doi:10.11659/jjssx.04E025018

·临床研究·

基于CT图像的下胫腓联合解剖学研究

赵鸿鲜,高仕长,汪子嘉,阳明明 (重庆医科大学附属第一医院骨科/重庆医科大学骨科实验室,重庆 400042)

[摘 要] **目的** 基于CT图像量化分析正常踝关节下胫腓联合解剖参数,为临床诊断下胫腓联合损伤、精准复位及螺钉置入提供影像学依据。**方法** 回顾性分析我院200例(男女各100例)正常踝关节CT扫描数据,应用Mimics三维重建系统测量以下参数:下胫腓前距离、下胫腓后距离、腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值、内外踝高度差、内外踝角度、下胫腓关节面高度、距胫骨远端关节面2 cm和4 cm处下胫腓角度。**结果** 下胫腓后距离显著大于下胫腓前距离($P<0.05$),但二者在性别间差异无统计学意义($P>0.05$)。腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值、内外踝高度差、内外踝角度及下胫腓关节面高度等参数在不同性别间无显著差异($P>0.05$)。距胫骨远端关节面4 cm处下胫腓角度较2 cm处增大($P<0.05$)。**结论** 单纯以下胫腓前后距离差>2 mm作为下胫腓联合损伤的诊断标准可能导致假阴性,需联合腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值异常(>1.58或<1.47)综合判断;术后可在不考虑性别因素下通过测量内外踝高度差与角度来评估外踝的长度是否恢复;下胫腓螺钉安全置入区应位于胫骨远端关节面近端16 mm以上,前倾角度需根据置入平面调整。

[关键词] 踝关节骨折;下胫腓联合;人体测量;CT影像学

[中图分类号] R683.42 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-04-02

Anatomical study on the distal tibiofibular syndesmosis based on CT images

ZHAO Hong-xian, GAO Shi-chang, WANG Zi-jia, YANG Ming-ming (Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University/Orthopedic Laboratory of Chongqing Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective To perform a quantitative analysis on the anatomic parameters of distal tibiofibular syndesmosis in normal ankle joints based on CT images, thereby providing imaging basis for the clinical diagnosis of distal tibiofibular syndesmosis injury, accurate reduction and screw placement. **Methods** The CT scan data of 200 normal ankle joints (100 males and 100 females) were retrospectively analyzed. The Mimics 3D reconstruction system was used to measure the following parameters: anterior distal tibiofibular distance, posterior distal tibiofibular distance, ratio of the vertical distances between anterior/posterior margin of fibula to midpoint of fibular notch, height difference of medial and lateral malleolus, angle of medial and lateral malleolus, height of distal tibiofibular articular surface, and the distal tibiofibular angles at 2 cm and 4 cm from the distal tibial surface. **Results** The posterior distal tibiofibular distance was significantly greater than the anterior distal tibiofibular distance ($P<0.05$), while no statistically significant difference was found in these two parameters between genders ($P>0.05$). There was no statistically significant difference in the ratio of the vertical distances between anterior/posterior margin of fibula to midpoint of fibular notch, height difference of medial and lateral malleolus, angle of medial and lateral malleolus or height of distal tibiofibular articular surface between genders ($P>0.05$). The distal tibiofibular angle at 4 cm from the distal tibial surface was greater than that at 2 cm ($P<0.05$). **Conclusion** Using a distal tibiofibular anterior-posterior distance difference greater than 2 mm as the sole diagnostic criterion for distal tibiofibular syndesmosis injury may result in false-negative diagnoses, and it is necessary to combine this criterion with an abnormal ratio of the vertical distances between anterior/posterior margin of fibula to midpoint of fibular notch (>1.58 or <1.47) for comprehensive diagnosis. The restoration of lateral malleolar length after surgery can be evaluated by measuring the height difference and angle of medial and lateral malleolus without considering gender factors. The safe zone for distal tibiofibular screw placement should be located more than 16 mm from the distal tibial joint surface, and the anteversion angle should be adjusted according to the placement plane.

