

距骨内侧骨软骨损伤与踝关节解剖结构的相关性研究

窦凯歌*, 高传平#, 邵雅静, 蒋 钢

青岛大学附属医院放射科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年8月9日; 录用日期: 2026年9月3日; 发布日期: 2026年9月10日

摘 要

目的: 本研究旨在通过定量测量踝关节磁共振(MRI)图像的解剖结构, 明确距骨内侧骨软骨损伤(Osteochondral lesions of the talus, OLT)与踝关节解剖结构的相关性。方法: 回顾性搜集青岛大学附属医院2025年6月至2026年3月因踝关节疼痛就诊的病人, 所有病人行踝关节常规MRI检查, 46例OLT者纳入病例组, 42例距骨正常者纳入对照组。踝关节MRI图像测量的解剖参数包括: 胫骨轴-内踝角(TMM)、距骨前开角(AOT)、距骨位置(TalPos)、胫骨远端关节面与距骨滑车弧长度比值(TAS/TAL)及腓骨切迹深度(IncDep)。应用SPSSAU对测量数据进行统计学分析, 包括数据汇总分析及绘制核密度图, 绘制受试者工作特征曲线(Receiver operator characteristic curve, ROC曲线)并计算曲线下面积(Area under the curve, AUC)、标准误、p值及95%置信区间(Confidence Interval, CI), 多变量逻辑回归分析等, 并评估各测量值与OLT的相关性; 计算约登指数以确定踝关节各测量值预测OLT的最佳截断值。结果: 分类汇总分析显示: 病例组TMM平均值(18.887)明显高于对照组(15.887), 两组数据接近正态分布且组间差异显著, 病例组数据离散程度较对照组略大; 病例组的AOT平均值(18.021)明显高于对照组(15.325), 两组数据接近正态分布, 两组数据组间差异显著, 对照组的数据离散程度较病例组大; 病例组TalPos平均值(-0.332)显著高于对照组(-1.511), 两组数据呈正态分布, 两组数据组间差异显著, 病例组数据离散程度小于对照组; TAS/TAL病例组平均值(0.808)低于对照组(0.877), 两组数据呈正态分布, 两组数据组间差异显著, 两组数据离散程度相近; IncDep病例组平均值(5.048)略低于对照组(5.418), 两组数据组间差异不显著, 对照组数据较病例组数据离散程度大。核密度图显示: 病例组和对照组TMM、AOT、TalPos及TAS/TAL数值有良好的组间区分特征, 病例组与对照组的IncDep数值无良好的组间区分特征。ROC曲线分析显示: TMM (AUC: 0.821, 95% CI: 71.75%~92.52%)、AOT (AUC: 0.736, 95% CI: 60.96%~86.28%)、TalPos (AUC: 0.788, 95% CI: 66.98%~90.70%)及TAS/TAL (AUC: 0.805, 95% CI: 70.01%~91.01%)与OLT显著相关, 其中TMM的相关性最显著; IncDep (AUC: 0.584)与OLT无明显相关性。结论: 距骨内侧骨软骨损伤(OLT)与踝关节的解剖结构特征显著相关。TMM、AOT、TalPos及TAS/TAL与OLT显著相关, 其中TMM的相关性最显著。IncDep与OLT无明显相关性。

关键词

距骨骨软骨损伤, 踝关节, 解剖学, MRI, 病因学, 危险因素

*第一作者。

#通讯作者。

A Study on the Correlation between Medial Talus Cartilage Injury and Ankle Joint Anatomy

Kaige Dou*, Chuanping Gao#, Yajing Shao, Gang Jiang

Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: August 9, 2026; accepted: September 3, 2026; published: September 10, 2026

Abstract

Objective: This study aimed to clarify the correlation between osteochondral lesions of the talus (OLT) and ankle joint anatomy by quantitatively measuring anatomical structures on ankle MRI images. **Methods:** We retrospectively collected patients who visited Qingdao University Affiliated Hospital for ankle pain from June 2025 to March 2026. All patients underwent routine ankle MRI. A total of 46 patients with OLT were included in the case group, and 42 patients with normal talus were included in the control group. Anatomical parameters measured on ankle MRI images included tibial axis-medial malleolus angle (TMM), anterior opening angle of talus (AOT), talus position (TalPos), ratio of distal tibial articular surface to talar trochlea arc length (TAS/TAL), and fibular notch depth (IncDep). SPSSAU was used for statistical analysis of the measured data, including summary analysis, kernel density plots, ROC curves, calculation of area under the curve (AUC), standard error, p value, 95% confidence interval (CI), multivariate logistic regression analysis, and assessment of correlations between each measurement and OLT. The Youden index was calculated to determine the optimal cutoff values for predicting OLT using ankle measurements. **Results:** Summary analysis showed that the mean TMM in the case group (18.887) was significantly higher than in the control group (15.887), with both groups approximately normally distributed and a significant difference between groups. The case group had slightly higher data dispersion. The mean AOT in the case group (18.021) was significantly higher than the control group (15.325), both approximately normally distributed, with a significant difference; the control group had higher dispersion. The mean TalPos in the case group (−0.332) was significantly higher than the control group (−1.511), both normally distributed, with a significant difference, and the case group showed less dispersion. TAS/TAL mean in the case group (0.808) was lower than the control group (0.877), both normally distributed, with a significant difference, and similar dispersion. IncDep mean in the case group (5.048) was slightly lower than the control group (5.418), with no significant difference between groups; the control group showed greater dispersion. Kernel density plots showed good separation between case and control groups for TMM, AOT, TalPos, and TAS/TAL, while IncDep did not show good separation. ROC analysis showed significant correlations of TMM (AUC: 0.821, 95% CI: 71.75%~92.52%), AOT (AUC: 0.736, 95% CI: 60.96%~86.28%), TalPos (AUC: 0.788, 95% CI: 66.98%~90.70%), and TAS/TAL (AUC: 0.805, 95% CI: 70.01%~91.01%) with OLT, with TMM being the most significant, while IncDep (AUC: 0.584) showed no obvious correlation. **Conclusion:** Osteochondral lesions of the talus (OLT) are significantly associated with specific anatomical features of the ankle joint. TMM, AOT, TalPos, and TAS/TAL are significantly related to OLT, with TMM showing the strongest correlation. IncDep shows no obvious correlation with OLT.

