

基于三维重建模型的国人距骨的内偏角及跖倾角测量

范峥睿 马剑雄 王颖 杨宝成 孙磊 卢斌 柏豪豪 马信龙

天津医院骨科研究所, 天津 300050

通信作者: 马信龙, Email: mjx969@163.com

【摘要】 目的 通过测量健康成年人距骨的内偏角及跖倾角,为临床进钉角度及术后复位评价提供详细、可靠的数据标准。方法 从2018年3月至2019年2月期间在天津医院共纳入40名健康成年志愿者,男女各20名。扫描CT后获得DICOM格式双侧踝关节数据,通过Mimics19.0软件进行距骨的三维重建后,使用3-matic功能对距骨内偏角、跖倾角进行测量。组间数据比较采用 t 检验。结果 健康成人受试者内偏角为 $26.3^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$ ($20.1^{\circ}\sim 32.7^{\circ}$),跖倾角为 $40.8^{\circ}\pm 2.5^{\circ}$ ($35.0^{\circ}\sim 45.7^{\circ}$)。男性内偏角为:左侧 $26.0^{\circ}\pm 3.3^{\circ}$,右侧 $26.1^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$;跖倾角为:左侧 $40.1^{\circ}\pm 2.5^{\circ}$,右侧 $40.1^{\circ}\pm 2.5^{\circ}$ 。女性内偏角为:左侧 $26.5^{\circ}\pm 3.3^{\circ}$,右侧 $26.6^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$;跖倾角为:左侧 $41.4^{\circ}\pm 2.8^{\circ}$,右侧 $41.6^{\circ}\pm 2.2^{\circ}$ 。同性之间左右侧距骨内偏角、跖倾角比较差异均无统计学意义。 $(t=-0.520\sim -0.166, 均P>0.05)$ 。异性之间同侧距骨内偏角及跖倾角比较结果差异均无统计学意义。 $(t=-2.001\sim -0.457, 均P>0.05)$ 。结论 健康成年人的左右距骨内偏角及跖倾角呈对称分布,无明显性别差异,临床上可用内偏角及跖倾角为进钉角度及复位评价提供参照标准。

【关键词】 距骨颈骨折; 内偏角; 跖倾角; 三维重建

DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20191008-02165

Measurement of declination angle and inclination angle based on three-dimensional reconstruction model of talus

Fan Zhengrui, Ma Jianxiong, Wang Ying, Yang Baocheng, Sun Lei, Lu Bin, Bai Haohao, Ma Xinlong

Department of Orthopedics Research, Tianjin Hospital, Tianjin 300050, China

Corresponding author: Ma Xinlong, Email: mjx969@163.com

【Abstract】 Objective To measure the declination angle and inclination angle of talus in healthy adults to provide a detailed and reliable data standard for clinical nail angle and postoperative reduction evaluation. **Methods** A total of 40 healthy adult volunteers were included in Tianjin Hospital from March 2018 to February 2019, including 20 males and 20 females. Bilateral ankle joint data in DICOM format were obtained after CT scan. After three-dimensional reconstruction of talus by Mimics19.0 software, the declination angle and inclination angle of talus were measured by 3-matic function. Data were compared between groups by using t test. **Results** The declination angle of healthy adult subjects was $26.3^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$ ($20.1^{\circ}\sim 32.7^{\circ}$), and the inclination angle was $40.8^{\circ}\pm 2.5^{\circ}$ ($35.0^{\circ}\sim 45.7^{\circ}$). The declination angle in the male was $26.0^{\circ}\pm 3.3^{\circ}$ on the left side, $26.1^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$ on the right side, and the inclination angle was $40.1^{\circ}\pm 2.5^{\circ}$ on the left and $40.1^{\circ}\pm 2.5^{\circ}$ on the right. The declination angle in the female was $26.5^{\circ}\pm 3.3^{\circ}$ on the left side, $26.6^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$ on the right side, and the inclination angle was $41.4^{\circ}\pm 2.8^{\circ}$ on the left and $41.6^{\circ}\pm 2.2^{\circ}$ on the right. There was no significant difference in declination angle and inclination angle between the left and right talus of the same gender ($t=-0.520\sim -0.166, all P>0.05$). There was no significant difference in the declination angle and inclination angle of the ipsilateral talus between the genders ($t=-2.001\sim -0.457, all P>0.05$). **Conclusion** The declination angle and the inclination angle of left and right talus in healthy adults are symmetrically distributed, and there is no significant gender difference, the results can be used to provide reference criteria for nail angle and reduction evaluation.

