

## · 临床研究 ·

## 胫骨远端关节面穹隆前后置钉安全区的 MRI 测量

胡继超<sup>1</sup>, 潘卓尔<sup>1</sup>, 何建<sup>1</sup>, 周厚磊<sup>1</sup>, 俞光荣<sup>2</sup>

(1. 浙江省荣军医院关节创伤科, 浙江嘉兴 314000; 2. 同济大学附属同济医院, 上海 200065)

**摘要:** [目的] 测量胫骨远端关节面穹隆前后置钉的安全高度和角度。[方法] 用医学影像浏览器测量 100 例 (男性组 64 例、女性组 36 例) 踝关节 MRI 矢状位 T2 加权像上胫骨远端关节面穹隆顶点的软骨下骨与胫骨远端关节面前、后唇下缘连线的距离及胫骨远端关节面前唇弧形的切线与前、后唇连线的夹角。比较分析男女组、左右侧组的差别。[结果] 男性右侧关节面穹隆顶与前后唇连线距离显著高于女性, 差异具有统计学意义 [(5.6±0.9) mm vs (5.1±0.8) mm,  $P=0.035$ ]。男性的左侧与右侧的前唇切线与前后唇连线夹角均低于女性, 但差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。男性与女性中, 左侧的关节面穹隆顶与前后唇连线距离均高于右侧, 但差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。男性 [(37.6±5.0)° vs (32.2±8.2)°,  $P=0.003$ ] 和女性 [(37.8±4.6)° vs (32.7±7.3)°,  $P=0.026$ ] 的左侧的前唇切线与前后唇连线夹角均显著大于右侧。[结论] 踝关节远端前后向置入螺钉时, 螺钉下缘应至少位于前唇边缘上方约 7 mm, 男性右侧高于女性右侧。如置入更远端螺钉, 应向胫骨近端倾斜至少 42°, 男女性左侧均高于右侧。

**关键词:** 踝关节骨折, 螺钉固定, 核磁共振影像, 测量

中图分类号: R683.42

文献标志码: A

文章编号: 1005-8478 (2025) 04-0369-04

**MRI measurement of the safety zone of anteroposterior screw placement in distal articular dome of the tibia** // HU Ji-chao<sup>1</sup>, PAN Zhuo-er<sup>1</sup>, HE Jian<sup>1</sup>, ZHOU Hou-lei<sup>1</sup>, YU Guang-rong<sup>2</sup>. 1. Department of Orthopaedic Trauma and Joint Surgery, Zhejiang Rongjun Hospital, Jiaxing, Zhejiang 314000, China; 2. Tongji Hospital, Tongji University, Shanghai 200065, China

**Abstract:** [Objective] To measure the safe height and angle of anteroposterior screw placement in distal articular dome of the tibia. [Methods] The vertical distance of distal articular surface dome to the connecting line of the lowest point of the anterior and posterior tibial lips, and the angle between the tangent line of the anterior and posterior lips of the distal tibia were measured on the T2 weighted MRI images in 100 patients, including 64 males and 36 females. The differences between male and female groups and left and right groups were compared and analyzed. [Results] The male had significantly greater vertical distance of distal articular surface dome to the connecting line of the lowest point of the anterior and posterior tibial lips on the right side than the female, with statistically significant difference [(5.6±0.9) mm vs (5.1±0.8) mm,  $P=0.035$ ]. The male had less angle between the tangent line of the anterior and posterior lips of the distal tibia on the left and right sides than the female, but the difference was not statistically significant ( $P>0.05$ ). In both male and female, the vertical distance of distal articular surface dome to the connecting line of the lowest point of the anterior and posterior tibial lips on the left side was greater than that on the right side, despite of the fact that difference was not statistically significant ( $P>0.05$ ). Both male [(37.6±5.0)° vs (32.2±8.2)°,  $P=0.003$ ] and female [(37.8±4.6)° vs (32.7±7.3)°,  $P=0.026$ ] had significantly greater angle between the tangent line of the anterior and posterior lips of the distal tibia on the left side and the right side. [Conclusion] As anteroposterior screw placement on the distal tibia, the lower edge of the screw should be at least 7 mm above the edge of the anterior lip of the tibia, which in male should be higher than that in the female on the right side. If further longer screws are implanted, tilting the screw at least 42° to the proximal tibia, with the left side more tilting than the right side in both men and women.

