

# 经胫骨隧道定位股骨隧道改良技术的研究进展\*

冯建豪 综述 徐一宏<sup>①</sup> 徐卫东<sup>\*\*①</sup> 审校

(同济大学附属同济医院骨科, 上海 200065)

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2024)01-0060-05

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2024.01.012

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 重建中股骨隧道的定位对手术成功至关重要, 是运动医学的研究热点<sup>[1]</sup>。常用的股骨隧道定位技术主要有经胫骨隧道 (transtibial, TT)、经前内侧入路 (anteromedial, AM) 和由外向内 (outside-in, OI) 等<sup>[2,3]</sup>。这些骨隧道定位方法各有优缺点<sup>[4]</sup>。TT 法曾是等长重建的金标准, 具有创伤小和操作简便的优点, 但其定位及制作的股骨隧道常偏高/偏前, 难以实现解剖重建, 不利于患者术后运动功能的恢复<sup>[5]</sup>。近年来, TT 法有了很多改进, 可实现可靠且可重复的解剖重建<sup>[6]</sup>。本文对 TT 法定位股骨隧道及改良技术进行文献总结, 旨在为 ACL 损伤的重建治疗提供帮助和参考。

## 1 TT 法是经典的股骨隧道定位方法

1980 年英国 Dandy 等<sup>[7]</sup>首次实施 8 例关节镜下 ACL 重建术。早期关节镜下 ACL 重建遵循等长重建的理念, 为此临床上研发了 TT 法。早期 TT 法通过一种特殊的弯曲探针, 自胫骨隧道插入, 并在过顶位钩住髁间窝后壁, 钩子弯头位于过顶位前方 7 mm 处, 以此定位股骨隧道<sup>[8]</sup>。这种探针很快发展为经胫骨隧道导向器。由于这种 TT 法是一种单切口技术, 无需额外的切口, 迅速成为关节镜下 ACL 重建时定位股骨隧道的“金标准”。此外, TT 法钻取股骨隧道时, 只需要将膝关节屈曲 90°, 无需如 AM 法将膝关节过度屈曲, 所以手术视野较好, 且更

易于辨认股骨侧的解剖定位标志<sup>[9]</sup>。因此, TT 法具有创伤小、操作方便等优点, 是关节镜下 ACL 重建起步时期最常用的股骨隧道定位技术。

## 2 TT 法等长性能优异但对旋转稳定性恢复较差

既往为使膝关节屈伸过程中, 移植物始终保持良好的张力, 并重建膝关节的稳定度, 多采取 ACL 等长重建<sup>[10]</sup>。在等长重建的诸多骨道定位与制作方法中, TT 法是最经典的方法。TT 法建立的股骨隧道在髁间窝的位置往往较高, 等长性能也较好。Lubowitz 等<sup>[11]</sup>比较 TT 法和 AM 法进行 ACL 重建后移植物的等长性, 均为 7 例, 在 0~120° 膝关节屈伸活动中, TT 法组移植物长度变化显著小于 AM 法组 [TT 法:  $(4.5 \pm 2.0)$  mm, AM 法:  $(6.7 \pm 0.9)$  mm,  $P < 0.001$ ]。

然而, TT 法完成的等长重建存在旋转稳定性恢复差, 术后骨关节炎发生率高的问题受到质疑<sup>[12]</sup>。Lidén 等<sup>[13]</sup>报道 113 例采取 TT 法进行 ACL 重建, 中位随访 7 年, 下肢负重位 X 线显示传统 TT 法建立的股骨隧道过于垂直, 患者旋转稳定性恢复较差, 且有 74% (84/113) 患者出现膝骨关节炎的影像学表现。

## 3 ACL 重建的理念从等长重建演变为解剖重建以提高旋转稳定性

由于担心等长重建无法有效恢复患者旋转稳定

\* 基金项目: 海军军医大学第一附属医院“234 学科攀峰计划”项目 (2020YXK002); 海军军医大学第一附属医院“深蓝 123”军事医学研究专项重点攻关项目 (2019YSL007); 海军军医大学第一附属医院“十四五”学科固海计划 (GH145-16)

\*\* 通讯作者, E-mail: xuwdshanghai@126.com

① (海军军医大学第一附属医院 上海长海医院关节骨病外科, 上海 200433)

