

· 临床研究论著 ·

# 跟骨骨折内骨缺损的三维重建与参数测量

陈羿丞 宋登新 何小文 丁徐

**【摘要】** 目的 应用跟骨骨折 CT 影像资料建立跟骨内部骨缺损的数字化模型, 并进行相关参数的测量, 为术中是否需要植骨提供参考。方法 回顾性分析 2013 年至 2019 年于我院进行检查的 62 例 (66 足) 跟骨骨折病人的 CT 影像资料, 其中男 54 例, 女 8 例, 年龄为 (49.0±12.7) 岁 (27~79 岁)。应用 Mimics 软件进行三维重建、虚拟复位, 还原跟骨外形, 分离内部骨缺损, 测量骨缺损的形态学参数, 进而分析不同 Sanders 分型间骨缺损的差异。结果 本组病人跟骨骨折复位后, 内部骨缺损体积为 (2 419.69±1 371.26) mm<sup>3</sup>, 高度为 (17.52±7.53) mm, 宽度为 (18.56±6.12) mm, 长度为 (22.33±8.91) mm。左右侧比较, 各测量参数之间的差异均无统计学意义 ( $P$  均 > 0.05)。不同 Sanders 分型间骨缺损测量值差异较大, III 型骨折和 IV 型骨折的体积、高度、宽度、长度均大于 II 型骨折 ( $P$  均 < 0.05); 而 III 型骨折和 IV 型骨折之间, 各测量参数的差异均无统计学意义 ( $P$  均 > 0.05)。不同 Sanders 分型亚型间骨缺损差异不大, II A 型与 II B 型仅在长度方面存在差异 ( $P$  < 0.05), III 型各亚型间骨缺损基本接近。结论 跟骨骨折复位后的骨缺损在不同 Sanders 分型间存在差异, 而在各亚型之间, 骨缺损大小接近, 可以为术中是否需要植骨提供参考。

**【关键词】** 跟骨骨折; 骨缺损; 三维重建; 骨折复位

## Three-dimensional Reconstruction and Parameter Measurement of Bone Defect in Calcaneal Fracture.

CHEN Yi-cheng, SONG Deng-xin, HE Xiao-wen, DING Xu. Department of Orthopaedics, Wusong Hospital of Baoshan District, Shanghai 200940, China

Corresponding author: DING Xu, E-mail: hughmouse@163.com

**【Abstract】** **Objective** To establish digital models of calcaneal bone defect based on CT images and to measure the relevant parameters, as the basis for bone grafting during the operation. **Methods** A retrospective study in our hospital from 2013 to 2019 was carried out. CT data of calcaneal fracture of 62 patients (66 feet) were gathered, including 54 males and 8 females with the age of (49.0±12.7) years old (27-79 years old). Mimics software was used to reconstruct and restore the appearance of calcaneus, separate the bone defects and measure the parameters. The size and shape of bone defects between different Sanders types were analyzed. **Results** The volume was (2 419.69±1 371.26) mm<sup>3</sup>, the height was (17.52±7.53) mm, the width was (18.56±6.12) mm, the length was (22.33±8.91) mm and there was no significant difference between left and right sides. The parameters of Sanders type III and IV calcaneus fractures were significantly larger than those of Sanders type II ( $P$  < 0.05), but there was no significant difference between the parameters of Sanders type III and IV ( $P$  > 0.05). There was no significant difference in bone defects among different Sanders subtypes, but there was only difference in length between type II A and type II B ( $P$  < 0.05). **Conclusion** The size of the bone defects of calcaneal fracture is different among different Sanders types. However, the size of bone defect is close among the subtypes, which can provide a reference for whether bone graft is needed in the operation.