Keywords

Talar Osteochondral Lesions, Ankle Joint, Anatomy, MRI, Etiology, Risk Factors



1. 引言

距骨骨软骨损伤(osteochondral lesions of the talus, OLT)是指距骨关节面软骨连同软骨下骨的损伤,包括关节局部软骨剥脱、碎裂及软骨下囊肿形成等,是导致踝关节慢性疼痛的主要病因之一。临床症状表现为踝关节深部的隐痛、肿胀及承重时疼痛加重的“卡压感”,甚至出现关节绞索。OLT 往往会逐渐演变为慢性踝关节炎,造成不可逆的关节功能减退,严重影响患者的生活质量。

Konig 等[1]于 1888 年首次报道本病,OLT 常发生于距骨的内侧和外侧,中央区的发病较少。距骨外侧 OLT 与创伤之间的关系已被广泛接受,研究显示,约有 6.5%的踝关节急性扭伤患者会发生 OLT,发病人群主要集中在青壮年,尤其是运动员及日常活动量大的人群。

距骨内侧 OLT 目前有不同的假说,虽然内分泌因素、局部血供异常及遗传易感性等假说被相继提出,但仍有大量内侧 OLT 患者病因不明。既往研究忽视了解剖结构的变异在该疾病发生中的作用。Berndt 等[2]提出了 OLT 与解剖结构变异之间的联系,认为解剖结构的差异可导致关节生物力学的改变。Sonnow 等[3]认为,由于解剖结构的变异产生微小的不稳定性,从而导致关节接触压力的改变,反复微创伤的累积效应导致内侧 OLT。这可能是导致内侧 OLT 发生的深层次原因,也是目前病因学研究中亟须完善的重要环节。本研究设定多个解剖参数,利用磁共振成像(MRI)评估这些解剖参数与内侧 OLT 的相关性。

2. 研究对象与方法

2.1. 研究对象

本次研究回顾性选取了 2025 年 6 月至 2026 年 3 月期间在青岛大学附属医院进行踝关节 MRI 检查的患者资料。研究共纳入 88 名受试者,46 例确诊为距骨内侧 OLT 且无明确外伤史的患者为病例组,42 例踝关节无 OLT 受试者作为对照组。88 例受试者年龄为 18 至 65 岁,男性 45 例,女性 43 例。病例组与对照组在年龄、性别的差异无统计学意义($p > 0.05$)。所有影像数据均由两名高年资放射科医师独立双盲阅片,意见分歧时经第三位资深医师协调达成一致。

2.2. 纳入标准

- (1) 所有病例均有完整的踝关节 MRI 影像学资料,图像分辨率高,软组织与骨性结构显示清晰。
- (2) 扫描层面包括标准的冠状位、矢状位及横断位,扫描线垂直或平行于胫骨长轴。
- (3) 病例组患者经影像学确诊为单纯性内侧 OLT。
- (4) 患者年龄、性别等基础人口学信息记录完整。

2.3. 排除标准

- (1) 明确有急性踝关节外伤史、骨折史或脱位史者。
- (2) 患侧踝关节既往有手术史或关节镜干预史者。
- (3) 合并有关节严重畸形(如马蹄足、高弓足)、类风湿性关节炎、感染性关节炎或痛风性关节炎者。
- (4) 影像检查显示病变部位存在影响参数测量结果的巨大骨赘、软骨下骨大面积坏死或骨性关节炎晚期改变者。

2.4. 评价方法

使用 PACS 系统自带的测量工具,测量胫骨轴 - 内踝角(TMM)、距骨前开角(AOT)、距骨位置(TalPos)、胫骨远端关节面与距骨滑车弧长度的比值(TAS/TAL)及腓骨切迹深度(IncDep) 5 项参数, 将参数汇总, 进行统计学分析, 分析项目包括分类汇总分析、核密度图、AUC、标准误、p 值、95% CI、最佳界值、敏感度、特异度、截断值、多变量逻辑回归分析等。

两位经验丰富的影像科医师在工作站上进行测量, 且以随机顺序在两个不同时间点进行重复测量, 取两次测量的平均值。

2.5. 形态学参数定量测量

具体测量方法与图示如下(图 1):

