

· 临床研究 ·

股骨外髁矢状位构形与前交叉韧带损伤的关系[△]

杨一韬¹, 王珂^{2*}

(1. 新乡医学院, 河南新乡 453003; 2. 解放军联勤保障部队第九八八医院, 河南郑州 450007)

摘要: [目的] 探讨股骨外髁矢状位构形相关解剖形态参数对前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤的影响。[方法] 回顾性分析 2017 年 1 月—2020 年 1 月膝关节镜手术治疗的 100 例患者的临床资料。其中, 50 例为 ACL 损伤 (损伤组), 50 例为单纯半月板损伤 (对照组)。测量并比较患者术前影像股骨外髁指数 (lateral femoral condylar index, LFCI) 和股骨外髁后髁比等指标, 并与是否 ACL 损伤行 ROC 分析。[结果] 损伤组后髁直径、LFCI 显著小于对照组 ($P<0.05$), 但两组前髁直径的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。损伤组股骨远端直径较对照组大 ($P<0.05$), 但损伤组股骨后髁比显著小于对照组 ($P<0.05$), 两组后髁偏心距的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。ROC 分析显示, LFCI 和股骨外髁后髁比的曲线下面积 (area under curve, AUC) 分别为 0.717、0.713。[结论] LFCI 和股骨外髁后髁比可视为预测前交叉韧带损伤的指标。

关键词: 前交叉韧带损伤, 核磁共振成像, 股骨外髁指数, 股骨后髁比

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 16-1523-04

Relationship between sagittal configuration of femoral lateral condyle and anterior cruciate ligament injury // YANG Yi-tao¹, WANG Ke². 1. Xinxiang Medical College, Xinxiang 453003, China; 2. 988th Hospital, Joint Logistic Support Force of CPLA, Zhengzhou 450007, China

Abstract: [Objective] To investigate the effects of sagittal configuration related anatomical morphology parameters of lateral femoral condyle on anterior cruciate ligament (ACL) injury. [Methods] A retrospective study was conducted on 100 patients who received knee arthroscopic surgery from January 2017 to January 2020. Of them, 50 patients had ACL injury (the injury group) and 50 patients had simple meniscus injury (the control group). The lateral femoral condylar index (LFCI) and the posterior condylar ratio of lateral femoral condyle were measured and compared between the two groups, while ROC analysis was performed for ACL injury. [Results] The posterior condyle diameter and LFCI of the injured group were significantly lower than those of the control group ($P<0.05$), but there was no significant difference in anterior condyle diameter between the two groups ($P>0.05$). The distal femoral diameter of the injured group was larger than that of the control group ($P<0.05$), but the posterior condylar ratio of the injured group was significantly smaller than that of the control group ($P<0.05$), and there was no statistically significant difference in the posterior condyle eccentricity between the two groups ($P>0.05$). As results of ROC analysis, the area under curve (AUC) of LFCI and posterior condylar ratio of lateral femur condyle were 0.717 and 0.713, respectively. [Conclusion] LFCI and posterior condylar ratio of the lateral femoral condyle might be regarded as predictors of ACL injury.

Key words: anterior cruciate ligament injury, magnetic resonance imaging, femoral lateral condyle index, posterior condyle ratio

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤按照致伤原因可分为非接触性损伤和接触性损伤, 其中非接触性损伤占多数^[1], 是预防的重点。造成 ACL 损伤除致伤原因外, 膝关节周围解剖结构与 ACL 损伤存在相关性^[2]。文献报道影响 ACL 损伤风险的膝关节周围解剖结构按解剖部位划分, 胫骨侧因素包括胫骨平台后倾角等^[3], 股骨侧因素包括髁间窝宽度指数^[4]、股骨外侧髁比等^[5]形态异常。随着研