Keywords: ankle fracture; distal tibiofibular syndesmosis; anthropometry; CT imaging

踝关节骨折是临床上常见的骨折之一,其中10%~13%的踝关节骨折伴有下胫腓联合损伤,主要是Weber B型和C型骨折[1]。此外,在未出现骨折的踝关节扭伤中,下胫腓联合损伤的发生率为0.5%,也被称为高位踝关节扭伤[2]。下胫腓联合是一个微动关节,可在三维空间中运动。当踝关节背伸时,下胫腓联合增宽,外踝向近端移动并向外旋转;当踝关节跖屈时,

[通信作者] 高仕长,E-mail:778925053@qq.com

下胫腓联合变窄,外踝向远端移动并向内旋转[3]。下胫腓联合是维持远端胫腓关节稳定性的重要解剖结构,研究表明,距骨外移可明显减少胫距关节的接触面积,外移1 mm可使接触面积减少42%;而在下胫腓联合完全断裂时,可导致胫距关节压力增加36%[4]。因此,稳定的下胫腓联合对于恢复踝关节正常运动和预防创伤性踝关节炎的发生至关重要。

目前,多数研究仅在单一CT或X射线片检查中测量正常下胫腓联合的解剖参数,然而CT、X射线片在下肢旋转、踝关节未中立时测量易产生误差。本研究通过Mimics软件重建,排除踝关节未处于中立位的数据,并测量下胫腓前后距离、下胫腓角度、内外踝高度差与角度等参数,为临床判断下胫腓联合损伤、准确复位伴下胫腓联合损伤的踝关节骨折以及置入下胫腓联合螺钉的理想方向提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

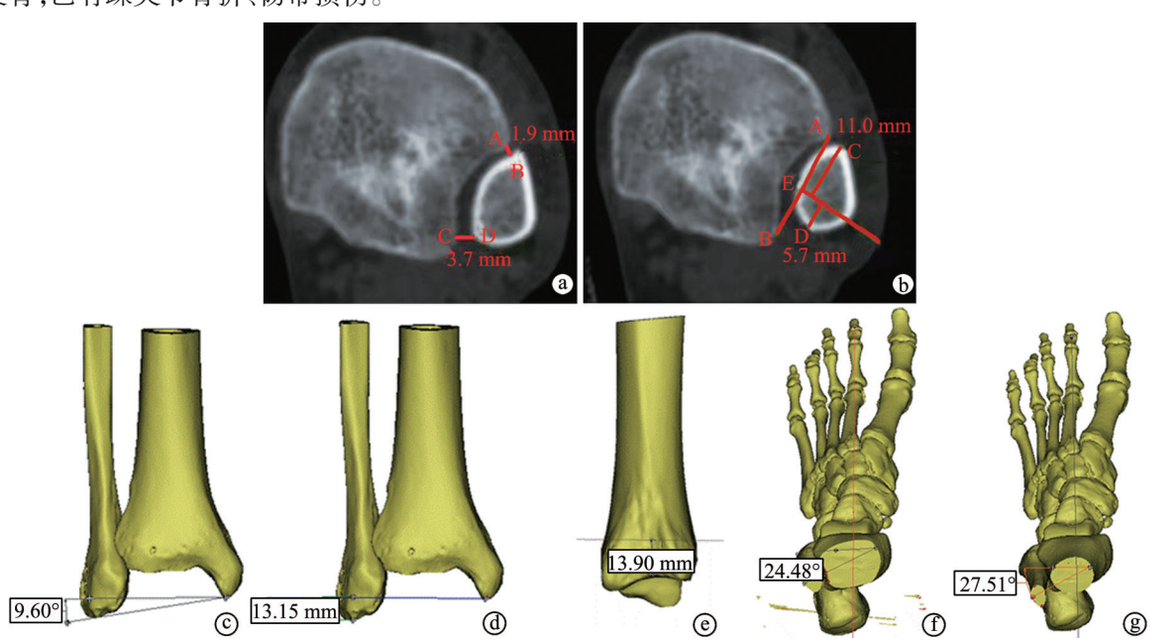
收集2013年6月至2023年6月在重庆医科大学附属第一医院就诊的200例成人的CT图像,男女各100例。纳入标准:年龄18~65岁;踝关节无手术或骨折史;足部及踝关节处于中立位。排除标准:踝关节畸形发育;已有踝关节骨折、韧带损伤。

1.2 方法

患者均使用螺旋CT 128排256层高速X射线计算机断层摄影系统(间隔1 mm,层厚1 mm)扫描仪采集图像。踝关节中立位:足底垂直于胫骨轴,第2足趾竖直向上,跟骨结节与第2足趾趾腹连线垂直于水平面。通过影像归档和通信系统软件与Mimics软件进行测量。

