

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2015.18.014

## 前交叉韧带方位角变化的解剖学测量研究 \*

罗 令<sup>1,2</sup> 孙晓峰<sup>3</sup> 张 杰<sup>2</sup> 刘洋波<sup>2</sup> 禹晓东<sup>2</sup> 黄文华<sup>1Δ</sup>

(1 南方医科大学人体解剖学教研室 广东 广州 510515;

2 长沙市中医医院骨科 湖南 长沙 410100; 3 湖南中医药大学组织胚胎学教研室 湖南 长沙 410000)

**摘要 目的:**探讨前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)在膝关节不同屈曲角度时的方位角变化,为 ACL 损伤诊断和重建研究提供解剖学支持。**方法:**成人膝关节标本 10 具,解剖观察 ACL 形态,用 Photoshop 软件测量膝关节不同屈曲角度下 ACL 方位角变化。**结果:**0°、30° 位膝关节中 ACL 胫骨角大于 ACL 股骨角,有显著性差异( $P<0.01$ ); 60°、90° 位膝关节中的 ACL 胫骨角小于股骨角,有显著性差异( $P<0.01$ )。膝关节 0°、30°、60°、90° ACL 胫骨角由大渐小,各角度间均有显著性差异(均  $P<0.01$ )。膝关节 0° 和 30° 的 ACL 股骨角比 60° 和 90° 时小,有显著性差异(均  $P<0.01$ ),0° 与 30° 间无显著性差异 ( $P>0.05$ ),60° 小于 90°,有显著性差异( $P<0.01$ )。**结论:**ACL 于膝关节 0° 和 30° 位时,后外侧束(posterolateral bundle, PLB)发挥主要作用,ACL 诊断或重建主要参考胫骨角;60°、90° 时 ACL 前内侧束(anteromedial bundle, AMB)发挥主要作用,ACL 诊断或重建主要参考股骨角。ACL 方位角可作为 ACL 损伤诊断和手术重建的重要参考。

**关键词:**前交叉韧带;方位角;解剖

**中图分类号:**R602;R322.73 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2015)18-3458-04

## Anatomical Study of the ACL Azimuth Angle Change\*

LUO Ling<sup>1,2</sup>, SUN Xiao-feng<sup>3</sup>, ZHANG Jie<sup>2</sup>, LIU Yang-bo<sup>2</sup>, YU Xiao-dong<sup>2</sup>, HUANG Wen-hua<sup>1Δ</sup>

(1 Department of Anatomy, Southern Medical University, Guangzhou, Guangdong, 510515, China; 2 Department of orthopedic, Changsha Hospital of Chinese Medicine, Changsha, Hunan, 410100, China; 3 Department of Human Anatomy and Histoembryology, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan, 410000, China)

**ABSTRACT Objective:** To investigate the azimuth angle change of anterior cruciate ligament (ACL) in different knee flexion Angle and to provide anatomical support for diagnosis and reconstruction of ACL injury research. **Methods:** The specimens in this experiment are 10 normal knee joints of adult. Measuring the ACL azimuth angle when the knee joint located at 0°, 30°, 60°, and 90° respectively. **Results:** When the knee locates at 0° and 30°, the included angle of ACL and medial meniscus is bigger than the included angle of ACL and femur ( $P<0.01$ ). When the knee locates at 60° and 90°, the included angle of ACL and medial meniscus is smaller than the included angle of ACL and femur ( $P<0.01$ ). The included angle of ACL and medial meniscus are ordered from big to small with the sequence as 0°, 30°, 60°, and 90° ( $P<0.01$ ). The included angle of ACL and femur are ordered as 90°, 60°, 30° and 0°. The angle at 0° and 30° has no significant difference ( $P>0.05$ ). **Conclusions:** The PLB plays a major role when the knee is at 0° and 30°. In ACL diagnosis or reconstruction, the included angle of ACL and medial meniscus should be a main reference factors. The AMB play a major role when the knee at 60° and 90°. In ACL diagnosis or reconstruction, the included angle of ACL and femur should be a main reference factor.

