

• 技术与方法 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2019.13.028

载距突正位 X 线成像的应用解剖学研究*

王冰¹, 乔凤雷², 盛亚超¹, 刘旭¹, 史航¹, 马俊², 王德广³, 朱裕成^{1△}

(1. 南京鼓楼医院集团宿迁市人民医院骨科, 江苏宿迁 223800; 2. 南京鼓楼医院集团宿迁市人民医院影像科, 江苏宿迁 223800; 3. 徐州医科大学人体解剖学教研室, 江苏徐州 221009)

[摘要] **目的** 研究载距突正位 X 线成像技术, 为分析跟骨骨折内固定置钉质量提供影像依据。**方法** 选用 45 例成人足踝标本, 给予 MSCT 扫描及 3D 重建、X 线摄片, 然后解剖观察和测量, 研究载距突与内踝、距骨、舟骨解剖关系, 分析内踝、距骨、舟骨对载距突正位 X 线成像的影响。以足底平面为参照面, 测量载距突长、宽、高和前倾角; 分析前倾角与载距突正位 X 线成像的投照角关系。抽取组内 10 例标本做实验置钉, 验证载距突正位 X 线成像的可行性, 分析临床应用价值。**结果** 解剖标本和 MSCT 3D 图像显示, 载距突是跟骨的构成部分, 向跟骨内侧延展, 呈后上-前下倾斜, 长轴与足底平面构成前倾角, 与内踝、距骨、舟骨有邻近的解剖关系。在载距突短轴方向, 距骨头、距骨颈与载距突重叠, 降低成像清晰度, 但可以显示载距突; 内踝、舟骨偏离投照轴而不遮挡载距突。标本载距突平均长(24.36±2.25)mm、宽(14.91±1.58)mm 和高(11.03±1.24)mm。载距突前倾角分别为: 解剖测量(30.38±1.21)°和 MSCT 3D 测量(30.47±1.54)°和 X 线摄片测量(30.17±1.44)°, 3 种方法测量值差异无统计学意义($F=1.768, P=0.173$)。10 例实验置钉标本, 以与足底平面成 60°投照角对载距突正位透视和摄片, 均能满意地显示载距突和螺钉置入情况。**结论** 载距突正位 X 线成像的投照角约为 60°。与足底平面成 60°角作正位投照, 可以显示载距突全长和宽度, 判断载距突螺钉置入质量。

[关键词] 跟骨; 骨折; 载距突; 解剖学, 局部; 正位; 投照角; 放射摄影术

[中图法分类号] R687.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2019)13-2270-06

Study on applied anatomy for frontal X-ray imaging of sustentaculum tali*

WANG Bing¹, QIAO Fenglei², SHENG Yachao¹, LIU Xu¹,
SHI Hang¹, MA Jun², WANG Deguang³, ZHU Yucheng^{1△}

(1. Department of Orthopedics, Suqian Municipal People's Hospital, Nanjing Drum Tower Hospital Group, Suqian, Jiangsu 223800, China; 2. Department of Orthopedic Imaging, Suqian Municipal People's Hospital, Nanjing Drum Tower Hospital Group, Suqian, Jiangsu 223800, China; 3. Teaching and Researching Section of Human Anatomy, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221009, China)

[Abstract] **Objective** To explore the frontal X-ray imaging technique of sustentaculum tali to provide the imaging basis for analyzing the quality of internal fixation nail of calcaneal fractures. **Methods** Forty-five adult specimens of foot and ankle were chosen and given multi-slice spiral computed tomography (MSCT) scan and 3D reconstruction, X-ray radiograph, and then the anatomic observation and measurement were performed. The anatomic relationship between sustentaculum tali with the medial malleolus, talus and navicular bone was studied. The influence of medial malleolus, talus and navicular bone on frontal X-ray imaging of sustentaculum tali was analyzed. The plantar plane was used as the reference plane, the length, width, height and anteversion angle of sustentaculum tali were measured. The relationship between the anteversion angle and the projection angle of frontal X-ray imaging in sustentaculum tali was analyzed. Ten cases of specimens were randomly extracted for conducting the experimental placement screw. The feasibility of the frontal X-ray imaging of sustentaculum tali was verified and the clinical application value was analyzed. **Results** The anatomic specimen and MSCT 3D images observation showed that the sustentaculum tali was a part of calcaneus, extended to medial side of calcaneus, showed posterosuperior-anteroinferior incline, the long axis and plantar surface constituted the anteversion angle, which had a neighboring anatomical relationship with medial malleolus, talus and navicular bone. However in the short axis direction of sustentaculum tali, the head and neck of the talus was overlapped with the sustentaculum tali, which reduced the imaging resolution, but could display the sustentaculum tali. The medial malleolus and navicular bone deviated from the projection axis, but without sheltering