1.3 测量解剖参数

在踝关节CT冠状面上确定水平线,从第2趾骨纵轴画1条线延伸至踝关节水平,再画1条与之垂直的线,即为水平线[5]。CT轴位上,在距离胫骨远端关节面1 cm处测量下胫腓前后距离及腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距。下胫腓前距离:胫骨前结节与腓骨最近点之间的距离;下胫腓后距离:腓骨后内侧边界和胫骨最近点的距离(图1a、b)。使用Mimics软件重建踝关节,测量以下参数:内外踝高度差(内外踝最低点的高度差)、内外踝角度(即内外踝最低点连线与水平线之间的夹角)、下胫腓关节面高度(Chaput结节最突出点与胫骨远端关节面最高点的距离)、下胫腓角度,见图1c~g。分别在距离胫骨远端关节面2 cm和4 cm处从腓骨外侧嵴顶点开始画1条线,平分胫骨腓切迹,水平线与之形成的夹角为下胫腓角度。



a:下胫腓前后距离(A-B表示下胫腓前距离;C-D表示下胫腓后距离);b:腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值(AB为腓切迹连线;C为腓骨前缘;D为腓骨后缘;E为腓切迹前后连线中点);c、d:内外踝角度及高度差;e:下胫腓关节面高度;f、g:距胫骨远端关节面2 cm、4 cm处的下胫腓角度

图1 下胫腓联合CT影像参数测量

1.4 统计学分析

采用SPSS 22.0软件进行统计学处理。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用独立样本t检验,多组间比较方差齐则用单因素方差分析,方差不齐则用非参数检验。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

下胫腓后距离显著大于下胫腓前距离($P<0.05$);下胫腓前距离、下胫腓后距离、腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值、内外踝高度差、内外踝角度、下胫腓关节面高度、距胫骨远端关节面2 cm处及4 cm处下胫腓角度等在男女间未见统计学差异($P>0.05$);距胫骨远端关节面2 cm处下胫腓角度小于距胫骨远端关节面4 cm处下胫腓角度,差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。

表1 男女间踝关节CT解剖测量参数比较($\bar{x}\pm s$)

影像参数	男	女	平均	t	P
下胫腓前距离(mm)	2.22±0.69	2.25±0.68	2.23±0.74	0.216	0.830
下胫腓后距离(mm)	3.56±0.98	3.30±0.80	3.44±0.99*	1.353	0.179
腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值	1.58±0.31	1.47±0.34	1.51±0.42	1.516	0.133
内外踝高度差(mm)	11.94±2.44	11.26±3.05	11.6±3.55	1.059	0.293
内外踝角度(°)	10.14±2.33	10.95±3.00	10.54±3.12	1.295	0.199
下胫腓关节面高度(mm)	15.37±1.81	15.29±1.40	15.31±1.52	0.203	0.840
距胫骨远端关节面2 cm处下胫腓角度(°)	16.73±2.85	17.36±2.88	16.79±3.18	0.931	0.355
距胫骨远端关节面4 cm处下胫腓角度(°)	24.42±2.90	25.30±2.17	24.85±2.58#	1.067	0.293

*:与下胫腓前距离比较,$P<0.05$;#:与距胫骨远端关节面2 cm处下胫腓角度比较,$P<0.05$

3 讨论

研究发现,CT在检出3 mm或更小的关节联合分离时敏感度比X射线高[6]。故本研究主要基于CT进行下胫腓相关参数的测量。Harper等[7]在尸体标本上测量距胫骨远端关节面1 cm处下胫腓前后距离,总结出下胫腓后距离与下胫腓前距离差大于2 cm时考虑出现下胫腓联合损伤。Elgafy等[8]测量了100个正常踝关节的CT图像,发现平均下胫腓前距离为2 mm,下胫腓后距离为4 mm,故认为下胫腓前后距离差大于2 mm视为有下胫腓联合损伤。本研究测量结果显示,下胫腓前后距离平均差值小于2 mm,且下胫腓前后距离与性别无关。因此,我们认为,单纯依靠下胫腓前后距离差大于2 mm作为下胫腓联合损伤的诊断标准可能存在假阴性结果。

