

经前内入路定位的前交叉韧带股骨骨道长度和前内入路位置的关系

刘阳, 王佳宁, 余家阔*

北京大学第三医院运动医学研究所, 北京 100191

摘要 在前交叉韧带重建中, 足够的股骨骨道长度对于移植物的固定强度和韧带化过程非常重要。对6名青年健康志愿者的膝关节进行高分辨率核磁扫描, 通过测量核磁三维重建的模型发现, 在股骨骨道位置为I.D.E.A.L.点的情况下, 骨道外口越高, 或股骨骨道角度越大, 其骨道长度越长; 某一骨道长度的骨道外口在股骨外髁的外侧皮质上呈现连续的曲线分布, 30、35和40 mm骨道的平均最大股骨骨道角度分别为 $17.2^{\circ} \pm 8.6^{\circ}$ 、 $31.6^{\circ} \pm 9.1^{\circ}$ 和 $41.4^{\circ} \pm 8.8^{\circ}$ 。因此, 除股骨和髁间窝大小等解剖因素外, 前内入路位置和股骨骨道位置的相对关系决定了股骨骨道的长度。对于固定的股骨骨道位置, 要获得更长的股骨骨道, 需相对位置更低的前内入路, 使用下方辅助入路或增大屈膝角度可以明确的延长股骨骨道。

关键词 股骨骨道长度; 前内入路; 前交叉韧带重建

影响前交叉韧带重建手术效果的因素众多^[1], 其中, 移植物的骨道是非常重要也是临床医生能够直接控制的关键因素。骨道位置是需要考虑的第一个重要方面, 良好的股骨骨道位置对于患者的功能恢复以及能否恢复运动至关重要^[2]。在单束重建中, 股骨骨道的位置逐渐从传统的trans-tibial(经胫骨)技术得到的比较高的非解剖位置向经前内入路技术得到的比较低的解剖位置转变。

随着股骨骨道位置的降低, 有研究发现骨道长度有时会明显的变短^[3], 由此带来了股骨骨道的第

二个问题: 骨道长度。足够的骨道长度不仅有利于移植物的固定, 也有利于移植物的韧带化过程, 而前交叉韧带重建所需要的最短的骨道长度尚没有一致性结论。有研究通过犬类动物试验发现, 移植物进入胫骨骨道长度5 mm和15 mm对移植物的成熟没有显著性影响^[4]。动物试验研究^[5-6]则发现要获得足够的固定强度和移植物的愈合, 骨道内移植物的长度至少要达到15 mm。

股骨骨道长度的影响因素很多, 首先是股骨远端的形态, 包括股骨外髁的大小、髁间窝形态等方

收稿日期: 2020-01-11; 修回日期: 2020-03-01

作者简介: 刘阳, 主治医师, 研究方向为膝关节运动损伤, 电子信箱: surgeonliuyang@sina.com; 余家阔(通信作者), 主任医师, 研究方向为膝关节运动损伤、膝关节置换, 电子信箱: yujiakuo@126.com

引用格式: 刘阳, 王佳宁, 余家阔. 经前内入路定位的前交叉韧带股骨骨道长度和前内入路位置的关系[J]. 科技导报, 2020, 38(6): 46-52; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.06.006

面^[6-8]。其他的影响因素还包括钻取骨道的角度^[9-10]、骨道位置^[11-12]、前内入路的位置^[13-15]和钻取骨道时的屈膝角度^[13, 16-18]等。以往研究表明,使用比常规前内入路更低的下方辅助入路^[13-15],或增大屈膝角度^[13, 16-18]钻取股骨骨道能够获得更长的骨道,但其原因尚不明确。