**Key words:** Anterior cruciate ligament; Azimuth angle; Anatomy

**Chinese Library Classification(CLC):** R602; R322.73 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2015)18-3458-04

### 前言

膝关节前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤是一种常见的运动损伤,ACL 损伤后很难自愈,可继发半月板损伤及关节退变<sup>[1,2]</sup>。目前 ACL 损伤的早期诊断主要依靠磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)<sup>[3]</sup>,但由于 MRI 的容积效应

以及测量方法等问题,导致 MRI 对 ACL 部分撕裂或损伤后的瘢痕连接存在诊断误差<sup>[4,5]</sup>。ACL 解剖重建术是治疗 ACL 断裂的主要方法<sup>[6,7]</sup>,但仍有 10%~50% 的手术失败率,髌间窝或后交叉韧带撞击、骨道松动等并发症时有发生<sup>[8-10]</sup>。为了提高 MRI 诊断准确度,同时减少重建手术并发症,目前主要针对关重建骨道的定位、方向等静态指标展开了广泛研究<sup>[11,12]</sup>,但对于随膝

\* 基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)(2012AA02A603)

作者简介:罗令(1975-),男,博士后,副主任医师,主要研究方向:手显微创伤骨科,

电话:0731-85258582, E-mail:307068826@qq.com

Δ 通讯作者:黄文华, E-mail:huangwenhua2009@139.com

(收稿日期:2015-03-08 接受日期:2015-03-26)

关节运动而变化的 ACL 方位角研究较少。本研究将 ACL 方位角作为研究对象,为临床 ACL 损伤诊断和解剖重建提供一组新的形态学参数,从而提供解剖学支持。现报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

成人尸体完整膝关节标本 10 具,男 8 具,女 2 具,年龄 26 岁~35 岁,左、右膝关节各 5 具。-70℃ 深低温冰箱冷冻保存。标本无畸形及内在结构损伤。不等腰三角尺(精度为 1 mm),骨科手术器械,线锯,2430 万像素 SONY a99 相机,Adobe Photoshop 8.0.1 图像处理软件(Adobe Systems,USA)。

### 1.2 实验方法

将标本先后置于 4℃ 冰箱和常温下各 24 h 解冻,解冻后去除膝关节周围软组织,依 Kios 方法<sup>[3]</sup>顺股骨髁间矢状面锯开股骨,保留完整胫骨、外侧半月板、ACL、内侧半月板及其与胫骨平台之间连接的冠状韧带。显露股骨 Blumensatt 线(图 A)。解剖后的标本允许股骨能以 ACL 为运动轴在内侧半月板平台上滚动,以模拟膝关节屈伸运动。除去 ACL 表面滑膜组织,将 ACL 完整显露,观察 ACL 止点位置、形状,及其表面是否有明显分界线。在 ACL 中间位置顺分界线钝性分离 ACL 纤维成两束,顺纤维走行找到 PLB、AMB 在股骨髁间窝及胫骨平台上的止点,两点间连线即为方位角的 ACL 测量线。其中 PLB 测量线:Blumensatt 线后方的最低点至胫骨髁间隆起后方(图 B),AMB 测量线:Blumensatt 线后方的最高点至胫骨髁间隆起前方(图 B)。方位角的股骨测量线为 Blumensatt 线,胫骨测量线为内侧半月板前后角中点的连线。参照三角尺角度(三个角分别为 30°、60°、90°)将膝关节标本先后固定于 0°、30°、60°、90° 位,在同一拍摄条件下拍摄侧位相,导入 Photoshop 软件,测量上述角度下 AMB 测量线与 Blumensatt 线之间夹角即为 ACL 股骨方位角(以下简称"ACL 股骨角"),PLB 测量线与内侧半月板前后角中点连线之间夹角为 ACL 胫骨方位角(以下简称"ACL 胫骨角")(图 C、D、E、F),比较在膝关节不同屈伸角度下 ACL 方位角的变化情况。

### 1.3 统计方法

应用 SPSS 13.0 统计软件,膝关节 ACL 方位角用  $\bar{x} \pm s$  表示,假设检验采用双侧检验,组间两两比较用 SNK-q 检验,  $P < 0.05$  认为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 ACL 大体解剖形态

ACL 胫骨止点位于胫骨髁间隆起前方,股骨止点位于股骨髁间窝顶壁外侧的后方。ACL 在膝关节伸屈过程中发生形态变化:由扁平逐渐扭转,由斜向变为水平。剥离 ACL 表面滑膜可见一分界线,AMB 位于分界线前内侧,PLB 位于分界线后外侧(图 B)。

