

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20210553

· 综述 ·

前交叉韧带联合前外侧结构重建的研究进展

姚 盖, 周至游, 刘 洋, 汪滋民*

海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院关节骨病外科, 上海 200433

[摘要] 前交叉韧带撕裂是临床常见的损伤, 其重建手术历经数十年的发展已经达到非常成熟的水平, 单束重建、双束重建均有良好的临床效果。但随着病例的积累, 前交叉韧带重建术后旋转不稳定和轴移试验阳性问题越来越受到关注, 前外侧结构的联合重建成为解决这个问题的有效方法。本文综述了前外侧结构的解剖学研究、类等长点研究及前交叉韧带和前外侧结构联合重建的手术指征、手术方法等。

[关键词] 前交叉韧带; 前外侧结构; 前外侧韧带; 重建

[中图分类号] R 684.7 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-1338(2022)04-0414-09

Anterior cruciate ligament combined with anterolateral structure reconstruction: research progress

YAO Gai, ZHOU Zhi-you, LIU Yang, WANG Zi-min*

Department of Osteoarthropathy, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] Anterior cruciate ligament (ACL) rupture is a common injury, and ACL reconstruction has reached a very mature level over the past decades. Techniques including single-bundle and double-bundle reconstruction can achieve good clinical results. However, more attention has been paid to ACL combined with anterolateral structure (ALS) reconstruction for better control of rotational laxity and the pivot shift phenomenon. This paper reviews the studies of anatomy and isometry of ALS, and the surgical indications and techniques for combined ACL and ALS reconstruction.

[Key words] anterior cruciate ligament; anterolateral structure; anterolateral ligament; reconstruction

[Acad J Naval Med Univ, 2022, 43(4): 414-422]

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 撕裂是骨科研究最多的损伤之一, 其在运动要求较高的群体中受关注程度更高^[1-3]。据统计, ACL 撕裂的年发病率为 68.6/10 万, 男性的发病率明显高于女性^[3]。ACL 撕裂会导致胫骨近端相对于股骨远端的前向和旋转松弛, 手术治疗可以稳定膝关节及防止关节软骨和半月板进一步损伤, 使其在患者日常生活和体育活动中最大限度地发挥功能。在过去的 50 多年里, 随着对 ACL 解剖和生物力学认识的提高, 前交叉韧带重建 (anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR) 的手术方式也不断丰富和进步, 已达到关节镜下解剖重建水平^[4]。但随着 ACLR 手术量的增多, 文献报道中 ACL 移植失败的病例也越来越多, 移植物再撕裂率高达 6%^[1,5]。而且研究表明, 目前单纯的 ACLR 技术不能有效减少旋转松弛^[6], ACLR 术后旋转不稳

定也受到更多外科医师的关注。多项研究通过轴移试验检测 ACLR 术后膝关节的旋转稳定性, 单束 ACLR 术后残余轴移阳性率为 10%~20%^[7-8]。关于双束 ACLR 技术控制旋转松弛的能力也有争议。Karikis 等^[9]和 Suomalainen 等^[10]比较了双束 ACLR 和单束 ACLR 的结果, 发现两者在轴移阳性率方面没有差异。Kernkamp 等^[11]报道 ACLR 术后轴移试验阳性的患者高达 25%, 而轴移试验阳性与更差的功能结果和患者满意度相关^[12], 患者膝关节不稳定也通常是由膝关节的轴移引起。因此, 为解决膝关节旋转不稳定问题, 前外侧结构 (anterolateral structure, ALS) 如髂胫束和前外侧韧带 (anterolateral ligament, ALL) 再次引起了大家的广泛关注。本文综述了 ALS 的解剖学研究、类等长点研究及 ACL 和 ALS 联合重建的手术指征、手术方法等。

[收稿日期] 2021-05-30

[接受日期] 2021-10-25

[基金项目] 军事医学创新工程专项(16CXZ011)。Supported by Special Fund for Military Medical Innovation Project (16CXZ011)。