【Key words】 Talar neck fracture; Declination angle; Inclination angle; Three-dimensional reconstruction

DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20191008-02165

在临床中,距骨颈骨折在距骨骨折中较为高发,约占 45%^[1-2]。距骨颈骨折常易导致距骨缺血性坏死^[3],故需及时行解剖复位内固定,克氏针、钢板、螺钉均为距骨颈骨折的常用内固定方式。虽然 Swanson 等^[4]发现后向前螺钉固定可实现螺钉垂直骨折面固定,其力学稳定性最佳。但距骨存在距骨头颈轴线相对于距骨体轴线向内倾斜的内偏角及距骨头颈轴线相对于距骨体轴线向下倾斜的跖倾角,使临床上使用后向前螺钉固定时入钉角度难以掌握,故亟需对距骨特殊角度进行测量。目前距骨的解剖参数多在 X 线片或尸体标本上进行测量,但尸体标本数量有限,而且传统二维 X 线片因受机器投照角度、患者体位及组织影像重叠等因素的影响,测量结果误差较大。故本研究基于健康成年人踝关节 CT 数据对距骨三维重建后行内偏角及跖倾角的精确测量,比较男女及左右侧距骨内偏角及跖倾角的差异,探索正常国人距骨内偏角及跖倾角的参数标准,为临床上螺钉安全进钉角度及术后复位评价提供理论依据。

对象与方法

一、研究对象

健康成年志愿者的纳入标准:(1)年龄 18~59 岁;(2)汉族;(3)身高:男性 165~185 cm,女性 160~180 cm;(4)体质指数(BMI):18~24 kg/m²。排除标准:(1)任何踝关节先天畸形者;(2)既往足踝部存在骨折史者;(3)从事繁重工作或长期站立史者;(4)经放射学检查存在足踝部骨或关节退行性病理改变者。最终从 2018 年 3 月至 2019 年 2 月期间在天津医院共纳入 40 名健康成年志愿者,年龄(33±9)岁;男 20 名,年龄(31±8)岁;女 20 名,年龄(36±10)岁。本研究已经过医院的伦理委员会批准,并获得志愿者同意且签署相关协议。

二、图像获取

对所有受试者行仰卧位双侧踝关节 CT 扫描,扫描时踝关节始终维持中立位,即双脚平行,保持足外缘与小腿垂直,脚尖垂直向上。使用的 CT 为美国 GE 公司 64 排螺旋 CT,层厚 0.625 mm,电压 120 kV,电流 150 mA。扫描所得 CT 数据用 DICOM 格式保存。

三、距骨三维模型的构建

将 CT 扫描的双侧踝关节数据以 DICOM 格式导入 Mimics17.0 软件(比利时 Materialise 公司),通

过阈值分割、区域增长及手工擦除等操作,将距骨从整体踝关节模型中分离成独立个体,进行三维重建。利用切割、光滑功能对距骨表面进行再处理,获得解剖标志明显的距骨三维模型,最终使用 Mimics 中 3-matic 功能测量距骨的内偏角及跖倾角。

四、测量方法

在 3-matic 中选中所需测量距骨,建立 XYZ 三维坐标系,将距骨放置于 XY 轴形成的平面上,通过 'point' 'line' 等功能对距骨滑车上胫距关节面后缘、滑车关节面与距骨颈相交前缘及距骨头关节面上缘的两端做连线,随后分别取三条连线中点,依次连接成两条轴线 A、B,轴线 A 与 B 相交于 O 点形成的角 α ,即为距骨内偏角;将距骨以 A 线为基准,在水平面上与 Y 轴平行,构建标准水平位、冠状位及矢状位,后取距骨头最长轴中点与距骨滑车前后缘连线形成的距骨体轴线的中点连接,为线 C。所得线 C 与 A 相较于 O' 点形成的角 β ,即为距骨跖倾角。最终,分别于水平面和矢状面测量距骨内偏角和跖倾角(图 1)。