- (1) 胫骨轴 - 内踝角(TMM): 胫骨干纵轴与平行于内踝关节面直线的夹角(图 1(a))。
- (2) 距骨前开角(AOT): 距骨滑车内侧面直线和外侧面直线的夹角(图 1(b))。
- (3) 距骨位置(TalPos): 冠状面距骨中心点与胫骨骨干纵轴之间的垂直距离(图 1(c))。
- (4) 胫骨远端关节面与距骨滑车弧长度的比值(TAS/TAL): 胫骨远端关节面与距骨滑车弧长度的比值(图 1(d))。
- (5) 腓骨切迹深度(IncDep): 在胫骨横断位图像, 腓骨前后切迹的连线与腓切迹最深点的垂直距离(图 1(e))。

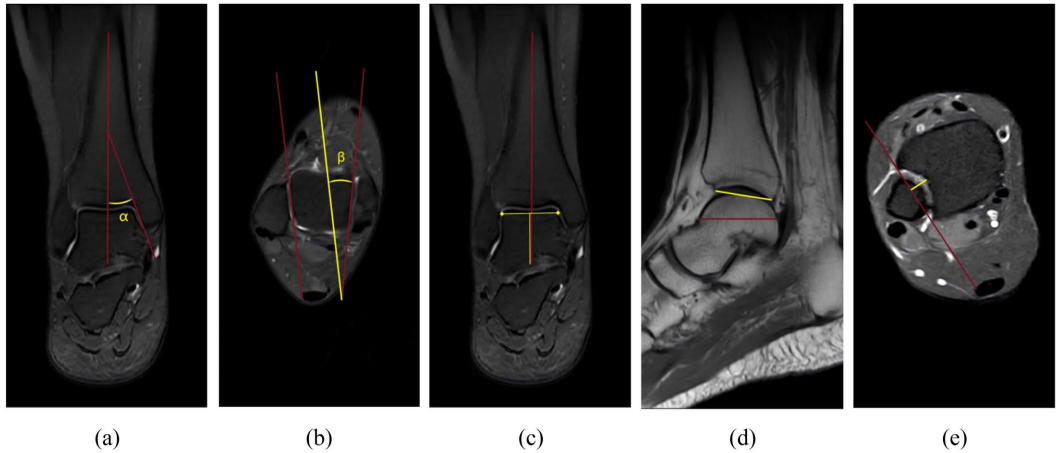


Figure 1. Illustration of ankle measurement parameters
图 1. 踝关节测量参数图示

2.6. 统计学分析

本次研究使用 SPSSAU (<https://spssau.com/index.html>)软件进行统计学分析, 分析方法主要包括分类汇总分析、核密度图(Kernel Density Estimation)分析及 ROC 曲线(receiver operating characteristic curve)分析、多变量逻辑回归分析。

3. 结果

3.1. 分类汇总分析

TMM、AOT、TalPos、TAS/TAL 及 IncDep 的分类汇总分析如下(表 1~5):

(1) TMM

Table 1. TMM summary
表 1. TMM 汇总

项	病例组	对照组	汇总
n	46	42	88
平均值	18.887	15.887	17.499
标准差	2.606	1.887	2.737
平均值 ± 标准差	18.887 ± 2.606	15.887 ± 1.887	17.499 ± 2.737
最小值	15.000	12.890	12.890
最大值	24.850	20.490	24.850
25 分位数	16.953	14.570	15.690
中位数	18.870	15.890	16.770
75 分位数	20.352	16.720	19.300
90 分位数	22.651	18.822	21.110
95 分位数	24.638	19.776	23.212
99 分位数	24.850	20.490	24.850
标准误	0.434	0.339	0.334
均值 95% CI (LL)	18.036	15.223	16.844
均值 95% CI (UL)	19.738	16.551	18.154
极差	9.850	7.600	11.960
四分位间距	3.400	2.150	3.610
方差	6.790	3.560	7.491
峰度	-0.143	0.119	0.234
偏度	0.567	0.424	0.649

结果显示：病例组平均值(18.887)高于对照组平均值(15.887)，病例组离散程度(标准差为 2.606)较对照组(标准差为 1.887)大，两组数据均呈正偏态分布，组间差异显著。

(2) AOT

Table 2. AOT summary
表 2. AOT 汇总

项	病例组	对照组	汇总
n	46	42	88
平均值	18.021	15.325	16.773
标准差	2.710	3.360	3.296
平均值 ± 标准差	18.021 ± 2.710	15.325 ± 3.360	16.773 ± 3.296
最小值	13.430	7.720	7.720

续表

最大值	25.320	21.910	25.320
25 分位数	16.045	13.500	14.440
中位数	17.840	15.390	16.950
75 分位数	19.835	17.920	18.660
90 分位数	21.793	20.542	21.138
95 分位数	22.889	21.424	22.138
99 分位数	25.320	21.910	25.320
标准误	0.452	0.604	0.403
均值 95% CI (LL)	17.136	14.142	15.984
均值 95% CI (UL)	18.906	16.507	17.562
极差	11.890	14.190	17.600
四分位间距	3.790	4.420	4.220
方差	7.343	11.291	10.861
峰度	0.211	-0.200	0.213
偏度	0.436	-0.033	-0.123

结果显示：病例组平均值(18.021)高于对照组的平均值(15.325)。对照组离散程度(标准差为 3.360)较病例组(标准差为 2.710)大，两组数据都接近正态分布，组间差异显著。

