习回顾,这种新模型的转变更有利于学生对骨科解剖知识的掌握;其次可以进行骨科虚拟仿真手术,从而对刚进入临床的年轻骨科医师进行标准化、规范化的培训,有利于其了解并掌握整个骨科的手术流程;最后数字骨科手术可直观患者的病损情况,有利于骨科医师对手术计划的制定及评价,可缩短手术时间、住院时间以及术后恢复时间,减少患者的痛苦及降低治疗费用,从而达到提高手术治疗的效果^[18]。

4.4 数字骨科手术

近年来随着数字化虚拟技术的快速发展,数字骨科手术被广泛应用于骨肿瘤切除重建、骨关节创伤修复、骨关节畸形矫形、脊柱外科手术等多个领域。尤其是一些解剖较为复杂的部位,使用计算机辅助设计后的手术治疗可以大大提高手术的安全性和准确性,并减轻医师的工作量。邱冰等^[19]通过计算机设计个性化手术导板,进行 3D 打印后应用于全膝关节置换术,可以使得截骨更为精确。张建春等^[20]通过计算机辅助

设计方案进行了一例股骨恶性肌纤维母细胞性肉瘤手术,取得了较好的疗效。许玮等^[21]通过对复杂骨折手术病例进行数据采集后 3D 打印出实体模型,然后进行术前的设计及模拟手术,通过个性化的手术方案来达到降低手术难度、缩短手术时间、减少医源性并发症发生的目的。当然提起数字骨科手术就不得不提骨科机器人手术,该项研究始于上世纪 80 年代末期,率先由美国加利福尼亚大学与 IBM 公司联合开发了一台骨科机器人,主要用于人工髋关节置换^[22]。1991 年美国的 Integrated Surgical Systems 公司推出了全球首款骨科手术机器人产品,即 RoboDoc 机器人,并完成了全球首例机器人辅助人工全髋关节置换手术试验,继之英国、瑞典、法国、德国、韩国等国家也接连研制出骨科机器人。我国对骨科机器人方面的研究起步较晚,2004 年由北京积水潭医院联合北京航空航天大学研发出了小型双平面骨科机器人系统,2006 年我国完成了首次骨科机器人异地远程手术试验,而后我国对骨科机器人手术的研究投入不断地加大,研究成果与应用也越发的显著,终于在 2015 年完成了世界首例的机器人辅助上颈椎手术^[23]。

综上,数字骨科手术可较传统手术更精确、更可靠、更方便、疗效更佳,其推动了骨科临床发展,使得现代骨科手术进入了崭新的时代。

4.5 Mimics 软件

Mimics 软件是比利时 Materialise 公司开发的交互式医学图像控制系统,是一款模块化结构的数字软件,由基础模块、MedCAD 模块、仿真模块、STL+模块、快速成型切片模块、FEA 模块及手术模拟模块所构成,用户可以根据需求的不同进行相应的搭配。Mimics 软件可将 CT、MRI 等图像数据导入,通过三维重建功能生成三维模型,可全方位、立体式展现骨折线及骨折面,并可根据需求对三维模型进行切割、旋转、复位、模拟手术等操作,从而使得骨科医师更容易熟悉患处与临近组织的关系,从而制定更准确的手术方案^[24]。Mimics 软件相对于 Autodesk、SDRC、UGS 等公司的软件而言,使用费用明显较低,且对计算机配置要求不高而兼容性较好,支持 DICOM、BMP、IMG 等多种格式数据。该软件可安装并运行于普通个人计算机中,相对与 CT 扫描内固定部位会出现伪影导致图像清晰度受损来说,Mimics 软件的三维重建模型没有这方面的劣势。Mimics 软件最初在医学上的研究与应用始于口腔颌面外科对牙齿矫形、牙齿三维有限元模型的构建等方面,继之逐渐被骨科、心内科、呼

吸内科、脑外科等科室进一步的应用。Mimics 软件对 DICOM 数据进行三维重建需选取图像的阈值范围，骨组织因其密度较软组织、肌肉、血管、内脏等人体的其它结构更高，所以其阈值范围更容易选取，且同等条件下获取的 DICOM 数据，骨组织的三维重建较其它组织更为简便并且更佳清晰。鉴于如上优点，现今已有大量骨科方面的研究通过 Mimics 软件进行，比如髋关节翻修方案的制定、胫骨上端骨巨细胞瘤的术前规划、椎体胸腰段压缩性骨折的有限元分析等等^[25-27]，均获得了良好的效果。近年来随着 3D 打印的兴起，骨科对使用 Mimics 软件的研究及应用又更进了一步，该软件重建后的虚拟三维模型可生成 STLs 格式的数据，而此格式的数据可被应用于 3D 打印机进行实体模型的 3D 打印。通过 3D 打印机打印出来的实体模型在观察、模拟复位、模拟手术等方面较虚拟模型又更上了一个台阶，鉴于如上优点，3D 打印骨实体模型的技术迅速在骨科教学、科研、临床等多个方面得到了较为广泛的应用^[28]。当然无论是虚拟模型模拟手术还是实体模型模拟手术都有其优缺点，虚拟模型在成本方面由巨大的优势且模型可以反复的利用，但是在测量、模拟复位、模拟手术等操作上欠缺真实性。而实体模型的观感、模拟手术操作较为真实，用于教学方面可以激发学生的兴趣感，但是使用成本较高，现今依然无法大规模的应用于临床手术中，所以应该根据具体情况来选择最为合适的模型。