[作者简介] 姚 盖, 硕士生。E-mail: 654944789@qq.com

*通信作者 (Corresponding author)。Tel: 021-31161708, E-mail: drwangzimin@126.com

1 ALS 的解剖学研究

关于 ALL 的解剖, 目前仍有争论。Ingham 等^[13]对 24 个不同动物物种的 58 个膝关节标本进行了解剖, 无一例标本发现 ALL。在对人体标本的研究中, ALL 的发现率也不尽相同, 为 12%~100%^[14-18]。Claes 等^[19] 2013 年报道了 ALL 的解剖结构, 再次引起了大家对 ALL 的研究热情, 大量的研究对 ALL 的解剖进行了探索, 但对其附着点的描述有很大差异 (图 1)。Watanabe 等^[17]对 94 具尸体进行了研究, 发现 ALL 在股骨、胫骨有不同的附着点, 并根据这些附着点位置的不同进行 ALL 分型。Daggett 等^[16]和 Dodds 等^[20]对 ALL 的解剖学研究发现, ALL 股骨附着点位于股骨外上髁后部和近端或直接在股骨外上髁上, 而 Claes 等^[19]则认为 ALL 的股骨附着点位于外侧副韧带附着点的稍前方。2014 年 Helito 等^[21]研究了 ALL 的影像学标志点, 认为在膝关节侧位片上, ALL 的股骨附着点大约位于外侧髁前后径的 47% (距前方), 布鲁门萨线下 3.7 mm; ALL 的胫骨附着点大约位于关节线下方 7.0 mm, 位于胫骨平台的 53.2% (距前方)。总体来看, 相对于股骨附着点的差异性, ALL 胫骨附着点的争议较小, 多位于 Gerdy 结节和腓骨头的中间。

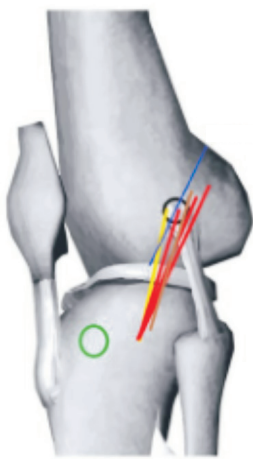


图 1 不同研究中 ALL 的解剖学结构示意图

Fig 1 Schematic diagram of anatomy of ALL in different studies

Black circle: Lateral femoral epicondyle; Green circle: Gerdy's tubercle; Yellow line: Study of Claes, et al^[19]; Red lines: Studies of Daggett, et al^[16] and Dodds, et al^[20]; Blue line: Blumensaat line; Brown line: Study of Helito, et al^[21]. ALL: Anterolateral ligament.

2 ALS 的类等长点研究

Zens 等^[22]在膝关节标本上使用高弹性电容性应变计固定在 ALL 的股骨和胫骨止点, 将膝关节标本在屈曲 0°~90°、内外旋 25°范围的不同角度被动活动, 测量记录 ALL 长度, 同时与 0°伸直中立位 ALL 长度对比, 得到相对长度变化。结果发现 ALL 是非等长韧带, 在内旋条件下, 长度随屈曲角度的增大而变长, 在膝关节屈曲 90°可以观察到最大长度。Helito 等^[23]用直径 2 mm 的金属针插入 ALL 的股骨和胫骨止点, 而后对膝关节标本在伸直位及屈曲 30°、60°、90°位分别进行 CT 扫描, 收集测量两点之间的距离。研究发现 ALL 在 0°~30°位平均长度增加 (3.99±4.7)%, 30°~60°位平均长度增加 (4.20±3.2)%, 60°~90°位平均长度增加 (7.45±4.8)%。结果表明 ALL 在膝关节活动时没有明显等长性, 因此在 ALL 重建过程中, 若固定点不在类等长点时, 重建后韧带的长度及张力会随着关节活动而有较大改变, 发生膝关节活动度受限、移植物撕裂或松弛等并发症, 导致对膝关节旋转稳定性控制不佳、术后残存轴移现象等。因此, 确定最合适的类等长点是 ALL 重建手术的关键。Kurosawa 等^[24]对膝关节外侧结构进行了等长点研究, 发现等长点位于胫骨的 Gerdy 结节至股骨干骺连接处的近端和后部 (图 2)。Sidles 等^[25]应用数字化仪器对膝关节韧带进行了等长点研究, 认为膝关节 ALL 的最等长位置位于胫骨的 Gerdy 结节和股骨外侧副韧带附着点的后方 (接近于股骨外上髁和软骨边缘的中点)。Krackow 和 Brooks^[26]在外侧关节外腱固定术 (lateral extra-articular tenodesis, LET) 的研究中所定位的股骨 F9 等长点 (距离外侧副韧带股骨附着点相对较远的近端和后部) 也受到许多研究者的认同, 但同时作者认为为了更好地功能重建, 胫骨等长点可适当移至 Gerdy 结节前方 (图 2)。由于类等长点研究大多是基于 LET 术式, 其胫骨等长点的定位多选择 Gerdy 结节, 而其股骨等长点的定位尚无一致意见。Kernkamp 等^[27]于 2017 年通过 MRI 及双平面 X 线片技术, 结合 ALL 解剖附着点进行了等长点研究, 认为股骨上最等长的附着点应位于外侧副韧带股骨附着点的后方和远端 (图 2)。然而, 由于对 ALL 解剖认识的差异, 基于 ALL 重建技术的类等长点探索还有许多不同的见解, 还需更多的研究结果提供可靠的依据。