性,且术后骨关节炎发生率较高,骨道定位的理念随即出现重大转变。2010 年 Fu 等<sup>[14]</sup>提出 ACL 解剖重建,并逐步替代等长重建,成为目前更为常用的骨道定位理念。

与等长重建相比,ACL 解剖重建对膝关节稳定性和运动功能的恢复更好。张壮岱等<sup>[15]</sup>回顾性分析 100 例 TT 法进行等长重建与 100 例 AM 法进行解剖重建的临床疗效,平均随访 24 个月,解剖重建组患者拥有更好的膝关节稳定性,前抽屉试验 [0% (0/100) vs. 10% (10/100),  $P = 0.002$ ]、Lachman 试验 [8% (8/100) vs. 22% (22/100),  $P = 0.002$ ] 以及轴移试验 [12% (12/100) vs. 28% (28/100),  $P = 0.003$ ] 阳性率均显著低于等长重建组。Jepsen 等<sup>[16]</sup>随机对照研究比较 25 例左膝股骨隧道位于 1 点钟与 26 例位于 2 点钟(更接近解剖位置)的疗效,随访 1 年,位于 2 点钟组国际膝关节文献委员会(International Knee Documentation Committee, IKDC)评分明显高于位于 1 点钟组 [(82.80 ± 9.96) 分 vs. (70.39 ± 15.30) 分,  $P < 0.002$ ]。

综上所述,基于 ACL 的解剖特点,以及生物力学和临床研究的结果,与等长重建相比,解剖重建能更好恢复患者运动功能。因此,ACL 重建理念已从等长重建过渡到解剖重建。

## 4 传统 TT 法难以实现解剖重建及产生的问题

### 4.1 传统 TT 法难以实现解剖重建

多种股骨隧道定位技术被应用于 ACL 解剖重建<sup>[17]</sup>。Gougoulas 等<sup>[18]</sup>采用 TT 法制作“解剖重建”的股骨隧道,将胫骨隧道定位于胫骨平台上 ACL 残端足印区;对于股骨侧,采用时钟定位法,解剖隧道口位于髁间窝后壁的 10 点钟(右膝)或 2 点钟(左膝),外侧髁后缘前方 2 mm 处。尽管临床一直采用传统 TT 法定位股骨隧道入口,但近些年部分学者对 TT 法能否实现解剖重建提出质疑<sup>[19]</sup>。

传统 TT 法股骨隧道的定位受限于胫骨隧道的方向,难以获得最佳的定位点<sup>[20]</sup>。采用该方法时股骨隧道常定位于髁间窝顶,高于 ACL 的原始解剖止点,导致移植的韧带处于过于垂直的非解剖位置上<sup>[21]</sup>。Robinson 等<sup>[22]</sup>比较不同方法定位的股骨隧道位置,其中 TT 法 18 例,OI 法 12 例,AM 法 191 例,并通过侧位 X 线片上 Bernard 象限法研究目标

与实际股骨隧道位置的差异,结果显示 3 种方法的实际与目标的距离并无显著性差异,但是 TT 法钻取的股骨隧道在髁间窝的平均位置显著较高(TT 法:25.3%, OI 法:33.8%, AM 法:32.3%,  $P < 0.042$ )。Kopf 等<sup>[23]</sup>通过 CT 三维重建技术观察传统 TT 法制作的 8 例股骨隧道的位置,所有患者股骨隧道的位置均为非解剖性,高于原始韧带止点。

因此,受限于胫骨隧道固有的位置及方向,传统 TT 法定位的股骨隧道在髁间窝的位置常偏高,偏离 ACL 原始止点,难以实现解剖重建<sup>[24]</sup>。

### 4.2 传统 TT 法建立过高的股骨隧道导致旋转稳定性恢复不佳

由于传统 TT 法定位的股骨隧道在髁间窝的位置常过高/偏前,导致移植物过于垂直。这种垂直的移植物是非解剖性的,且接近于膝关节的中心轴。在生物力学上,当膝关节旋转时,会以这种垂直的移植物作为中心轴<sup>[25]</sup>。因此,其仅能恢复膝关节前向稳定性,对旋转稳定性恢复较差,导致患者术后运动功能恢复不佳<sup>[26]</sup>。Tashman 等<sup>[27]</sup>通过 250 帧 X 射线立体成像装置,研究 6 例接受 TT 法定位的 ACL 重建跑步时膝关节运动变化,与健侧相比,患侧的胫骨前移(anterior tibial translation, ATT)并无显著差异,旋转稳定性有显著性差异,其中外旋增加  $3.8^\circ \pm 2.3^\circ$  ( $P = 0.0011$ ),内旋增加  $2.8^\circ \pm 1.6^\circ$  ( $P = 0.0091$ )。