4.6 Mimics 软件在踝关节骨折中的应用

踝关节骨折的类型较为复杂，除上述 X 线片、CT、MRI 等影像技术用于踝关节骨折的术前诊断外，近年来 Mimics 软件在踝关节骨折中的应用也在逐年增多，该软件无论是在踝关节骨折的诊断还是手术治疗方面均具有较大的应用价值。黄俭等^[29]通过对比研究 61 例 Pilon 骨折病例，结果显示在 Pilon 骨折围手术期应用 Mimics 软件三维重建，可全面评估骨折情况，优化和完善术前计划，降低了风险；樊文勃等^[30]研究显示，Mimics 软件可全面直观的了解骨折断端情况，为 cotton 骨折手术方案的制定提供重要的参考；刘清华等^[31]利用 Mimics 软件建立了解剖结构完整的踝关节三维有限元模型，可对踝关节生物力学的研究产生重要意义；黄应钟^[32]则通过 Mimics 软件对 30 例踝关节骨折进行三维重建并与 X 线片、CT 对比，得出其判断分类准确率更高。Mimics 软件除了可以重建虚拟三维模型并直接应用于上述研究之外，其生成的数据格式可被 3D 打印机识别，进而可以打印出实体模型。得益于 Mimics 软件

的这项功能，临床上不少学者已经开始使用 Mimics 软件进行踝关节骨折 3D 打印方面的研究，如：梁俊杰^[33]使用 3D 打印技术进行了足踝骨折诊治与教学应用方面的研究、董谢平等^[34]利用 3D 打印技术打印截骨导板用于踝关节内骨折畸形愈合的辅助治疗、李仁嵩等^[35]利用 3D 打印模型进行复杂踝关节治疗方面的应用等。

本文为探讨 Mimics 软件在三踝骨折术前计划中的应用价值，选取了 20 例三踝骨折病例进行三维重建。结果发现 Mimics 软件可以建立三踝骨折模型，并进行多角度观察、复位及模拟手术，从而更精确的掌握踝关节损伤处的情况，更准确的为骨折进行分型及制定更合适的术前计划，为临床手术的实施提供了较好的依据及便利。

4.7 问题与不足

尽管 Mimics 软件具有显著的优点，但是本研究尚存在不足之处：该软件为纯英文软件且功能较多，熟悉并掌握整个软件需较长的时间，且需要具有一定解剖知识的相关从业人员才能对图像数据进行重建、复位、模拟手术等操作；其次该软件重建图像所需的 DICOM 数据需多排螺旋 CT 机以冠状位、矢状位、横断位扫描获得，且清晰程度受扫描层厚及 CT 机探测器排数的影响，而由于多排螺旋 CT 机昂贵的价格，导致不少医疗机构暂未引进，故缺少获得数据的来源，从而难以进行该方面的研究；最后相对于实物模型模拟手术，虚拟软件的模拟手术欠缺真实性，操作起来会有一定的偏差，而且韧带、肌腱损伤的重建及模拟修复操作起来较为困难，下胫腓联合的稳定性也无法判断，仍需根据术中具体情况决定固定与否。

4.8 展望

随着数字医学的不断发展以及医师对 Mimics 软件了解的进一步加深，越来越多不同科室的医师会学习并掌握该软件在临床中的应用，从而不仅可以加深医师对临床疾病的认识，而且可以使患者在诊疗过程中受益，有利于构建和谐医患关系。可以预见，得利于 Mimics 软件较低的价格和硬件要求，丰富的功能，在不久的将来该软件将会应用于各个级别的医疗科研机构中，具有广阔的前景。