* 基金项目: 江苏省重点研发计划(社会发展)面上项目(BE2019703); 宿迁市社会发展科技支撑计划项目(S201805)。 作者简介: 王冰(1963—), 主任医师, 主要从事创伤骨科研究。 △ 通信作者, E-mail: zyc_gk@126.com。

the sustentaculum tali. In the specimen measurement, the mean length of the sustentaculum tali was (24.36 ± 2.25) mm, width (14.91 ± 1.58) mm and height (11.03 ± 1.24) mm. The anteversion angles of sustentaculum tali were $(30.38 \pm 1.21)^\circ$ in anatomical measurement, $(30.47 \pm 1.54)^\circ$ in MSCT measurement and $(30.17 \pm 1.44)^\circ$ in X-ray measurement respectively. The values had no statistical difference among the measured values by the three methods ($F=1.768, P=0.173$). In 10 cases of experimental placement screw, the frontal X-ray fluoroscopy and imaging of sustentaculum tali by 60° projection angle with the plantaris plane all could satisfactorily display the placement situation of sustentaculum tali and screw. **Conclusion** The projection angle of the frontal X-ray imaging of sustentaculum tali was about 60° . Conducting the frontal projection by 60° with the plantaris plane can display the overall length and width of sustentaculum tali, which is used in the X-ray fluoroscopy and postoperative imaging, and judges the quality of sustentaculum tali screw placement.

[Key words] calcaneus; fractures; sustentaculum tali; anatomy, regional; frontal position; projection angle; radiography

载距突是位于跟骨内侧的骨性结构,起到支撑体重、传导应力和稳定足踝平衡作用,周围的韧带和关节囊等坚韧连接结构使跟骨骨折后的载距突与距骨保持稳定关系,为置入螺钉提供了解剖条件^[1]。载距突骨皮质丰富,致密骨小梁与跟骨前部、丘部的骨小梁延续,对螺钉有较好把持力,是维持螺钉固定强度的组织学和生物力学基础^[2]。因此,载距突被选为跟骨内固定螺钉支点^[3],文献也报道了多种载距突置钉技术^[4-5]。但自跟骨外侧壁向载距突置钉,载距突为视野盲区,需要借助 X 线透视来动态分析置钉准确性。临床上对置向载距突的螺钉是否达到预期目标,术中多是取决于医生的经验判断,术后用 MSCT 分析置钉方向和螺钉长度是否合适,难免会留下一些遗憾。2007 年, KENDOFF 等^[6]报道了用 X 线 3D 透视技术指引跟骨关节内骨折复位和螺钉固定,但未用于观察载距突。2010 年,王庆贤等^[7]报道“踝穴位”X 线平片测量跟骨宽度,也未涉及载距突。为了利用放射影像学技术从三维视角指引载距突置钉,笔者提出了载距突正位 X 线投照和成像的概念,借助 45 侧成人足踝标本,从解剖学和影像学两方面研究载距突正位 X 线投照的技术原理和成像方法,测量载距突长、宽、高和前倾角,分析前倾角与正位 X 线投照关系,推导载距突正位投照角,应用 X 线成像行术中透视和术后摄片,动态分析跟骨骨折内固定术的载距突置钉质量。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 标本 45 侧足踝标本来自徐州医科大学人体解剖学教研室,包括小腿中下段、踝关节和全足。对每具尸体连续编号并取 1 侧足踝标本,单数取左侧计 23 侧,双数取右侧计 22 侧。纳入标准:(1)汉族;(2)年龄大于或等于 18 岁,足踝骨骺闭合;(3)尸体身长大于或等于 150 cm,足长大于或等于 18 cm。排除标准:(1)足踝先天性发育异常;(2)踝关节、后足有外伤和手术疤痕;(3)足踝痛风、类风湿性疾病和严重骨性关节炎等畸形;(4)足踝肿瘤、骨结核和慢性骨髓炎等疾病。