**Key words:** ankle fracture, screw fixation, MRI, measurement

踝关节稳定性和活动能力对于人体运动功能的维持至关重要。前踝骨折对踝穴的稳定影响不大, 却能影响踝关节的伸屈活动。因此复位骨块对恢复胫骨下端关节面的完整与平滑是非常必要的。伴后踝骨折的报道高达 44%<sup>[1-4]</sup>。后踝骨折的最终预后取决于骨

折块形态学特征、骨折移位、关节面台阶或间隙和胫距关节匹配等因素, 其手术适应证不断扩展<sup>[5]</sup>。踝骨折后内入路微型钢板固定可以有效固定后内侧骨折块, 减少置入物并发症。有利于踝关节功能恢复<sup>[6]</sup>。内固定物选择上, 空心钉和支撑钢板均可有效固定后

踝骨折块，空心钉固定操作更简单有效，内置物相关并发症更少<sup>[7]</sup>。

前后踝骨折复位不良、合并的距骨软骨损伤和应力分布变化，是导致踝关节退变发生创伤性关节炎的原因<sup>[8]</sup>。后路螺钉固定涉及胫骨远端关节面及下胫腓关节间隙的安全区的测量方法均已有报道<sup>[9-11]</sup>，但尚缺乏针对前后位螺钉置入的安全区的影像解剖学研究报道。因此，本研究旨在明确胫骨远端关节面穹隆前后位固定时螺钉置入的安全高度和角度。

1 临床资料

1.1 一般资料

选取 2022 年 11 月 13 日—2023 年 12 月 28 日在本院 1.5 T 西门子 MRI 扫描的踝关节 MRI 检查的患者影像资料 100 例。所有患者踝关节核磁影像包含完整的胫距、胫腓关节；各序列图像无漂移现象；排除合并踝关节骨折移位和各序列图像有漂移模糊者。患者年龄 12~76 岁；男 64 例，女 36 例；左侧 49 例，右侧 51 例。本研究经医院伦理委员会审批（批准文号：研 2024-079），所有患者均签署知情同意书。

1.2 测量方法与指标

测量关节面穹隆与前后唇连线距离、前唇切线与前后唇连线夹角。

用医学影像存档和传输系统浏览器（Picture Archiving and Communication System, PACS）观察和测量。同步浏览影像 T2 加权像的踝关节冠状位及矢状位，定位冠状位图像上胫骨远端关节面穹隆的最低点时的矢状位片（图 1）。关节面穹隆与前后唇连线距离：用 PACS Viewer 自带标尺连线踝关节前、后唇最低点，从关节面顶点向下做一条前后唇连线的垂线段并显示其距离。前唇切线与前后唇连线夹角：自前唇最低点沿着前唇软骨弧度做一条切线，测量前唇切线与前后唇连线夹角度数。所有测量均由同一研究者进行两次，取平均值用于最终分析。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，采用独立样本 *t* 检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两性间比较

两性之间测量结果比较见表 1，男性的左侧关节面穹隆顶与前后唇连线距离高于女性，但差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；男性的右侧关节面穹隆顶与前后唇连线距离显著高于女性，差异具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；男性的左侧与右侧的前唇切线与前后唇连线夹角均低小女性，但差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。

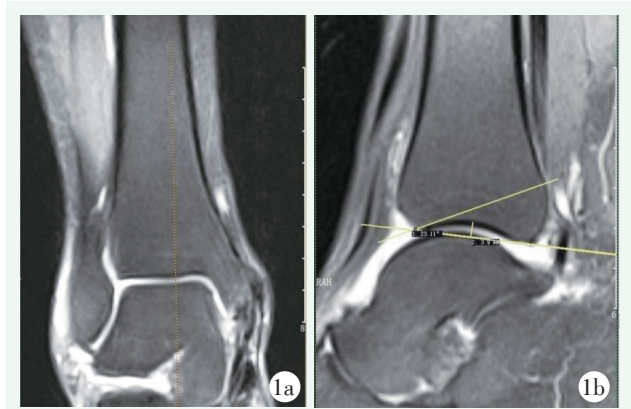


图 1. 胫骨远端关节面穹隆的 MRI 测量。1a: T2 加权像的踝关节冠状位上胫骨远端关节面穹隆的最低点；1b: T2 加权像的与踝关节冠状位同步的矢状位像。用 PACS 自带标尺连线踝关节前、后唇最低点的距离，从关节面顶点向下做一条前后唇连线的垂线段并显示其距离。前唇切线与前后唇连线夹角：自前唇最低点沿着前唇软骨弧度做一条切线，测量前唇切线与前后唇连线夹角度数。