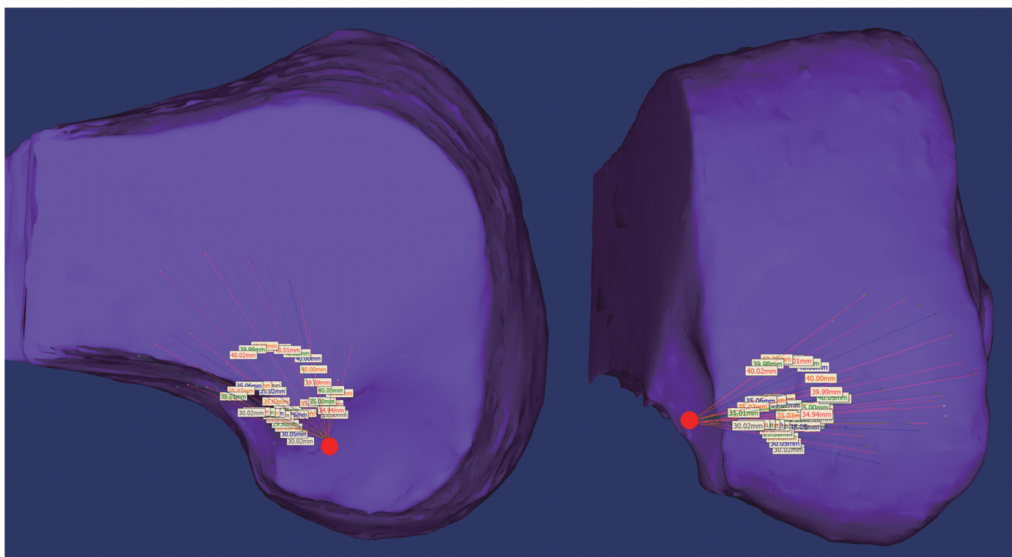
本研究目的是探索长度分别为30、35和40 mm的骨道出口在股骨外髁的外侧皮质的分布,进而说明骨道长度和前内入路的关系。虽然股骨骨道长度的影响因素众多,但均可归为前内入路(打骨道时经过的入路)和骨道位置的相对位置关系。通过测量三维核磁重建模型的方法,阐明何种相对位置关系能够获得更长的股骨骨道,以更好地指导临床工作。使用核磁进行研究的目的在于对核磁影像进行三维重建后,在分析骨道方面能够达到和CT一致的准确性^[9],并且由于可以重建得到完整的前交叉韧带的股骨止点足迹,能够更准确地定位股骨骨道位置。

1 研究方法

本实验的研究对象是6名青年志愿者,平均年

龄28岁(27、35、36、19、22、29),包括4名男性、2名女性,志愿者的双膝关节无不主诉,既往没有关节炎、关节感染、严重外伤或手术史,并且通过核磁扫描证实没有韧带或半月板的损伤。对志愿者的膝关节进行高分辨率三维核磁扫描(GE, 3.0T Signa, HDxt 分辨率, 512×512 像素),得到6组膝关节(3组左膝、3组右膝)的扫描层厚1 mm的T2非压脂像。将核磁影像的医学数字成像和通信(Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM)格式文件导入Mimics软件(v.15.01, Materialise),通过三维重建得到股骨完整的外髁。

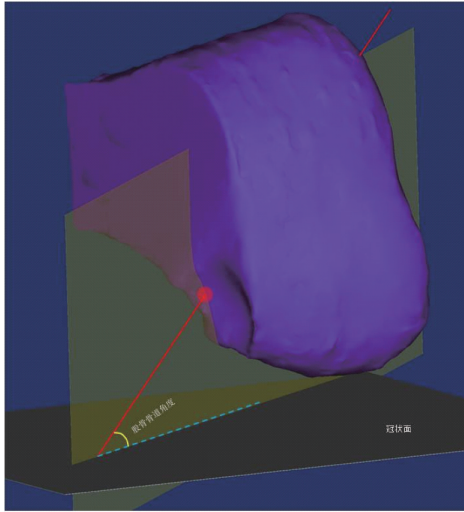
选择I.D.E.A.L.位置^[20]作为股骨骨道的位置,在股骨的直接止点范围内偏心分布,接近前内束的位置,将其定义为股骨骨道的内口。不考虑股骨内髁或内侧半月板的阻挡,经过骨道内口可以试做多条骨道通过股骨外髁,骨道和股骨外髁外侧皮质相交得到股骨骨道的外口。也就是对固定的骨道内口,每一个股骨外髁外侧皮质上的点均对应一个骨道和一个骨道长度。经过骨道内口分别做很多长度为30 mm(黄色)、35 mm(红色)和40 mm(蓝色)的骨道(图1),得到相应的骨道外口后分析其分布规律。