1.1.2 实验置钉资料 对 45 侧足踝标本抽取 10 例,男 6 例,女 4 例,左侧和右侧各 5 例。用作载距突实验置钉,置钉后对载距突行正位 X 线摄片,评价成像效果。

1.2 方法

1.2.1 数据定义及测量 用自制的足踝支架固定标本于踝关节功能位,行 MSCT 扫描和 X 线摄片。由 1 名人体解剖学教授主持标本解剖、拍照并标定测量线,1 名影像科副主任医师指导对标本 MSCT 扫描、X 线摄片和图像处理,1 名骨科主治医师和 1 名副主任医师分别测量数据。测量者对每一指标测量 2 次,取算术平均值作为个人数据,测量者间取个人数据的算术平均值。定义载距突长轴为经过载距突的后上-前下沿足的矢状方向走行的直线, r 为长轴线,长轴走向为载距突长轴方向;过 r 的载距突冠状方向斜面为载距突长轴面 R , R 即是足踝经过载距突的长轴冠状面。设定足底平面 M 为标本测量基准面,过 M 与 r 相交的足底矢状线为 m , m 为测量基准线, R 与 M 或 r 与 m 所夹锐角称为载距突前倾角,以 α 表示。 t 为经过载距突、 r 和 m 且垂直于 r 的直线,则 t 为载距突短轴线;过 t 的载距突冠状方向斜面为 T , T 为载距突的短轴冠状面;设 T 位于载距突后缘时为 T_1 , 位于前缘时为 T_2 , 则载距突介于 T_1 、 T_2 之间。沿 t 作 X 线投照,获得的影像称为载距突正位 X 线成像,则 T 与 M 或 t 与 m 所夹锐角为正位投照角,以 β 表示,见图 1。

1.2.2 形态解剖 使用骨科手术工具解剖标本,精度 0.01 mm 的国产电子数显卡尺测量线性数据,精度 0.1° 的 Materialise 软件测量角度。解剖方法:(1)保留标本一部分浅、深三角韧带,移除足踝内侧其余软组织,显露跟骨、内踝、距骨和舟骨,同时保持骨骼的解剖关系稳定。从足踝内侧面观察各骨排列关系,以 T_1 、 T_2 为参照面,观察内踝、距骨、舟骨在载距突短轴方向对 X 线投照是否有影响。用数码相机拍摄足踝内侧面照片并导入电脑,用 Photo Scape 软件标定测量线 r 和 m , 图片导入 Materialise 软件,测量前倾角 α 值,见图 2。(2)移除踝前及距骨、舟骨背侧软组织,显

露内踝前面和距骨舟骨背侧,观察载距突与内踝、舟骨解剖关系;观察距骨与载距突在短轴方向相对位置及距骨对载距突正位 X 线投照的影响,见图 3。(3)保留跟骨,观察载距突解剖特点和倾斜方向,测量长、宽和高,见图 4。其中载距突长为基底面的最大前后径,宽为中后 1/3 处基底面与内侧缘冠状径,中后 1/3 的厚度为高。