Figure 1. MRI measurement of the distal articular dome of the tibia. 1a: The lowest point of the distal articular dome of the tibia was marked on the coronal T2-weighted image of the tibia; 1b: In the sagittal T2-weighted image synchronized with the coronal one, the vertical distance of dome to the connecting line of lowest points of the front and back lips of the tibia was measured by using the rule provided by PACS, in addition, the angle between anterior and posterior lip tangent lines was also measured.

表 1. 胫骨远端关节面穹隆测量结果（ $\bar{x} \pm s$ ）及两性间比较  
Table 1. Comparison of measurements of distal tibial articular dome between two genders（ $\bar{x} \pm s$ ）

| 指标                  | 男性       | 女性       | <i>P</i> 值 |
|---------------------|----------|----------|------------|
| 左侧 ( <i>n</i> =49)  |          |          |            |
| 关节面穹隆顶与前后唇连线距离 (mm) | 5.7±0.7  | 5.5±0.8  | 0.547      |
| 前唇切线与前后唇连线夹角 (°)    | 37.6±5.0 | 37.8±4.6 | 0.893      |
| 右侧 ( <i>n</i> =51)  |          |          |            |
| 关节面穹隆顶与前后唇连线距离 (mm) | 5.6±0.9  | 5.1±0.8  | 0.035      |
| 前唇切线与前后唇连线夹角 (°)    | 32.2±8.2 | 32.7±7.3 | 0.823      |

2.2 两侧间比较

两侧之间测量结果比较见表 2，男性与女性中，左侧的关节面穹隆顶与前后唇连线距离均高于右侧，但差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )；男性与女性中，左侧的前唇切线与前后唇连线夹角均显著大于右侧，差异具有统计学意义 ( $P<0.05$ )。

| 表 2. 胫骨远端关节面穹隆测量结果 ( $\bar{x} \pm s$ ) 及两侧间比较<br>Table 2. Comparison of measurements of distal tibial articular dome between two sides ( $\bar{x} \pm s$ ) |          |          |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------|
| 指标                                                                                                                                                         | 左侧       | 右侧       | P 值   |
| 男性 (n=64)                                                                                                                                                  |          |          |       |
| 关节面穹隆顶与前后唇连线距离 (mm)                                                                                                                                        | 5.7±0.7  | 5.6±0.9  | 0.927 |
| 前唇切线与前后唇连线夹角 (°)                                                                                                                                           | 37.6±5.0 | 32.2±8.2 | 0.003 |
| 女性 (n=36)                                                                                                                                                  |          |          |       |
| 关节面穹隆顶与前后唇连线距离 (mm)                                                                                                                                        | 5.5±0.8  | 5.1±0.8  | 0.164 |
| 前唇切线与前后唇连线夹角 (°)                                                                                                                                           | 37.8±4.6 | 32.7±7.3 | 0.026 |

3 讨 论

踝关节关节面骨折复位固定时远端螺钉应旋至关节软骨下骨，并达胫骨皮质<sup>[12]</sup>。螺钉穿出关节面是一种严重的并发症。由于关节周缘骨质遮挡，术者容易对术中 C 形臂 X 线机影像发生误判，存在未发现螺钉穿透关节面的概率。关节镜监视是减少误判的有效办法，但局限于手术体位、设备和关节镜操作技术限制，难以推广<sup>[13]</sup>。少有文献说明胫骨远端关节面骨折手术内固定技术应如何准确实现，尚没有文献提供胫骨远端关节面穹隆前后向螺钉置入的安全区域和方向<sup>[14]</sup>。

