doi:10.11659/jjssx.03E020034

·基础研究·

# 膝关节后内侧复合体断层解剖与三维可视化研究

杜振伟[1],熊 雁[2],胡 昕[1],宋 艳[1],吴 毅[1],张绍祥[1] (1.陆军军医大学生物医学工程与影像医学系数字医学教研室,重庆 400038;2.陆军军医大学大坪医院骨科,重庆 400042)

[摘 要] **目的** 基于中国可视化人体数据对膝关节后内侧复合体进行断层解剖学和三维可视化研究,得到准确的后内侧复合体解剖学描述。**方法** 选用CVH-1、CVH-2、CVH-5的双侧膝关节数据,对其后内侧复合体相关结构进行数据分割和三维可视化重建,并进行解剖学三维测量、断层与三维多角度观察以及骨性附着点检测研究。**结果** 本研究成功构建CVH-1、CVH-2、CVH-5的双侧膝关节后内侧复合体相关结构的三维模型,测量得到各结构长度、宽度和厚度等几何参数,并进行解剖学描述。膝关节后内侧复合体主要包含以下几个结构:浅层内侧副韧带为浅暗红色薄条带,长度为(107.54±15.98)mm,近端宽度为(31.48±3.70)mm,远端宽度为(10.14±0.82)mm,厚度为(1.09±0.13)mm;深层内侧副韧带为灰白色薄条带,长度为(26.05±2.32)mm,宽度为(19.11±2.93)mm,厚度为(1.37±0.11)mm;后斜韧带为深灰白色囊状,长度为(52.14±3.84)mm,宽度为(14.42±2.37)mm,厚度为(1.44±0.16)mm;半膜肌肌腱为浅暗红色扁圆柱体,长度为(60.94±5.04)mm,宽度为(14.04±1.54)mm,胫骨附着处明显增宽,为(19.20±3.29)mm,厚度为(6.08±0.75)mm;腘斜韧带为浅暗红色片状薄膜,长度为(48.99±5.44)mm,宽度为(24.51±3.44)mm,厚度为(1.38±0.22)mm;半月板后内侧角为灰白色"C"形柱,内侧边缘较厚处为(13.37±1.63)mm,中间较薄处为(8.96±1.22)mm。**结论** 膝关节后内侧复合体主要由浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、半月板后内侧角、后斜韧带、半膜肌肌腱、腘斜韧带构成,加强对后内侧复合体的解剖学重建将有助于提高膝关节后内侧术后稳定性。

[关键词] 中国可视化人体;膝关节;后内侧复合体;断层解剖;三维可视化重建

[中图分类号] R323.7 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-03-05

## Sectional anatomy and 3D visualization of the posteromedial complex of knee joint

DU Zhen-wei[1],XIONG Yan[2],HU Xin[1],SONG Yan[1],WU Yi[1],ZHANG Shao-xiang[1] (1.Department of Digital Medicine,Biomedical Engineering and Medical Imaging,Army Medical University,Chongqing 400038,China;2.Department of Orthopedics,Daping Hospital,Army Medical University,Chongqing 400042,China)

**Abstract: Objective** To study the sectional anatomy and three-dimensional (3D) visualization of the posteromedial complex (PMC) of knee joint based on the Chinese Visible Human (CVH) dataset for accurate anatomic description of the PMC. **Methods** Bilateral knee

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(31971113);重庆市基础研究与前沿探索项目(cstc2018jcyjAX0537);国家自然科学基金面上项目(31671251);国家重点研发计划子课题(2016YFC0106403)

[通信作者] 张绍祥,E-mail:zhangsx1021@yahoo.com

[14] Di Marco AN,Jeyakumar J,Pratt PJ,et al. Evaluating a novel 3D stereoscopic visual display for transanal endoscopic surgery:a randomized controlled crossover study[J]. Ann Surg,2016,263(1):36-42. doi:10.1097/SLA.0000000000001261.

[15] Adelsdorfer C,Taura P,Ibarzabal A,et al. Effect of transgastric natural orifice transluminal endoscopic surgery peritoneoscopy on abdominal organ microcirculation:an experimental controlled study[J]. Gastrointest Endosc,2016,83(2):427-433. doi:10.1016/j.gie.2015.06.055.

[16] Peng C,Ling Y,Ma C,et al. Safety outcomes of NOTES cholecystectomy versus laparoscopic cholecystectomy:a systematic review and meta-analysis[J]. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech,2016,26(5):347-353. doi:10.1097/SLE.0000000000000284.

[17] 张艺阳,闫秀娥,黄永辉.经自然腔道内镜手术在胆囊切除术中的应用进展[J].中国微创外科杂志,2018,18(9):835-838. doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2018.09.017.