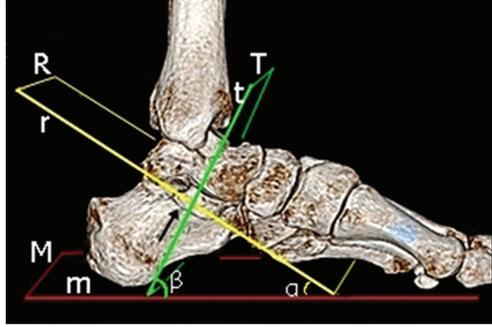


图 1 足踝标本 MSCT 3D 内侧面观

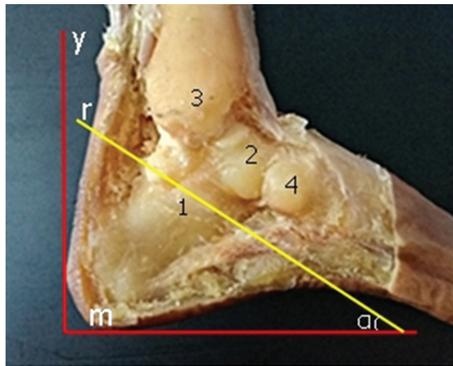


图 2 足踝标本内侧面观

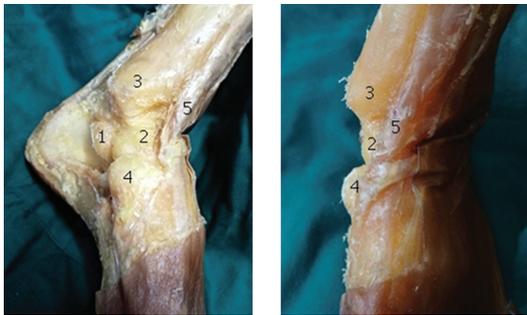


图 3 足踝标本前内侧和前侧观

1.2.3 MSCT 扫描 使用 SIEMENS 64 排 128 层 MSCT 机扫描标本,范围为小腿下段 10 cm、踝关节和足。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 200 mA,容积扫描层厚 4.0 mm,数据采集 128×0.6 mm。重建条件:层厚 0.6 mm,层距 0.6 mm。数据导入 Syngo MMWP VE36A 工作站,调整矢状、冠状和水平方向

扫描标示线,选择满足研究条件的 T_1 、 T_2 2D 层面和合适角度的 3D 骨骼重建图像测量和分析。在足踝 MSCT 2D 上观察内踝、距骨、舟骨与载距突的层面和空间关系,分析各骨是否在短轴方向会遮挡载距突而影响投照;在足踝内侧面 3D 图像上标定 M、R 和 T,以 m 和 r 作为标线测量 α 值。记录数据。

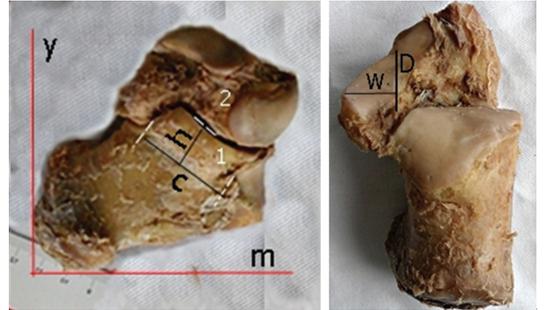


图 4 跟骨内侧和上面观

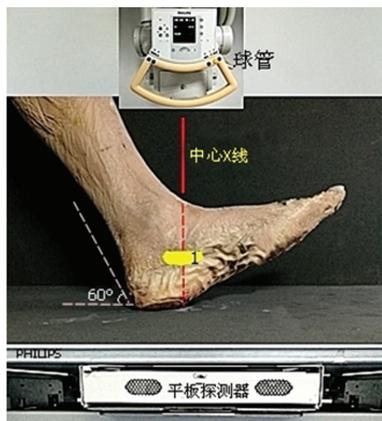
1.2.4 X 线摄片 采用 PHILIPS Digital Diagnos X 线照相系统成套设备,对每个标本拍摄足踝正侧位、跟骨轴位、载距突轴位和载距突正位 X 线图像。摄片参数:管电压 55~60 kV,管电流 3.2 mA,时间 50~55 ms。摄片数据传至 DR 工作站,采集足踝侧位图像导入 Materialise 软件,以 M 为水平面调整图像至正向 m-y 坐标,标本与图片比例 1:1,锁定坐标轴和等比相位关系,在图像上标定 m 和 r,测量 r 与 m 所夹锐角 α ,见图 5。研究各位相 X 线像的差异。



图 5 足踝 X 线片侧位观

1.2.5 标本实验置钉和载距突正位 X 线成像 10 例实验置钉标本,每例置钉 1 枚。置钉方法:取跟骰关节面后方 5~10 mm 的跟骨前部外侧壁为进钉点,用骨钻自进钉点上斜约 20°、后斜约 22°向载距突钻孔^[8],自跟骨前部外侧壁向载距突置入 1 枚 $\phi 3.5$ mm、长约 46 mm 的全螺纹螺钉。摄片方法:使用 PHILIPS Digital Diagnos X 线照相系统,调整球管-接收器连线与摄片床垂直,标本正向置于摄片床上,趾尖指向球管方向,再以足跟为轴点抬高小腿近端,使 y 轴与床面夹角约 60°,此时中心 X 线与载距突短轴重合,与中距关节面垂直,标记内踝与舟骨之间的胫骨前肌肌腱为入照点行 X 线投照,获得载距突正位