**【Key words】** Calcaneal fracture; Bone defect; Three-dimensional reconstruction; Fracture reduction

跟骨骨折是最常见的跗骨骨折, 多因交通伤、坠落伤等高能损伤因素导致, 约占全身骨折的 1%~2%, 以青壮年伤者居多<sup>[1]</sup>。由于跟骨解剖结构复杂, 在人体的行走过程中发挥着重要作用, 一旦发生骨折且无法得到有效治疗, 往往会遗留患足功能障碍,

导致康复时间达到半年甚至更久, 给病人及家庭、社会带来一定的负担<sup>[2]</sup>。

跟骨中部骨质密度稀疏, 在受到高暴力损伤时, 跟骨后关节面会被压入到其下方的骨质稀疏区域内。复位时, 跟骨后关节面和总体形态恢复后, 在后关节面的下后方常会出现因关节面塌陷引起的骨缺损。针对骨缺损, 手术过程中是否需要同时进行植骨填充, 目前仍有很多争议<sup>[3]</sup>。荷兰的一项全国调查<sup>[4]</sup>显示, 采用切开复位内固定术治疗跟骨骨折时,

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.04.004

基金项目: 上海市宝山区科学技术委员会科技创新专项资金项目 (18-E-1)

作者单位: 上海市宝山区吴淞中心医院骨科, 上海 200940

通信作者: 丁徐, E-mail: hughmouse@163.com

20%的受访医生明确使用骨移植,42%的受访者认为在必要时会采用骨移植,而38%的受访者根本不使用骨移植。目前,在跟骨骨折治疗中,尚无明确的骨移植绝对适应证。

本研究拟通过数字化技术将跟骨骨折CT数据转化为三维图像,通过对三维图像的操作,模拟术中跟骨各骨折块的复位过程,还原外部形态,分离内部骨缺损,并进行相关参数的测量,从骨缺损的体积等方面进行研究,通过比较不同Sanders分型间骨缺损大小的差异,为手术中是否需要植骨提供参考依据。

### 资料与方法

#### 一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①跟骨骨折的病人;②年龄为19~80岁的病人;③无身体畸形的病人;④完成跟骨CT扫描及三维重建的病人;⑤自愿参加本研究,签署知情同意书。

排除标准:畸形、结核、肿瘤、骨质破坏、陈旧性骨折、严重骨关节炎病例。

#### 二、一般资料

收集2013年至2019年于我院治疗的跟骨骨折病人的CT影像资料,共62例(66足)纳入本研究,其中男54例,女8例,年龄为(49.0±12.7)岁(27~79岁),其中4例男性病人为双侧跟骨骨折。

本研究获得医院伦理委员会批准。

#### 三、设备与软件

X射线计算机断层摄影设备(TOSHIBA, Aquilion TSX-101A, 日本);计算机配置:处理器, Intel Core i5-4460 3.20 GHz, 四核;显卡, Nvidia GeForce GTX 750 Ti 2GB;内存8G;医学图像处理软件 Mimics 19.0(Materialise, 比利时)。

#### 四、数据收集

每例跟骨骨折CT资料可获得158~356个断层图像,扫描的数据资料以DICOM格式导出并储存,以便于Mimics 19.0处理图像数据。

#### 五、建立跟骨骨折模型

将DICOM格式的跟骨骨折CT影像资料导入Mimics 19.0软件中,识别各扫描层面上不同区域的CT值。设定“阈值”为Bone(CT),依次应用“区域增长”、“分割蒙版”命令建立跟骨的蒙版,在跟骨蒙版的基础上,分别应用“分割蒙版”、“编辑蒙版”、“空腔填充”、“形态学操作”将跟骨内部所有骨折块构建单独的蒙版,并将跟骨内部与皮质骨相连的松质骨区域作为骨折块蒙版部分,以避免因阈值设定导致的骨质遗漏。见图1。

#### 六、跟骨骨折模型的复位

将所有跟骨骨折块的蒙版应用“计算部件”建立三维模型并显示,结合二维图像,将三维模型应用“平移”、“旋转”、“对齐”等功能,进行跟骨各骨折块的移动,模拟手术操作复位过程,最终实现良好的解剖复位。将移动后的跟骨三维模型计算出新的蒙版,应用“形态学操作”关闭短距离的区域。填充内部无蒙版区域,建立新的蒙版,即为跟骨骨折复位后骨缺损区域。见图2、3。