究深入, 有国外研究者提出了股骨外髁指数 (lateral femoral condyle index, LFCI) 作为全新的解剖结构参数^[6], 通过在 MRI 上测量该参数评估 ACL 损伤风险, 提示股骨侧矢状位解剖参数异常, 特别是股骨外侧髁的矢状位前后径异常可能对 ACL 损伤影响更大。国人 LFCI 相关报道较少, 且测量 LFCI 所需核磁扫描条件要求高。本研究初步测量了 LFCI, 为便于临床评估更具有可操作性, 提出一基于膝关节 X

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.16.18

△基金项目:河南省医学科技攻关计划项目(编号:LHGJ2020782)

作者简介:杨一韬,研究方向:运动医学、创伤骨科,(电话)13592681106,(电子信箱)735440164@qq.com

* 通信作者:王珂,(电话)13938581335,(电子信箱)zz153yyywc@sina.com

线测量的新参数，即股骨外髁后髁比，通过综合分析 LFCI 与外髁后髁比 2 个股骨外侧髁矢状位构形参数，评估二者与 ACL 损伤之间的关系。

1 临床资料

1.1 一般资料

回顾性分析本院 2017 年 1 月—2020 年 1 月行关节镜手术治疗患者的临床资料，依据术中诊断将患者分为两组，其中 ACL 损伤 50 例（损伤组），单纯半月板损伤 50 例（对照组）。两组年龄、身高、性别的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究获得医院伦理委员会批准，所有患者均知情同意。

1.2 测量方法

将膝关节 MRI 原始数据以 DICOM 格式储存，并导入 Mimics 17.0 软件中进行后续测量。根据 Hodel 等^[6]描述的测量方法，首先在 T2 冠状位上，以腓肌

腱沟最明显的层面作为外侧髁的标准层面（图 1a），在其相应的 T1 矢状面上，以该层面股骨外髁软骨下骨最低点（6 点钟）及股骨外髁最前点（9 点钟）为圆周两点描绘一同心圆，此圆直径记作 B；同理，该层面股骨外髁软骨下骨最低点（6 点钟）及股骨外髁最后点（3 点钟）为圆周两点描绘一同心圆，此圆直径记作 A。两直径比（A/B）即为 LFCI（图 1b）。

将标准膝关节侧位 X 线片导入 Micro Dicom 软件中进行测量。为了避免股骨前弓角的影响，使用股骨关节面近端 10 cm 处的股骨干皮质为参考^[7]。首先，画 1 条代表股骨干后皮质远端 1/4 的延长线，然后绘制第 2 条线，表示股骨干前皮质远端 1/4 的延续，其次确定外侧髁后缘的最后点，以该点至后皮质切线的垂直距离为后髁偏心距，记为 C；以该点至前皮质切线垂直距离与后髁偏心距的差值为股骨远端侧位直径，记为 D。C 与 D 的比值为股骨后髁比（图 1c）。