[18] Arroyo Vázquez J,Bergström M,Dot J,et al. Surgical trauma caused by different abdominal access routes-comparison of open surgical, laparoscopic, and NOTES transgastric techniques in a porcine model[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A,2016,26(7):511-516. doi:10.1089/lap.2016.0034.

[19] Bingener J,Loomis EA,Huebner M,et al. Randomized trial on the physiologic impact of NOTES[J]. Surg Endosc,2015,29(12):3551-3558. doi:10.1007/s00464-015-4106-0.

[20] Takeshita N, Ho KY. Endoscopic closure for full-thickness gastrointestinal defects:available applications and emerging innovations[J]. Clin Endosc,2016,49(5):438-443. doi:10.5946/ce.2016.104.

[21] Kantsevoy SV,Armengol-Miro JR. Endoscopic suturing, an essential enabling technology for new NOTES interventions[J]. Gastrointest Endosc Clin N Am,2016,26(2):375-384. doi:10.1016/j.giec.2015.12.005.

[22] Kantsevoy SV,Bitner M,Hajiyeva G,et al. Endoscopic management of colonic perforations:clips versus suturing closure (with videos)[J]. Gastrointest Endosc,2016,84(3):487-493. doi:10.1016/j.gie.2015.08.074.

(编辑:左艳芳)

joint data of CVH-1,CVH-2 and CVH-5 were selected for the segmentation and 3D visualization reconstruction of the geometric parameters of the mainly structures of the PMCs. The 3D anatomical measurement, sectional anatomical image and 3D models in multi-angle observation, and the bony attachment points detection were carried out. **Results** The 3D models of the CVH-1,CVH-2 and CVH-5 PMC structures were successfully established. Geometric parameters such as length,width and thickness of each structure were measured and described anatomically. The PMC was composed of the following structures:the superficial medial collateral ligament,which was a thin light dark red belt,about (107.54 ±15.98)mm in length,(31.48 ±3.70)mm in width at the proximal part,(10.14 ±0.82)mm in width at the distal part,(1.09 ±0.13)mm in thickness;the deep medial collateral ligament, which was a pale and white belt,about (26.05 ±2.32)mm in length,(19.11 ±2.93)mm in width,(1.37 ±0.11)mm in thickness;the posterior oblique ligament,which was a dark gray and white saccate structure,about (52.14 ±3.84)mm in length,(14.42 ±2.37)mm in width,(1.44 ±0.16)mm in thickness;the semimembranosus tendon,which was a elliptic shallow dark red cylinder,about (60.94 ±5.04)mm in length,(14.04 ±1.54)mm in width,and the distal part was obviously wider at the tibia attachment point,about (19.20 ±3.29)mm in width,(6.08 ±0.75)mm in thickness;the oblique popliteal ligament,which was a light dark red thin film,about (48.99 ±5.44)mm in length,(24.51 ±3.44)mm in width,and (1.38 ±0.22)mm in thickness;the medial meniscus,which was a pale "C" shaped column,with the thicker medial edge of (13.37 ±1.63)mm and the thinner middle part of (8.96 ±1.22)mm. **Conclusion** The PMC is mainly composed of the superficial medial collateral ligament,the deep medial collateral ligament,the posterior oblique ligament,the semimembranosus tendon,the oblique popliteal ligament and the medial meniscus, strengthening the anatomical reconstruction of PMC will help to improve the stability of the knee after knee joint operation

**Keywords**: Chinese visible human;knee;posteromedial complex;sectional anatomy;3D visualization reconstruction

膝关节后内侧复合体(posteromedial complex,PMC),又称为膝关节后内侧角或后内侧结构,位于膝关节后内侧部,由多个相对独立、功能协同的肌腱和韧带组成,主要起到维持膝关节稳定,防止膝外翻、内旋及膝关节前后位移的重要作用[1-3]。PMC 损伤是膝关节常见疾病,临床表现为膝关节稳定性下降,常并发前后交叉韧带损伤,严重影响患者生活质量[4]。临床上在对交叉韧带进行重建时,常因对 PMC 解剖和功能认知不足而忽略对其中主要韧带的修复重建,从而导致手术效果不佳,甚至发生二次损伤加重症状[5-7]。

PMC 与膝关节内侧稳定性紧密相关,国内外学者在 PMC 解剖结构、生物力学特性和临床手术治疗等研究上取得了一定成果[8-13]。然而,现有研究多数是通过大体解剖和影像学研究进行,大体解剖会造成正常解剖结构的破坏和位移;影像学研究主要是通过磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI),但其分辨率低,且为灰阶图像,对于相邻肌腱、韧带的显示差异较小,难以反映 PMC 组成、三维形态和毗邻关系。中国可视化人体(Chinese visible human,CVH)数据集可代表中国成年人的平均体型特征且无器质性病损,具有高清晰度、高分辨率、薄层间距等特点[14-19]。本研究基于 CVH 数据集,对中国人的 PMC 进行断层解剖学和三维可视化研究,以期得到准确的 PMC 解剖学描述。