第五章 结 论

1.Mimics 软件三维重建优于 X 片、CT，可以全面、直观的了解三踝骨折损伤的情况，并准确的对三踝骨折进行分型；

2.Mimics 软件可以精准的对三踝骨折的骨折块进行复位并模拟内固定手术，便于术前计划的制定；

3.经使用 Mimics 软件后制定的术前计划可应用于三踝骨折的临床手术治疗中，为手术的实施提供了便利。

参考文献

- [1] 杨先腾,田晓滨,胡如印,等. 空心螺钉结合解剖锁定接骨板固定治疗三踝骨折 33 例的疗效评价[J].重庆医学,2015,44(20):2831-2833.
- [2] Bourne R B. Pilom fractures of zhe distal tibia[J].Clinorthop,1989,(240):42-46.
- [3] Cooke M N,Fisher J P,Dean D,et al. Use of stereolithography to manufacture critical – sized 3D biodegradable scaffolds for bone in growth [J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater,2003, 64(2): 65-69.
- [4] Vaibhav Bagaria,Shirish Deshpande,Darshana D.Rsaslkar,et al.Use of Rapid Prototy-ping and Three-Dimensinal Reconstruction Modeling in the Management of ComplexFractures[J].European Journal of Radiology,80(2011):814-820.
- [5] 王勤,张志,张亮,潘永谦,等. Mimics 等数字化软件在临床骨科教学工作中的应用和体会[J].中国医学教育技术,2014, (05): 527-529.
- [6] 孙龙.踝关节骨折闭合复位内固定的临床疗效分析[D].大连: 大连医科大学, 2013.
- [7] Choplin R H,Buckwalter K A,Rydberg J,et al. CT with 3D Rendering of the Tendons of the foot and Ankle:Technique,Normal Anatomy,and Disease[J].Radiographics, 2004,24(2):343-356.
- [8] 林希龙,祝勇,王岩峰. 螺旋 CT 和三维重建技术在三踝骨折治疗中的应用[J].中国矫形外科杂志,2006,14(10):755-756.
- [9] 谢筱晞,曹桢斌,徐莉萍,等. 3.0T 磁共振成像评价踝关节运动损伤的应用价值[J].昆明医科大学学报,2012,(5),113-116.
- [10]赵磊,王黎明,蒋纯志,等. 应用可吸收螺钉治疗三踝骨折 [J] . 生物骨科材料与临床研究,2007,4(1):41.
- [11]赵虬,王沛,马信龙. 旋前、后外旋型三踝骨折的手术治疗 [J] . 中华骨伤志,2005,24(1):4.
- [12]Weber M,Ganz R. Malunion following trimalleolar fracture with posterolateral subluxation of the talus-reconstruction including the posterior malleolus [J] . Foot Ankle Int,2003,24(4):338-344.
- [13]薛健康. 可吸收螺钉张力带钢板在治疗三踝骨折中的应用 [J] . 中国中医药导

- 报,2006,3(24):74.
- [14]吴超,王宏伟,田松瑶,等. 踝关节骨折切开复位内固定后下胫腓联合分离固定与未固定的疗效分析 [J]. 广东医学,2017,38(23):3640-3643.
- [15]Ebraheim N A,Mekhail A O,Gargasz S S. Ankle fractures involving the fibula proximal to the distal tibiofibular syndesmosis [J]. Foot Ankle Int,1997,18(8):513-521.
- [16]颜世昌,孙文建,王骏飞,等. Endobutton 弹性固定治疗急性下胫腓联合损伤的临床研究 [J]. 中国骨与关节损伤杂志,2013,28(10):929-931.
- [17]Zhong S Z,Yuan Lin,Tang lei,et al.Research report of experimental database establish-Ment of digitized virtual Chinese No.1 female[J].J First Mil Med Univ,2003,23(3): 196-200+209.
- [18]赵为公,杨益民,王莹. 3D 打印技术结合数字化技术在复杂踝关节骨折的应用研究 [J]. 医学综述,2015,21(22):4141-4143.
- [19]邱冰,张明娇,唐本森,等. 个性化手术导板在全膝关节置换术中的应用[J]. 中华骨科杂志,2016,36(3):143-150.
- [20]张建春,吕厚忠. 数字骨科技术在股骨低度恶性肌纤维母细胞性肉瘤手术治疗中的应用[J]. 现代医院,2013,13(1):56-58.
- [21]许玮,张旭鸣,林昊,等. 3D 打印实体模型在创伤骨科困难手术的应用[J]. 创伤与急诊电子杂志,2016,4(1):16-20.
- [22]Lang J E,Mannava S,Floyd A J,et al.Robotic systems in orthopaedic surgery[J].J Bone Joint Surg Br,2011,93(10):1296-1299.
- [23]田伟. 骨科机器人进展[J]. 骨科临床与研究杂志,2016,1(1):55-57.
- [24]付淼,郭春超,齐秋菊,等. Mimics 软件与医学图像三维重建[J]. 中国现代医学杂志,2010,(19):3030-3031+3035.
- [25]张雪鹏,邝琳. 椎骨胸腰节段压缩骨折的有限元分析研究[J]. 中国现代医学杂志,2017,27(22):65-73.
- [26]王德春,项禹诚,黄帅,等. Mimics 软件在个体化全髋关节假体翻修中的应用[J]. 中国组织工程研究,2012,16(13):2305-2308.
- [27]韩福康,邱红明,吕文学,等. Mimics 软件在胫骨上端骨巨细胞瘤清理术中的应用[J]. 中医正骨,2014,26(9):65-67.