X 线像,观察载距突成像效果和螺钉置入情况,见图 6。MSCT 扫描验证。



1:载距突体表投影

图 6 载距突正位 X 线投照位相图

1.2.6 载距突正位 X 线成像的临床应用 临床上对 10 例跟骨骨折使用接骨板-螺钉内固定手术患者行载距突置钉,其中 Sanders III 型 7 例,Sanders IV 型 3 例,每例向载距突置入 $\phi 4.0$ mm 螺钉 1 枚或 2 枚,术中使用美国 GE-OEC 9900 Elite C 臂机自踝前以与 M 面呈 60° 投照角透视,观察和分析螺钉置入载距突情况,术后 MSCT 扫描验证。患者及家属知情同意。

1.3 统计学处理 采用 SPSS16.0 统计软件进行分。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间方差齐采用独立样本 *t* 检验,多组间比较采用单因素方差分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 载距突的形态解剖与正位 X 线投照关系 载距突是位于内侧的跟骨构成部分,高出跟骨前部的上面并向内侧延展翘出,基底与跟骨内侧壁平齐并相延续。载距突矢状径长,冠状径略窄,中后 1/3 最厚;后部升高、收拢形成跟骨沟内口后壁,前部压低、收窄止于跟骨前突内缘后侧;足踝内侧面观,载距突自后上向前下倾斜,形成前倾角。载距突唯一关节面是中距关节面,上承距骨,与距骨构成中距关节。中距关节面向足的前上方,倾斜方向与载距突长轴一致,因此,垂直于长轴的载距突短轴,也垂直于中距关节面,沿短轴方向行 X 线投照,可以正对载距突,显示载距突正面的长度和宽度,获得载距突正位像,称为载距突正位 X 线投照。根据这个特点,可以从载距突前倾角 α 值推算出载距突正位 X 线投照角 β 值。

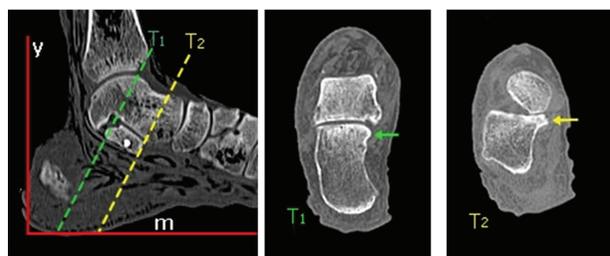
2.1.1 载距突与内踝解剖关系 载距突位于内踝下方约 25 mm,二者被距骨隔开而不构成关节。观察显示,在冠状方向,内踝比载距突更偏靠内侧;踝关节功能位上,载距突后缘冠状面 T_1 不经过内踝,说明内踝与载距突在短轴方向不重叠,不遮挡来自载距突前上方的 X 线,亦即不影响载距突正位 X 线成像。

2.1.2 载距突与距骨解剖关系 载距突与距骨在跟骨内侧构成中距关节。从标本内侧面观察,载距突被

距骨在后、上、前 3 个方位包围,在短轴方向与距骨头、距骨颈重叠,X 线投照时二者形成骨骼叠加像,影响载距突正位 X 线投照。

2.1.3 载距突与舟骨解剖关系 在足的矢状方向,舟骨位于载距突前方,不构成关节。在载距突短轴上,舟骨位于载距突前缘冠状面 T_2 前方,不与载距突重叠。

2.2 MSCT 影像解剖与载距突正位 X 线投照关系 MSCT 2D 图像显示:踝关节功能位上, T_1 层面仅显示距骨颈、载距突和跟骨外侧部分, T_2 层面不显示舟骨,说明位于 T_1 后方的内踝和位于 T_2 前方的舟骨,均避开了载距突正面有效投照区而不在短轴方向重叠。在短轴方向,载距突与距骨颈、距骨头重叠,使得位于载距突前方的骨骼遮挡较少,能较大程度显示载距突,见图 7。