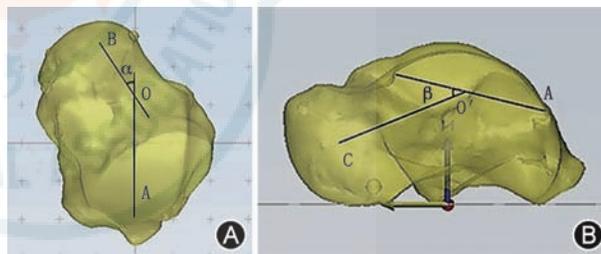


图1 软件中距骨内偏角(α)和距骨跖倾角(β)测量

五、统计学方法

研究数据采用 SPSS 22.0 软件进行分析。计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,同一性别左右侧样本比较采用配对 t 检验,不同性别同侧样本比较采用独立样本 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

一、正常距骨内偏角及跖倾角角度

健康成人受试者内偏角为 $26.3^\circ \pm 3.2^\circ$ ($20.1^\circ \sim 32.7^\circ$),相差 12.6° ;跖倾角为 $40.8^\circ \pm 2.5^\circ$ ($35.0^\circ \sim 45.7^\circ$),相差 10.7° (表 1)。

二、内偏角及跖倾角的组间比较

个体之间内偏角及跖倾角差异很大,但个体内双侧距骨角度对称分布,同性之间左右侧距骨内偏角、跖倾角比较差异均无统计学意义($t = -0.520 \sim$

-0.166, 均 $P>0.05$) (表 1)。对异性间同侧距骨内偏角及跖倾角使用独立样本 t 检验, 异性之间同侧距骨内偏角及跖倾角比较差异均无统计学意义 ($t=-2.001\sim-0.457$, 均 $P>0.05$) (表 1)。

讨 论

距骨颈骨折又称“aviator's astragalus”, 主要是由轴向传递的暴力经前踝猛烈撞击距骨颈部所致。由于距骨特殊的解剖结构、血运分布及所承载的特殊生物力学机制导致距骨颈骨折仍为骨科临床治疗的一大难题^[5]。随着研究的不断深入, 切开复位内固定已成为距骨骨折的常用治疗方法^[6]。然而后向前螺钉固定的进钉角度及术后复位评价标准的选择仍是一大难题^[7], 故急需对距骨内偏角及跖倾角进行详细测量。

距骨独特的解剖形态决定了其特殊的生物力学性能。距骨内偏角及跖倾角的存在, 可将身体负荷向多方向传递的同时将所受负荷由垂直柱状转化成弓状平面负荷形式^[8], 亦是构成足纵弓的关键部分。来自躯干的负荷经距骨滑车向三个方向分散, 经前内侧沿距骨颈穿过距舟关节, 沿足内侧纵弓传递应力; 经后方通过距下关节后部及跟骨后关节面, 向后方跟骨结节传递应力; 经前外侧通过距下关节前部, 向足外侧弓传递应力。一旦两者角度因损伤等原因改变, 则足部的力学传导分布发生变化, 最终导致足部应力失衡^[9]。本研究发现在个体之间内偏角及跖倾角角度具有较大的差异, 意味着不同个体距骨的力学传导均有差别, 故在选择手术入钉角度、制定术后复位的评价标准时, 均需对患者行个体化测量, 才能达到骨折坚强固定、减少术后并发症等效果^[10]。

临床应用中, 国内外学者使用尸体标本或平片进行距骨角度测量等传统方法有较大的局限性: 首先, 尸体标本存在着来源少、获取较困难等问题, 很难展开大样本量研究; 其次, X 线片常因拍摄距离、角度、人体体位的摆放及组织重影等问题造成较大