注:红色圆点为I.D.E.A.L.骨道位置,经过该点分别做很多长度为30、35和40 mm的股骨骨道,出口位于股骨外髁的外侧皮质,在股骨外髁内得到相应的骨道

图1 股骨骨道位置和股骨骨道示意

对于每个骨道,将其和冠状面的夹角定义为股骨骨道角度(图2)。对于每组核磁,在三维模型上



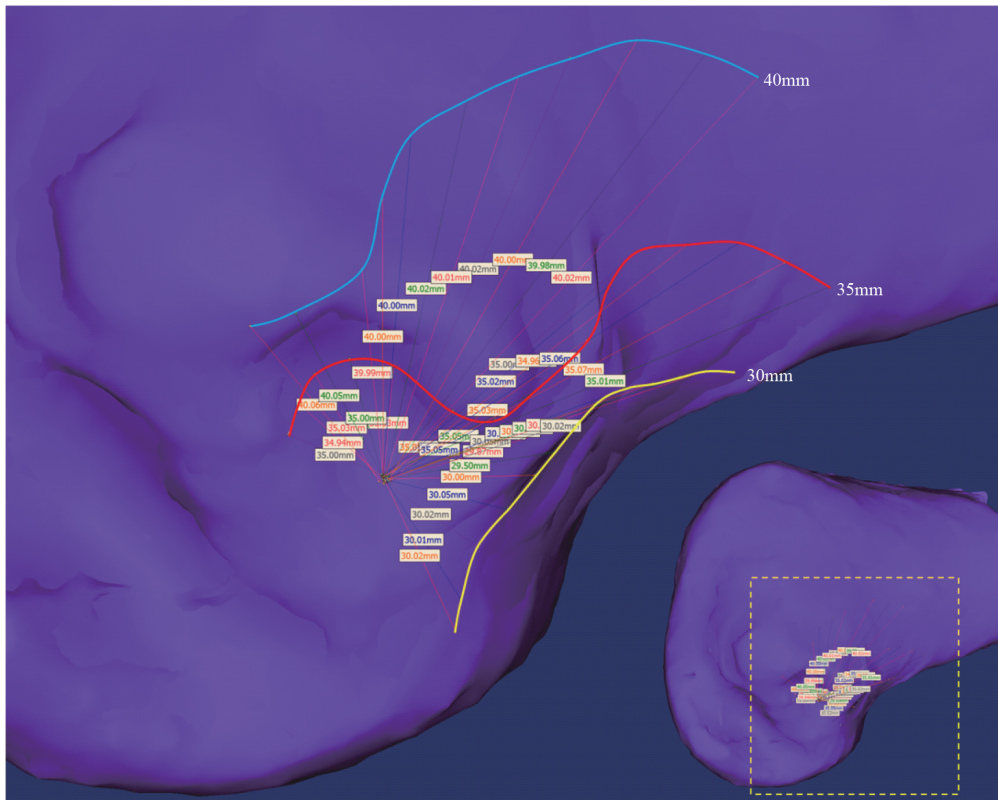
注:灰色平面为冠状面,黄色平面为经过I.D.E.A.L.点并且与冠状面垂直的平面,红色实线和蓝色虚线的夹角即为股骨骨道角度

图2 股骨骨道角度示意

分别测量获得30、35和40mm骨道所需要的最大股骨骨道角度,定义为某一骨道长度出口曲线上位置最高的点和骨道内口构成的股骨骨道角度。以35mm股骨骨道为例,意义在于只要骨道角度超过最大股骨骨道角度,即能够确保骨道长度大于35mm。