## 1 资料与方法

### 1.1 CVH 数据集资料

实验选取 3 组 CVH 数据集,分别为 CVH-1、CVH-2、CVH-5 的双侧膝关节数据,共 6 套单侧膝关节数据,主要研究单个膝关节后内侧复合体。入选数据集为连续无形变薄层高精度断层解剖数据集(图 1),层厚为 0.1 ~ 1.0 mm,图像最大分辨率为 4 064 × 2 704,具体参数见表 1。

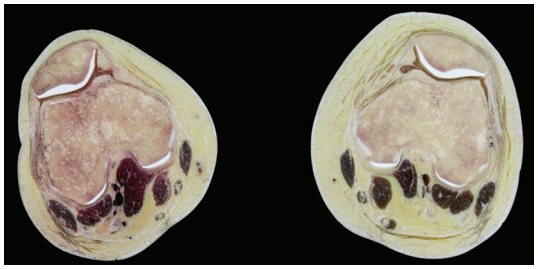


**图 1 CVH-5 双侧膝关节薄层高精度断层解剖数据第 40 层**

**表 1 CVH 数据集标本参数**

| 项目 | CVH-1 | CVH-2 | CVH-5 |
|---|---|---|---|
| 年龄(岁) | 22 | 22 | 25 |
| 身高(cm) | 170 | 162 | 170 |
| 性别 | 男 | 女 | 女 |
| 体质量(kg) | 65 | 54 | 59 |
| 断层方向 | 横断面 | 横断面 | 横断面 |
| 最小层厚(mm) | 0.1 | 0.25 | 0.2 |
| 分辨率 | 3 072 × 2 048 | 3 072 × 2 048 | 4 064 × 2 704 |

### 1.2 PMC 图像分割

分别截取 CVH-1、CVH-2、CVH-5 数据集的双侧膝关节段各 150 张。为方便观察,将原始数据按左右膝关节一分为二,其中 CVH-1 和 CVH-2 单侧膝关节数据量为 1 048 × 1 165 × 150,CVH-5 单侧膝关节数据量为 1 387 × 1 539 × 150。将 6 套数据分别导入 Amira 5.2.2 软件,按照解剖结构的自然颜色差异和组织间筋膜对后内侧复合体及毗邻结构进行准确分割。分割结构包括股骨、胫骨、腓骨、髌骨、内侧半月板、髌韧带、前交叉

韧带、后交叉韧带、浅层内侧副韧带(superficial medial collateral ligament,sMCL)、深层内侧副韧带(deep medial collateral ligament,dMCL)、外侧副韧带、后斜韧带(posterior oblique ligament,POL)、腘斜韧带(oblique popliteal ligament,OPL)、腓肠肌、半膜肌肌腱(semimembranosus tendon,SMT)等49个结构。

### 1.3 三维可视化重建

结构分割完成后,得到各个结构的轮廓线数据,利用Amira的SurfaceGen命令对分割结构进行三维重建。根据三维重建结果,对膝关节后内侧复合体的结构组成、三维形态及毗邻关系进行断层和解剖学观察研究,并测量三维模型几何参数。

### 1.4 模型的平滑和简化

通过Amira软件的constrained smoothing命令对轮廓线进行平滑处理,从而得到表面光滑的三维模型,以便于进行空间观察研究和三维测量。

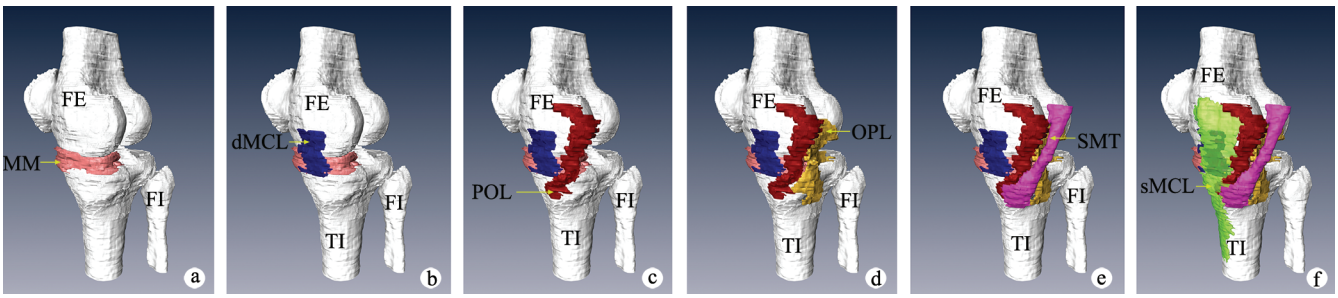
## 2 结果

观察分析CVH-1、CVH-2、CVH-5双侧膝关节后内侧复合体的三维重建模型(图2),本研究认为中国成年人膝关节后内侧及毗邻结构包括浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、后斜韧带、半膜肌腱、半月板后内侧角(medial meniscus,MM)、腘斜韧带、股骨、胫骨、腓骨、髌骨、髌韧带、关节囊、半膜肌、腘肌肌腱、股薄肌肌腱、腓肠肌肌腱等。CVH-5数据集分辨率高,清晰度好,后文以CVH-5右侧膝关节为例,进行解剖学描述(图3)。