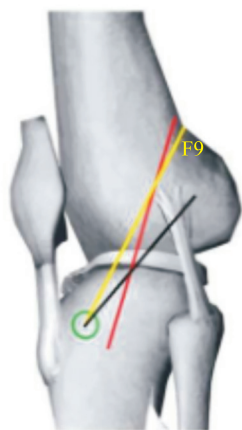


图2 不同研究中 ALL 的类等长点示意图

Fig 2 Schematic diagram of isometry of ALL in different studies

Green circle: Gerdy's tubercle; Red line: Study of Kurosawa, et al^[24]; Yellow line: Study of Krackow and Brooks^[26]; Black line: Study of Kernkamp, et al^[27]. ALL: Anterolateral ligament.

3 ACL 联合 ALS 重建的手术指征

准确识别单纯 ACL 重建术失败风险较高的患者是实施 ACL 联合 ALS 重建术的前提,也就是说将手术的必要性作为 ALS 重建的指征。正因如此,每个外科团队对 ALS 重建的理解不同,其适应证也不尽相同。

Vundelinckx 等^[28]采用的手术适应证:高度旋转松弛(轴移试验 II~III 度);年龄<25 岁;全身广泛韧带松弛;膝关节过伸>10°;有重返涉及旋转、接触等运动的愿望。Sonnerly-Cottet 等^[29]采用的手术适应证:年龄<30 岁;ACL 翻修术;慢性 ACL 损伤;参与涉及旋转的运动;轴移试验强阳性;内侧半月板修补;胫骨前移>7 mm;Segond 骨折。ALL 专家小组于 2017 年发表共识,认为对于进行 ACLR 的患者,不应常规进行 ALL 重建,但在符合 1 个决定性标准或 2 个次级标准时,考虑行 ACL 联合 ALS 重建^[30]。其决定性标准:ACL 翻修病例中有明显前外侧旋转不稳定者;初次 ACLR 术前轴移试验 II~III 度;影像学提示有 Segond 骨折;全身多韧带松弛(Beighton 评分≥4 分)或膝关节反屈(>10°);从事膝关节旋转活动的运动人群。次级标准:对侧 ACL 损伤;拉赫曼试验双膝差值>7 mm;MRI 扫描见深的股骨外侧髁切迹征;年龄<25 岁。

还有很多团队提出不同的标准,但综合来看,

ALS 重建比较共识的适应证至少应包括以下几点:

(1) 术前显著的轴移试验 II~III 度;(2) 从事旋转动作的高水平运动;(3) 有 Segond 骨折;(4) ACL 翻修术;(5) 全身广泛的韧带松弛或膝关节反屈。而年龄、拉赫曼试验双膝差值>7 mm、深的股骨外侧髁切迹征^[31]、合并外侧半月板根部损伤、慢性 ACL 损伤(病程>12 个月)等也应纳入 ALS 重建的考虑范围。