- [28]杨新宇,詹成,李明,等. 3D 打印技术在医学中的应用进展[J].复旦学报, 2016,43(6):490-494.
- [29]黄俭,王小平,邓志成,等. Mimics 软件三维重建在 Pilon 骨折修复中的应用[J].中国组织工程研究,2015,19(44):7167-7171.
- [30]樊文勃,赵凯,崔斌,等. 逆向工程软件 Mimics 在复杂性 Cotton 骨折手术治疗中的应用研究[J].中国数字医学,2017,12(6):73-75.
- [31]刘清华,余斌,金丹,等. 解剖结构完整的踝关节有限元模型构建及意义[J].山东医药,2010,50(14):1-3.
- [32]黄应钟. Mimics 三维重建技术对踝关节分型的指导意义[D].汕头:汕头大学,2013.
- [33]梁俊杰.3D 打印技术在足踝骨折诊治与教学的应用研究 [D].广西:广西医科大学,2017.
- [34]董谢平,张大伟,漆启华,等. 3D 打印截骨导板辅助治疗踝关节内骨折畸形愈合 [J].中华创伤骨科杂志,2017,19(6):511-517.
- [35]李仁嵩,王娜. 3D 打印个体化模型在复杂踝关节骨折治疗中的应用 [J].组织工程与重建外科杂志,2018,14(4):208-211.

综述

三踝骨折的诊治进展

徐震宇 综述 丁文鸽 校审

随着世界的不断发展,踝关节骨折的发生率持续上升,占到了全身骨折的 3.92%,而且其复杂程度也逐渐由当初的单踝骨折向双踝骨折、甚至是三踝骨折不断加深。现今对三踝骨折的认识离不开医学的进步以及医疗辅助器械的日益先进,尤其是随着对踝关节生物力学及显微解剖学的研究加深,中医和西医在三踝骨骨折的治疗方面均取得了很大进展。目前,最重要的治疗方法依然是手术治疗,其原则是坚持解剖复位骨折并修复受损韧带^[1]。现对三踝骨折的诊断与治疗作简要的概述。

1 踝关节的解剖特点

踝关节(也称为胫腓关节)是人体的最大屈曲和伸展关节之一,主要结构为对应于距骨上部和胫腓骨下部的关节表面,其被内踝三角韧带、外踝侧副韧带和下胫腓联合韧带所包绕。胫骨的远端内侧突出部分称为内踝,后缘呈唇状突起的部分称为后踝,而腓骨远端内侧突出的部分称为外踝。由内踝、外踝及胫骨下端关节面构成踝穴。距骨则分为头、颈、体三个部分,其距骨体容纳于踝穴之中。踝关节灵活性较大,可做跖屈、内收、内旋、外展、外旋、背伸等多种不同运动,当其稳定结构遭到破坏时,关节功能也会遭到相应的影响。有国外文献指出^[2],若距骨向踝穴外偏移 1mm,则构成胫距关节面的面积将减少 42%,若向外偏移 3mm,接触面积将至少缩减 60%,从而增加局部关节面的负重。踝关节中最为重要的结构即为下胫腓韧带复合体,其由下胫腓前韧带、下胫腓后韧带、下胫腓横韧带、骨间韧带及骨间膜的远端部分所组成,这些韧带具有协同作用,可对抗造成胫腓骨分离趋势的轴向、旋转及平移应力。

2 三踝关节的分型

踝关节骨折为现今最常见的关节内骨折之一,主要由间接外力所引起。目前踝关节骨折的分类法较多,最常用的分类法由丹麦学者 Lauge-Hansen^[3]提出,其基于受伤时足的位置和引起暴力的方向,最初将踝关节骨折分为五种类型:旋后外旋型、旋后内收型、旋前外旋型、旋前外展型及旋前背屈型。另有 Ashurst 分类法^[4],其按照

受伤时外力的性质将踝关节骨折脱位分为外旋型、外展型、内收型和垂直压缩型。还有 Danis-Weber^[5] 分类, 根据腓骨骨折的高度、下胫腓联合以及胫距关节之间的关节而将踝关节骨折分为三型。最后是 AO 分类法^[6], 依据外踝的损伤情况, 将骨折分为 A、B、C 三型。三踝骨折是一种复杂且严重的关节内骨折, 其分型可分别归纳于上述 Ashurst 分类法的外旋型 III 度损伤和内收型 III 度损伤、Lauge-Hansen 分类法的旋后外旋型 IV 度损伤和旋前外旋型 IV 度损伤、Danis-Weber 分类法的 B 型和 C 型。成永忠等^[7] 总结三踝骨折的独特移位规律, 根据其有无距骨移位和移位方向以及有无下胫腓分离分为稳定型和非稳定型, 而非稳定型又可分三型, 其中 I 型为距骨外脱位型、II 型为距骨外后脱位型、III 型为距骨后脱位型, 分别根据有无下胫腓分离的距骨外脱位、有无下胫腓分离的外后脱位及有无下胫腓分离的后脱位分为两个亚型。