### 2.2 ACL 股骨角、ACL 胫骨角测量结果(见表 1,表 2,表 3)

## 3 讨论

目前 ACL 的基础研究主要集中在对其分束、止点解剖形态等方面,ACL 方位角研究较少<sup>[8]</sup>。将内侧半月板作为 ACL 方

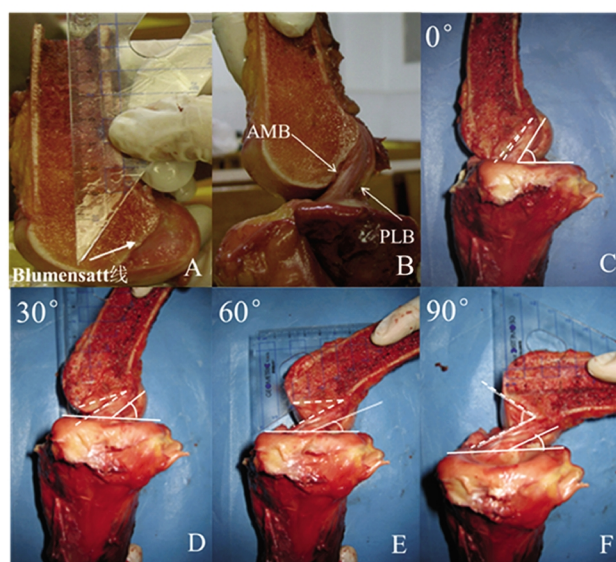


图 A 保留股骨外侧半的标本。箭头所指为 Blumensatt 线

图 B ACL 在膝关节伸直位呈扁平状,AMB 位于 ACL 前内侧,PLB 位于后外侧。箭头所指为 AMB(前内侧束)与 PLB(后外侧束)线

图 C 膝关节 0°,ACL 胫骨角大于股骨角,ACL 股骨角 5°,可防止 ACL 与股骨髁的撞击

图 D 膝关节屈曲 30°,ACL 胫骨角依然大于股骨角

图 E 膝关节屈曲 60°,ACL 股骨角开始大于胫骨角

图 F 膝关节屈曲 90°,ACL 股骨角大于胫骨角

图 C、D、E、F:依次为膝关节 0°、30°、60°、90° 侧位相,虚线夹角为 ACL 股骨角,实线夹角为 ACL 胫骨角

图 D、E、F:三角尺三个角分别为 30°、60°、90°,用来标定膝关节屈伸角度

Fig.A The human anatomical femur sample only retained the lateral half.

The arrow point to the Blumensatt line

Fig. B ACL is flat under the knee joint in straight condition, The arrow point to AMB line & PLB line

Fig.C When the knee locates at 0°, the included angle of ACL and medial meniscus is bigger than the included angle of ACL and femur, the included angle of ACL and femur is 5°, it can prevent ACL impact the femoral condyle

Fig.D When the knee locates at 30°, the included angle of ACL and medial meniscus is bigger than the included angle of ACL and femur

Fig.E, F When the knee locates at 60° & 90°, the included angle of ACL and femur is bigger than the included angle of ACL and medial meniscus

Fig. C、D、E、F The pictures show the lateral of knee at 0°、30°、60°、90°. The Angle between the two dashed lines is the included angle of ACL and femur, the Angle between the two full lines is the included angle of ACL and medial meniscus

Fig.D、E、F There are three angles in the plastic set square:30°、60°、90°, they are used to represent the knee straight and flexion Angle

位角测量的因素之一未见文献报道。

既往研究<sup>[13,14]</sup>多将 ACL 与胫骨平台、股骨髁前后连线等骨性结构之间的成角关系作为 ACL 方位角,并在 MRI 中测量。任富继等<sup>[15]</sup>对 MRI 影像上 ACL 与胫骨平台夹角进行测量分析,表明当 a 角(ACL 与胫骨平台间角) < 32° 时可以认为有比

表 1 ACL 股骨角、ACL 胫骨角(° ,n= 10)

Table 1 Angle of ACL and Medial Meniscus, Angle of ACL and Femur (° , n=10)

|                                  | 0°          | 30°         | 60°         | 90°         |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Angle of ACL and Femur           | 5.00± 1.20  | 6.00± 1.51  | 30.18± 2.64 | 58.90± 1.33 |
| Angle of ACL and Medial Meniscus | 60.35± 2.12 | 29.40± 1.43 | 22.23± 2.10 | 4.00± 2.10  |
| t                                | 55.65       | 27.56       | 5.77        | 54.09       |
| P                                | 0.000       | 0.000       | 0.000       | 0.000       |

表 2 ACL 股骨夹角、ACL 内侧半月板夹角比较结果( 1)

Table 2 The comparison between ACL and Medial Meniscus, and Femur(1)

|   | 0° :30°                | 0° :60°                          | 0° :90°                |
|---|------------------------|----------------------------------|------------------------|
|   | Angle of ACL and Femur | Angle of ACL and Medial Meniscus | Angle of ACL and Femur |
| q | 1.38                   | 38.68                            | 74.81                  |
| P | >0.05                  | <0.01                            | <0.01                  |

表 3 ACL 股骨夹角、ACL 内侧半月板夹角比较结果( 2)