对于伴有过大胫骨平台后倾角(>12°)的初次 ACL 损伤,是否纳入 ALS 重建的适应证,目前尚无足够的证据。胫骨平台后倾角过大使 ACL 移植物受力增加,导致手术失败率增加,针对此类患者,有研究者认为胫骨近端前方闭合截骨术可以起到保护 ACL 移植物作用,并且可以防止胫骨前移,提高膝关节前后方向的稳定性^[32-33]。因此许多研究者将胫骨平台后倾角>12°的二次翻修手术纳入胫骨近端前方闭合截骨的手术指征^[34-35]。而 Hees 和 Petersen^[34]将胫骨平台后倾角>15°的初次 ACL 损伤纳入行 ACLR 联合胫骨近端前方闭合截骨术的考虑范围;Song 等^[32]对初次 ACL 损伤合并胫骨平台后倾角>15°、胫骨向前半脱位>10 mm、慢性半月板后角损伤(病程>6 个月)的患者进行了胫骨近端前方闭合截骨术,术后至少随访 2 年,认为初次 ACLR 合并胫骨近端前方闭合截骨可以很好地改善此类患者的膝关节稳定性。但对于初次 ACL 损伤合并胫骨平台后倾角过大的患者,行胫骨前方闭合截骨术的指征仍不明确。而 Rahneimai-Azar 等^[36]发现高度旋转松弛患者的胫骨平台后倾角显著增大;Brandon 等^[37]发现在轴移试验过程中,更大的胫骨平台后倾角会导致胫骨前向移位增加,最终导致高度轴移。换言之,高度轴移(轴移试验 II~III 度)患者中有一部分是由于胫骨后倾角过大所致,对于此类患者,采用 ALL 重建术、胫骨近端前方闭合截骨术还是两者联合的术式尚无定论,仍需要更多的研究来说明过大的胫骨平台后倾角与残余旋转不稳定性的关系,以及更多相关病例的随访观察结果证实以上术式的有效性。

4 ALS 重建的手术方法

许多研究表明膝关节 ALS 在限制膝关节前外侧旋转松弛方面具有重要作用^[38-39]。这些结构,特别是 ALL,可能是恢复膝关节正常运动功能的关

键^[38]。对ALL强度的研究有助于推测前外侧韧带重建术(anterolateral ligament reconstruction, ALLR)在控制胫骨旋转时所需的强度,并指导对移植物的选择。Wytrykowski等^[40]对13具尸体标本进行了研究,ALL的破坏载荷为141 N,股薄肌腱为200.7 N,髂胫束为161.1 N。因此在理论上,通常外周韧带移植物的强度足以进行ALLR,但股薄肌的刚度约是ALL的6倍(131.7 N/mm vs 21 N/mm),总体来说髂胫束的机械性能(刚度为39.9 N/mm)与ALL最为相似。也有报道使用人工合成材料重建ALS,同样取得良好的结果^[41]。从重建术式来看,ALS重建既可以独立于ACLR进行,也可以与ACL一体重建。

综合文献报道,ALS重建的具体方法大致可分为两大类:LET和ALLR。

4.1 LET LET被认为是功能性重建,而不是解剖重建,因为LET控制膝关节旋转松弛的原理不是重建一个明确定义的韧带,而是限制胫骨的过度内旋。根据LET所用移植物及术式的不同,主要有以下几种经典的手术方式。

4.1.1 Lemaire术 Lemaire术首次报道于1967年,此术式使用一条长18 cm、宽1 cm的髂胫束,远端附着于Gerdy结节上,通过2个骨隧道来固定这个移植物:股骨隧道位于股骨外上髁后上方,靠近外侧副韧带的附着处;胫骨隧道穿过胫骨近端外侧的Gerdy结节。移植物通过外侧副韧带下方穿过股骨隧道,然后从外侧副韧带下方通过,最后通过胫骨隧道回到Gerdy结节。移植物于膝关节中立位屈曲30°时与其自身编织缝合固定。

4.1.2 改良Lemaire术 为了简化经典的Lemaire术,许多术者对其进行了改良。在髂胫束中部获取宽1 cm移植物,保留其在Gerdy结节的远端附着点,向近端分离>10 cm并切断,缝线编织缝合游离端,将其穿过外侧副韧带深面,固定于外侧副韧带的股骨止点后上方,移植物于膝关节中立位屈曲60°时用挤压螺钉固定于股骨隧道内。