#### 七、测量项目

将骨缺损区域建立三维模型,查看部件“属性”,计算骨缺损区域的体积,将跟骨长轴与X轴平行,纵轴与Z轴平行,分别沿X、Y、Z轴方向测量跟骨缺损的高度、宽度、长度的最大值。见图4。

#### 八、统计学处理

应用SPSS 20.0(IBM公司,美国)进行数据统计学分析,应用单样本K-S检验对计量资料进行正态性检验,服从正态分布的数据以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )

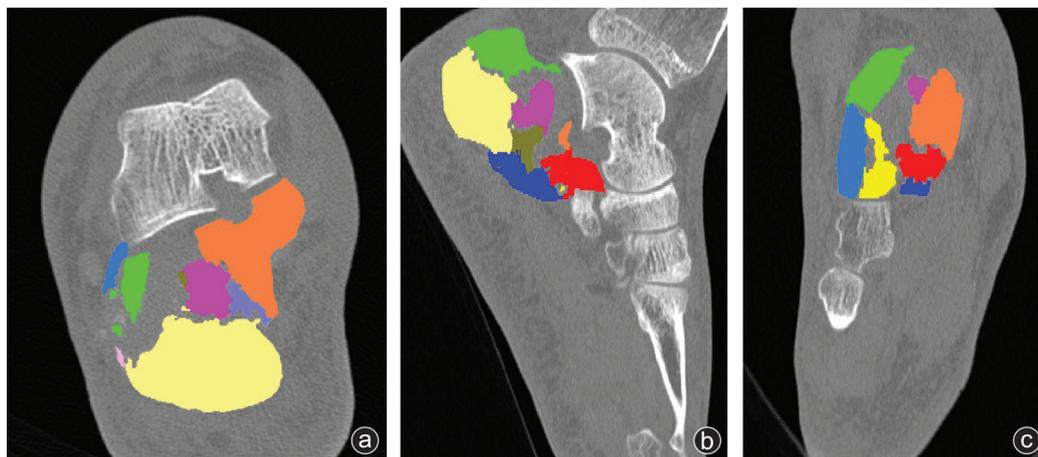


图1 跟骨各骨折块蒙版示意图 a:冠状位;b:矢状位;c:横断位(每种颜色代表跟骨骨折后各骨折块)

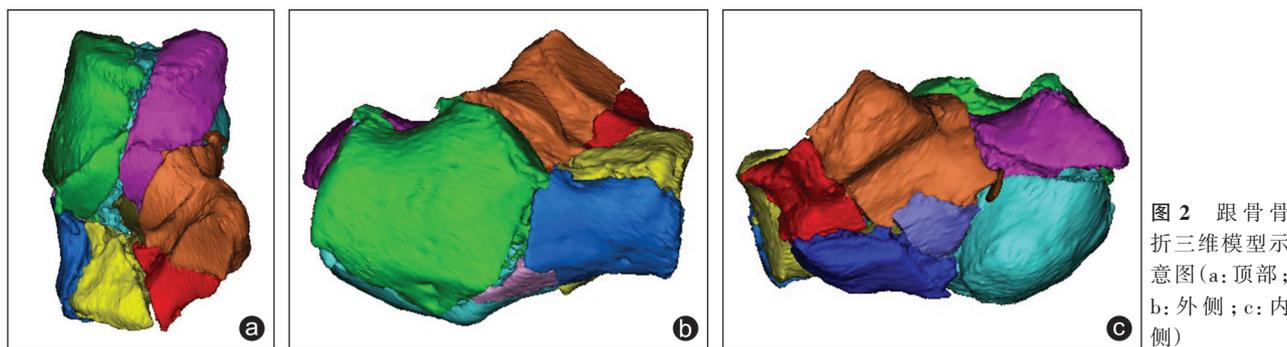


图 2 跟骨骨折三维模型示意图(a:顶部;b:外侧;c:内侧)