Table 3 The comparison between ACL and Medial Meniscus, and Femur(2)

|   | 0° :30°                | 0° :60°                          | 0° :90°                |
|---|------------------------|----------------------------------|------------------------|
|   | Angle of ACL and Femur | Angle of ACL and Medial Meniscus | Angle of ACL and Femur |
| q | 33.56                  | 8.96                             | 39.86                  |
| P | <0.01                  | <0.01                            | <0.01                  |

Table 1 Angle calculated result: When the knee locates at 0° and 30° , the included angle of ACL and medial meniscus is bigger than the included angle of ACL and femur (P<0.01). When the knee locates at 60° and 90° , the included angle of ACL and medial meniscus is smaller than the included angle of ACL and femur (P<0.01).

Table 2 The angle at 0° and 30° are have no significant difference (P>0.05). The included angle of ACL and femur are ordered as 90° , 60° , 30° and 0° (P<0.01).

Table 3 The included angle of ACL and medial meniscus are ordered from big to small with the sequence as 0° , 30° , 60° , 90° (P<0.01).

较明确的 ACL 损伤。但由于 MRI 容积效应,以及 ACL 走行与正中轴呈 15° 夹角的解剖特点使患者在特殊扫描体位的耐受度低,影响到 ACL 的扫描清晰度,进而导致诊断误差。文献报道<sup>[16]</sup>MRI 影像诊断 ACL 损伤的敏感性为 70 %~92 % ,特异性为 70 %~96 %。王晓宇等<sup>[17]</sup>比较了 ACL 解剖测量与 MRI 测量结果,MRI 测量值偏小,应与 MRI 能反映出 ACL 损伤后内侧半月板的继发移位有关。在内、外侧半月板与 ACL 相连的纤维束中,最主要的纤维束位于内侧半月板前角<sup>[18,19]</sup>,提示 ACL 的撕裂可增加内侧半月板受损的几率。目前还有学者<sup>[20]</sup>经 MRI 测量证实,胫骨平台骨性结构的后倾并不引起半月板后倾角的变化,半月板的稳定性为测量的准确性提供了基础。本研究将内侧半月板前后轴作为方位角测量因素可能有助于 ACL 损伤的早期 MRI 诊断。

由于膝关节标本是三维立体结构,而 MRI 为二维图像,因此本研究采用相机将不同屈曲角度的膝关节排成二维相片,再通过 Photoshop 软件测量 ACL 方位角,更加贴近临床,并且精确度不受立体标本测量线标记误差的影响。Blumensatt 线在

MRI 中的恒定可见使方位角测量更易操作,有利于重建手术前后的对比观察。

ACL 重建是为了恢复 ACL 的生理功能<sup>[21]</sup>。重建术中不同的入路要求膝关节处于不同的屈曲角度,了解不同角度膝关节中的 ACL 方位角有助于 ACL 重建。本研究发现,膝关节 0° 位时股骨角约 5° ,避免了 ACL 与股骨髁间窝顶的撞击;膝关节过伸时,AMB 紧贴髁间窝,防止胫骨过度前移。本研究提示,ACL 的 MRI 诊断及重建手术在膝关节处于不同角度时应参考不同的方位角,屈曲 90° 时胫骨角为 3° ~6° ,膝关节 0° ~30° 位时胫骨角增大,此时应参考胫骨方位角;AMB 在膝关节 30° 以后表现出类似的特点,提示 ACL 股骨角应作为膝关节屈曲时的参考。AMB、PLB 两束组成的方位角随膝关节屈曲运动而改变,这种改变带来的生物力学作用有待进一步研究。

ACL 运动状态存在于三维空间中,本研究基于二维图像对 ACL 方位角进行研究除了简化测量方法等优点,亦有仿真不足的缺陷,有望进一步改进研究方法。总之,AMB 与 PLB 组成的 ACL 方位角在膝关节的动态运动中有机配合,能起到维

持膝关节轴向和旋转稳定性的作用。通过了解膝关节不同屈曲角度下的 ACL 方位角变化,有助于早期明确诊断,并给重建手术提供解剖学参考,从而减少手术并发症的发生,获得更满意的疗效。