通过对6套膝关节数据的断层图像和三维图像进行研究发现,浅层内侧副韧带、后斜韧带股骨附着点均位于收肌结节后内侧,后斜韧带、半膜肌肌腱股骨附着点均位于内上髁内侧,深层内侧副韧带与浅层内侧副韧带、半月板后内侧角粘连紧密,半膜肌肌腱与腘斜韧带胫骨附着点位置邻近,腘斜韧带、后斜韧带、半膜肌肌腱互相毗邻,走行相似。上述几个结构在临床中常出现联合损伤、撕裂等症状,因此本研究认为PMC结构自前向后主要由浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、半月板后内侧角、后斜韧带、半膜肌肌腱、腘斜韧带共6个结构组成。

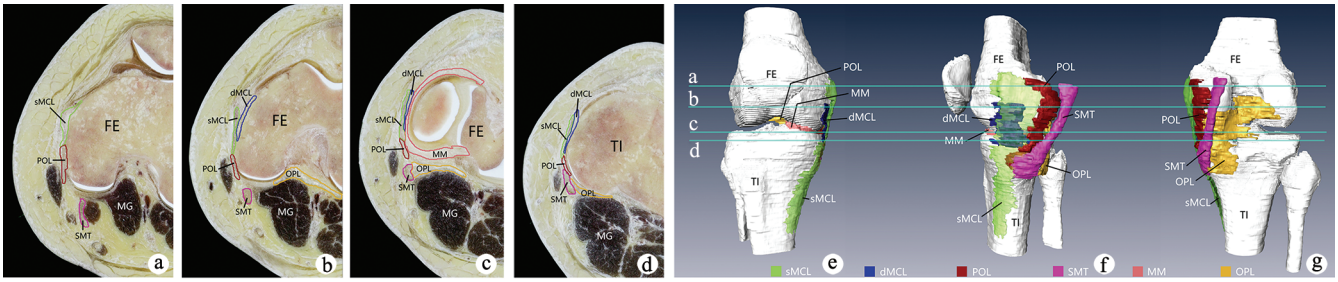
### 2.1 浅层内侧副韧带

浅层内侧副韧带,在断层图像上呈带状,颜色为浅暗红色,从三维图像上观察呈薄条带状,长度为(107.54±15.98)mm,近端最宽处为(31.48±3.70)mm,远端最窄处为(10.14±0.82)mm,厚度为(1.09±0.13)mm。其股骨附着点位于股骨内上髁距胫骨平台(30.91±4.21)mm处(图4a,A点),胫骨附着点有2个,近端附着点位于胫骨平台下方(11.14±2.24)mm处(图4a,B点),远端位于关节线下方(53.06±8.77)mm处(图4a,C点),整体呈现近端宽、远端窄,厚薄较为均匀,紧贴股骨和胫骨向下走行。




a:MM三维重建模型;b:dMCL三维重建模型;c:POL三维重建模型;d:OPL三维重建模型;e:SMT三维重建模型;f:sMCL三维重建模型(FE:股骨;TI:胫骨;FI:腓骨)

**图2 CVH-5右膝PMC三维重建图像**




a:CVH-5股骨近端横截面;b:CVH-5股骨远端横截面;c:CVH-5胫骨平台横截面;d:CVH-5胫骨端横截面;e:CVH-5右膝前视图;f:CVH-5右膝左视图;g:CVH-5右膝后视图

**图3 CVH-5右膝PMC部分断层图像及三维图像**

2.2 深层内侧副韧带

深层内侧副韧带,在断层图像上呈带状,颜色为灰白色,与浅层内侧副韧带和半月板后内侧角毗邻,三者在断层图像上除颜色差异外没有明显间隔。从三维图像上观察,深层内侧副韧带整体呈薄条带状,长度为(26.05±2.32)mm,上下宽度均匀,为(19.11±2.93)mm,厚度为(1.37±0.11)mm。深层内侧副韧带与半月板后内侧部分粘连,可分为板股部与板胫部,与浅层内侧副韧带走向平行,深层内侧副韧带股骨附着点位于距离胫骨平台(14.28±1.17)mm处(图4b,A点),胫骨附着点位于距离胫骨平台(10.57±1.76)mm处(图4b,B点)。