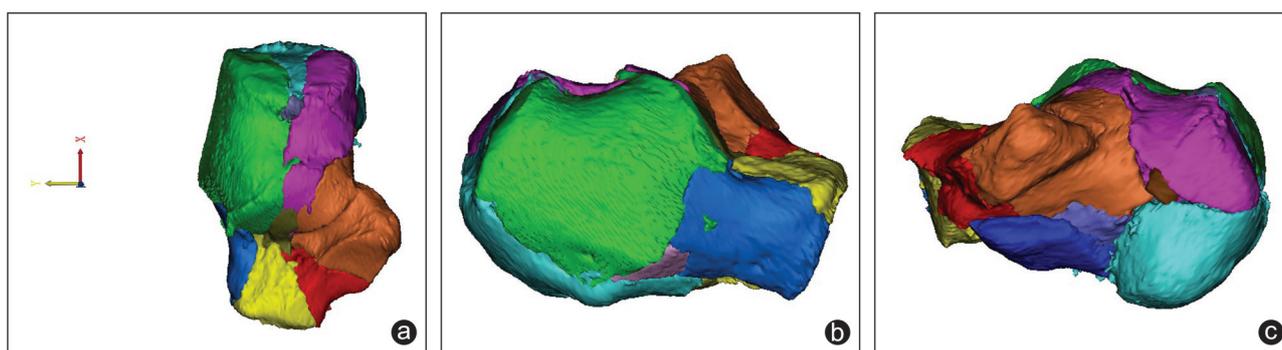


图 3 跟骨骨折虚拟复位后示意图(a:顶部;b:外侧;c:内侧)

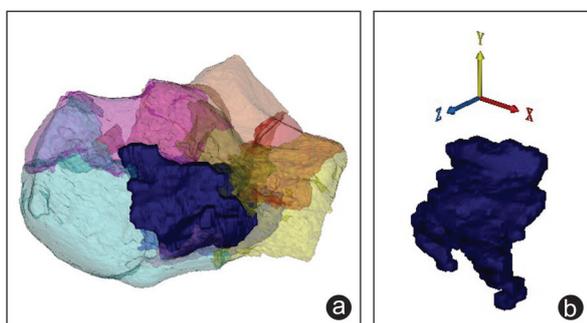


图 4 跟骨骨折内骨缺损示意图(a:骨缺损三维示意图;b:骨缺损在 X、Y、Z 轴距离。蓝色部分为骨缺损)

表示。不同侧别、Sanders 分型及亚型间骨缺损测量数据的差异应用独立样本 *t* 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

纳入的跟骨骨折 CT 影像资料经 Mimics 软件建模虚拟复位后,分离得到的内部骨缺损模型体积为

( $2\,419.69 \pm 1\,371.26$ )  $\text{mm}^3$ ,高度为( $17.52 \pm 7.53$ ) mm,宽度为( $18.56 \pm 6.12$ ) mm,长度为( $22.33 \pm 8.91$ ) mm。左右侧比较,各测量参数之间的差异均无统计学意义( $P$ 均  $> 0.05$ )。见表 1。

本组病人 Sanders 分型 II 型 25 足, III 型 36 足, IV 型 5 足。不同 Sanders 分型间骨缺损测量值差异较大, III 型骨折和 IV 型骨折的体积、高度、宽度、长度均明显大于 II 型骨折,且差异均有统计学意义( $P$ 均  $< 0.05$ ,表 2)。而 III 型骨折和 IV 型骨折比较,各测量参数之间的差异均无统计学意义( $P$ 均  $> 0.05$ )。见表 2。

不同 Sanders 分型亚型间骨缺损差异不大,其中 II A 型骨折和 II B 型骨折体积、高度、宽度的差异均无统计学意义( $P$ 均  $> 0.05$ ), II A 型骨缺损长度长于 II B 型( $t=2.419, P=0.025$ )。II C 型仅收集 2 足资料,且差异较大,未进行分析。III 型各亚型间骨缺损形状基本接近,各组之间体积、高度、宽度、长度的差异均无统计意义( $P$ 均  $> 0.05$ )。表 3。