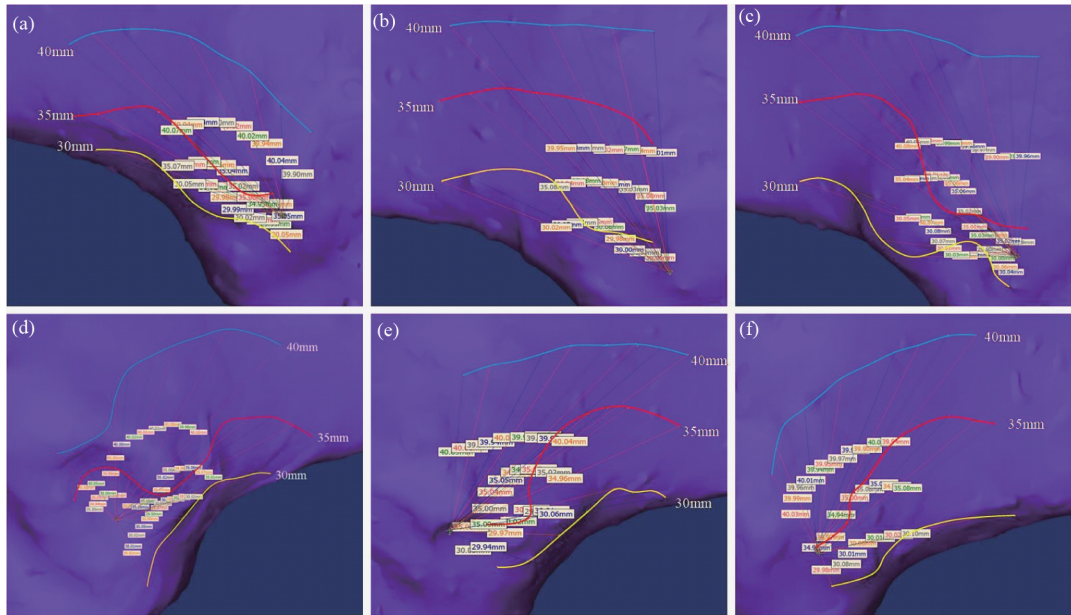
2 结果

对于骨道位置为I.D.E.A.L.点的情况下,某一固定骨道长度的骨道外口在股骨外髁的外侧皮质上呈现连续的曲线分布,骨道长度为30、35和40mm的骨道外口曲线如图3所示。6组核磁扫描的三维重建局部放大结果如图4所示,虽然曲线的形态各异,但其分布规律和趋势是一致的,在股骨外髁的外侧皮质,骨道外口的曲线根据骨道长度的不同呈现高低分布。以骨道长度为35mm为例,35mm的骨道外口曲线类似于分水岭,如果骨道出口



注:黄色、红色和蓝色曲线分别为30、35和40mm的骨道出口曲线

图3 股骨骨道出口的曲线分布



注:(a)(b)(c)为右膝,(d)(e)(f)为左膝

图4 6组核磁的骨道出口曲线分布

高于此曲线,则骨道长度大于35 mm,低于此曲线、则骨道长度小于35 mm。也就是,在骨道位置固定的情况下,骨道出口越高,其骨道长度越长。

由于骨道位置固定,将骨道内口和骨道出口的连线反向延长,如果要得到比较高的骨道出口,需要相对位置更低的骨道起始点,也就是克氏针进入皮肤的位置,即前内入路的位置。因此,附加比常规前内入路更低的下方辅助入路,能够获得更长的股骨骨道。另外,由于屈膝角度增大时,前内入路会移动到相对于骨道位置更低的位置,因此证实了