4.1.3 MacIntosh术 该术式是将髂胫束从中部切开,保留其在Gerdy结节的附着处。从外侧副韧带深部穿过,在肌间隔处形成环,然后于膝关节屈曲90°时缝合固定。

4.2 ALLR ALLR目前尚无统一术式,在骨隧道定位、移植物固定时膝关节屈曲角度、重建方式及移植物的固定方式等方面各有不同。

4.2.1 骨隧道定位 (1) 股骨隧道定位。由于解剖学认识的不同,在报道的手术技术中,股骨隧道的定位大致分为2类,分别位于股骨外上髁或外侧副韧带的前方和后方。多数股骨隧道的定位位于股骨外上髁的后方。Helito等^[42]描述了在股骨外上髁后方和近端建立股骨隧道,布鲁门萨线下3~4 mm。Chahla等^[43]使用外侧副韧带止点近端和后部约5 mm的点。2017年,ALL专家共识建议在股骨外上髁近端8 mm和后部4 mm处建立股骨隧道^[30]。还有些学者选择在股骨外上髁和外侧副韧带附着点前侧进行股骨侧的固定^[41,44]。Katakura等^[45]选择12具新鲜冷冻的半骨盆下肢对不同股骨隧道定位的ALS重建后膝关节进行了生物力学研究,发现股骨隧道位置外上髁后方4 mm和近端8 mm处ALS重建在减少前外侧旋转不稳定性方面发挥了作用,在所测量的位置中最有效。Zhao等^[46]的ALS重建术在骨隧道定位的选择上与以上介绍的方式不同,联合双束ACLR,其ALS的股骨隧道定位于股骨外上髁的后方和远端,胫骨隧道定位于Gerdy结节中央。

(2) 胫骨隧道定位。与解剖学研究结果类似,胫骨隧道的选择较为统一。文献报道,胫骨隧道的位置大多位于Gerdy结节和腓骨中点,在外侧关节线下方5~10 mm处^[30,42,44,47-48]。ALLR的骨隧道定位示意图见图3。

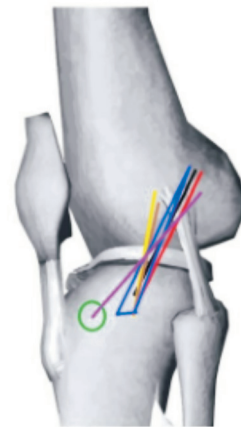


图3 ALLR的骨隧道定位示意图

Fig 3 Schematic diagram of bone tunnel positioning of ALLR. Green circle: Gerdy's tubercle; Red line: Chahla's technique^[43]; Black line: Helito's technique^[42]; Yellow line: Smith's technique^[44]; Brown line: Wagih's technique^[41]; Blue lines: Techniques from Anterolateral Ligament Expert Group^[30]; Purple line: Zhao's technique^[45]. ALLR: Anterolateral ligament reconstruction.

解剖和等长点的不一致导致了各种手术方式骨隧道位置选择的不同,亟待寻找一种理想方式。在大量研究基础上,有学者在解剖位置和等长位置之间取折衷点,建议胫骨隧道应建立在 Gerdy 结节和 ALL 插入点(Gerdy 结节与腓骨头中点)之间的线上,股骨隧道应建立在外上髁的近端和后方^[49]。这与上述的生物力学实验结果相一致。

4.2.2 移植物固定时膝关节屈曲角度 ALLR 固定的合适角度尚无一致意见。在屈膝 30°^[38]、45°~60°^[40]、60°~90°^[36]等角度固定韧带均有报道。Lutz^[49]采用在膝关节接近完全伸直、胫骨处于中立位时拉紧并固定韧带。ALL 专家小组^[24]也建议应当在伸直的中立位固定韧带。

4.2.3 重建方式 均可采用单束或双束重建,多数文献描述的是单束重建。ALL 专家小组的意见是在股骨端选择理想的位置后,在胫骨端使用双束(“X”形)结构,以模拟 ALL 原有的解剖结构^[24]。ALL 移植物在股骨侧可以与 ACL 共隧道,这样移植物可以一体化,ACL 部分粗,ALL 部分细(Zhao 等^[45]使用的技术),也可采用 2 条移植物、股骨双隧道分别重建 ALL 或 ACL。

4.2.4 移植物固定方式 在大多数文献中胫骨和股骨都采用同一种固定方式,有的采用界面螺钉固定韧带^[37,40],有的采用缝合锚钉^[36,38]。也有其他的移植物固定方式,如冯华团队在胫骨端使用“门”型钉固定,在股骨端使用挤压钉固定^[50]; Wagih 和 Elguindy^[41]采用纽扣钢板等。

5 ACLR 联合 ALS 重建术后的结果

理论上认为联合手术可以减少 ACL 移植物受力,起到保护 ACL 移植物的作用。既往的生物力学研究表明 ALS 具有稳定膝关节的作用,因此联合手术可能会降低移植物撕裂率、提高膝关节旋转稳定性,并使患者最终恢复到受伤前的运动水平也成为我们的预期。