2.3 后斜韧带

后斜韧带,在断层图像上呈椭圆形,颜色为深灰白色。从三维图像上观察,后斜韧带整体呈囊状包裹膝关节后内侧,与关节囊后内侧、半月板后内侧部分、浅层内侧副韧带毗邻,较浅层内侧副韧带位置更靠后,长度为(52.14±3.84)mm,宽度为(14.42±2.37)mm,厚度为(1.44±0.16)mm,后斜韧带起于股骨收肌结节(图4c,A点),距胫骨平台(30.56±2.78)mm,止于胫骨平台远端(21.34±1.97)mm处(图4c,B点)。

2.4 半膜肌肌腱

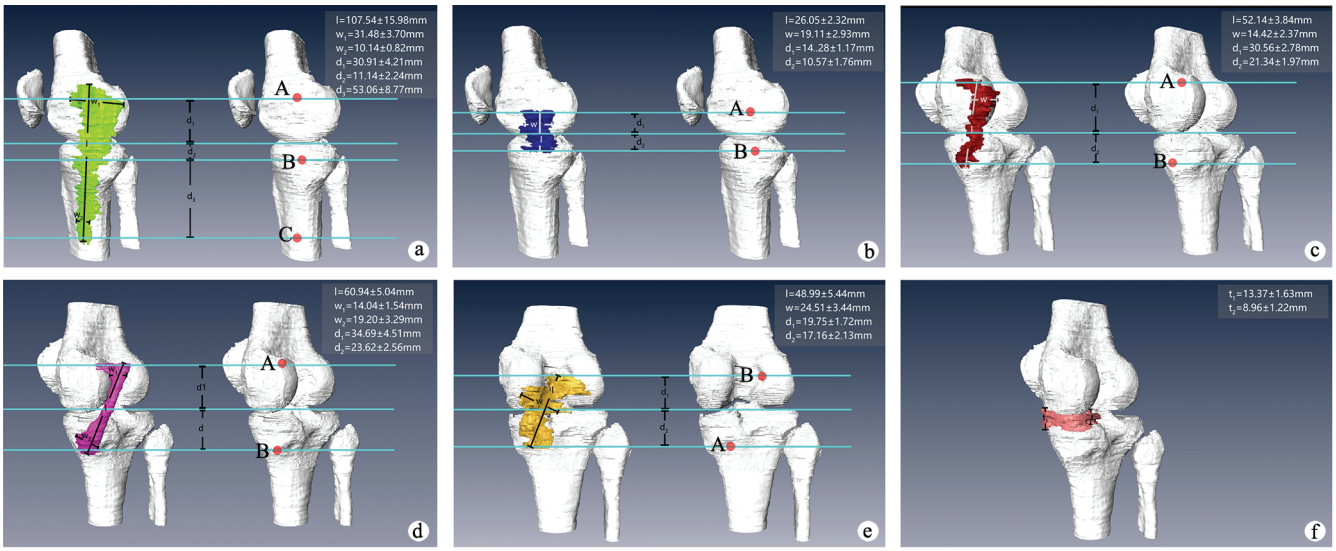
半膜肌肌腱,在断层图像上呈椭圆形,颜色为浅暗红色,结构质密。从三维图像上观察,半膜肌肌腱呈扁圆柱状,与内侧腓肠肌筋膜和腘斜韧带毗邻,长度为(60.94±5.04)mm,宽度为(14.04±1.54)mm,远端靠近胫骨附着点处较宽,为(19.20±3.29)mm,厚度为(6.08±0.75)mm,股骨附着点位于内上髁上方距胫骨平台(34.69±4.51)mm处(图4d,A点);胫骨附着点位于胫骨平台下方(23.62±2.56)mm处(图4d,B点)。

2.5 腘斜韧带

腘斜韧带,在断层图像上呈条带状,颜色为浅暗红色。从三维图像上观察,腘斜韧带呈片状薄膜,长度为(48.99±5.44)mm,宽度为(24.51±3.44)mm,厚度为(1.38±0.22)mm,起自胫骨内侧髁下方(17.16±2.13)mm处(图4e,A点),斜向外上走行,止于股骨外上髁后方,距胫骨平台(19.75±1.72)mm(图4e,B点)。