的测量误差, 且 X 线片中距骨的解剖标志模糊, 极度依赖临床医生的主观经验。入钉角度及复位评价仅凭临床医生通过对足踝正侧位 X 片的主观判断, 角度误差大, 且投照角度及摆放位置均可导致 X 片无法准确地反映骨骼的真实结构。现有文献报道, 临床上骨骼角度测量误差可高达 12%^[11]。通过建立距骨的数字化三维虚拟立体模型, 可对距骨进行多角度观察, 真正了解剖标志点选取、距骨头颈体轴线确立、距骨长度、面积的测量精准化。He 等^[12]测量了 65 例健康成年人距骨形态学参数, 其中距骨男女内偏角分别为 $20.1^\circ\pm 7.8^\circ$ 、 $19.8^\circ\pm 3.4^\circ$, 男女之间内偏角比较无统计学意义。早在 1921 年, Humaine 等^[13]通过尸体标本研究发现距骨内偏角平均为 22° , 跖倾角平均为 25° 。Kelikian 和 Sarrafian^[10]研究了 100 例距骨标本, 计算出距骨内偏角为 $10^\circ\sim 44^\circ$, 跖倾角为 $5^\circ\sim 50^\circ$, 个体间差异很大。由于受地域、人种的影响, 国人数据与国外数据相比差异较大, 故国内对距骨内偏角及跖倾角的测量尚无统一定论。本研究对 40 对国人距骨进行三维重建后测量, 内偏角为 $26.3^\circ\pm 3.2^\circ$ ($20.1^\circ\sim 32.7^\circ$), 跖倾角为 $40.8^\circ\pm 2.5^\circ$ ($35.0^\circ\sim 45.7^\circ$), 且左右侧对称, 性别间无差异。

本研究利用踝关节 CT 数据经 Mimics 行三维重建, 在 3-matic 中准确标注距骨体及距骨头颈的体轴, 精准测量距骨的内偏角及跖倾角, 相比 X 线及尸体标本测量, 其测量结果更真实、精准, 同时弥补了常规测量方法的缺陷, 有助于医生对入钉角度的个体化设计及术后复位评价标准的制定。需要注意的是, 本研究仅是对距骨自身解剖角度进行测量研究, 而并非对入钉点螺钉所需的入钉角度的测量, 测量结果旨在提醒医生在确定入钉角度时, 需要考虑距骨自身的解剖角度, 同时提供术后复位评价标准。但本研究仍有以下不足: 距骨样本量较少, 仍需收集更多样本进行测量; 在对距骨体表选取标志点时, 选取点需依靠主观辨别体表解剖标志, 测量结果存在一定误差, 后期将多人测量, 减小测量误差。

表 1 同性与不同性别间双侧内偏角及跖倾角比较 ($^\circ$, $n=20, \bar{x}\pm s$)

项目	内偏角		t 值	P 值	跖倾角		t 值	P 值
	男性	女性			男性	女性		
左侧	26.0±3.3	26.5±3.3	-0.490	0.627	40.1±2.5	41.4±2.8	-1.613	0.115
右侧	26.1±3.2	26.6±3.2	-0.457	0.650	40.1±2.5	41.6±2.2	-2.001	0.053
t 值	-0.439	-0.449			-0.166	-0.520		
P 值	0.666	0.659			0.870	0.609		