(3) TalPos

Table 3. TalPos summary
表 3. TalPos 汇总

项	病例组	对照组	汇总
n	46	42	88
平均值	-0.332	-1.511	-0.878
标准差	1.012	1.184	1.237
平均值 ± 标准差	-0.332 ± 1.012	-1.511 ± 1.184	-0.878 ± 1.237
最小值	-2.800	-3.165	-3.165
最大值	1.505	1.155	1.505
25 分位数	-0.946	-2.420	-1.810
中位数	-0.208	-1.805	-0.935
75 分位数	0.279	-0.980	0.180
90 分位数	1.215	0.352	0.809
95 分位数	1.403	0.939	1.281
99 分位数	1.505	1.155	1.505
标准误	0.169	0.213	0.151
均值 95% CI (LL)	-0.663	-1.928	-1.174

续表

均值 95% CI (UL)	-0.002	-1.094	-0.581
极差	4.305	4.320	4.670
四分位间距	1.225	1.440	1.990
方差	1.024	1.402	1.531
峰度	-0.217	-0.429	-0.870
偏度	-0.201	0.609	-0.015

结果显示：病例组平均值(-0.332)显著高于对照组(-1.511)，病例组离散程度(标准差为 1.012)较对照组(标准差为 1.184)略小，两组数据均呈正态分布，组间差异显著。

(4) TAS/TAL

Table 4. TAS/TAL summary

表 4. TAS/TAL 汇总

项	病例组	对照组	汇总
n	46	42	88
平均值	0.808	0.877	0.840
标准差	0.050	0.054	0.062
平均值 $\pm$ 标准差	0.808 $\pm$ 0.050	0.877 $\pm$ 0.054	0.840 $\pm$ 0.062
最小值	0.723	0.802	0.723
最大值	0.907	0.987	0.987
25 分位数	0.766	0.827	0.803
中位数	0.810	0.875	0.836
75 分位数	0.847	0.915	0.881
90 分位数	0.877	0.959	0.928
95 分位数	0.894	0.984	0.956
99 分位数	0.907	0.987	0.987
标准误	0.008	0.010	0.008
均值 95% CI (LL)	0.791	0.857	0.825
均值 95% CI (UL)	0.824	0.896	0.855
极差	0.184	0.185	0.264
四分位间距	0.081	0.088	0.078
方差	0.003	0.003	0.004
峰度	-1.014	-0.846	-0.361
偏度	0.094	0.378	0.253

结果显示：病例组平均值(0.808)低于对照组平均值(0.877)，病例组离散程度标准差 0.050，对照组标准差 0.054，两组离散程度相近，两组数据均呈正态分布，组间差异显著。

(5) IncDep

Table 5. IncDep summary
表 5. IncDep 汇总

项	病例组	对照组	汇总
n	46	42	88
平均值	5.048	5.418	5.221
标准差	1.307	1.274	1.295
平均值 ± 标准差	5.048 ± 1.307	5.418 ± 1.274	5.221 ± 1.295
最小值	2.670	2.860	2.670
最大值	7.410	8.340	8.340
25 分位数	3.940	4.350	4.195
中位数	5.160	5.310	5.270
75 分位数	5.975	6.365	6.098
90 分位数	7.236	7.210	7.189
95 分位数	7.368	7.960	7.401
99 分位数	7.410	8.340	8.340
标准误	0.227	0.237	0.164
均值 95% CI (LL)	4.602	4.955	4.899
均值 95% CI (UL)	5.494	5.882	5.543
极差	4.740	5.480	5.670
四分位间距	2.035	2.015	1.902
方差	1.708	1.624	1.676
峰度	-0.775	-0.219	-0.557
偏度	0.198	0.229	0.189

结果显示：病例组的平均值(5.048)略低于对照组平均值(5.418)，对照组离散程度(标准差为 1.307)较病例组(标准差为 1.274)略大，两组数据均呈正态分布，但组间差异不显著。