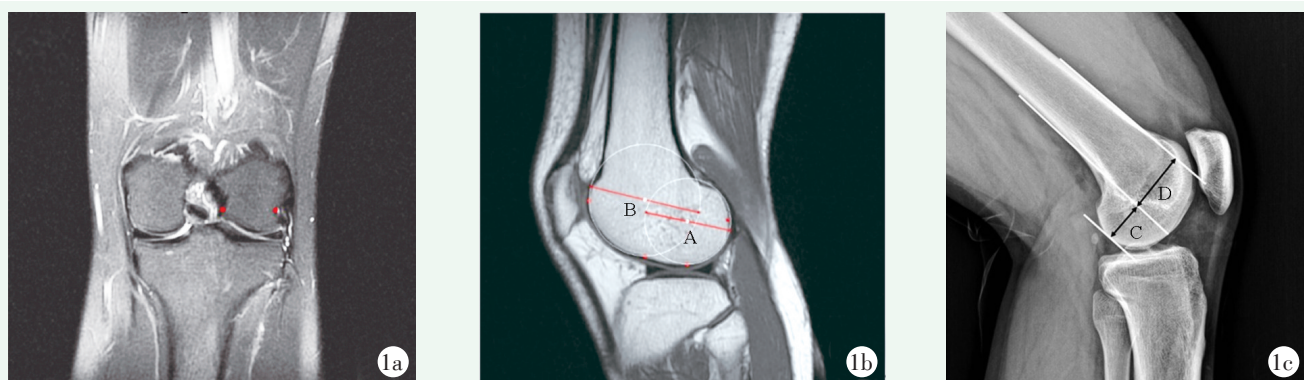


图 1 影像测量方法示意图 1a: 在 T2 冠状位上，以腓肌腱沟最明显的层面作为外侧髁的标准层面 1b: 在标准面对应的矢状面（T1 加权像），于外侧髁前髁最下方和最前面的 2 点画圆，称外侧髁的伸展圆，直径记为 B。在后髁最下方和最后方 2 点画圆，称为外侧髁的屈曲圆，直径记为 A。LFCI=A/B 1c: 膝关节标准侧位 X 线片上画出股骨前、后皮质切线的延长线，后皮质切线与股骨后髁皮质边缘的距离为后髁偏心距（C），前皮质与后皮质距离为股骨远端直径（D）。C 与 D 的比值为股骨后髁比

1.3 统计学方法

应用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间比较采用独立样本 *t* 检验。计数资料组间采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用受试者工作特征（receiver operating characteristics, ROC）曲线评价 LFCI 和股骨后髁比对 ACL 损伤的影响的灵敏度和特异度。

2 结果

2.1 解剖参考值的比较

两组影像测量结果见表 1，损伤组后髁直径、LFCI 显著小于对照组 ($P<0.05$)，但两组前髁直径的

差异无统计学意义 ($P>0.05$)。损伤组股骨远端直径显著大于对照组 ($P<0.05$)，但损伤组股骨后髁比显著小于对照组 ($P<0.05$)，两组后髁偏心距的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 1 两组解剖参数测量结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	损伤组 (n=50)	对照组 (n=50)	P 值
后髁直径 (A, mm)	35.52±3.56	37.06±3.74	0.037
前髁直径 (B, mm)	51.94±5.20	51.6±4.80	0.746
LFCI (A/B)	0.68±0.04	0.72±0.05	<0.001
后髁偏心距 (C, mm)	27.85±3.21	28.74±2.49	0.232
股骨远端直径 (D, mm)	41.64±4.23	38.49±3.06	0.002
后髁比 (C/D)	0.69±0.07	0.75±0.05	0.001

2.2 影像测量与是否 ACL 损伤的 ROC 分析

影像测量与是否 ACL 损伤的 ROC 分析结果见表 2, LFCI 与是否 ACL 损伤的 ROC 曲线见图 2a, 其曲

线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.717, 股骨后踝比与是否 ACL 损伤的 ROC 曲线见图 2b, AUC 为 0.713。

表 2 影像测量矢状位解剖参数与是否 ACL 损伤的 ROC 分析结果

指标	灵敏度	特异度	临界值	AUC	P 值
LFCI	0.52	0.62	0.725	0.717	<0.001
后踝比	0.93	0.57	0.685	0.713	0.005