表 1 左右侧骨缺损参数测量值比较( $\bar{x} \pm s$ )

侧别	体积( $\text{mm}^3$ )	高度(mm)	宽度(mm)	长度(mm)
左侧(35足)	$2\,455.37 \pm 1\,386.33$	$17.59 \pm 7.33$	$18.12 \pm 5.92$	$22.54 \pm 8.47$
右侧(31足)	$2\,379.39 \pm 1\,375.78$	$17.44 \pm 7.86$	$19.06 \pm 6.40$	$22.09 \pm 9.51$
<i>t</i> 值	0.223	0.084	-0.618	0.201
<i>P</i> 值	0.824	0.934	0.539	0.841

表 2 不同 Sanders 分型间骨缺损测量值比较( $\bar{x}\pm s$ )

分型	足踝数	体积(mm <sup>3</sup> )	高度(mm)	宽度(mm)	长度(mm)
II 型	25	1 361.64±902.90 <sup>†</sup>	12.39±5.82 <sup>‡</sup>	13.64±5.84 <sup>#</sup>	16.27±8.32 <sup>!</sup>
III 型	36	2 964.41±1 236.91 <sup>**</sup>	20.71±7.05 <sup>ˆ</sup>	21.60±4.24 <sup>##</sup>	25.75±7.39 <sup>‡</sup>
IV 型	5	3 787.87±519.76 <sup>***</sup>	20.20±4.24 <sup>ˆ</sup>	21.29±1.73 <sup>###</sup>	28.00±4.61 <sup>!!!</sup>

注: <sup>†</sup>vs<sup>‡</sup>,  $t=5.530, P<0.001$ ; <sup>‡</sup>vs<sup>!</sup>,  $t=5.035, P<0.001$ ; <sup>#</sup>vs<sup>!</sup>,  $t=5.828, P<0.001$ ; <sup>‡</sup>vs<sup>!</sup>,  $t=4.679, P<0.001$ ; <sup>†</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=5.768, P<0.001$ ; <sup>ˆ</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=2.839, P<0.001$ ; <sup>##</sup>vs<sup>!</sup>,  $t=5.461, P<0.001$ ; <sup>!!!</sup>vs<sup>!</sup>,  $t=3.031, P<0.001$ ; <sup>\*\*</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=1.458, P=0.153$ ; <sup>ˆ</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=-0.229, P=0.825$ ; <sup>###</sup>vs<sup>!</sup>,  $t=-0.288, P=0.778$ ; <sup>!!!</sup>vs<sup>!</sup>,  $t=0.660, P=0.513$

表 3 不同 Sanders 亚型间骨缺损测量值比较( $\bar{x}\pm s$ )

分型	亚型	足踝数	体积(mm <sup>3</sup> )	高度(mm)	宽度(mm)	长度(mm)
II 型	II A 型	15	1 500.46±986.06 <sup>†</sup>	13.15±6.61 <sup>‡</sup>	14.70±6.23 <sup>#</sup>	18.44±9.22 <sup>!</sup>
	II B 型	8	1 019.38±504.65 <sup>**</sup>	10.47±2.64 <sup>ˆ</sup>	12.09±5.48 <sup>##</sup>	11.93±3.57 <sup>‡</sup>
	II C 型	2	2 857.68±521.35	21.58±7.03	15.31±8.54	26.25±8.38
III 型	III AB 型	11	3 229.73±1 384.38 <sup>†</sup>	20.19±8.74 <sup>‡</sup>	21.91±4.37 <sup>#</sup>	25.45±8.07 <sup>!</sup>
	III AC 型	17	3 044.41±1 286.02 <sup>**</sup>	22.16±6.41 <sup>ˆ</sup>	21.01±4.48 <sup>##</sup>	26.13±8.42 <sup>‡</sup>
	III BC 型	8	2 429.60±823.77 <sup>***</sup>	18.34±5.76 <sup>ˆ</sup>	22.41±3.87 <sup>###</sup>	25.35±4.13 <sup>!!!</sup>