3.2. 核密度图分析

TMM、AOT、TalPos、TAS/TAL 及 IncDep 的核密度图分析如下(图 2~6)：

(1) TMM

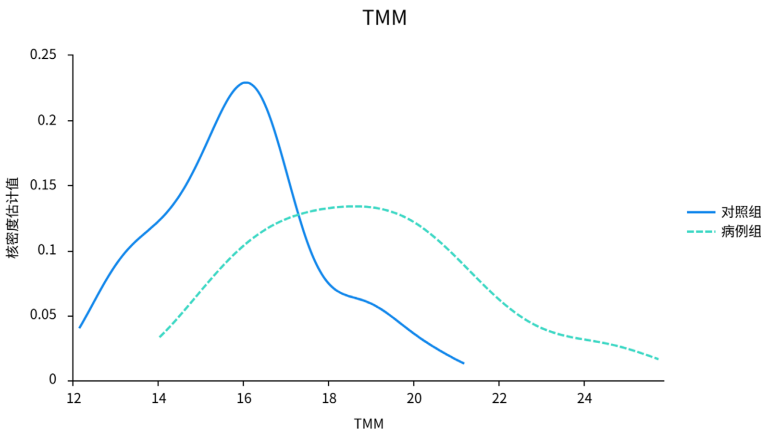


Figure 2. TMM kernel density plot
图 2. TMM 核密度图

两组指标核密度分布曲线存在明显分布差异。对照组曲线峰值偏左，数据离散度偏低，病例组曲线峰值偏右，数据离散度偏高。

(2) AOT

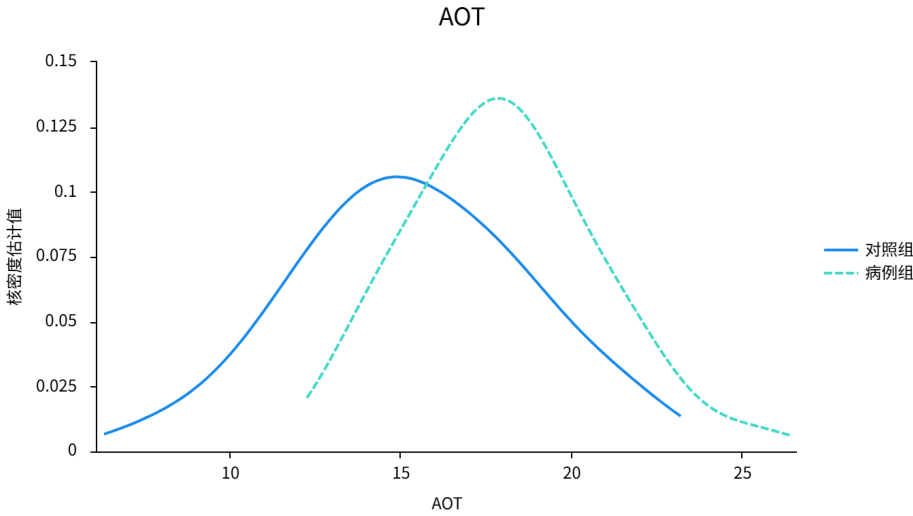


Figure 3. AOT core density map
图 3. AOT 核密度图

两组指标核密度分布曲线存在明显分布差异。对照组数据曲线峰值偏左，离散度偏高，病例组曲线峰值偏右，数据离散度偏低。

(3) TalPos

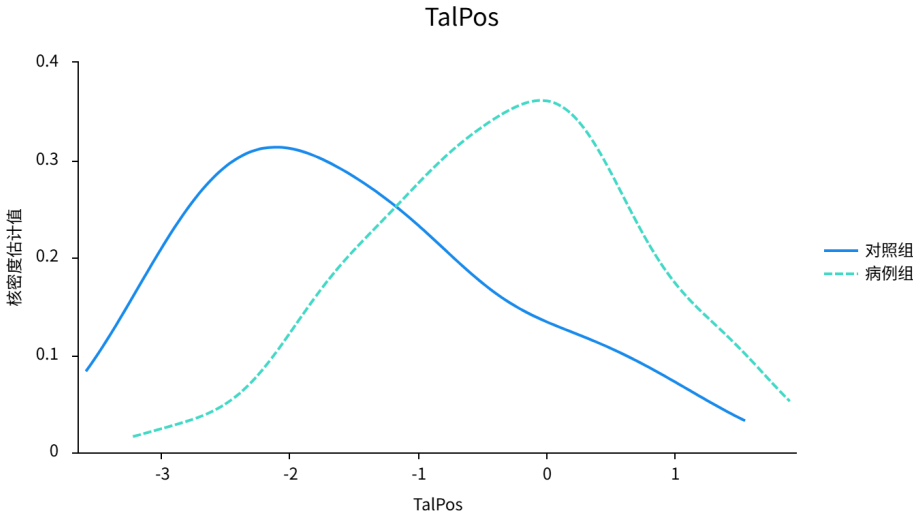


Figure 4. TalPos kernel density plot
图 4. TalPos 核密度图

两组指标核密度分布曲线存在明显分布差异。对照组曲线峰值偏左，病例组曲线峰值偏右。对照组与病例组数据离散度差别不显著。

(4) TAS/TAL

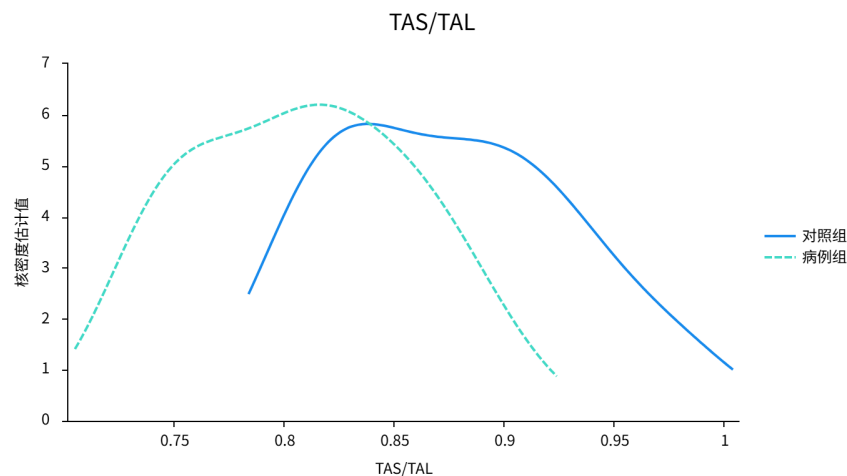


Figure 5. TAS/TAL kernel density plot
图 5. TAS/TAL 核密度图

两组指标核密度分布曲线存在明显分布差异。对照组曲线峰值偏右，病例组曲线峰值偏左。两组数据离散度差别不显著。

(5) IncDep

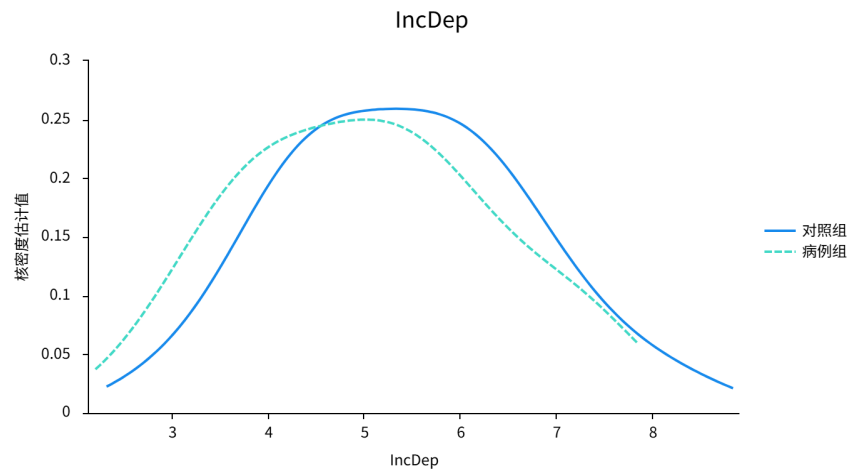


Figure 6. IncDep kernel density plot
图 6. IncDep 核密度图

两组指标核密度分布曲线接近重叠，两组的峰值位置和个体离散度差异不大。

3.3. ROC 曲线分析

通过 ROC 曲线分析 TMM、AOT、TalPos、TAS/TAL 和 IncDep 与 OLT 的相关性。各项测量指标的 AUC、P 值、灵敏度、特异度及截断值等参数见表 6，各项测量指标的 ROC 曲线见图 7。结果显示：TMM、AOT、TalPos、TAS/TAL 和 IncDep 的 AUC 分别为 0.821、0.736、0.788、0.805 和 0.584，其中 TMM 与 OLT 的相关性最显著，其截断值为 16.77。