增大屈膝角度也能够获得更长的股骨骨道。

除骨道出口的曲线外,不同长度的股骨骨道出口的位置关系也可以通过股骨骨道角度反应。如表1所示,对某一位志愿者来说,随着骨道长度的增大,所需要的最大股骨骨道角度也随之增大,其对应关系是:30 mm骨道为 $17.2^{\circ} \pm 8.6^{\circ}$,35 mm骨道为 $31.6^{\circ} \pm 9.1^{\circ}$,40 mm骨道为 $41.4^{\circ} \pm 8.8^{\circ}$ 。最大股骨骨道角度的差值分别为: $14.3^{\circ} \pm 3.1^{\circ}$ (35 mm和30 mm长度的骨道角度差值), $9.8^{\circ} \pm 1.4^{\circ}$ (40 mm和35 mm长度的骨道角度差值)。

表1 30、35和40 mm骨道的最大股骨骨道角度

志愿者信息			最大股骨骨道角度/(°)			最大股骨骨道角度差值/(°)	
年龄	性别	侧别	骨道长度 30 mm	骨道长度 35 mm	骨道长度 40 mm	35和30 mm长度的骨道 角度差值	40和35 mm长度的骨道 角度差值
27	男	右	24.8	39.9	51.1	15.1	11.2
35	女	左	15.9	34.1	44.7	18.2	10.6
36	女	右	32.1	45.3	53.4	13.2	8.1
19	男	左	6.8	22.3	32.3	15.5	10
22	男	左	12.1	27.9	35.6	15.8	7.7
29	男	右	11.6	19.8	31.2	8.2	11.4
平均值			17.2±8.6	31.6±9.1	41.4±8.8	14.3±3.1	9.8±1.4

3 讨论

本研究主要探讨了前交叉韧带重建中,经前内入路定位的股骨骨道长度和前内入路位置的关系,通过对三维核磁重建的模型测量发现,在股骨骨道位置固定的情况下,骨道出口越高,或股骨骨道角度越大,其骨道长度越长,30、35和40 mm骨道的平均最大股骨骨道角度分别为 $17.2^{\circ}\pm 8.6^{\circ}$ 、 $31.6^{\circ}\pm 9.1^{\circ}$ 和 $41.4^{\circ}\pm 8.8^{\circ}$ 。相应的,对于固定的股骨骨道位置,由于较低的前内入路位置能够获得更高的骨道出口,因此降低前内入路的相对位置能够获得较长的股骨骨道,这一结果证实了使用下方辅助入路或增大屈膝角度可以延长股骨骨道。

以往的研究已经证实了前交叉韧带重建中,移植物进入骨道的长度会影响固定的强度和移植物的成熟。在动物试验中,移植物需要进入骨道至少15 mm才能够获得足够的生物力学强度^[5-6]。另一项研究则表明对于腱骨愈合,移植物进入5 mm和15 mm没有显著性差异^[4]。因此,要同时达到足够的固定强度和理想的腱骨愈合,移植物通常需至少进入骨道15 mm。根据这个结果,考虑到悬吊固定时固定袢的最小长度通常也是15 mm,股骨骨道比较满意的最短长度为30 mm左右。

然而,和trans-tibial重建不同,在经过前内入路重建前交叉韧带时,有时可能会发生股骨骨道长度过短的问题^[9]。针对这个问题已经有一些学者进行了研究,除了股骨本身的大小^[7-8]以外,还有一些因素会影响股骨骨道的长度:使用下方的辅助入路^[13-15]、增大屈膝角度^[13, 16-18]或将骨道位置向前调整^[11]可以获得更长的股骨骨道。综合考虑这些因素,均可以归纳为骨道的方向,或入路位置和骨道位置的相对位置关系。以屈膝角度为例,增大屈膝角度可以使得入路的位置相对于骨道的位置更低,改变了骨道的方向。

对于固定的股骨骨道位置,前内入路的相对位置变化能够改变骨道方向,因此影响骨道长度。在本研究中,选择I.D.E.A.L.点作为固定的骨道位置,某一固定骨道长度的骨道外口在股骨外髁的外侧皮质上呈现连续的曲线分布,且骨道出口越高,或