因此,传统 TT 法定位的股骨隧道位置常过高,导致移植物过于垂直,是患者旋转稳定性和运动功能恢复较差的重要原因<sup>[28,29]</sup>。

## 5 改良 TT 法使股骨隧道更接近解剖位置

### 5.1 选用更偏内的胫骨隧道起点

当采取更靠上侧和内侧的胫骨隧道起点时,TT 法能钻取更为水平的股骨隧道<sup>[30]</sup>。Morgan 等<sup>[31]</sup>将胫骨隧道起点定为鹅足上方 1 cm,胫骨结节内测 1.5 cm 时,通过 TT 法建立股骨隧道,ACL 矢状面结构得到较好恢复:移植物平行于髁间窝顶,能避免移植物-髁间窝撞击的风险。Golish 等<sup>[32]</sup>分别将 TT 法的胫骨隧道起点置于髌骨结节稍内侧、胫骨后内侧缘和两者中点并钻取股骨隧道,前后位 X 线显示股骨隧道的位置分别位于时钟法的 10:17、11:30 和 10:50,由于股骨隧道最佳解剖位置在 10:30,所以他

们认为采取胫骨内侧隧道时效果最好。Lee 等<sup>[33]</sup>比较 100 例改良 TT 法与 OI 法定位的 ACL 重建,改良 TT 法胫骨隧道起点选择鹅足上方,稍前于内侧副韧带,通过 Bernard 四格法,该方法定位股骨隧道位置与 OI 法并无显著性差异,均能实现解剖重建。

## 5.2 降低胫骨隧道的斜率

传统 TT 法股骨隧道的定位、钻孔均需通过胫骨隧道,钻取胫骨隧道时所选的倾斜角度往往较大。可以通过降低胫骨隧道的斜率,建立更水平的股骨隧道,以获得股骨隧道的解剖定位<sup>[9,34,35]</sup>。

Howell 等<sup>[36]</sup>依据胫骨隧道冠状面角度( $65^{\circ} \sim 89^{\circ}$ )将 119 例分组,随访 4 个月,结果显示当角度  $> 75^{\circ}$  时,膝关节屈曲受限程度和移植物松弛均出现显著性增长,所以他们建议将胫骨隧道的角度设为  $75^{\circ}$  以下。Sanada 等<sup>[37]</sup>将胫骨隧道角度定为  $53^{\circ}$ ,并内翻、内旋胫骨,钻取胫骨隧道,术后采用 CT 三维重建,94 例采用改良 TT 法定位股骨隧道,92.6% (84/94) 骨隧道位于解剖位置,而非解剖性骨隧道主要与患者体重过大和胫骨后倾角过小有关。俞涵等<sup>[38]</sup>比较改良 TT 法与 AM 法重建 ACL,2 组均为 39 例,改良 TT 将矢状位上胫骨隧道与关节线角度调整为  $40^{\circ}$ ,2 组股骨隧道中心位置并无显著性差异。凡有非等<sup>[39]</sup>改良 TT 法将胫骨道与平台夹角定为  $40^{\circ}$ ,对 24 例改良 TT 法与 18 例 AM 法重建 ACL 随访 1 年,2 组患者 IKDC 评分 [ $(90.8 \pm 3.2)$  分 vs.  $(91.3 \pm 3.9)$  分,  $P = 0.42$ ]、Lysholm 评分 [ $(91.5 \pm 3.5)$  分 vs.  $(92.1 \pm 2.9)$  分,  $P = 0.34$ ],以及轴移试验阴性率 [ $87.5\%$  (21/24) vs.  $88.9\%$  (16/18)],  $P = 0.89$ ] 均无明显差异,且 CT 三维重建结果显示 2 组股骨隧道内口位置差异无统计学意义。因此,通过调整胫骨隧道角度的改良 TT 法定位股骨隧道与 AM 法无明显差异,均可实现解剖重建。