5.1 ACLR 联合 LET 的临床结果 多项研究进行了单独 ACLR 与 ACLR 联合 LET 的结果比较,其中绝大多数为小型回顾性研究,为数不多的前瞻性研究纳入的患者数量也较少。Rezende 等^[51]的 meta 分析发现单独 ACLR 和 ACLR 联合 LET 手术的移植物撕裂率没有差异。而另有研究表明,当同时进行 LET,移植物再撕裂率有降低的趋势。Noyes 等^[52]

发现 ACLR 联合 LET 时表现出明显较低的移植物再撕裂率。在旋转控制方面, Song 等^[53]分析了 7 项研究共 326 例患者的资料,发现接受 ACLR 联合 LET 治疗患者的残余轴移阳性率(13.3%)显著低于仅接受 ACLR 治疗的患者(27.2%)。Rezende 等^[51]还发现,与接受联合手术的患者相比,接受单独 ACLR 的患者国际膝关节文献委员会(International Knee Documentation Committee, IKDC)评分没有差异;两组的 Tegner-Lysholm 活动评分或能够恢复到先前活动水平的患者比例差异也均无统计学意义。从既往研究来看,施行 LET 术往往会有加速骨关节炎进展的困扰^[54]。有报道称,LET 尤其是在前外侧关节囊完整的情况下^[55]会导致内旋过度受限,从而导致胫骨关节间隙变小,加速骨关节炎进展。Yamaguchi 等^[56]发现,在 ACLR 联合 LET 术后 24 年的随访中,71% 的患者出现中度或重度骨关节炎,明显高于单纯 ACLR 的 16%。然而,近年来 Ferretti 等^[57]对接受 LET 术的患者进行了至少 10 年的随访,结果证明联合 LET 术不会增加骨关节炎的风险。这也与其他一些研究结论^[58-59]一致,先前报道的骨关节炎发病率增加的可能原因是术后过于谨慎的康复方案,如术后 2 个月石膏固定,其他潜在的因素还包括屈曲位固定、胫骨外旋固定等。

5.2 ACLR 联合 ALLR 的临床结果 Sonnery-Cottet 等^[60]对 502 例患者进行的一项前瞻性对照研究表明,平均随访 38.4 个月,单纯 ACLR 中腘绳肌腱移植的撕裂率为 10.77% (范围 6.60%~17.32%),骨-髌腱-骨移植的撕裂率为 16.77% (范围 9.99%~27.40%),联合 ACLR 和 ALLR (腘绳肌)移植的断裂率为 4.13% (范围 2.17%~7.80%),认为联合 ALLR 可显著降低 ACLR 术后移植物的撕裂率。93% 的患者在最后 1 次随访中恢复了运动功能,恢复至伤前自我描述运动水平的患者比例为 64.6% (272/421)。他们的另一项至少 2 年随访的观察研究发现,术前 41 例患者有 I 度轴移,23 例有 II 度轴移,19 例有 III 度轴移;术后 76 例患者轴移阴性(0 度),7 例为 I 度 ($P < 0.000 1$),证明联合 ALLR 可以有效降低术后轴移阳性率^[61]。有报道指出在目前的研究中,ACLR 联合 ALLR 未观察到既往联合 LET 术相关的膝关节僵硬和高再手术率^[62]。

5.3 ACLR 联合 LET 与 ACLR 联合 ALLR 术后

临床结果比较 Ra 等^[63]的一项 meta 分析结果表明, ACLR 联合 LET 术后 II 度或 III 度轴移的患者比例高于 ALLR 联合 ACLR (10.8% vs 1.5%), 但两组 Lysholm 评分的改善相似 (32.3 分 vs 25.7 分), 说明这 2 种术式均能有效改善膝关节术后功能, 但 ALLR 在术后旋转稳定性上较 LET 更具有优势。