综上所述,本研究发现健康成年人的左右距骨内偏角及跖倾角呈对称分布,无明显性别差异,为了确保安全的进钉方向,在行后向前螺钉固定中进钉角度可适当参考健侧距骨内偏角及跖倾角,同时建议术后复位评价以健侧或平均角度作为参考依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Santavirta S, Seitsalo S, Kiviluoto O, et al. Fractures of the talus[J]. J Trauma, 1984, 24(11): 986-989. DOI: 10.1097/00005373-198411000-00011.
- [2] Rammelt S, Zwipp H. Talar neck and body fractures[J]. Injury, 2009, 40(2):120-135. DOI: 10.1016/j.injury.2008.01.021.
- [3] Dhillon MS, Rana B, Panda I, et al. Management options in avascular necrosis of talus[J]. Indian J Orthop, 2018, 52(3): 284-296. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho_608_17.
- [4] Swanson TV, Bray TJ, Holmes GB Jr. Fractures of the talar neck. A mechanical study of fixation[J]. J Bone Joint Surg Am, 1992, 74(4):544-551.
- [5] Gear BJ. Review of talus fractures and surgical timing[J]. Orthop Clin North Am, 2016, 47(3):625-637. DOI: 10.1016/j.ocl.2016.03.008.
- [6] 白晓东, 杨传铎, 邢更彦, 等. 距骨颈骨折的手术治疗[J]. 中华骨科杂志, 2004, 24(1): 7-10.
- [7] Charlson MD, Parks BG, Weber TG, et al. Comparison of plate and screw fixation and screw fixation alone in a comminuted talar neck fracture model[J]. Foot Ankle Int, 2006, 27(5): 340-343. DOI: 10.1177/107110070602700505.
- [8] 宋秀锋, 郑加法, 李宏志. 成人距骨形态的解剖学研究[J]. 中国医药科学, 2015, (11):29-31,34.
- [9] Kapandji AI, 著. 顾冬云, 戴魁戎, 译. 骨关节功能解剖学[M]. 6版. 北京:人民军医出版社, 2011.
- [10] Kelikian AS, Sarrafian SK. Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle[M]. New York: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- [11] 余清文, 刘道宏, 李想, 等. 查体测量与影像学测量股骨前倾角准确性的评价[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(10):1. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2012.10.16.
- [12] He JQ, Ma XL, Zhang X, et al. Three-dimensional computer-assisted modeling of talus morphology in Chinese patients[J]. Orthop Surg, 2016, 8(3):383-392. DOI: 10.1111/os.12258.
- [13] Humaine TD. Trait  d'anatomie humaine[J]. J Am Med Assoc, 1932, 99(10): 854.

(收稿日期:2019-10-08)

(本文编辑:霍永丰)

·读者·作者·编者·

本刊对来稿中统计学处理的有关要求

1. 统计研究设计:应交代统计研究设计的名称和主要做法。如调查设计(分为前瞻性、回顾性或横断面调查研究);实验设计(应交代具体的设计类型,如自身配对设计、成组设计、交叉设计、析因设计、正交设计等);临床试验设计(应交代属于第几期临床试验,采用了何种盲法措施等)。主要做法应围绕4个基本原则(随机、对照、重复、均衡)概要说明,尤其要交代如何控制重要非试验因素的干扰和影响。

2. 资料的表达与描述:用 $\bar{x}\pm s$ 表达近似服从正态分布的定量资料,用 $M(Q_R)$ 表达呈偏态分布的定量资料;用统计表时,要合理安排纵横标目,并将数据的含义表达清楚;用统计图时,所用统计图的类型应与资料性质相匹配,并使数轴上刻度值的标法符合数学原则;用相对数时,分母不宜小于20,要注意区分百分率与百分比。

3. 统计分析方法的选择:对于定量资料,应根据所采用的设计类型、资料所具备的条件和分析目的,选用合适的统计分析方法,不应盲目套用 t 检验和单因素方差分析;对

于定性资料,应根据所采用的设计类型、定性变量的性质和频数所具备的条件以及分析目的,选用合适的统计分析方法,不应盲目套用 χ^2 检验。对于回归分析,应结合专业知识和散布图,选用合适的回归类型,不应盲目套用简单直线回归分析,对具有重复实验数据的回归分析资料,不应简单化处理;对于多因素、多指标资料,要在一元分析的基础上,尽可能运用多元统计分析方法,以便对因素之间的交互作用和多指标之间的内在联系进行全面、合理的解释和评价。

4. 统计结果的解释和表达:当 $P < 0.05$ (或 $P < 0.01$)时,应说明对比组之间的差异有统计学意义,而不应说对比组之间具有显著性(或非常显著性)的差别;应写明所用统计分析方法的具体名称(如:成组设计资料的 t 检验、两因素析因设计资料的方差分析、多个均数之间两两比较的 q 检验等),统计量的具体值(如 $t=3.45$, $\chi^2=4.68$, $F=6.79$ 等)应尽可能给出具体的 P 值(如 $P=0.023$);当涉及到总体参数(如总体均数、总体率等)时,在给出显著性检验结果的同时,再给出95%可信区间。