研究发现，在生物力学上后踝螺钉由后向前优于由前向后固定<sup>[15]</sup>。但近期也有文献比较两种入路置入螺钉骨折愈合后踝关节 AOFAS 评分和踝关节活动度、术后关节炎发生，发现差异并无统计学意义。认为螺钉不同进钉方向具有相似的固定结果<sup>[16]</sup>。

本研究旨在确定胫骨远端关节面前后向螺钉置入安全区。研究结果显示，如果置入螺钉要避免穿出关节表面，则螺钉应垂直骨面，螺钉下缘应至少位于前唇边缘上方约 7 mm，男性右侧高于女性右侧。如置入更远端螺钉，应向胫骨近端倾斜至少 42°，男女性左侧均高于右侧。

本研究所获得的数据信息对于踝骨折前后向固定有参考价值。可以显著减少手术中透视次数，缩短手

术时间，减少医患辐射剂量。在缺乏透视条件时，降低螺钉穿透关节概率。此外，对于设计该区域的置入物也有参考价值。

本研究的优点和局限性。优点是：(1) 对男性组和女性组分别进行了研究，以了解性别、侧别之间的差异；(2) 所有的测量都由同一个人重复两次，取两次测量平均值，使误差最小化；(3) 高度和角度是浏览器自带测量尺测量的，可重复性高；(4) 本研究采用 MRI 作为测量资料，数据包含了软骨组织，更接近术中测量结果。该研究最主要的局限性：数据量小，纳入人群相对局限，由于存在人的种群解剖差异，这些数据只能有限地反映部分区域人群。

综上所述，本研究通过 MRI 影像测量胫骨远端关节面穹隆高度和前唇切线的倾角度数的研究，建议胫骨远端关节面前后向置入螺钉固定时，应垂直骨面，置入胫骨远端关节面前唇边缘上方至少 7 mm。如需要置入更远的螺钉，应向上倾斜 42°。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 胡继超：酝酿和设计实验、实施研究、起草文章、统计分析、提供行政及技术或材料支持；潘卓尔：实施研究、数据采集及分析和解释、统计分析；何建：实施研究、数据采集及分析和解释数据、统计分析；周厚磊：实施研究、数据采集及分析和解释、统计分析；俞光荣：文章审阅、指导

参考文献

[1] Juto H, Nilsson H, Morberg P. Epidemiology of adult ankle fractures: 1756 cases identified in Norrbotten County during 2009–2013 and classified according to AO/OTA [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2018, 19: 441. DOI: 10.1186/s12891-018-2326-x.

[2] Elsoe R, Ostgaard SE, Larsen P. Population-based epidemiology of 9767 ankle fractures [J]. Foot Ankle Surg, 2018, 24: 34–39. DOI: 10.1016/j.fas.2016.11.002.

[3] Jaskulka RA, Ittner G, Scheheidl R. Fractures of the posterior tibial margin\_ their role in the prognosis of malleolar fractures [J]. J Trauma, 1989, 29: 1565–570. DOI: 10.1097/00005373-198911000-00018.

[4] Kochai A, Türker M, Çiçekli Ö, et al. A comparative study of three commonly used fixation techniques for isolated medial malleolus fracture [J]. Eklem Hastalik Cerrahisi, 2018, 29: 104–109. DOI: 10.5606/ehc.2018.61449.

[5] Rammelt S, Bartoníček J. Posterior malleolar fractures: a critical analysis review [J]. JBJS Rev, 2020, 8 (8): e19.00207. DOI: 10.2106/JBJS.RVW.19.00207.

[6] 杨永江, 颜世昌, 杨丰真, 等. 踝部骨折后内入路微型钢板固定后内侧骨折块 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (6): 561–564. DOI: 10.3977/j. issn.1005-8478.2024.06.15.

Yang YJ, Yan SC, Yang FZ, et al. Mini plate fixation of posteromedial fragment in posterior malleolar fractures via posteromedial ap-