## 5.3 与前内侧入路联合定位股骨隧道

第 3 种改良 TT 方法是在定位股骨隧道时避免对胫骨隧道的依赖。临床上采取一种与 AM 联合的混合经胫骨隧道技术 (hybrid transtibial, HTT)<sup>[40]</sup>。该方法通过前内侧入路置入探路者导向器,通过胫骨隧道置入柔性导丝并固定于导向器的开口槽中,柔性导丝尖端指向股骨 ACL 足印区,最后沿导丝采用空心软钻制作股骨隧道<sup>[41]</sup>。由于不受胫骨隧道的限制,该导向器定位可以更接近 ACL 解剖止

点<sup>[42]</sup>。

Jennings 等<sup>[43]</sup>在 36 具尸体膝关节上采取 HTT 法、传统 TT 法与 AM 法建立股骨隧道,HTT 法定位的股骨隧道与 ACL 股骨足印区中心距离小于 1 mm,且 HTT 法覆盖 ACL 股骨足印区的面积显著大于 TT 法和 AM 法 (HTT 法:  $93.9\% \pm 5.6\%$ ; TT 法:  $37.0\% \pm 28.6\%$ ; AM 法:  $79.7\% \pm 7.7\%$ ); 同时 HTT 法能避免 AM 法钻取股骨隧道过短的缺点,隧道长度与 TT 法相似 [HTT 法 ( $38.5 \pm 2.0$ ) mm, TT 法 ( $42.6 \pm 2.8$ ) mm, AM 法 ( $31.6 \pm 1.6$ ) mm], 可实现最佳的移植物解剖性定位,是 TT 法改良和发展的重要方向。

Trofa 等<sup>[44]</sup>对 HTT 法、TT 法和 AM 法重建 ACL 各 10 例进行随机对照研究,随访 6 个月,CT 三维重建显示 HTT 法与 AM 法建立的股骨隧道位置无显著性差异,TT 法建立股骨隧道在髁间窝的位置更高和更浅。此外,TT 法建立股骨长度最长,HTT 法建立股骨隧道长度长于 AM 法 [TT 法 ( $54.1 \pm 9.9$ ) mm, HTT 法 ( $41.6 \pm 4.1$ ) mm, AM 法 ( $35.2 \pm 1.6$ ) mm], 所以他们认为 HTT 法兼具 TT 法和 AM 法的优点。

## 6 小结和展望

TT 法是一种经典且常用的股骨隧道定位及制作技术,具有创伤小、操作简便、重复性高的优点。然而,传统 TT 法受限于胫骨隧道,与 AM 法和 OI 法相比,制作的股骨隧道位置往往偏高,难以获得解剖重建,在恢复较好的前向稳定性同时,控制旋转稳定性不足。考虑到 TT 法在既往长期临床应用中显示的便利性和有效性,可通过对传统 TT 法进行改良:选用更偏内的胫骨隧道起点、降低胫骨隧道斜率和联合前内侧辅助入路定位股骨隧道 (HTT 法) 等,使其同样能实现 ACL 的解剖重建。HTT 法结合 TT 法和 AM 法的优点,精准解剖定位并获得合适的股骨隧道长度,同时避免胫骨隧道可能较短的问题,具有较好的临床研究及应用前景。

## 参考文献

- 1 刘阳,王永健,余家阔. 前交叉韧带股骨止点高密度纤维分布区的三维磁共振定位研究. 中国微创外科杂志, 2021, 21 (3): 261 - 266.
- 2 Metso L, Nyrhinen KM, Bister V, et al. Comparison of clinical