Table 6. ROC curve analysis
表 6. ROC 曲线分析

	AUC	标准误	p	95% CI	最佳界值	灵敏度(%)	特异度(%)	截断值
TMM	0.821	0.053	0.000	0.717~0.925	0.615	0.788	0.828	16.770
AOT	0.736	0.065	0.001	0.610~0.863	0.409	0.788	0.621	15.660
TalPos	0.788	0.061	0.000	0.670~0.907	0.546	0.788	0.759	-0.980
TAS/TAL	0.805	0.054	0.000	0.700~0.910	0.442	0.545	0.759	0.174
IncDep	0.584	0.073	0.259	0.441~0.726	0.173	0.242	0.931	4.330

注：AUC：ROC 曲线下面积；95% CI：95%置信区间。

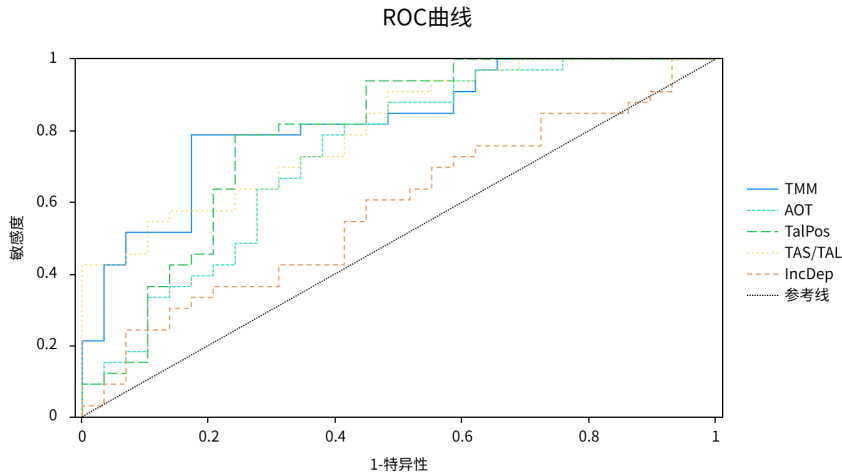


Figure 7. ROC curve
图 7. ROC 曲线图

3.4. 多变量逻辑回归分析

多变量逻辑回归分析结果见表 7。

显著影响变量：TMM ($p = 0.006 < 0.05$)、TAS/TAL ($p = 0.000 < 0.05$)，其中 TMM 为正向影响($\beta = 0.06$)，TAS/TAL 为负向影响($\beta = -3.00$)，二者 95%置信区间均不包含 0，统计检验可靠。

边际显著变量：TalPos ($p = 0.058$)，接近统计学显著性，置信区间接近包含 0，需结合研究场景判断。

无显著影响变量：AOT、IncDep (p 均 > 0.05)，置信区间均包含 0，未对因变量产生显著影响。

Table 7. Multivariable logistic regression analysis
表 7. 多变量逻辑回归分析

变量	β	S.E	t	p	Adjusted β (95% CI)
TMM	0.06	0.02	2.83	0.006	0.06 (0.02~0.10)
AOT	0.02	0.01	1.40	0.166	0.02 (-0.01~0.05)
TalPos	0.09	0.05	1.94	0.058	0.09 (-0.00~0.18)
TAS/TAL	-3.00	0.79	-3.78	0.000	-3.00 (-4.58~-1.41)
IncDep	-0.02	0.04	-0.54	0.592	-0.02 (-0.09~0.05)