#### 参考文献(References)

- [1] Chechik O, Amar E, Khashan M, et al. An international survey on anterior cruciate ligament Reconstruction practices [J]. Int Orthop, 2013, 37(2): 201-206
- [2] Starr H M, Sanders B. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Wakeboarding: Prevalence and Observations on Injury Mechanism[J]. Sports Health: A Multidisciplinary Approach, 2012, 4(4): 328-332
- [3] Van Diek FM, Wolf MR, Murawski CD, et al. Knee morphology and risk factors for developing an anterior cruciate ligament rupture: an MRI comparison between ACL-ruptured and non injured knees[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(5): 987-994
- [4] Oldrini G, Teixeira PG, Chanson A, et al. MRI appearance of the distal insertion of the anterior cruciate ligament of the knee:an additional criterion for ligament ruptures [J]. Skeletal Radiol, 2012, 41 (9): 1111-1120
- [5] Sutton KM, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2013, 21(1): 41-50
- [6] Eajazi A, Madadi F, Madadi F, et al. Comparison of different methods of femoral fixation anterior cruciate ligament Reconstruction[J]. Acta Med Iran, 2013, 51(7): 444-448
- [7] Mayr R, Rosenberger R, Agraharam D, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: an update [J]. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 2012, 132(9): 1299-1313
- [8] Petersen W, Forkel P, Achtenich A, et al. Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament in single bundle technique [J]. Oper Orthop Traumatol, 2013, 25 (2): 185-204
- [9] Nakamae A, Ochi M, Adachi N, et al. Far anteromedial portal technique for posterolateral femoral tunnel drilling in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study [J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2014, 22 (1): 181-187
- [10] 袁见华, 杨长生, 徐晶, 等. 关节镜下 Rigidfix 交叉钉和 Intrafix 固定钉固定同种异体肌腱重建膝关节交叉韧带的病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2014, 27(8): 625-630  
Yuan Jian-hua, Yang Chang-sheng, Xu Jing, et al. Case-control study on therapeutic effects of Rigidfix cross pins combined with Intrafix pins for the Reconstruction of anterior or posterior cruciate ligament under arthroscopy [J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology, 2014, 27(8): 625-630
- [11] Brahim SA, Abdul Ghafar S, Marwan Y, et al. Intratunnel versus extratunnel autologous hamstring double-bundle graft for anterior cruciate ligament reconstruction:a comparison of 2 femoral fixation procedures[J]. Am J Sports Med, 2015, 43(1): 161-168
- [12] Von Der Heide N, Ebnetter L, Behrend H, et al. Improvement of primary stability in ACL reconstruction by mesh augmentation of an established method of free tendon graft fixation. A biomechanical study on a porcine model[J]. Knee, 2013, 20(2): 79-84
- [13] Klos TV, Harman MK, Habets RJ, et al. Locating femoral graft placement from lateral radiographs in anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of 3 methods of measuring radiographic images[J]. Arthroscopy, 2000, 16(5): 499-504
- [14] 李瑞锡, 王爱莲. 前交叉韧带的方位角及其功能意义[J]. 中国运动医学杂志, 1997, 16(2): 101-103  
Li Rui-xi, Wang Ai-lian. A Study of the Azimuths of the Anterior Cruciate Ligament and Their Function Significance [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 1997, 16(2): 101-103
- [15] 任富继, 赵力, 赵金岩. MR 影像中前交叉韧带角度测量的临床意义[J]. 天津医药, 2010, 38(3): 248-249  
Ren Fu-ji, Zhao Li, Zhao Jin-yan. The clinical significance of the top cruciate ligament Angle measurement on MR images [J]. Tianjin Medical Journal, 2010, 38(3): 248-249
- [16] 马晓玲, 林元问. 前交叉韧带的应用解剖学研究 [J]. 解剖学报, 1990, 21(3): 228-232  
Ma Xiao-ling, Lin Yuan-wen. Anterior cruciate ligament-an applied anatomical study [J]. Acta Anatomica Sinica, 1990, 21(3): 228-232
- [17] 王晓宇, 杨柳, 陈伟等. 膝关节前交叉韧带解剖测量和 MRI 测量对照分析[J]. 重庆医学, 2006, 35(13): 1171-1173  
Wang Xiao-yu, Yang Liu, Chen Wei, et al. Controlled analysis of anterior cruciate ligament measurement by anatomy and MRI [J]. Chongqing Medicine, 2006, 35(13): 1171-1173
- [18] Moore SL. Imaging the anterior cruciate ligament [J]. Orthop Clin North Am, 2002, 33(4): 663-674
- [19] Janssen RPA, Velden MJV D, Pasmans H LM, et al. Regeneration of hamstring tendons after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2013, 21 (4): 898-905
- [20] Jarvinen M, Jozsa L, Johnson RJ, et al. Effect of anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon or prosthetic ligament on the morphology of the other ligaments of the knee joint. An experimental study in dogs [J]. Clin Orthop Relat Res, 1995, 311: 176-182
- [21] Papalia R, Franceschi F, Tecame A, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport activity:postural control as the key to success[J]. International Orthopaedics, 2015, 39(3): 527-534