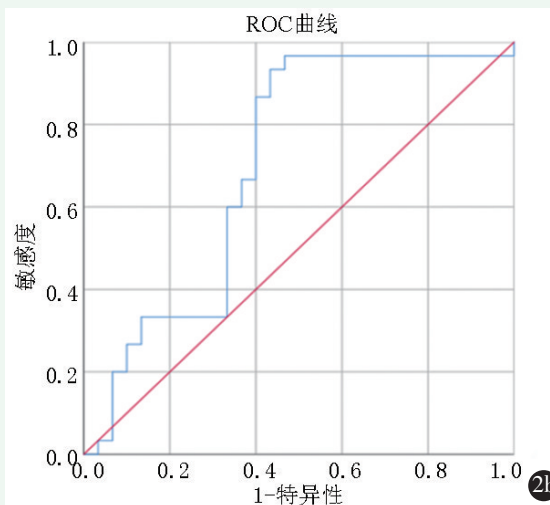
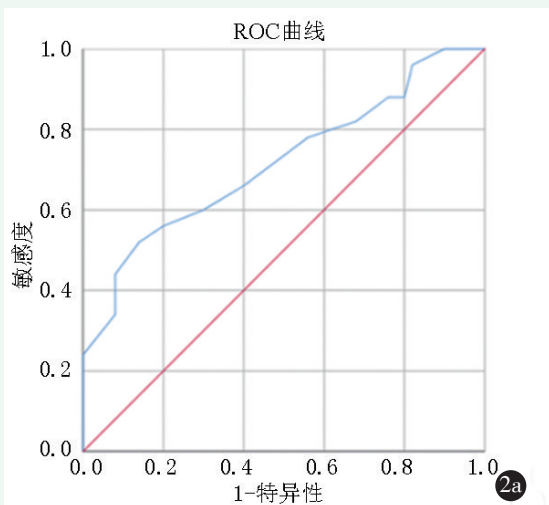


图 2 矢状位解剖参数与是否 ACL 损伤的 ROC 曲线 参考线: AUC=0.05 2a: LFCI 与是否 ACL 损伤的 ROC 曲线 2b: 股骨外踝后踝比与是否 ACL 损伤的 ROC 曲线

3 讨论

在膝关节的屈伸活动过程中, 股骨与胫骨相对位移轨迹是多方向立体复合运动, 包括滚动、滑动与旋转。股骨内外髁相对胫骨的位移是非对称的, 从屈曲 90°至完全屈曲的过程中股骨外侧髁平均位移 (13±6) mm, 股骨内侧髁平均位移 (2±2) mm^[8], 外侧髁位移比内侧髁大, 膝关节以内侧髁为轴进行胫骨的内旋^[9]。前交叉韧带两端分别附着于股骨外侧髁内侧面的后上方、胫骨髁间棘的前方, 因其解剖结构与走行方向, 在膝关节正常屈伸活动过程中是最重要的前向稳定因素, 同时发挥一定的侧向稳定作用。临床 ACL 损伤多见于非接触性损伤, 有研究表明 ACL 损伤时膝关节低角度屈曲、外翻、胫骨相对股骨内旋、矢状移位^[10-13]。因此, 在膝关节诸多解剖结构中, 附着有 ACL 起止点的股骨外侧髁在矢状位位移最大, 其自身构形可能对 ACL 损伤产生一定影响。股骨髁本身的构形对膝关节稳定性有一定影响, 髁的形状接近球形会使胫骨在屈伸过程中产生更大的前向移

位, 使关节不稳^[14]。LFCI 是外侧髁矢状位后髁直径与前髁直径的比值, 能从整体上量化股骨外侧髁的形态; 后髁直径与 ACL 矢状位投影高度重合, 能一定程度间接反映 ACL 的长度, 因此, LFCI 也能在一定程度上反映膝关节屈伸过程中 ACL 在矢状位上的形变耐受。通过测量, 作者发现, LFCI 较高时, 后髁与前髁差异相对较小, 外侧髁整体更偏离球形, 膝关节动态稳定性更高, ACL 形变耐受更强, ACL 损伤风险更低。LFCI 较低时, 前髁更向前突并更接近球形, 会导致更多的外侧髁相对于胫骨的异常滑动和内旋, ACL 形变耐受更弱, ACL 损伤风险更高。经统计学分析, 本研究所含个体计算的 LFCI 临界值为 0.725, 当 LFCI<0.725 时, ACL 损伤风险增高。相比于国外文献报道的临界值 0.70 略有差异, 可能与种族差异有关, 国人的股骨髁前后径更小^[15], 所以临界值可能会偏高。LFCI 是基于 MRI 测量的, 首先需要在 MRI 冠状位上确定肌腱沟最低点, 进而确定矢状位图像采集层面, 临床实施操作性与精准度均难以控制。本研究采用临床更易获得的膝关节标准侧位 X 线片, 采集矢状位外侧髁前后径参数, 将后髁偏心