- proach [J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32 (6) : 561–564. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2024.06.15.
- [7] 魏建军, 颜世昌, 杨永江, 等. 空心钉与支撑钢板固定后踝骨折块的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (8) : 691–696. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2024.08.04.
- Wei JJ, Yan SC, Yang YJ, et al. Cannulated screws versus support plate for fixation of posterior malleolus fracture fragment [J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32 (8) : 691–696. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2024.08.04.
- [8] Bennett C, Behn A, Daoud A, et al. Buttress plating versus anterior-to-posterior lag screws for fixation of the posterior malleolus a biomechanical study [J]. J Orthop Trauma, 2016, 30 (12) : 664–669. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000699.
- [9] May H, Köse Ö, Kastan Ö, et al. Is there a safe place for posterior malleolar screw fixation? An anatomic study on dry bones [J]. Jt Dis Relat Surg, 2020, 31 (3) : 476–479. DOI: 10.5606/ehc.2020.73886.
- [10] Williams C, Momenzadeh K, Michalski M, et al. Anatomic and radiographic safe zone for posterior malleolar screw placement [J]. J Foot Ankle Int, 2021, 2021: 1–8. DOI: 0.1177/10711007211022747.
- [11] 杨国涛, 陈志军, 陈金亮, 等. 后踝骨折螺钉固定手术安全区的X线影像判断 [J]. 中国临床研究, 2023, 36 (8) : 1219–1222. DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2023.08.022.
- Yang GT, Chen ZJ, Chen JL, et al. X-ray imaging judgment of the safety zone in screw fixation surgery for posterior ankle fracture [J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2023, 36 (8) : 1219–1222. DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2023.08.022.
- [12] Kamin K, Notov D, Al-Sadi O, et al. Treatment of ankle fractures: standards, tricks and pitfalls [J]. Unfallchirurg, 2020, 123 (1) : 43–56. DOI: 10.1007/s00113–019–00753–x.
- [13] 赵晶晶, 方真华, 谢鸣, 等. 关节镜监视下复位经皮空心螺钉固定后踝骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (8) : 750–754. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2024.08.14.
- Zhao JJ, Fang ZH, Xie M, et al. Arthroscopic reduction and fixation of posterior malleolar fracture with percutaneous cannulated screw [J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32 (8) : 750–754. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2024.08.14.
- [14] Hoogendoorn JM. Posterior malleolar open reduction and internal fixation through a posterolateral approach for trimalleolar fractures [J]. JBJS Essent Surg Tech, 2017, 7: e31. DOI: 10.2106/JBJS.ST.17.00016.
- [15] Anwar A, Zhang Z, Lv D, et al. Biomechanical efficacy of AP, PA lag screws and posterior plating for fixation of posterior malleolar fractures: a three dimensional finite element study [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2018, 19: 73. DOI: 10.1186/s12891–018–1989–7.
- [16] 胡秀年, 刘辉, 占鹏, 等. 比较踝关节骨折后踝螺钉不同进钉方向固定疗效 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2021, 39 (6) : 716–720. DOI: 10.13418/j.issn.1001–165x.2021.06.017.
- Hu XN, Liu H, Zhan P, et al. Comparison of the effect of ankle screw fixation in different directions after ankle fracture [J]. Chinese Journal of Clinical Anatomy, 2021, 33 (6) : 716–720. DOI: 10.13418/j.issn.1001–165x.2021.06.017.
- (收稿: 2024–06–13 修回: 2024–09–02)  
(同行评议专家: 曾忠友, 贾少华)  
(本文编辑: 闫承杰)

## (上接 368 页)

- [10] 刘培琰, 梁景棋, 张言, 等. 逆行髓内钉经距跟关节融合术治疗终末期关节病 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (17) : 1593–1596. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.17.12.
- Liu PL, Liang JQ, Zhang Y, et al. Tibiotalocalcaneal arthrodesis by straight retrograde intramedullary nail for end-stage ankle arthropathy [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (17) : 1593–1596. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.17.12.
- [11] Vitiello R, Perna A, Peruzzi M, et al. Clinical evaluation of tibiotalocalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nail fixation in diabetic patients [J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2020, 54 (3) : 255–261. DOI: 10.5152/j.aott.2020.03.334.
- [12] Wukich DK, Mallory BR, Suder NC, et al. Tibiotalocalcaneal arthrodesis using retrograde intramedullary nail fixation: comparison of patients with and without diabetes mellitus [J]. J Foot Ankle Surg, 2015, 54 (5) : 876–882. DOI: 10.1053/j.jfas.2015.02.019.
- (收稿: 2023–12–12 修回: 2024–08–14)  
(同行评议专家: 尹东, 沈国栋)  
(本文编辑: 郭秀婷)