2.6 半月板后内侧角

半月板后内侧角,在断层图像上呈月牙带状,内侧缘宽,前后侧稍窄,颜色为灰白色。从三维图像上观察,半月板后内侧角呈“C”形柱状,前窄后宽,边缘肥厚,越接近中央越薄,位于股骨远端和胫骨平台之间,内侧边缘较厚处为(13.37±1.63)mm,中间较薄处为(8.96±1.22)mm。半月板后内侧角与深层内侧副韧带相连,连接部分将深层内侧副韧带分为板股和板胫。




a:sMCL三维模型及骨附着点(A:sMCL股骨端附着点;B:sMCL胫骨近端附着点;C:sMCL胫骨远端附着点);b:dMCL三维模型及骨附着点(A:dMCL股骨附着点;B:dMCL胫骨附着点);c:POL三维模型及骨附着点(A:POL股骨附着点;B:POL胫骨附着点);d:SMT三维模型及骨附着点(A:SMT股骨附着点;B:SMT胫骨附着点);e:OPL三维模型及骨附着点(A:OPL股骨附着点;B:OPL胫骨附着点);f:MM三维模型

**图4 PMC主要结构三维图像及骨附着点示意图**

## 3 讨论

近年来,PMC受到越来越多的学者和临床医师的关注,国内外研究团队对PMC的解剖学、生物力学研究有了一些较有意义的结论,但是由于PMC结构复杂,其包含的结构多为薄膜状韧带、肌腱[20],结构之间的空间位置非常邻近,且存在互相连接的特点,在标本解剖时存在难以剥离、易损坏原有结构等问题,而影像

学研究也存在分辨率低、解析度低等问题,因此对PMC的解剖学结构组成、三维形态和空间毗邻关系一直存在争议,至今尚无一致的结论。

James等[8]通过对冷冻尸体标本进行解剖研究,认为PMC由浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、后斜韧带组成;Prince等[9]在用跟腱移植物对MCL进行重建的研究中发现,浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、后斜韧带、半膜肌肌腱共同提供膝关节外翻稳定性,因此认为PMC由以上4个结构组成。本研究建立在中国可视化人体数据集的基础上,图像分辨率最高达4 063×2 704,层厚为0.1~1.0 mm,断层图像具有精度高、层厚薄、真彩色和无形变等优势[14-19]。本研究认为,除了浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、后斜韧带、半腱肌肌腱这几个主要结构参与构成PMC,半月板后内侧角和腘斜韧带由于止点与这4个结构相连接,也参与构成后内侧复合体。

Lundquist等[10]通过MRI影像对PMC进行研究,认为PMC由半膜肌肌腱及其延展部分、后斜韧带、腘斜韧带、后内侧关节囊以及半月板后内侧角共5个结构构成,且认为浅层内侧副韧带和深层内侧副韧带虽然空间位置位于膝关节后内侧,但功能和解剖学上相对独立,不应作为PMC的组成结构,该结论与较多学者认为的PMC构成一般包含浅层内侧副韧带跟深层内侧副韧带有较大差异[8-9]。本研究认为浅层内侧副韧带和深层内侧副韧带的止点与这几个结构都接触连接,且都是膝关节后内侧重要的稳定结构,应属于PMC的一部分。

DeLong等[11]回顾了1966年至2014年的Pubmed和Medline数据库中与内侧副韧带相关的文献,选用满足条件的16篇文献,其中共有355例膝关节样本,其结论认为PMC的构成由浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、后斜韧带、半膜肌肌腱和后内侧关节囊构成。本研究认为深层内侧副韧带和后内侧关节囊虽然位置邻近,但从两者结构特点来看,纤维结构在断层影像上厚而致密,而关节囊纤维结构薄而疏松,同时在膝关节后内侧稳定性上深层内侧副韧带发挥主要作用,关节囊力学稳定性较薄弱,因此不将关节囊定义为后内侧复合体。

余正红等[12]通过标本解剖研究得出结论,认为膝关节内侧复合体可分为3层:第1层为筋膜平面,由股四头肌远端筋膜的后下扩张部、覆盖腓肠肌内、外侧头和腘窝内侧结构的筋膜、包被缝匠肌的筋膜等融合而成;第2层为MCL浅层平面,由MCL浅层前纵部和后斜部两部分纤维组成,与第1层筋膜平面间有少量脂肪组织,和内侧髌股韧带位于同一层面;第3层为膝内侧关节囊。分层式的PMC是指以浅层内侧副韧带为核心结构的后内侧韧带群,浅层内侧副韧带在膝关节后内侧稳定性上发挥主要作用。何耀华等[13]在PMC结构组成上认同该说法。本研究通过CVH未发现明显的第1层筋膜层面以及第1层和第2层之间的脂肪组织,第2层的内侧副韧带明显分为浅深两层,第3层的膝内侧关节囊在CVH上较薄,结构不明显,不能定义为后内侧复合体。