4. 讨论

OLT 指距骨关节面软骨及软骨下骨的损伤, 是踝关节慢性疼痛的主要原因之一。临床症状多表现为踝关节深部的隐痛、反复肿胀及承重时疼痛加重的“卡压感”, 甚至出现关节绞索。若不及时治疗, OLT 会演变为慢性踝关节炎, 造成不可逆的关节功能减退。

距骨内侧 OLT 和外侧 OLT 病因不同, 距骨外侧 OLT 与创伤之间的关系已被广泛接受, 约有 6.5% 的踝关节急性扭伤患者会发生 OLT。内侧 OLT 病因有不同的假说, 包括遗传因素、血管因素、内分泌因素等, Berndt 等[2]提出了 OLT 与解剖学之间的关系, 解剖结构的变异可能会导致踝关节产生微不稳定性, 关节软骨的所承受的压力增加, 重复性微创伤的累积效应是 OLT 发生的原因。

Athanasίου 等[4]的研究显示: 踝关节不同部位软骨的力学性能存在差异, 胫骨软骨硬度(1.19 MPa)大于距骨软骨(1.06 MPa), 距骨软骨硬度最低的部位位于后外侧(0.92 MPa)和后内侧(0.92 MPa), 胫骨外侧和内侧前后部软骨硬度较距骨相应部位软骨硬度高 18%~37%。因此, OLT 常发生在距骨内侧和外侧。

通过对踝关节解剖参数的测量, 可以定量反应踝关节的形态及解剖结构特征, 基于既往研究, 踝关节解剖结构的变异是导致踝关节不稳定或关节接触压力增加的因素[5] [6]。本研究基于踝关节 MRI 图像进行多参数测量, 设置病例组(OLT 患者)与对照组(正常踝关节), 以明确踝关节的解剖结构的变异与 OLT 发生的相关性。

TMM 是胫骨干纵轴与平行于内踝关节面直线的夹角, 由于腓骨与胫骨之间缺乏骨性附着, TMM 角度增大可导致踝关节不稳, 从而导致距骨滑车上的受力变化及局部受力增加, 这可能是 OLT 发生的因素之一[7]。我们的研究显示, ROC 曲线的 AUC 值为 0.821 (95% CI: 71.75%~92.52%), 表明 TMM 与 OLT 的相关性比较高。Teramoto 等[8]的研究显示 OLT 组 TMM 角度平均值($34.2^{\circ} \pm 4.4^{\circ}$)显著大于对照组($29.2^{\circ} \pm 4.8^{\circ}$; $p = 0.002$), 与本次研究的结果类似。因此, TMM 值增大为 OLT 的易患因素。

AOT 指距骨滑车内侧面直线和外侧面直线的夹角, Teramoto 等[8]以 3D CT 评估距骨骨软骨损伤患者的踝关节形态, 研究显示 OLT 组距骨的前开角显著大于对照组。本组研究中, AOT 在 OLT 组中明显大于对照组, ROC 曲线的 AUC 值为 0.736 (95% CI: 60.96%~86.28%), 表明 AOT 对 OLT 的预测价值比较高。我们的研究显示更大的 AOT 值意味着距骨滑车后部较窄, 在跖屈时成为一个潜在的不稳定因素, 尤其是在承重情况下, 减少的胫距关节接触面可能会导致距骨后内侧承受更高的应力, 从而导致 OLT 的发生。

TalPos 是在冠状面距骨中心点与胫骨骨干纵轴之间的垂直距离, 距骨位置的变化可导致胫距关节接触面积和距骨软骨上的载荷分布不均。Khan 等[9]研究显示, 距骨向外侧移位时, 胫骨和距骨之间的接触面积减小, 而在最初的 1 毫米外移, 胫骨与距骨之间的接触面积下降最大。本组研究显示, 其 ROC 曲线的 AUC 值为 0.788 (95% CI: 66.98%~90.70%), 表明 TalPos 与 OLT 有较高的相关性。Sonnow 等[3]通过对 124 名内侧 OLT 患者以及 124 名对照者的比较研究, 认为 TalPos 与 OLT 的发生存在相关性, 与本研究结论相似。

TAS/TAL 是胫骨远端关节面与距骨滑车弧长度的比值, 胫骨覆盖指数较低, 胫骨覆盖距骨软骨区域相对较小, 使得距骨承受更高的压力负荷, 可导致 OLT 的形成。Cingoz 等[10]的研究论证了 TAS/TAL 与 OLT 的相关性, 本研究显示 ROC 曲线的 AUC 值为 0.805 (95% CI: 70.01%~91.01%), 表明 TAS/TAL 与 OLT 有较高的相关性。

IncDep 是腓骨前后切迹的连线与腓切迹最深点的垂直距离。本组研究显示, ROC 曲线的 AUC 值为 0.584, 表明 IncDep 与 OLT 的相关性较低。Cingoz 等[10]对踝关节内侧 OLT 的研究未发现 IncDep 与 OLT 有相关性, 与本研究结论一致。