注: II 型, <sup>†</sup>vs<sup>\*\*</sup>,  $t=1.283, P=0.213$ ; <sup>‡</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=1.381, P=0.182$ ; <sup>#</sup>vs<sup>##</sup>,  $t=0.997, P=0.330$ ; <sup>!</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=2.419, P=0.025$ ; III 型, <sup>†</sup>vs<sup>\*\*</sup>,  $t=0.362, P=0.721$ ; <sup>‡</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=-0.645, P=0.527$ ; <sup>#</sup>vs<sup>##</sup>,  $t=0.521, P=0.607$ ; <sup>!</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=-0.213, P=0.833$ ; <sup>†</sup>vs<sup>\*\*\*</sup>,  $t=0.063, P=0.165$ ; <sup>‡</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=0.557, P=0.585$ ; <sup>#</sup>vs<sup>###</sup>,  $t=-0.260, P=0.798$ ; <sup>!</sup>vs<sup>!!!</sup>,  $t=0.032, P=0.975$ ; <sup>\*\*</sup>vs<sup>\*\*\*</sup>,  $t=1.231, P=0.231$ ; <sup>ˆ</sup>vs<sup>ˆ</sup>,  $t=1.436, P=0.165$ ; <sup>##</sup>vs<sup>###</sup>,  $t=-0.758, P=0.456$ ; <sup>!!!</sup>vs<sup>!!!</sup>,  $t=0.247, P=0.807$

### 讨 论

跟骨是人体最大的跗骨,主要由松质骨构成,外面包裹厚薄不一的皮质骨,内侧较厚,外侧壁最薄弱,上部具有前、中、后三个关节面,与距骨构成距下关节复合体,维持距下关节运动和力学的稳定。跟骨骨小梁按所承受压力和张力方向排列为固定的两组,即压力骨小梁和张应力骨小梁。两组骨小梁之间的中央三角为骨质疏松甚至骨小梁完全缺如的区域,是跟骨力学结构的薄弱区,跟骨骨折后,跟骨后关节面外侧移位的部分常被挤压入该区。

对于跟骨骨折,判断损伤机制及分类对治疗和预后具有指导作用。在众多分类方法中,基于冠状面 CT 扫描的 Sanders 分型使用率最高。随着对跟骨骨折认识的不断加深,目前对于后关节面移位的 Sanders II、III、IV 型骨折,由于合并跟骨形态的改变甚至严重的关节面损伤,手术治疗已成为首选方案<sup>[5]</sup>。手术治疗的目的是实现解剖复位和坚强内固定的同时,争取患肢早期功能锻炼,同时避免严重的软组织损伤问题。跟骨骨折的复位应尽量满足以下要求<sup>[6]</sup>:①准确复位,对涉及关节面的骨折应解剖复位;②恢复跟骨的整体外形和长、宽、高等几何参数;③恢复 Gissane 角、Böhler 角和负重轴线。

关于跟骨骨折复位后,内部骨缺损是否需要进

行植骨,一直存在争议。反对者认为即使没有植骨,内固定依然可以支撑关节面,同样可以达到良好的术后效果,而且减少了骨移植增加的感染、供区损伤等相关并发症的风险。Akalin 等<sup>[7]</sup>使用常规外侧入路切开复位内固定术治疗了 41 例 Sanders III、IV 型跟骨骨折病例,术中均未植骨。术后 Gissane 角从 113.5°±13.9°恢复至 106.7°±13.6°,Böhler 角从 2.8°±14.1°恢复至 19.6°±13.1°,术后随访美国足踝外科医师协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝与后足功能评分系统评分为(82.2±12.8)分,健康调查简表评分为(58.7±14.2)分, Maryland 评分为(63.6±8.3)分。Cao 等<sup>[8]</sup>采用切开复位内固定术治疗了 57 例 Sanders III 型跟骨骨折病例,在平均 16.3 个月的随访期内发现植骨组和未植骨组之间的 Böhler 角、Gissane 角、跟骨高度、宽度和功能结果的差异均无统计学意义,但植骨组术后疼痛更明显。