- results of anteromedial and transtibial femoral tunnel drilling in ACL reconstruction. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1) :341.
- 3 冯建豪,陈世益,敖英芳,等.美国骨科医师协会《前十字韧带损伤治疗循证临床实践指南(2022 版)》解读. *中华骨科杂志*, 2023, 43 (3) :205 – 212.
  - 4 Bowman EN, Freeman TH, Limpisvasti O, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction femoral tunnel drilling preference among orthopaedic surgeons. *Knee*, 2021, 29 :564 – 570.
  - 5 Eysturoy NH, Nielsen TG, Lind MC. Anteromedial portal drilling yielded better survivorship of anterior cruciate ligament reconstructions when comparing recent versus early surgeries with this technique. *Arthroscopy*, 2019, 35 (1) :182 – 189.
  - 6 Vijayan S, Kyalakond H, Kulkarni MS, et al. Clinical outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with modified transtibial and anteromedial portal. *Musculoskelet Surg*, 2023, 107 (1) :37 – 45.
  - 7 Dandy DJ, Flanagan JP, Steenmeyer V. Arthroscopy and the management of the ruptured anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res*, 1982, (167) :43 – 49.
  - 8 Robin BN, Lubowitz JH. Disadvantages and advantages of transtibial technique for creating the anterior cruciate ligament femoral socket. *J Knee Surg*, 2014, 27 (5) :327 – 330.
  - 9 Moon HS, Song SY, Oh JU, et al. Effects of modified trans-tibial versus trans-portal technique on stress patterns around the femoral tunnel in anatomical single-bundle ACL reconstruction with different knee flexion angles using finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23 (1) :759.
  - 10 Jin W, Cai J, Sheng D, et al. Establishment of near and non isometric anterior cruciate ligament reconstruction with artificial ligament in a rabbit model. *J Orthop Translat*, 2021, 29 :78 – 88.
  - 11 Lubowitz JH. Anatomic ACL reconstruction produces greater graft length change during knee range-of-motion than transtibial technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22 (5) :1190 – 1195.
  - 12 Jin S, Wang L, Zhou S. Comparative study of the modified transtibial technique and the transportal technique in anterior cruciate ligament reconstruction. *Ann Palliat Med*, 2022, 11 (7) :2360 – 2367.
  - 13 Lidén M, Sernert N, Rostgård-Christensen L, et al. Osteoarthritic changes after anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone or hamstring tendon autografts: A retrospective, 7-year radiographic and clinical follow-up study. *Arthroscopy*, 2008, 24 (8) :899 – 908.
  - 14 Fu FH, Karlsson J. A long journey to be anatomic. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2010, 18 (9) :1151 – 1153.
  - 15 张壮岱,杨永兴,冯志军,等.关节镜下非解剖型与理想化重建前交叉韧带治疗膝关节前交叉韧带断裂的临床效果观察. *临床误诊误治*, 2019, 32 (5) :82 – 87.
  - 16 Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthroscopy*, 2007, 23 (12) :1326 – 1333.
  - 17 Manderle BJ, Beletsky A, Gorodischer T, et al. Transtibial anterior cruciate ligament reconstruction: Tips for a successful anatomic reconstruction. *Arthrosc Tech*, 2021, 10 (12) :e2783 – e2788.
  - 18 Gougoulas N, Khanna A, Griffiths D, et al. ACL reconstruction: Can the transtibial technique achieve optimal tunnel positioning? A radiographic study. *Knee*, 2008, 15 (6) :486 – 490.
  - 19 Heming JF, Rand J, Steiner ME. Anatomical limitations of transtibial drilling in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2007, 35 (10) :1708 – 1715.
  - 20 耿云航,刘晓阳,徐强,等.经胫骨隧道入路与前内入路重建前交叉韧带比较. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2018, 12 (3) :16 – 22.
  - 21 Cuzzolin M, Previtali D, Delcogliano M, et al. Independent versus transtibial drilling in anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis with meta-regression. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9 (7) :23259671211015616.
  - 22 Robinson J, Inderhaug E, Harlem T, et al. Anterior cruciate ligament femoral tunnel placement: An analysis of the intended versus achieved position for 221 international high-volume ACL surgeons. *Am J Sports Med*, 2020, 48 (5) :1088 – 1099.
  - 23 Kopf S, Forsythe B, Wong AK, et al. Transtibial ACL reconstruction technique fails to position drill tunnels anatomically in vivo 3d ct study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20 (11) :2200 – 2207.
  - 24 Loucas M, Loucas R, D'Ambrosi R, et al. Clinical and radiological outcomes of anteromedial portal versus transtibial technique in ACL reconstruction: A systematic review. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9 (7) :23259671211024591.
  - 25 Brown MJC, Klemm HJ, Webster KE, et al. Effect of age and femoral tunnel drilling technique on the prevalence of intra-articular pathology at both primary and revision ACL reconstruction. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11 (11) :23259671231209074.
  - 26 Brandenburg SR, Matelic TM. Loss of internal tibial rotation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedics*, 2018, 41 (1) :e22 – e26.
  - 27 Tashman S, Collon D, Anderson K, et al. Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2004, 32 (4) :975 – 983.
  - 28 Perelli S, Morales-Avalos R, Formagnana M, et al. Lateral extraarticular tenodesis improves stability in non-anatomic ACL reconstructed knees: In vivo kinematic analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2022, 30 (6) :1958 – 1966.
  - 29 Li R, Li T, Zhang Q, et al. Comparison of clinical outcomes between anteromedial and transtibial techniques of single-bundle



anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis. J Sports Sci Med, 2021, 20(2): 237 – 249.

30 Hussin EA, Aldaheri A, Alharbi H, et al. Modified transtibial versus anteromedial portal techniques for anterior cruciate ligament reconstruction, a comparative study. Open Access J Sports Med, 2018, 9: 199 – 213.

31 Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 1995, 11(3): 275 – 288.

32 Golish SR, Baumfeld JA, Schoderbek RJ, et al. The effect of femoral tunnel starting position on tunnel length in anterior cruciate ligament reconstruction: A cadaveric study. Arthroscopy, 2007, 23(11): 1187 – 1192.

33 Lee DW, Kim JG, Lee JH, et al. Comparison of modified transtibial and outside-in techniques in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 2018, 34(10): 2857 – 2870.

34 Tomihara T, Hashimoto Y, Taniuchi M, et al. Shallow knee flexion angle during femoral tunnel creation using modified transtibial technique can reduce femoral graft bending angle in ACL reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(2): 618 – 625.

35 Manocha RK, Bhounik ID, Modi V. A comparative study of a new “off-centre; Off-centre” technique of transtibial ACL reconstruction with “centre; Centre” transportal ACL reconstruction. J Clin Orthop Trauma, 2020, 11( Suppl 3): S346 – S353.

36 Howell SM, Gittins ME, Gottlieb JE, et al. The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 2001, 29(5): 567 – 574.

37 Sanada T, Iwaso H, Honda E, et al. A modified anatomic transtibial double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction provides reliable bone tunnel positioning. Arthrosc Sports Med

Rehabil, 2022, 4(2): e435 – e445.

38 俞 涵, 黄成龙, 陈嘉毅, 等. 基于 Mimics 的三维 CT 重建评估不同技术重建前交叉韧带的骨隧道位置. 中国骨伤, 2021, 34(12): 1126 – 1131.

39 凡有非, 夏 胜, 尤 琳, 等. 前交叉韧带重建中不同入路制备股骨骨道的对比研究. 中国运动医学杂志, 2019, 38(10): 839 – 844.

40 Jarvis DL, Vance DD, Reinke EK, et al. Hybrid transtibial femoral preparation for transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction: A radiographic comparison with the transtibial and anteromedial portal techniques. Orthop J Sports Med, 2021, 9(11): 23259671211054509.

41 Johnston TR, Hu J, Gregory B, et al. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction using hybrid transtibial femoral drilling and a quadriceps tendon autograft. Arthrosc Tech, 2020, 9(8): e1121 – e1131.

42 Saltzman BM, Wang S, Habet NA, et al. The hybrid transtibial technique for femoral tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstruction: A finite element analysis model of graft bending angles and peak graft stresses in comparison with transtibial and anteromedial portal techniques. J Am Acad Orthop Surg, 2022, 30(18): e1195 – e1206.

43 Jennings JK, Leas DP, Fleischli JE, et al. Transtibial versus anteromedial portal ACL reconstruction: Is a hybrid approach the best? Orthop J Sports Med, 2017, 5(8): 2325967117719857.

44 Trofa DP, Saltzman BM, Corpus KT, et al. A hybrid transtibial technique combines the advantages of anteromedial portal and transtibial approaches: A prospective randomized controlled trial. Am J Sports Med, 2020, 48(13): 3200 – 3207.

( 收稿日期: 2023 – 08 – 14 )

( 修回日期: 2023 – 11 – 19 )

( 责任编辑: 李贺琼 )