James等[8]和Laprade等[21]的研究认为PMC组成包含浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、后斜韧带,此外他们还认为深层内侧副韧带是关节囊后内侧的增厚部分,部分与内侧半月板连接。本研究结果清楚显示深层内侧副韧带与内侧半月板有连接,与上述研究结论一致。但从CVH可见深层内侧副韧带除与后内侧半月板有明显连接外,其骨性附着点分别位于股骨内上髁及胫骨平台下方,深层内侧副韧带与关节囊纤维结构有明显差异,因此本研究认为深层内侧副韧带不是关节囊的增厚部分,并且由于关节囊整体较薄,为后内侧提供的支撑力小,故关节囊也不是膝关节后内侧复合体的主要组成部分。

PMC是一个多韧带协同发挥作用的系统,在维持膝关节静、动态稳定性中具有重要作用,其中浅层内侧副韧带作为PMC中最大的韧带结构,可对膝外翻起到稳定作用,浅层内侧副韧带损伤后,膝关节主动、被动运动时不能伸直或完全屈膝[22];后斜韧带在膝关节完全屈伸时起到稳定全膝的作用,能够防止膝外翻、胫骨前后位移和内外旋;半膜肌肌腱能够防止膝外翻,在伸膝、屈膝动作时提供稳定性支持;半月板后内侧角与胫骨平台连接完好时具有“刹车”作用,能够防止胫骨前移[10];深层内侧副韧带近端与半月板后内侧角连接,远端与胫骨相连起到将半月板后内侧角有效固定在胫骨平台的作用;腘斜韧带在膝关节内外旋时同股二头肌协同起到稳定作用;PMC所涉及的结构单独或合并损伤会导致患者膝关节后内侧稳定性下降[4,9]。

近年来,国内外学者通过生物力学和临床研究证实PMC的独立损伤较为少见,膝关节前交叉韧带(anterior cruciate ligament,ACL)损伤常伴有PMC结构的损伤,常见的是ACL伴随浅层内侧副韧带、后斜韧带以及腘斜韧带等主要韧带的联合损伤,然而在诊断和治疗中,经常因解剖结构不清晰,不了解PMC特点而忽视对PMC的修复,在修复ACL时若不加以重视可能导致手术效果欠佳,甚至失败[20,23-24]。Lind等[2]在ACL合并浅层内侧副韧带损伤重建手术中,按照单独

修复 ACL 与联合修复 ACL 和浅层内侧副韧带进行分组,在术后 2 年的随访中发现,单独修复 ACL 的患者对手术的满意度为 74%,而联合修复 ACL 和浅层内侧副韧带患者的满意度为 91%,其研究结果进一步证实了 PMC 解剖学重建在膝关节临床治疗中的重要作用。另外,在对膝严重外翻或挛缩患者进行手术松解有关韧带时,若对 PMC 解剖结构认识不足,有可能造成术后膝稳定性下降[25],熟悉掌握膝解剖结构对膝关节的临床治疗有重要作用。本研究提示浅层内侧副韧带远端较窄,不宜过度松解,否则易造成浅层内侧副韧带撕脱、承受张力强度下降等问题。根据本研究结果可推测,在膝关节后内侧结构修复中,加强对浅层内侧副韧带、深层内侧副韧带、后斜韧带、半膜肌肌腱、半月板后内侧角、腘斜韧带的解剖学重建将有助于提高膝关节术后稳定性。

## [参考文献]


[1] Cohen M, Astur DC, Branco RC, et al. An anatomical three-dimensional study of the posteromedial corner of the knee[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2011, 19(10): 1614 - 1619. doi: 10.1007/s00167 - 011 - 1615 - 9.

[2] Lind M, Jakobsen BW, Lund B, et al. Anatomical reconstruction of the medial collateral ligament and posteromedial corner of the knee in patients with chronic medial collateral ligament instability[J]. Am J Sports Med, 2009, 37(6): 1116 - 1122. doi: 10.1177/0363546509332498.

[3] 张晓宇,安荣泽,王兆杰. 膝关节后内侧结构损伤的研究进展[J]. 中国医药指南, 2013, 11(6): 450 - 452. doi: 10.3969/j.issn.1671 - 8194.2013.06.354.

[4] 伍国胜,曾蜀雄,汪 方,等. 膝关节后内侧角的解剖及其临床意义[J]. 解剖科学进展, 2010, 16(3): 289 - 292. doi: 10.16695/j.cnki.1006 - 2947.2010.03.015.

[5] 吴 睿,吴从俊,晏艳祥,等. 膝关节后内侧角损伤的诊疗进展[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2015, 23(7): 77 - 80.

[6] 钱春生,刘家能,付昌马. 关节镜辅助治疗急性后内侧角损伤的疗效观察[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(2): 109 - 112. doi: 10.13795/j.cnki.sgkz.2019.02.004.

[7] Wu XD, Xiang BY, Schotanus MGM, et al. CT-versus MRI-based patient-specific instrumentation for total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis[J]. Surgeon, 2017, 15(6): 336 - 348. doi: 10.1016/j.surge.2017.06.002.