而骨移植的支持者认为,植骨增加了对骨折愈合的刺激,促进早期完全负重,防止创伤后关节炎,同时提高机械强度,避免明显的晚期关节塌陷。Duymus 等<sup>[9]</sup>对两组病人进行了切开复位内固定术合并同种异体松质骨移植和无移植的比较,两组 AOFAS 评分相同,但无移植组的 Böhler 角及跟骨高度损失度相比于移植组明显更大。樊军等<sup>[10]</sup>采用切

开复位内固定术结合硫酸钙骨粉移植治疗 Sanders III、IV 型跟骨骨折,病人术后 Böhler 角、Gissane 角均明显改善,早期植骨组与对照组比较,Böhler 角、Gissane 角的差异无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。术后 12 个月,植骨组 Böhler 角丢失度小于对照组,Gissane 角和 AOFAS 评分的差异无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。Zheng 等<sup>[11]</sup>的一项 Meta 分析指出,与非植骨组相比,手术治疗跟骨关节内骨折的植骨组获得了更好的 AOFAS 评分。但在 Böhler 角、Gissane 角、跟骨宽度、跟骨高度方面两者结果相似,术后并发症并没有明显增加的风险。

目前,大部分文献在植骨方面往往集中探讨植骨对于术后影像学及功能学影响的差异,而对植骨本身适应证并无明确结论。Pan 等<sup>[12]</sup>指出,复位后,如跟骨中央三角缺损 $>2\text{ cm}^3$ 需植骨。马超等<sup>[13]</sup>建议若复位后跟骨内松质骨缺损超过 $1\text{ cm}^3$ ,即应使用同种异体骨粒填塞骨缺损。

植骨的目的主要在于对关节面的支撑,如果骨缺损体积较大,而植入骨的体积明显小于骨缺损,可能会造成植入骨支撑作用的缺失,无法实现对后关节面的维持作用,这样的情况是否也会对手术治疗的结果造成干扰?手术过程中能否准确判断骨缺损的量,会在一定程度上影响术者对于植骨的选择。而术中如何准确判断骨缺损体积,能否避免因跟骨宽度复位不佳,造成医源性因素导致的骨缺损体积增大的情况,同样是难以解决的问题。

三维立体的数字化图像可以为骨科医生决定诊断和个性化手术方案提供重要的参考,可以在一定程度上提高手术的安全性<sup>[14]</sup>。精确的术前计划和术中指导,可以为术者选择合适的内固定、确定螺钉长度及方向、明确跟骨结构的解剖变异等问题提供重要帮助。Ozturk 等<sup>[15]</sup>应用 3D 打印模型治疗移位的关节内跟骨骨折病例,与传统手术对比,可有效减少手术、器械使用时间和透视次数,出血量更少,同时有助于术中提高复位的质量及内固定的稳定性。

应用 Mimics 软件进行跟骨骨折虚拟复位,以往已有文献报道,但多与健侧对比进行复位,而直接以患侧跟骨作为复位对象,可能会更接近手术实际操作过程。相比于以往的文章,本研究建立的骨折蒙版更加复杂,复位过程更加精确,且应用数字化重建技术研究跟骨骨折复位后内部骨缺损的形状,目前鲜见报道。根据本研究计算的结果,在不同 Sanders 分型间,跟骨骨折内部骨缺损的大小存在差异,而在各亚型间,骨缺损相对较为接近,可以为术前骨缺损

的判断提供帮助。

但是,本文仍存在一些值得继续研究的问题。首先,本研究涉及的部分骨折类型样本量偏少,如 II C 型和 IV 型骨折;其次,本文研究的参数指标未与 Böhler 角、Gissane 角相关联,能否将骨缺损与 Böhler 角、Gissane 角合并分析,评估骨缺损的形状,为手术提供帮助,仍需进一步研究;此外,跟骨缺损体积在不同程度的损伤中确实差异明显,如何针对不同体积选用合适的植骨方式可能需要更多的研究去验证。