尽管本研究通过对非外伤性距骨内侧骨软骨损伤(OLT)与踝关节解剖结构的关联性分析得出了一些具有临床意义的结论,但仍存在以下局限性:

(1) 样本量与地域局限:本研究样本量为 88 例,且受试者均来自同一医疗机构(青岛大学附属医院),可能存在一定的样本选择偏差,其结果在不同地域或种族人群中的普适性仍需通过多中心、大样本量的研究来进一步验证。

(2) 回顾性研究的限制:作为一项回顾性研究,本研究无法对患者发病前的原始状态进行观察。尽管在纳排标准中严格排除了明确外伤史,但患者对于既往轻微劳损或陈旧性损伤的回忆准确性可能影响对病因的判定。

(3) 测量方法与人为误差:所有的解剖参数均基于二维 MRI 测量,虽然 MRI 具有良好的软组织分辨率,但在确定特定解剖标记点时仍可能受到扫描层面切线效应的影响。此外,尽管由资深影像科医生进行测量,但人为误差在所难免。

(4) 截断值临床应用限制:没有一个截断值可以同时做到不漏诊又不误诊;提高截断值会使特异度升高,减少假阳性,但灵敏度下降,漏诊变多;降低截断值会使灵敏度升高,减少漏诊,但特异度下降,误诊增多。

(5) 缺乏动态随访数据:本研究为横断面研究,未能对入组个体进行长期动态随访。解剖异常导致 OLT 的具体时序过程以及病变随时间演变的规律尚未能通过现有数据完全阐明。

(6) 未纳入其他危险因素:OLT 的发病是多因素共同作用的结果,本研究重点探了解剖结构的影响,未能全面纳入患者的体重指数(BMI)、运动习惯、生活职业环境及遗传代谢因素等可能的干扰变量,这在一定程度上限制了对疾病发生机制的全面系统认识。

总之,本研究具有明确的临床意义。距骨内侧 OLT 是引起慢性踝关节疼痛的常见原因,其非创伤性病因尚不完全清楚。本研究从解剖形态学的角度,探讨了潜在的结构性风险因素,这为理解内侧 OLT 的发病机制提供了重要线索。识别出这些解剖学风险标志物,可能有助于临床医生对高风险人群进行早期识别和干预,并为手术方案(如截骨矫形)的选择提供理论依据。

5. 结论

距骨内侧 OLT 与踝关节的解剖结构特征有着密切的关联。TMM、AOT、TalPos 和 TAS/TAL 这几项参数与距骨内侧 OLT 显著相关。

参考文献

- [1] König, F. (1888) Ueber freie Körper in den Gelenken. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, **27**, 90-109. <https://doi.org/10.1007/bf02792135>
- [2] Berndt, A.L. and Harty, M. (1959) Transchondral Fractures (Osteochondritis Dissecans) of the Talus. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **41**, 988-1020. <https://doi.org/10.2106/00004623-195941060-00002>
- [3] Sonnow, L., Pacha, T.O., Richter, M., Yapar, D., Cetin, M., Celik, O.F., et al. (2022) Anatomic Risk Factors for the Occurrence of Medial Talar Osteochondral Lesions: A Case-Control Study. *Skeletal Radiology*, **51**, 1843-1851. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04024-6>
- [4] Athanasiou, K.A., Niederauer, G.G. and Schenck, R.C. (1995) Biomechanical Topography of Human Ankle Cartilage. *Annals of Biomedical Engineering*, **23**, 697-704. <https://doi.org/10.1007/bf02584467>
- [5] Kuo, C.C., Lu, H.L., Leardini, A., Lu, T.W., et al. (2014) Three-Dimensional Computer Graphics-Based Ankle Morphometry with Computerized Tomography for Total Ankle Replacement Design and Positioning. *Clinical Anatomy*, **27**, 659-668. <https://doi.org/10.1002/ca.22296>
- [6] Lamm, B.M., Stasko, P.A., Gesheff, M.G. and Bhav, A. (2016) Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **55**, 991-998. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2016.05.005>

-
- [7] Mann, T.S. and Nery, C. (2023) Osteochondral Lesion of the Talus: Quality of Life, Lesion Site, and Lesion Size. *Foot and Ankle Clinics*, **29**, 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2023.07.007>
- [8] Teramoto, A., Shoji, H., Kura, H., Sakakibara, Y., Kamiya, T., Watanabe, K., *et al.* (2018) Factors Related to the Occurrence of Osteochondral Lesions of the Talus by 3-Dimensional Bone Morphology of the Ankle. *Foot & Ankle Orthopaedics*, **3**. <https://doi.org/10.1177/2473011418S00487>
- [9] Khan, I., Ranjit, S., Welck, M. and Saifuddin, A. (2024) The Role of Imaging in the Diagnosis, Staging, and Management of the Osteochondral Lesions of the Talus. *British Journal of Radiology*, **97**, 716-725. <https://doi.org/10.1093/bjr/tqae030>
- [10] Cingoz, E., Cingoz, M., Comert, R.G. and Dursun, M. (2025) A Case-Control Study on the Role of Anatomical Factors in Nontraumatic Lateral Osteochondral Lesion Development of the Talus. *Medicine*, **104**, e43586. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000043586>