3 三踝骨折的诊断

目前三踝骨折的诊断主要还是依靠影像学的诊断为主, 包括: X 线片、CT 及 MRI。对患处进行 X 线摄片是现今诊断三踝骨折最常用的方法, 主要通过正侧位片的对比, 绝大部分的三踝骨折均可以诊断出来, 而其相对于 CT 及 MRI 来说, X 线片低廉的费用及更快的成像速度是其最大的优势, 但也有如下问题: 首先其存在影像重叠的劣势, 而后踝骨折的骨折线通常呈不规则状, 导致无论何种角度的摄片对后踝骨折的骨折块均无法清楚的显示; 其次 X 线片虽然可以发现下胫腓联合分离, 但对于轻度的下胫腓联合分离诊断较为困难, 极易漏诊; 最后对于踝周韧带、踝关节软骨的损伤面 X 线片更是无法显示。随着医学的进步及诊断的需要, 各级医院已经普及了 CT 设备, CT 的出现对于三踝骨折的诊断又上了一个新的台阶。CT 可以显示后踝骨折块大小, 对 X 线片进行补充, 而且对于下胫腓联合分离诊断具有显著的优势, 但是其也存在平扫图像难以从整体上判定骨折的局限性, 尤其是对年轻的骨科医师来说。但是多排螺旋 CT 三维重建功能的出现改变了这一情况, 其对三踝骨折处进行三维重建后可以多角度观察、清楚的显示三踝骨折的损伤情况, 明确其分类, 对术前治疗方法的选择具有重要的指导意义^[8], 而 CT 最大的劣势即对内固定植入部分扫描会导致伪影的形成, 从而影响成像的质量。MRI 的出现对三踝骨折合并韧带、肌腱损伤的诊断又更进一步, 其不仅可以明确三踝骨折的损伤情况, 而且可以清楚显示踝关节周围韧带损伤、肌腱损伤等病损, 对 X 线片及 CT 起到补充作用。但受限于 MRI

机高昂的费用及较长的成像时间,多数中小医疗机构还未引进,其在三踝骨折诊断方面应用并不广泛,而且本身有金属内植物的患者更是其禁忌症。

除上述常用的影像学检查之外,现今踝关节 B 超及踝关节镜检查也逐步被应用于临床中。踝关节 B 超为一种无创性的影像学检查方法,可用于踝关节周围韧带损伤及下胫腓联合损伤的检查,而对于下胫腓联合损伤的敏感度可达到 67%,但其受操作者专业技术水平的影响较大。踝关节镜则是一种有创性的检查方法,其具有较为直观、敏感性较高的优点,但因其为有创性检查,故临床中较少使用踝关节镜作为单独的检查方法,而是将其与手术相结合,在踝关节镜直视下辅助进行踝关节骨折的手术治疗。

4 三踝骨折的治疗

随着医学的发展以及对于三踝骨折认识的不断加深,中西医在对于三踝骨折的治疗方面均取得了长足的进步,而三踝骨折根据是否与外界相通可分为开放性三踝骨折和闭合性三踝骨折,这其中闭合性三踝骨折最为常见。中医方面对闭合性三踝骨折的治疗以手法整复为主,辅以夹板、石膏固定和中药的使用。现国内已有不少文献报道通过中医的方法进行三踝骨折的保守治疗可以取得较好的疗效,如运用背伸叩挤法、通过手法复位后行夹板及石膏外固定等^{[9][10]}。西医方面则认为三踝骨折导致了踝关节的稳定性差,虽可闭合复位,但踝部肿胀消退后外固定不稳固,所以手术治疗才是首选的治疗方案。三踝骨折手术治疗的目的是恢复踝关节的解剖结构,进行坚强的内固定和早期的功能锻炼。其最佳手术时间应为骨折发生后 6~8h 以内,此时骨折处张力性水泡及软组织水肿尚未形成,仅有血肿,如错过此时期,则需跟骨牵引或者石膏外固定一周以上,等待水肿消退后再另行手术治疗,增加了患者长期卧床及牵引的痛苦的同时,手术难度及风险也相应的增大。手术方法及内固定的选择现今多种多样,如通过外踝解剖钢板,内踝、后踝螺钉固定的手术方法及通过可吸收螺钉、张力带、钢板手术的方法均有文献报道^{[11][12]}可取得确切的疗效。而术中复位及固定的顺序依然争论不休,具体后-内-外踝、后-外-内踝、外-后-内踝三种顺序^[13-15]中哪一种更好还需有待进一步的研究论证。近年来也有文献报道^{[16][17]}通过手术治疗结合口服和外用中药制剂、外固定器配合手法治疗的中西医结合方式治疗三踝骨折获得了良好的效果。但现今中西医结合治疗仍是以西医手术为主,后期结合中医的中药口服外用、针

灸理疗等治疗方式,当然也有少部分以中医手法整复为主,配合西医手术治疗的报道。

当然开放性三踝骨折较闭合性三踝骨折在治疗方面有所不同,其应尽量在创伤后 6h 内行急诊清创缝合术,并应去除失活的组织,如创面缺损较小且污染不重者可以行一期缝合,但如果出现缺损较大、污染重的情况则需行 VSD 术,待新鲜软组织生成后再行转移皮瓣或者植皮术。继之需观察治疗 7~10d,待软组织肿胀消退及感染控制之后可行常规内固定手术治疗或者组合式外固定架治疗^[18]。