股骨骨道角度越大,骨道长度越长,30、35和40 mm骨道的平均最大股骨骨道角度分别为 $17.2^{\circ}\pm 8.6^{\circ}$ 、 $31.6^{\circ}\pm 9.1^{\circ}$ 和 $41.4^{\circ}\pm 8.8^{\circ}$ 。因此,通常来说,将骨道位置和骨道出口的连线反向延长,如果要得到比较高的骨道出口,需要相对位置更低的骨道起始点,也就是克氏针进入皮肤的位置,即前内入路的位置。这一结果也解释了为何下方辅助入路或增大屈膝角度能够获得更长的股骨骨道。

本研究的局限性分析。首先,样本数量偏少,解剖变异的存在可能会影响到最终的结果。然而,6名志愿者均为健康的青年男性或女性,既往没有膝关节的疾病,并且通过核磁证实,可以作为正常膝关节的比较典型的代表。另外,绘制股骨骨道出口的曲线时只考虑到了骨道的方向,没有考虑到实际手术时股骨内侧髁、胫骨平台和髌腱等结构的阻挡。实际上,由于髌腱可以作为前内入路的最外侧边界,而股骨内髁和骨道位置的连线可以作为骨道方向的最内侧边界,手术中能够得到的可能的骨道外口曲线是本研究曲线的一部分,曲线的相对位置不会发生改变。

本研究主要结果为对于固定的股骨骨道位置,骨道的出口越高,骨道长度越长。因此要获得更长的股骨骨道,需要相对位置更低的前内入路。这也证实了使用下方辅助入路、增大屈膝角度可以增大股骨骨道长度。

4 结论

在前交叉韧带经前内入路重建技术中,除股骨的大小等解剖因素外,前内入路位置和股骨骨道位置的相对关系决定了股骨骨道的长度。对于固定的股骨骨道位置,骨道在股骨外侧髁皮质的出口越高,骨道长度越长。要获得更长的股骨骨道,需相对位置更低的前内入路,使用下方辅助入路或增大屈膝角度可以明确的延长股骨骨道。

参考文献(References)