y:小腿轴线;m:足底矢状线; T_1 :经载距突后缘断面; T_2 :经载距突前缘断面,箭头指向载距突

图 7 足踝标本 MSCT 2D 层面观

2.3 载距突长、宽、高和前倾角测量情况 测量标本载距突的长、宽、高分别为 (24.36 ± 2.25) mm、 (14.91 ± 1.58) mm、 (11.03 ± 1.24) mm;载距突前倾角为:解剖拍照测量 $(30.38 \pm 1.21)^\circ$ 、MSCT 3D 测量 $(30.47 \pm 1.54)^\circ$ 和 X 线摄片测量 $(30.17 \pm 1.44)^\circ$,3 种方法测量结果差异无统计学意义 ($F = 1.768, P = 0.173$)。



1:载距突;2:距骨;3:内踝;4:舟骨

图 8 跟骨侧位和载距突正位 X 线片

2.4 载距突正位 X 线成像的实验效果观察 10 例实验置钉标本,每例自跟骨前部向载距突置入 1 枚 $\phi 3.5$ mm,行载距突正位 X 线投照。9 例标本首次即获得清晰的载距突正位 X 线成像,见图 8;另 1 例适当调整投照角度后也取得了较好观察效果。首次投照成像满意率 90%,CT 扫描证实螺钉在载距突内,见图 9。

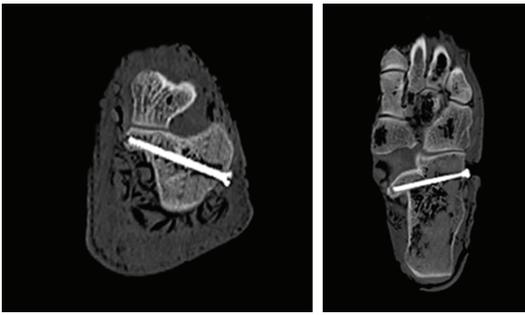


图9 载距突短轴面和水平面 MSCT 2D

2.5 临床应用 10 例临床病例术中首次投照有 8 例获得满意的载距突正位 X 线成像, 2 例需稍微调整成像角度, 见图 10。MSCT 冠状位扫描证实螺钉在载距突内, 与透视结果一致, 见图 11。典型病例: 患者男, 33 岁, 左跟骨骨折, Sanders III 型, 行接骨板-螺钉内固定术, 术中 C 形臂 X 线机透视观察 2 枚螺钉置入载距突内。



图 10 跟骨骨折患者载距突正向 X 线透视



图 11 术后足踝冠状位 MSCT 扫描

3 讨论

3.1 载距突正位 X 线成像与侧位、轴位 X 线成像的关系 通常, 跟骨 X 线检查多选择后足侧位片和跟骨轴位片, 术中也是采用这两种位相透视, 以显示跟骨侧位和轴位影像。载距突与跟骨体部和前部、外踝在冠状方向重叠, 且所占的骨量比偏小, 成像模糊, 不

能清晰地反映载距突的解剖特征和影像学特征。跟骨骨折的接骨板-螺钉内固定以冠状方向向载距突置钉时, 不能借助跟骨侧位像判断螺钉长度是否合适, 甚至不能明确螺钉是否置入载距突。

跟骨轴位成像注重观察跟骨体部、粗隆部和后关节面的宽度, 入照中心 X 线对准第三跖骨基底部, 投照角 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 由于投照角与载距突轴线分离, 载距突受距骨体部、内踝等遮挡而显示不清^[9]。载距突轴位成像是定义了载距突长轴作为 X 线投照方向实现的^[10]。载距突长轴为后上-前下走行, 沿载距突长轴入射 X 线称作轴向投照, 显示载距突的高和宽, 但不能显示载距突的长。

由于侧位成像不可靠和轴位投照的局限性, 笔者设计和命名了载距突正位 X 线投照这一新的成像方法, 即载距突正位 X 线成像。载距突正位 X 线成像基于轴位和侧位成像, 投照方向垂直于载距突长轴和跟骨冠状轴, 即沿着短轴方向投照, 显示载距突的长和宽, 用于观察螺钉是否穿出了载距突的前缘、后缘, 以及螺钉长短是否准确。因此, 载距突侧位、轴位和正位 X 线投照在 3 个相互垂直角度显示载距突, 判断置钉准确性。术中对照钉情况多角度透视, 可以动态调整螺钉进钉方向和长短。