5 三踝骨折的术后并发症

三踝骨折为踝关节受到暴力损伤所致,其为复杂的踝关节内骨折之一,通常合并有韧带的损伤和下胫腓联合的分离,其有开放性三踝骨折与闭合性三踝骨折之分,而且其本身的解剖特点使得其骨折后血供较易受到破坏。鉴于如上原因,三踝骨折术后并发症的发生率较其它类型的踝关节骨折术后并发症的发生率更高,其根据发生的时间可分为早期并发症与远期并发症^[19]。这其中早期并发症较常见的为切口感染、骨髓炎、皮缘坏死、下肢深静脉血栓,远期并发症较常见的为创伤性关节炎、骨折不愈或延迟愈合、缺血性骨坏死等。当然随着现代医学的发展及临床骨科医师对三踝骨折认识的不断加深,诸多有效措施已被应用于三踝骨折术后并发症的防治当中,使得其发生率有所下降。

6 三踝骨折的康复

三踝骨折治疗的目的是尽快恢复踝关节的功能,随着康复医学的不断发展,临床骨科医师们已经意识到手术治疗仅仅是第一步,术后康复锻炼才起着决定性的作用。许多学者已经提出术后应早期进行肢体功能锻炼,才能使得踝关节功能及早恢复,从而减少术后并发症的发生率。三踝骨折术后的康复锻炼可分为院内及院外两个阶段,踝关节功能锻炼的强度应该遵循循序渐进的原则。在院内期间除指导常规的踝关节功能锻炼外,可以配合使用一些物理疗法,如:红外线理疗、中频脉冲治疗、中医定向透药治疗、光子治疗等^[20],这些物理疗法不仅具有一定的术后镇痛作用,还可以促进术后患肢肿胀的消退,有利于进行踝关节早期功能锻炼。而在外院阶段,应根据患者个体情况的差异来制定个性化的术后康复锻炼方案,并且应该指导患者定期门诊复诊,目前可使用 Burwell-Charnley、AOFAS、Baird-Jackson、Olerud-Molander、Kofoed、Philipps 等多种评分标准进行疗效评估,结合 X 线片的复查以便及时进行康复锻炼计

划的调整。除了常规的功能康复锻炼以外，祖国医学对三踝骨折的术后康复锻炼也有一些新的认识，近年来有文献报道^{[21][22]}联合使用中医洗剂或者水中平板运动可以促进踝关节骨折术后的功能恢复。综上，术后的康复锻炼对三踝骨折患者来说是一段较为漫长且痛苦的过程，但其对踝关节功能的恢复有极为重要的意义，骨科医师应在临床工作中对患者悉心指导及教育，从而提高患者对疾病的认识及治疗的配合度，以期达到更好的疗效。

7.三踝骨折的进展

三踝骨折的诊断方面现今仍是以 X 线片、CT 为首选，但近年来随着数字化技术的不断发展，Mimics、CAD 等软件通过重建功能可将三踝骨折的 CT DICOM 数据进行三维重建，通过多角度、多平面的观察重建的虚拟模型，可更清楚的了解踝关节损伤处的情况及明确骨折的分类，并且可进行测量、切割、复位、模拟手术等多种操作，较 X 线片、CT 在诊断复杂踝关节骨折方面优势更为明显^[23]。而治疗方面，经过多年的研究及实践论证，无论是中医、西医还是中西医结合对三踝骨折的治疗方面均取得了较大的进展，但手术治疗依然是现今公认治疗三踝骨折的首选方式。近年来除常规切开复位内固定治疗三踝骨折以外，踝关节镜辅助手术治疗三踝骨折已逐渐在临床中展开，踝关节镜可更为清楚的观察踝关节的损伤情况，手术前可通过踝关节镜进一步明确踝关节骨折及韧带损伤情况，及时调整手术方案，继之通过踝关节辅助进行手术治疗，可取得较好的临床疗效^[24]。现今不少学者的理念已经向微创方向转变，他们认为常规手术创伤较大，对骨折的愈合也有一定的影响，并且易导致术后并发症的发生。而微创手术所具有的三大特点：创伤小、疼痛轻、恢复快，与传统手术相比无疑是革命性的进步，微创手术恰好符合了外科的发展方向，其在三踝骨折方面的应用即为微创经皮内固定治疗三踝骨折^[25]，当然也有部分微创与开放结合治疗三踝骨折取得较好疗效的报道^[26]，微创的出现使得三踝骨折的治疗更上了一个台阶。另一方面随着数字技术的进一步发展，使得其在骨科方面的应用越来越广泛，将数字技术与手术相结合治疗三踝骨折的研究报道也越来越多，如 3D 打印踝关节模型在踝关节手术治疗中的应用、Mimics 软件在复杂三踝骨折手术治疗中的应用、3D 打印技术结合微创入路手术治疗三踝骨折等等^[27-29]，这些新的进展为三踝骨折的治疗带来了更好的效果。当然相信在不久的将来更新更有疗效的研究及技术会被应用于三踝骨折的诊