- [1] Lynch A D, Logerstedt D S, Grindem H, et al. Consensus

- criteria for defining "successful outcome" after ACL injury and reconstruction: A Delaware–Oslo ACL cohort investigation[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, 49(5): 335–342.
- [2] Fernandes T L, Fregni F, Weaver K, et al. The influence of femoral tunnel position in single–bundle ACL reconstruction on functional outcomes and return to sports[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2014, 22(1): 97–103.
- [3] Ilahi O A, Ventura N J, Qadeer A A. Femoral tunnel length: Accessory anteromedial portal drilling versus transtibial drilling[J]. *Arthroscopy*, 2012, 28(4): 486–491.
- [4] Yamazaki S, Yasuda K, Tomita F, et al. The effect of intraosseous graft length on tendon–bone healing in anterior cruciate ligament reconstruction using flexor tendon[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2006, 14(11): 1086–1093.
- [5] Zantop T, Ferretti M, Bell K M, et al. Effect of tunnel–graft length on the biomechanics of anterior cruciate ligament–reconstructed knees: Intra–articular study in a goat model[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2008, 36(11): 2158–2166.
- [6] Qi L, Chang C, Jian L, et al. Effect of varying the length of soft–tissue grafts in the tibial tunnel in a canine anterior cruciate ligament reconstruction model[J]. *Arthroscopy*. 2011, 27(6): 825–833.
- [7] Wang J H, Kim J G, Ahn J H, et al. Is femoral tunnel length correlated with the intercondylar notch and femoral condyle geometry after double–bundle anterior cruciate ligament reconstruction using the transportal technique? An in vivo computed tomography analysis[J]. *Arthroscopy*, 2012, 28(8): 1094–1103.
- [8] Iriuchishima T, Ryu K, Suruga M, et al. The correlation of femoral tunnel length with the height and area of the lateral wall of the femoral intercondylar notch in anatomical single–bundle ACL reconstruction[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2017, 25(5): 1632–1637.
- [9] Hamilton S C, Jackson E R II, Karas S G. Anterior cruciate ligament femoral tunnel drilling through anteromedial portal: Axial plane drill angle affects tunnel length[J]. *Arthroscopy*. 2011, 27(4): 522–525.
- [10] Park S H, Moon S W, Lee B H, et al. The sagittal plane angle and tunnel–related complications in double–bundle anterior cruciate ligament reconstruction using the transportal technique: An in vivo imaging study[J]. *Arthroscopy*, 2015, 31(2): 283–292.
- [11] Hensler D, Working Z M, Illingworth K D, et al. Correlation between femoral tunnel length and tunnel position in ACL reconstruction[J]. *Journal of Bone and Joint Surgery–American Volume*, 2013, 95(22): 2029–2034.
- [12] Chang C B, Yoo J H, Chung B J, et al. Oblique femoral tunnel placement can increase risks of short femoral tunnel and cross–pin protrusion in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2010, 38(6): 1237–1245.
- [13] Alavekios D, Peterson A, Patton J, et al. The relation between knee flexion angle and anterior cruciate ligament femoral tunnel characteristics: A cadaveric study comparing a standard and a far anteromedial portal[J]. *Arthroscopy*, 2014, 30(11): 1468–1474.
- [14] Nakamura M, Deie M, Shibuya H, et al. Potential risks of femoral tunnel drilling through the far anteromedial portal: A cadaveric study[J]. *Arthroscopy*, 2009, 25(5): 481–487.
- [15] Ilahi O A, Ventura N J, Qadeer A A. Femoral tunnel length: Accessory anteromedial portal drilling versus transtibial drilling[J]. *Arthroscopy*, 2012, 28(4): 486–491.
- [16] Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Influence of knee flexion angle on femoral tunnel characteristics when drilled through the anteromedial portal during anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 2008, 24(4): 459–464.
- [17] Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Effect of knee flexion angle on length and orientation of posterolateral femoral tunnel drilled through anteromedial portal during anatomic double–bundle anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 2009, 25(10): 1108–1114.
- [18] 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.
- [19] Drews B H, Merz C, Huth J, et al. Magnetic resonance imaging in evaluation of tunnel diameters prior to revision ACL reconstruction: A comparison to computed tomography[J]. *Skeletal Radiology*, 2017, 46(10): 1361–1366.
- [20] Pearle A D, McAllister D, Howell S M. Rationale for strategic graft placement in anterior cruciate ligament reconstruction: I.D.E.A.L. femoral tunnel position[J]. *American Journal of Orthopedic Surgery*, 2015, 44(6): 253–258.

Relationship between the anterior–medial portal position and the femoral tunnel length in trans–portal anterior cruciate ligament reconstruction

LIU Yang, WANG Jianing, YU Jiakuo*

Institute of Sports Medicine, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Abstract It is important to have a sufficient femoral tunnel length for the graft fix strength and the maturation in the anterior cruciate ligament reconstruction. The high resolution MRI is used on the knees of 6 young healthy volunteers. Based on the reconstructed MRI 3D models, two main observations are made: for the I.D.E.A.L. point as the fixed femoral tunnel location, the higher the tunnel outlet point, or the larger the femoral tunnel angle, the longer tunnel would be achieved; and the outlet curves with the tunnel length of 30mm, 35mm, 40mm arranged from lower to upper in an ascending order on the lateral cortex of the lateral femoral condyle, with the mean maximum femoral tunnel angle of $17.2^{\circ} \pm 8.6^{\circ}$, $31.6^{\circ} \pm 9.1^{\circ}$ and $41.4^{\circ} \pm 8.8^{\circ}$. Therefore, beside the anatomy characteristics such as the sizes of the femur and the intercondylar notch, the length of the femoral tunnel in the trans–portal reconstruction is related with the anterior–medial portal position. For a fixed tunnel location, to get a longer tunnel length, the relative position of the skin portal to the tunnel location should be even lower, and using the accessory for the anterior–medial portal or increasing knee flexing angle, a longer femoral tunnel would be obtained.

Keywords femoral tunnel length; anterior–medial portal; anterior cruciate ligament reconstruction ●



(责任编辑 傅雪)