3.2 载距突正位 X 线成像的影响因素和可行性 X 线成像原理表明, 获得目标物优质的 X 线成像前提是: 骨骼遮挡少, 投照角度佳, 入照点准确。解剖显示, 载距突是位于跟骨内侧外形较小的扁平状骨块^[11], 实测最大长、宽、高分别约 24 mm、15 mm 和 11 mm, 较小的小于 20 mm 长, 10 mm 宽。载距突的外侧、上方和前后分布内踝、距骨、舟骨, 均可能影响正位 X 线成像质量。实现载距突正位 X 线成像, 在 X 线球管与平板探测器之间遮挡载距突的骨骼越少越好。标本形态解剖和 MSCT 扫描显示, 在载距突短轴方向, 内踝位于 T_1 的后上方, 舟骨位于 T_2 的前下方, 均偏离投照轴而不在短轴方向与载距突重叠, 表明 X 线沿短轴投照, 内踝、距骨都不遮挡载距突。距骨头、距骨颈位于载距突前上方, 与载距突在短轴方向重叠, 遮挡 X 线, 但距骨头和距骨颈为松质骨, 骨密度较小, 载距突以皮质骨为主^[12], X 线穿过距骨头、距骨颈以后, 载距突正位 X 线成像能被清晰显示。在 10 例标本上对载距突置钉后, 行正位 X 线成像, 透视和摄片均能清晰显示载距突的轮廓, 同时观察到螺钉置入情况, MSCT 扫描与 X 线成像结果一致, 由此证明了载距突正位 X 线成像的可行性和实用价值。

3.3 载距突正位 X 线成像的投照角确定 投照角是指射向目标物的中心 X 线与体表参照线或参照面之间的所夹角。准确的投照角可以使目标物和观察要素的 X 线成像清晰而又很少失真。本研究中, 笔者选择载距突的前倾角为测量参数, 因为该角在足踝标本照片、MSCT 3D 和 X 线成像上易于标注和测量, 同

时与载距突正位 X 线投照角有密切联系。载距突前倾角以足底平面 M 为测量基准面,因为 M 具备以下要素:(1)标本上可以清楚显示和标定;(2)标本与人体具有一致性,不随个体更换而出现解剖部位和方位变化;(3)与载距突有解剖关联;(4)满足摄片体位要求。M 在测量载距突前倾角时用作基准面,行载距突正位 X 线投照时,又作为 X 线入射方向参照面,借以标定 X 线入照点和投照方向。本组标本载距突前倾角:解剖拍照测量 ($30.38 \pm 1.21^\circ$)、MSCT 3D 测量 ($30.47 \pm 1.54^\circ$)和 X 线摄片测量 ($30.17 \pm 1.44^\circ$),差异无统计学意义 ($F=1.768, P=0.173$),结果具有一致性。由此载距突前倾角取值 $\alpha \approx 30^\circ$ 。

根据载距突正位和轴位 X 线成像关系,载距突的短轴线在足的矢状面垂直于长轴线。依据几何原理,当载距突前倾角为 30° 时,正位投照中心 X 线与足底平面所夹锐角为 60° ,亦即载距突正位 X 线投照角 $\beta \approx 60^\circ$ 。对 10 例标本载距突实验置钉证实,以垂直于载距突长轴,与足底平面呈大约 60° 投照角行载距突成像,可以满意显示载距突正位像和置钉情况。

3.4 载距突正位 X 线投照的临床意义 目前,MSCT 广泛应用于跟骨骨折的诊断和治疗^[12-13],MRI 对跟骨骨折也有良好的诊断价值^[14],但 CT 和 MRI 设备不易移动性限制了临床使用,仅用于术前诊断和术后评估。由于对 X 线投照技术和方法研究不够,临床上载距突的精确影像学分析多依赖于 MSCT^[15],但以断层为主要显像方式的 CT 即使 3D 处理,静态影像也不能代替 C 形臂 X 线机动态透视。