断与治疗中，为三踝骨折患者带来福音。

8.三踝骨折后遗症的处理

三踝骨折为踝关节的暴力性损伤，部分患者虽经常规治疗后骨折得以愈合，但仍会出现一些后遗症，这其中最常见的后遗症就是创伤性踝关节炎，约占踝关节炎病因的 70%^[30]。其主要临床表现为持续性疼痛、活动受限甚至丧失、伴或不伴踝关节畸形等，给患者的生活和工作带来了较大的影响。早期创伤性踝关节炎的治疗首选保守治疗，非甾体类镇痛药口服、皮质醇和玻璃酸钠关节腔内注射、中药熏洗治疗^[31]及物理疗法等对创伤性踝关节炎早期均有一定的疗效。而当创伤性踝关节炎发展到中晚期时，保守治疗的效果已经不明显，治疗方法应当转为手术治疗为主，现今常用的两种手术方式为踝关节融合治疗及人工全踝关节置换。许俊等^[32]做过上述两种方法的疗效和安全性比较，关节镜下踝关节融合术后跛行发生率较高，但其有创伤小、费用低的优势，而人工全踝关节置换在改善踝关节功能及活动度方面有较大优势，但其术后翻修率及部分并发症发生率较高，所以临床工作中仍需根据患者具体情况制定最优的治疗方案，以期降低并发症的同时获取较好的疗效。总而言之，创伤性踝关节炎是一种慢性疾病，治疗起来较为困难，尤其是年轻的患者，对于这部分患者来说早期的非手术治疗较为重要，起到缓解疼痛症状的同时，还可以为中晚期的手术治疗做好充足的准备^[33]。

9.结语

综上所述，随着近年来对踝关节的解剖及生物力学研究的不断深入及数字骨科学、数字骨科手术的快速发展，三踝骨折的诊断与治疗不断的进步。三维重建的出现以其更清晰的图像处理效果为临床诊断与治疗提供了依据。而治疗方面越来越多的临床骨科医师采取了微创手术治疗或者以数字技术与手术相结合的方式治疗。但是，随着生活环境的改善和预期寿命的延长，高血压、糖尿病、冠心病、慢性阻塞性肺病等慢性疾病患病率也在不断的提高，当这部分患者出现三踝骨折时，医生对于手术时机的选择应该在原发疾病控制后再行决定，通过完善的术前准备、手术方案、术后监测及早期功能锻炼的制定可以大幅降低术后并发症的形成，提高治疗的优良率。当然随着未来数字化技术的不断发展及内固定材料的更新换代，三踝骨折的诊治必将更上新的台阶。

综述参考文献

- [1] 林文琛,许耀明. 三踝骨折手术 38 例疗效分析 [J]. 骨与关节损伤杂志,2001,16(5):371-372.
- [2] Ramsey P L,Hamilton W. Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift [J]. J Bone Joint Surg Am, 1976,58(3):356-357.
- [3] 姚太顺,孟宪杰. 关节外科 [M]. 北京: 中国中医院出版社,1998.85-88.
- [4] 王继宏,温树正,吴一明. 闭合复位踝关节骨折分析与治疗 [J]. 内蒙古医学院学报,2006,28:205.
- [5] Weber B G. Correcture Limiting Osteotomy of the fibula, Clin Orthop,1985, 199:61
- [6] 傅中国,王亦璁. 骨与关节损伤 [M]. 第 4 版.北京: 人民卫生出版社,2007. 1501-1503.
- [7] 成永忠,温建民,马少云,等. 三踝骨折的独立分型 [J]. 中国骨伤.2005,18(8):473-486.
- [8] 林希龙,祝勇,王岩峰. 螺旋 CT 和三维重建技术在三踝骨折治疗中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志,2006,14(10):755-756.
- [9] 陈伯祥,代长泉,陈国栋. 背伸叩挤法治疗三踝骨折伴距骨脱位 123 例报告 [J]. 甘肃中医,2004,17(5):18.
- [10] 张辉,孙树新. 旋前外展型三踝骨折的手法整复 [J]. 辽宁中医药大学学报,2007,9(4):123.
- [11] 王振,尹景星,郑沛中,等. 三踝骨折切开复位内固定的手术方法及疗效分析 [J]. 亚太传统医药,2013,9(4):105-106.
- [12] 薛健康. 可吸收螺钉张力带钢板在治疗三踝骨折中的应用 [J]. 中国中医药导报,2006,3(24):74.
- [13] 赵虬,王沛,马信龙. 旋前、后外旋型三踝骨折的手术治疗 [J]. 中华骨伤杂志,2005,24(1):4.
- [14] 赵磊,王黎明,蒋纯志,等. 应用可吸收螺钉治疗三踝骨折 [J]. 生物骨科材料与临床研究,2007,4(1):41.
- [15] Weber M,Ganz R. Malunion following trimalleolar fracture with posterolateral