Lauge-Hanse将踝关节骨折分为4型:旋后-内收型、旋后-外旋型、旋前-外旋型、旋前-外展型[9]。其中旋后-外旋型、旋前-外旋型和旋前-外展型常合并下胫腓联合损伤[10],且下胫腓前韧带损伤发生均先于下胫腓后韧带[11]。另外,Hermans等[12]的研究显示,骨间韧带在维持下胫腓联合中具有重要作用,单纯的下胫腓前韧带损伤可能并不会出现明显的下胫腓联合分离,即下胫腓前距离不会增大。本研究通过测量发现,下胫腓后距离大于下胫腓前距离。基于此,我们推断,当下胫腓前距离大于下胫腓后距离时,应高度怀疑下胫腓联合损伤,此时骨间韧带也可能损伤;当下胫腓前距离小于下胫腓后距离时,应仔细询问患者受伤过程,并通过X射线或CT检查明确Lauge-Hanse分型;术前应仔细检查下胫腓前处有无肿胀及压痛,必要时进行踝关节MRI检查,并在术中探查胫腓关节。

下胫腓联合损伤通常为距骨在踝穴内旋转、内外翻所致。由于伴下胫腓联合损伤,外踝骨折常表现为侧方旋转移位、前后移位和近端移位[13]。术前进行CT检查评估踝关节骨折时,发现腓骨在腓骨沟内向前或向后移动极有可能提示下胫腓联合损伤[14-15]。本研究发现,腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值男性为(1.58±0.31),女性为(1.47±0.34),提示外踝在腓切迹中处于靠前的位置。当腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值异常(>1.58或<1.47)时应考虑有下胫腓联合损伤。Malhotra等[16]的研究测量非负重位腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值为(1.64±0.49),在负重位为(1.45±0.43),二者比较差异显著,提示在负重位时外踝向后移位。外踝骨折后最常见的畸形愈合为外踝短缩,可引起踝关节不稳,进而导致创伤性关节炎[17-18]。本研究发现,男、女内外踝高度差及内外踝角度无显著变化,提示可在不考虑性别因素下,通过术后测量内外踝高度差及其角度来判断外踝的长度是否恢复。

在胫腓骨底部有一小块胫腓骨直接接触区域,其表面覆盖0.5~1.0 mm厚的透明软骨,即为下胫腓关节[19]。下胫腓关节始于胫腓韧带的起点,在前方为下胫腓前韧带的胫骨起点(即Chaput结节),在后方为下

胫腓后韧带的胫骨起点(即后结节)[20]。本研究测量发现,Chaput结节相较于胫骨后结节距离胫骨远端关节面更远。因此,本研究通过测量Chaput结节最突出点至胫骨远端关节面最高点的距离作为下胫腓联合关节面高度,结果发现,下胫腓关节面高度为15.29~15.37 mm。这提示,下胫腓联合螺钉距离胫骨远端关节面应大于16 mm,以免固定装置造成关节面损伤。

许多学者建议下胫腓联合螺钉进钉方向由后外侧向前内侧倾斜,与冠状面呈20°~30°[11,21]。本研究发现,当第2足趾竖直向上、踝关节中立位时,在距胫骨远端关节面2 cm和4 cm处联合螺钉理想进钉角度无性别差异,且4 cm处下胫腓角度大于2 cm处。这种差异与腓骨沿其近端方向相对于胫骨的位置逐渐后移有关。Park等[5]分析了415例踝关节CT轴位图像,发现下胫腓联合螺钉在距胫骨远端关节面2 cm处的理想进钉角度约为18.8°,本研究结果(16.73°~17.36°)与之接近。

综上所述,单纯以下胫腓前后距离差大于2 mm作为下胫腓联合损伤的诊断标准可能出现假阴性,需联合腓骨前/后缘与腓切迹中点垂距比值是否异常(>1.58或<1.47)进行综合判断。术后可在不考虑性别因素下通过测量内外踝高度差及角度来评估外踝长度是否恢复;下胫腓螺钉安全置入区应位于胫骨远端关节面近端16 mm以上,前倾角度需根据置入平面调整。

本研究存在的问题:仅收集200例样本,样本较少;CT扫描也存在一定误差,如伪影,踝关节并未完全处于中立位,或是第2足趾并不完全向上等问题,希望后续试验可以进行改进,采用一种固定体位的外支具保证体位。

[参考文献]

[1] Tourné Y, Molinier F, Andrieu M, et al. Diagnosis and treatment of tibiofibular syndesmosis lesions[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2019, 105(8s):S275-S286. doi:10.1016/j.otsr.2019.09.014.

[2] Magan A, Golano P, Maffulli N, et al. Evaluation and management of injuries of the tibiofibular syndesmosis[J]. Br Med Bull, 2014, 111(1):101-115. doi:10.1093/bmb/ldu020.