[8] James EW, Laprade CM, Johannsen AM, et al. Anatomy and biomechanics of the posterolateral and posteromedial corners of the knee and their surgical implications[M]. Switzerland: Springer, 2015: 33 - 45. doi: 10.1007/978 - 3 - 319 - 12072 - 0 - 3.

[9] Prince MR, Blackman AJ, King AH, et al. Open anatomic reconstruction of the medial collateral ligament and posteromedial corner[J]. Arthrosc Tech, 2015, 4(6): e885 - e890. doi: 10.1016/j.eats.2015.08.013.

[10] Lundquist RB, Matcuk GR, Schein AJ, et al. Posteromedial corner of the knee: the neglected corner[J]. Radiographics, 2015, 35(4): 1123 - 1137. doi: 10.1148/rg.2015140166.

[11] DeLong Jeffrey M, Waterman Brian R. Surgical repair of medial collateral ligament and posteromedial corner injuries of the knee: a systematic review[J]. Arthroscopy, 2015, 31(11): 2249 - 2255. doi: 10.1016/j.arthro.2015.05.010.

[12] 余正红,蔡 胥,李鉴轶,等. 膝内侧稳定结构的解剖特征与软组织平衡的关系[J]. 中国临床解剖学杂志, 2009, 27(4): 371 - 374. doi: 10.13418/j.issn.1001 - 165x.2009.04.004.

[13] 何耀华,赵金忠,蒋 垚. 膝关节内侧结构损伤研究新进展[J]. 国际骨科学杂志, 2007, 28(5): 291 - 294. doi: 10.3969/j.issn.1673 - 7083.2007.05.006.

[14] Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ, et al. The Chinese Visible Human (CVH) datasets incorporate technical and imaging advances on earlier digital humans[J]. J Anat, 2004, 204(3): 165 - 173. doi: 10.1111/j.0021 - 8782.2004.00274.x.

[15] Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ. Chinese Visible Human project[J]. Clin Anat, 2006, 19(3): 204 - 215. doi: 10.1002/ca.20273.

[16] Wu Y, Tan LW, Li Y, et al. Creation of a female and male segmentation dataset based on Chinese Visible Human (CVH)[J]. Comput Med Imaging Graph, 2012, 36(4): 336 - 342. doi: 10.1016/j.compmedimag.2012.01.003.

[17] 宋 艳,吴 毅,熊 雁,等. 基于中国数字化人体的膝关节后外侧复合体的断层解剖与三维可视化[J]. 解剖学杂志, 2017, 40(1): 47 - 51. doi: 10.3969/j.issn.1001 - 1633.2017.01.012.

[18] Song Y, Xiong Y, Yao J, et al. Applied anatomy and three-dimensional visualization of the tendon-bone junctions of the knee joint posterolateral complex[J]. Ann Anat, 2019, 229(3): 151413. doi: 10.1016/j.aanat.2019.151413.

[19] Song Y, Xiong Y, Chen W, et al. Sectional anatomy and three-dimensional visualization of the posterolateral complex of the knee joint based on undeformed high-resolution sectional anatomical images[J]. Anat Rec, 2018, 301(10): 1764 - 1773. doi: 10.1002/ar.23926.

[20] 陈 彤,曲铁兵,潘 江,等. 中国人膝关节解剖标志点和关节线距离的测量及特性分析[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(46): 7413 - 7418. doi: 10.3969/j.issn.2095 - 4344.2015.46.007.

[21] Laprade RF, Bernhardson AS, Griffith CJ, et al. Correlation of valgus stress radiographs with medial knee ligament injuries: an in vitro biomechanical study[J]. Am J Sports Med, 2010, 38(2): 330 - 338. doi: 10.1177/0363546509349347.

[22] Tamaki M, Tomita T, Sugamoto K, et al. Biomechanics of the knee joint[J]. Jpn J Rehabil Med, 2016, 53(10): 774 - 778. doi: 10.2490/jjrmc.53.774.

[23] Walton E, Williams M, Robinson JR. Incarceration of the medial collateral ligament in the intercondylar notch following proximal avulsion[J]. Skeletal Radiol, 2017, 46(11): 1575 - 1578. doi: 10.1007/s00256 - 017 - 2723 - 5.

[24] Geiger D, Chang E, Pathria M, et al. Posterolateral and posteromedial corner injuries of the knee[J]. Radiol Clin North Am, 2013, 51(3): 413 - 432. doi: 10.1016/j.rcl.2012.10.004.

[25] 禄占稳. 手术治疗膝关节后内侧角陈旧性损伤的疗效观察[J]. 中西医结合心血管病杂志, 2017, 5(13): 199. doi: 10.16282/j.cnki.cn11 - 9336/r.2017.13.146.


(编辑:贺绍梅)