- subluxation of the talus-reconstruction including the posterior malleolus [J]. *Foot Ankle Int*,2003,24(4):338-344.
- [16] 杨士信,宋德为,方策. 中西医结合治疗三踝骨折的疗效观察 [J]. *辽宁中医药杂志*,2007,34(8):1121-1122.
- [17] 温建民,成永忠,赵勇,等. 外固定器治疗三踝骨折伴脱位 [J]. *中国中医骨伤杂志*,2007,15(6):29.
- [18] 何江孟. 组合式踝关节三维外固定支架治疗开放三踝骨折的临床研究 [J]. *临床医药文献杂志*,2017,4(36):6954-6955.
- [19] 马钰,龙强,吕刚. 踝关节骨折术后并发症的原因及防治进展 [J]. *世界最新医学信息文摘*,2018,18(62):70-71+74.
- [20] 高述珍,李祥芹. 运用物理疗法与关节松动术治疗踝骨骨折 39 例 [J]. *青岛医药卫生*,1998,30(3):52-53.
- [21] 丁勇,刘世伟,张彤正,等. 活血止痛熏洗剂联合功能康复训练对踝关节骨折术后功能恢复及生活质量的影响 [J]. *现代生物医学进展*,2017,17(8):1534-1557.
- [22] 黄彩凤,黄裕桂,张荣斌. 水中平板运动结合常规康复训练在踝关节骨折内固定术后患者功能恢复中的效果 [J]. *中外医学研究*,2017,15(29):22-23.
- [23] 黄应钟. Mimics 三维重建技术对踝关节分型的指导意义 [D]. 汕头:汕头大学,2013.
- [24] 刘堂友. 踝关节镜辅助治疗踝关节骨折并下胫腓分离 11 例临床分析 [J]. *河北医学*,2012,18(4):505-506.
- [25] 徐忠世,肖德明,林博文,等. 微创经皮内固定治疗三踝骨折 [J]. *中华创伤骨科杂志*,2006,8(5):415-417.
- [26] 王江华,余熊武,周兴,等. 微创与开放结合治疗三踝骨折 [J]. *云南医药*,2011,32(3):321-322.
- [27] 李健伟,余黎平,周世梅,等. 3D 打印技术在踝关节骨折手术中的应用 [J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*,2014,6(6):333-338.
- [28] 樊文勃,赵凯,崔斌,等. 逆向工程软件 Mimics 复杂性 Cotton 骨折手术治疗中的应用研究 [J]. *中国数字骨折*,2017,12(6):73-75.
- [29] 岳勇,阿不来提·阿不拉,杨勇,等. 在 3D 打印模型基础上微创螺钉及锁定钢板置

- 入内固定修复踝关节骨折 [J] .中国组织工程研究,2015,19(26):4247-4252.
- [30] Lawrence R C,Helmick C G,Amett F C,et al. Estimates of the prevalence of arthritis and selected musculoskeletal disorders in the United States [J] . Arthritis Rheum,1998,41(5):778-799.
- [31] 李景银,袁建明. 乌头监熏洗治疗踝关节外伤后遗症 [J] .山东中医杂志,2001,20(11): 667-668.
- [32] 许俊,谢林. 人工全踝关节置换与踝关节融合治疗创伤性踝关节炎: 疗效与安全比较 [J] .中国组织工程研究,2018,22(3):368-373.
- [33] Timo Schmid M D,Fabian G,Krause M D. Conservative treatment of asymmetric of asymmetric ankle osteoarthritis [J] .Foot Ankle Clin N Am,2013,18(3):437-448.

常用缩写词中英文对照表

英文缩写	英文全称	中文译名
Minics	Materialise's interactive medical image control system	Materialise 公司交互式医学影像控制系统
CT	Computed Tomography	计算机断层扫描
MRI	Magnetic Resonance Imaging	磁共振成像
3D	three-dimensional	三维
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine	医学数字成像和通信
VHP	Visile Human Project	可视人计划
CAD	Comptuer Aided Design	计算机辅助设计

攻读学位期间公开发表论文

《Mimics 软件在旋后外旋型三踝骨折手术中的应用》已被《当代医药论丛》录用。

致 谢

时光飞逝，短短两年的研究生生涯即将结束，每当回顾这两年的经历，收获颇多的同时也感慨良多。

首先要感谢我的导师丁文鸽教授，老师严谨的治学、渊博的知识、谦逊的品格、高超的技术，永远值得我尊重与学习。老师不仅对我研究课题的设计、实施及论文的写作悉心指导，同时也在思想品质、为人处世方面给予了谆谆教诲，再次感谢老师对我学业的指导及关心。

其次感谢影像科卢凤伟主任帮助我获取影像方面的数据资料，让我的研究得以顺利的进行。

最后感谢我的父母，是你们在我背后给予了我最大的支持，让我可以前行，更要感谢我的爱人为我家庭带来了新的生命。

学医之路漫漫,我将为成为一名优秀的医务工作者而奋斗。