跟骨骨折手术因载距突位于跟骨内侧而成为视野盲点,尽管有学者研究了多种技术方法^[16-17],载距突准确置钉仍显得困难。术中既要判断螺钉是否进入载距突,也要把握螺钉长短是否合适。为了随时观察螺钉置入情况,术中使用 C 形臂 X 线机对载距突透视是唯一便廉而又适用的方法,JAMES 等^[18]指出,借助 C 形臂 X 线机观察跟骨骨折复位和螺钉置入情况是术中必要手段。跟骨侧位透视虽然能显示载距突长和高,但影像模糊,而载距突轴位 X 线成像对长度显示不准确。因此,研究和应用载距突正位 X 线成像可以弥补跟骨侧位和载距突轴位 X 线透视和摄片的不足,为跟骨骨折诊断治疗提供一种新的放射影像学方法。

参考文献

[1] MAHATO N K. Morphology of sustentaculum tali: Biomechanical importance and correlation with angular dimensions of the talus[J]. Foot (Edinb), 2011, 21(4): 179-183.

[2] 郭宗慧, 庞清江, 刘江涛, 等. 载距突螺钉内固定治疗 Sanders II 型跟骨骨折的生物力学研究[J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(4): 331-335.

[3] 陶恒, 陈士文, 俞鹏, 等. 跟骨载距突的解剖学测量及应用效果[J]. 广州医科大学学报, 2016, 44(4): 5-8.

[4] PANG Q J, YU X, GUO Z H. The sustentaculum tali screw fixation for the treatment of Sanders type II calcaneal fracture: A finite element analysis[J]. Pak J Med Sci, 2014, 30(5): 1099-1103.

[5] 李坤, 尹伟忠, 丁菊红, 等. 交叉中空螺钉内固定治疗跟骨关节内骨折的临床疗效[J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(10): 918-924.

[6] KENDOFF D, CITAK M, GARDNER M, et al. Three-dimensional fluoroscopy for evaluation of articular reduction and screw placement in calcaneal fractures[J]. Foot Ankle Int, 2007, 28(11): 1165-1171.

[7] 王庆贤, 张英泽, 潘进社, 等. 跟骨宽度的踝穴位 X 线平片划线测量方法[J]. 河北医科大学学报, 2010, 31(9): 1121-1122.

[8] 王冰, 许兴柏, 史册, 等. 跟骰关节面的解剖测量与临床应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(8): 828-831.

[9] ZARAA M, JERBI I, MAHJOUB S, et al. Irreducible subtalar dislocation caused by sustentaculum Tali incarceration[J]. J Orthopaedic Case Reports, 2017, 7(1): 58-60.

[10] 王冰, 朱爱祥, 朱裕成, 等. 载距突轴向 X 线投照的影像解剖学研究[J]. 中华解剖与临床杂志, 2018, 23(1): 14-20.

[11] GRAS F, MARINTSCHEV I, WILHARM A, et al. Sustentaculum tali screw placement for calcaneus fractures—different navigation procedures compared to the conventional technique[J]. Z Orthop Unfall, 2010, 148(3): 309-318.

[12] 王志杰, 钟世镇, 刘吉华, 等. CT 检查在跟骨关节内移位骨折诊断中应用[J]. 中华放射学杂志, 2007, 41(12): 1322-1325.

[13] 王冰, 杨春, 王德广, 等. 跟骨前部的解剖测量与多层螺旋 CT 测量的比较研究及其临床意义[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(20): 1868-1873.

[14] 王友坛, 辛红梅, 李奇, 等. 不同影像学检查在跟骨骨折中应用价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2011, 9(4): 65-66.

[15] QIANG M F, CHEN Y X, ZHANG K, et al. Effect of sustentaculum screw placement on outcomes of intra-articular calcaneal fracture osteosynthesis: A prospective cohort study using 3D CT[J]. Int J Surg, 2015, 19(1): 72-77.

[16] 王小平, 胡世镛, 陈路遥, 等. 载距突螺钉导向器在跟骨载距突螺钉置钉中的应用[J]. 中国骨与关节杂志, 2014, 7(6): 514-518.

[17] 那磊, 王培, 孙勃, 等. 载距突的 CT 定位及相关测量的研究[J]. 重庆医学, 2015, 44(28): 3966-3968.

[18] JAMES M, COTTOM D, JOSEPH S, et al. Restoring the anatomy of calcaneal fractures: A simple technique with radiographic review[J]. Foot Ankle Specialist, 2017, 10(5): 1-5.