本文测量的结果来源于真实的 CT 影像学数据,所建模型最大程度上模拟了人体跟骨骨折病例,测量的相关参数接近真实情况,能够为实际应用提供依据。但是,目前缺少临床应用试验,今后尚需要通过 3D 打印制备骨折模型进行更深入的研究。

#### 参 考 文 献

- [1] Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. [Calcaneal fractures—the most frequent tarsal fractures][J]. Ther Umsch, 2004, 61(7): 435-450.
- [2] Jiang N, Lin QR, Diao XC, et al. Surgical versus nonsurgical treatment of displaced intra-articular calcaneal fracture: a meta-analysis of current evidence base [J]. Int Orthop, 2012, 36(8): 1615-1622.
- [3] Diniz P, Pacheco J, Flora M, et al. Clinical applications of allografts in foot and ankle surgery [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(6): 1847-1872.
- [4] Schepers T, Van Lieshout EM, Van Ginhoven TM, et al. Current concepts in the treatment of intra-articular calcaneal fractures: results of a nationwide survey [J]. Int Orthop, 2008, 32(5): 711-715.
- [5] Yang Y, Zhao H, Zhou J, et al. Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures with or without bone grafts: a systematic review of the literature [J]. Indian J Orthop, 2012, 46(2): 130-137.
- [6] Kapil Mani KC, Acharya P, Dirgha Raj RC, et al. A modified minimally invasive technique for intra-articular displaced calcaneal fractures fixed by transverse and axial screws [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2017, 27(7): 997-1004.
- [7] Akalin Y, Cansabuncu G, Çevik N, et al. An evaluation of the results of locked plate osteosynthesis applied without the use of bone graft in Sanders type III and IV intra-articular calcaneus fractures [J]. Int Orthop, 2020, 44(12): 2753-2760.
- [8] Cao H, Li YG, An Q, et al. Short-term outcomes of open reduction and internal fixation for sanders type III calcaneal fractures with and without bone grafts [J]. J Foot Ankle Surg, 2018, 57(1): 7-14.
- [9] Duymus TM, Mutlu S, Mutlu H, et al. Need for bone grafts in the surgical treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures [J]. J Foot Ankle Surg, 2017, 56(1): 54-58.
- [10] 樊军, 隆晓涛, 罗意, 等. 切开复位内固定结合植骨治疗 Sanders III、IV 型跟骨骨折 [J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(11): 1022-1026.
- [11] Zheng W, Xie L, Xie H, et al. With versus without bone grafts for operative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a meta-analysis [J]. Int J Surg, 2018, 59: 36-47.
- [12] Pan YX, Yang GG, Li ZW, et al. Clinical observation of biomi-

metic mineralized collagen artificial bone putty for bone reconstruction of calcaneus fracture[J]. Regen Biomater, 2018, 5(2): 61-67.

- [13] 马超, 王成伟, 唐国柱. 微创技术与开放手术治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折的疗效比较[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(21): 1443-1452.
- [14] Halai M, Hester T, Buckley RE. Does 3D CT reconstruction help the surgeon to preoperatively assess calcaneal fractures? [J]. Foot (Edinb), 2020, 43: 101659.
- [15] Ozturk AM, Ozer MA, Suer O, et al. Evaluation of the effects of

using 3D-patient specific models of displaced intra-articular calcaneal fractures in surgery [J]. Injury, 2020, 13: S0020 - 1383(20) 30402-2.

(收稿日期: 2020-11-25)

(本文编辑: 龚哲妮)

#### 引用格式

陈羿丞, 宋登新, 何小文, 等. 跟骨骨折内骨缺损的三维重建与参数测量 [J]. 骨科, 2021, 12(4): 311 - 316. DOI: 10.3969/j.issn.1674 - 8573.2021.04.004.