[3] Michelson JD, Helgemo SL Jr. Kinematics of the axially loaded ankle[J]. Foot Ankle Int, 1995, 16(9):577-582. doi:10.1177/107110079501600912.

[4] Harris J, Fallat L. Effects of isolated Weber B fibular fractures on the tibiotalar contact area[J]. J Foot Ankle Surg, 2004, 43(1):3-9. doi:10.1053/j.jfas.2003.11.008.

[5] Park YH, Choi WS, Choi GW, et al. Ideal angle of syndesmotic screw fixation: a CT-based cross-sectional image analysis study[J]. Injury, 2017, 48(11):2602-2605. doi:10.1016/j.injury.2017.08.067.

[6] Ebraheim NA, Lu J, Yang H, et al. Radiographic and CT evaluation of tibiofibular syndesmotic diastasis: a cadaver study[J]. Foot Ankle Int, 1997, 18(11):693-698. doi:10.1177/107110079701801103.

[7] Harper MC, Keller TS. A radiographic evaluation of the tibiofibular syndesmosis[J]. Foot Ankle, 1989, 10(3):156-160. doi:10.1177/107110078901000308.

[8] Elgafy H, Semaan HB, Blessinger B, et al. Computed tomography of normal distal tibiofibular syndesmosis[J]. Skeletal Radiol, 2010, 39(6):559-564. doi:10.1007/s00256-009-0809-4.

[9] Lauge N. Fractures of the ankle; analytic historic survey as the basis of new experimental, roentgenologic and clinical investigations[J]. Arch Surg (1920), 1948, 56(3):259-317. doi:10.1001/archsurg.1948.01240010266001.

[10] Dattani R, Patnaik S, Kantak A, et al. Injuries to the tibiofibular syndesmosis[J]. J Bone Joint Surg Br, 2008, 90(4):405-410. doi:10.1302/0301-620X.90B4.19750.

[11] Vohra R, Singh A, Thorat B, et al. Instability of the distal tibiofibular syndesmosis[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2023, 31(2):10225536231182349. doi:10.1177/10225536231182349.

[12] Hermans JJ, Ginai AZ, Wentink N, et al. The additional value of an oblique image plane for MRI of the anterior and posterior distal tibiofibular syndesmosis[J]. Skeletal Radiol, 2011, 40(1):75-83. doi:10.1007/s00256-010-0938-9.

[13] Wu C, Wang X, Zhang H, et al. Biomechanical analysis of different internal fixation methods for special Maisonneuve fracture of the ankle joint based on finite element analysis[J]. Injury, 2023, 54(8):110917. doi:10.1016/j.injury.2023.110917.

[14] Wake J, Martin KD. Syndesmosis injury from diagnosis to repair: physical examination, diagnosis, and arthroscopic-assisted reduction[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2020, 28(13):517-527. doi:10.5435/JAAOS-D-19-00358.

[15] 郭丁铭,温凯元. CT与MRI在诊断踝关节运动骨折分型中的应用[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(6):1591-1595. doi:10.7517/issn.1674-0475.220621.

[16] Malhotra K, Welck M, Cullen N, et al. The effects of weight bearing on the distal tibiofibular syndesmosis: a study comparing weight bearing-CT with conventional CT[J]. Foot Ankle Surg, 2019, 25(4):511-516. doi:10.1016/j.fas.2018.03.006.

[17] Sinha A, Sirikonda S, Giotakis N, et al. Fibular lengthening for malunited ankle fractures[J]. Foot Ankle Int, 2008, 29(11):1136-1140. doi:10.3113/FAI.2008.1136.

[18] Smith G. The isolated lateral malleolar fracture: where are we and how did we get here?[J]. Surgeon, 2013, 11(1):6-9. doi:10.1016/j.surge.2012.02.008.

[19] Hermans JJ, Beumer A, de Jong TA, et al. Anatomy of the distal tibiofibular syndesmosis in adults: a pictorial essay with a multimodality approach[J]. J Anat, 2010, 217(6):633-645. doi:10.1111/j.1469-7580.2010.01302.x.

[20] Fojtík P, Kašper Š, Bartoníček J, et al. Lateral malleolar crest and its clinical importance[J]. Surg Radiol Anat, 2023, 45(3):255-262. doi:10.1007/s00276-023-03080-4.

[21] Rammelt S, Marx C, Swords G, et al. Recognition, treatment, and outcome of calcaneal fracture-dislocation[J]. Foot Ankle Int, 2021, 42(6):706-713. doi:10.1177/1071100720980012.

(编辑:龙小芬)