6 小结与展望

总的来看, ACLR 联合 ALS 重建术在控制膝关节旋转稳定性、降低移植物撕裂率和提高术后功能恢复等方面表现出优势。但由于对 ALS 的认识及相应重建技术的不统一, 需要对 ALS 尤其是 ALL 行进一步的解剖学和生物力学研究, 这将有助于提高重建技术水平。更多长期高水平的临床随访研究也是必要的, 以更加明确 ACL 联合 ALS 重建是否能改善目前 ACL 手术的效果。各种文献表明, ACLR 联合 ALLR 的临床效果要优于 ACLR 联合 LET, 且后者在既往报道中有较多的并发症, 如过度限制膝关节旋转、加速骨关节炎进展等, 虽然近年来有些研究提出了不同意见, 但这些并发症仍成为外科医师不敢轻易使用 ACLR 联合 LET 的原因, 也使得外科医师更多地转向对 ALL 的研究, 但 LET 在控制膝关节旋转稳定性上的作用不应被忽视, 在手术技术的开发过程中为我们提供了借鉴, 提示我们术中应当同时注重 ALL 的解剖、功能和类等长点。同时术前要严格适应证的选择, 在固定移植物时应尽量减小膝关节屈曲的角度、避免胫骨外旋时固定, 建立术后快优康复方案, 以减少术后关节僵硬、过度限制内旋等并发症的发生, 改善联合重建术后的效果。此外, 在移植物的选择上, 绝大多数文献报道采用的是自体髌胫束和腘绳肌腱, 极少提及人工韧带的使用, 更没有人工韧带重建 ALS 后的随访报道。但我们看到人工韧带在 ACLR 中的成功应用, 具有侵入性小、没有额外的移植物供体相关发病率、移植物较少松弛、固定方法安全、术后预防干预措施少等优点, 我们是否可以效仿这种应用, 结合自体韧带重建 ALL 的方式, 采取一体或分开的方式进行 ACL 和 ALS 的人工韧带重建。总之, ACL 联合 ALS 重建为进一步提高 ACL 损伤患者的功能恢复提供了思路和方向, 也有很多问题需要进一步的研究。相信随着实践的发展, 手

术技术会不断优化, 使患者更好、更快地回到社会生活。

[参考文献]

- [1] SANDERS T L, MARADIT KREMERS H, BRYAN A J, LARSON D R, DAHM D L, LEVY B A, et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study[J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44: 1502-1507.
- [2] SCHIFFNER E, LATZ D, GRASSMANN J P, SCHEK A, THELEN S, WINDOLF J, et al. Anterior cruciate ligament ruptures in German elite soccer players: epidemiology, mechanisms, and return to play[J]. *Knee*, 2018, 25: 219-225.
- [3] GRASSI A, MACCHIAROLA L, FILIPPINI M, LUCIDI G A, DELLA VILLA F, ZAFFAGNINI S. Epidemiology of anterior cruciate ligament injury in Italian first division soccer players[J]. *Sports Health*, 2020, 12: 279-288.
- [4] CHAMBAT P, GUIER C, SONNERY-COTTET B, FAYARD J M, THAUNAT M. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years[J]. *Int Orthop*, 2013, 37: 181-186.
- [5] MOHAN R, WEBSTER K E, JOHNSON N R, STUART M J, HEWETT T E, KRYCH A J. Clinical outcomes in revision anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis[J]. *Arthroscopy*, 2018, 34: 289-300.
- [6] MOHTADI N G, CHAN D S, DAINTY K N, WHELAN D B. Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults[J/OL]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011, 2011: CD005960. DOI: 10.1002/14651858.CD005960.pub2.
- [7] BJÖRNSSON H, SAMUELSSON K, SUNDEMO D, DESAI N, SERNERT N, ROSTGÅRD-CHRISTENSEN L, et al. A randomized controlled trial with mean 16-year follow-up comparing hamstring and patellar tendon autografts in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44: 2304-2313.
- [8] LEYS T, SALMON L, WALLER A, LINKLATER J, PINCZEWSKI L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts[J]. *Am J Sports Med*, 2012, 40: 595-605.
- [9] KARIKIS I, DESAI N, SERNERT N, ROSTGARD-CHRISTENSEN L, KARTUS J. Comparison of anatomic double- and single-bundle techniques for anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autografts[J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44: 1225-1236.