距与股骨远端直径的比值定义为股骨后髁比。损伤组与对照组股骨外髁后髁比差异显著,提示后髁比可能对评估 ACL 损伤风险有一定意义。基于本研究提示 LFCI 与后髁比存在异常时,ACL 损伤风险增加。在临床实践中,ACL 损伤后可进行 LFCI 与股骨后髁比风险评估,对 LFCI 与后髁比异常的患者预判再断裂风险,有目的地调整手术策略、改变运动方式,提高术后功能,预防 ACL 再断裂。

本研究具有一定的局限性,LFCI 与股骨后髁比均是量化指标,尚需更大样本量的研究。股骨与胫骨多个参数综合判断 ACL 损伤风险更加精准,尚需研究将 LFCI、股骨后髁比与胫骨平台后倾角等参数综合分析。

参考文献

- [1] Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries [J]. *Clin Sports Med*, 2017, 36 (1): 1-8.
- [2] 张程远,皇甫小桥,谢国明,等.膝关节相关参数与前交叉韧带损伤[J].*国际骨科学杂志*, 2017, 38 (2): 67-71.
- [3] Kaplan JT, Ramsay JW, Cameron SE, et al. Association between knee anatomic metrics and biomechanics for male soldiers landing with load [J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48 (6): 1389-1397.
- [4] 张波,耿彬,谭小义,等.评价成人前交叉韧带损伤与髁间窝形态的关系:一项高分辨率 MRI 研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (20): 1888-1892.
- [5] Pfeiffer TR, Burnham JM, Hughes JD, et al. An increased lateral femoral condyle Ratio is a risk factor for anterior cruciate ligament Injury [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2018, 100 (10): 857-864.
- [6] Hodel S, Kabelitz M, Tondelli T, et al. Introducing the lateral femoral condyle index as a risk factor for anterior cruciate ligament injury [J]. *Am J Sports Med*, 2019, 47 (10): 2420-2426.
- [7] Johal P, Hassaballa MA, Eldridge JD, et al. The posterior condylar offset ratio [J]. *Knee*, 2012, 19 (6): 843-845.
- [8] Nakagawa S, Kadoya Y, Todo S, et al. Tibiofemoral movement 3: full flexion in the living knee studied by MRI [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2000, 82 (8): 1199-200.
- [9] 樊沛,李振兴,张宇,应用内轴膝人工膝关节置换的进展 [J/CD]. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2018, 12 (6): 802-805.
- [10] Johnston JT, Mandelbaum BR, Schub D, et al. Video analysis of anterior cruciate ligament tears in professional American football athletes [J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46 (4): 862-868.
- [11] Zhang L, Hacke JD, Garrett WE, et al. Bone bruises associated with anterior cruciate ligament injury as indicators of injury mechanism: a systematic review [J]. *Sports Med*, 2019, 49 (3): 453-462.
- [12] Grassi A, Smiley SP, Roberti di Sarsina T, et al. Mechanisms and situations of anterior cruciate ligament injuries in professional male soccer players: a YouTube-based video analysis [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2017, 27 (7): 967-981.
- [13] Qiu L, Sheng B, Li J, et al. Mechanisms of non-contact anterior cruciate ligament injury as determined by bone contusion location and severity [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2021, 11 (7): 3263-3273.
- [14] Lansdown D, Ma CB. The Influence of tibial and femoral bone morphology on knee kinematics in the anterior cruciate ligament injured knee [J]. *Clin Sports Med*, 2018, 37 (1): 127-136.
- [15] Li P, Tsai TY, Li JS, et al. Morphological measurement of the knee: race and sex effects [J]. *Acta Orthop Belgica*, 2014, 80 (2): 260-268.

(收稿:2021-06-01 修回:2021-12-29)
(同行评议专家:贾庆卫 黄迅悟)
(本文编辑:郭秀婷)