- [10] SUOMALAINEN P, JÄRVELÄ T, PAAKKALA A, KANNUS P, JÄRVINEN M. Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2012, 40: 1511-1518
- [11] KERNKAMP W A, LI G A, VAN DE VELDE S K. The anterolateral ligament: a closed chapter? [J/OL]. *Ann Transl Med*, 2016, 4(Suppl 1): S37. DOI: 10.21037/atm.2016.09.21.
- [12] KOCHER M S, STEADMAN J R, BRIGGS K, ZURAKOWSKI D, STERETT W I, HAWKINS R J. Determinants of patient satisfaction with outcome after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84: 1560-1572.
- [13] INGHAM S J M, DE CARVALHO R T, MARTINS C A Q, LERTWANICH P, ABDALLA R J, SMOLINSKI P, et al. Anterolateral ligament anatomy: a comparative anatomical study[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25: 1048-1054.
- [14] STIJAK L, BUMBAŠIREVIĆ M, RADONJIĆ V, KADIJA M, PUŠKAŠ L, MILOVANOVIĆ D, et al. Anatomic description of the anterolateral ligament of the knee[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24: 2083-2088.
- [15] HELITO C P, DEMANGE M K, BONADIO M B, TÍRICO L E P, GOBBI R G, PÉCOR A J R, et al. Anatomy and histology of the knee anterolateral ligament[J/OL]. *Orthop J Sports Med*, 2013, 1: 2325967113513546. DOI: 10.1177/2325967113513546.
- [16] DAGGETT M, OCKULY A C, CULLEN M, BUSCH K, LUTZ C, IMBERT P, et al. Femoral origin of the anterolateral ligament: an anatomic analysis[J]. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*, 2016, 32: 835-841.
- [17] WATANABE J, SUZUKI D, MIZOGUCHI S, YOSHIDA S, FUJIMIYA M. The anterolateral ligament in a Japanese population: study on prevalence and morphology[J]. *J Orthop Sci*, 2016, 21: 647-651.
- [18] SHEA K G, POLOUSKY J D, JACOBS J C Jr, YEN Y M, GANLEY T J. The anterolateral ligament of the knee: an inconsistent finding in pediatric cadaveric specimens[J/OL]. *J Pediatr Orthop*, 2016, 36: e51-e54. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000616.
- [19] CLAES S, VEREECKE E, MAES M, VICTOR J, VERDONK P, BELLEMANS J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee[J]. *J Anat*, 2013, 223: 321-328.
- [20] DODDS A L, HALEWOOD C, GUPTE C M, WILLIAMS A, AMIS A A. The anterolateral ligament: anatomy, length changes and association with the Segond fracture[J]. *Bone Joint J*, 2014, 96-B(3): 325-331.
- [21] HELITO C P, DEMANGE M K, BONADIO M B, TIRICO L E P, GOBBI R G, PÉCOR A J R, et al. Radiographic landmarks for locating the femoral origin and tibial insertion of the knee anterolateral ligament[J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42: 2356-2362.
- [22] ZENS M, NIEMEYER P, RUHHAMMER J, BERNSTEIN A, WOIAS P, MAYR H O, et al. Length changes of the anterolateral ligament during passive knee motion: a human cadaveric study[J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43: 2545-2552.
- [23] HELITO C P, HELITO P V P, BONADIO M B, DA MOTA E ALBUQUERQUE R F, BORDALO-RODRIGUES M, PÉCOR A J R, et al. Evaluation of the length and isometric pattern of the anterolateral ligament with serial computer tomography[J/OL]. *Orthop J Sports Med*, 2014, 2: 2325967114562205. DOI: 10.1177/2325967114562205.
- [24] KUROSAWA H, YASUDA K, YAMAKOSHI K, KAMIYA A, KANEDA K. An experimental evaluation of isometric placement for extraarticular reconstructions of the anterior cruciate ligament[J]. *Am J Sports Med*, 1991, 19: 384-388.
- [25] SIDLES J A, LARSON R V, GARBINI J L, DOWNEY D J, MATSEN F A I. Ligament length relationships in the moving knee[J]. *J Orthop Res*, 1988, 6: 593-610.
- [26] KRACKOW K A, BROOKS R L. Optimization of knee ligament position for lateral extraarticular reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 1983, 11: 293-302.
- [27] KERNKAMP W A, VAN DE VELDE S K, TSAI T Y, VAN ARKEL E R A, ASNIS P D, NELISSEN R G H H, et al. An *in vivo* simulation of isometry of the anterolateral aspect of the healthy knee[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99: 1111-1118.
- [28] VUNDELINCKX B, HERMAN B, GETGOOD A, LITCHFIELD R. Surgical indications and technique for anterior cruciate ligament reconstruction combined with lateral extra-articular tenodesis or anterolateral ligament reconstruction[J]. *Clin Sports Med*, 2017, 36: 135-153.
- [29] SONNERY-COTTET B, VIEIRA T D, OUANEZAR H. Anterolateral ligament of the knee: diagnosis, indications, technique, outcomes[J]. *Arthroscopy*, 2019, 35: 302-303.
- [30] SONNERY-COTTET B, DAGGETT M, FAYARD J M, FERRETTI A, HELITO C P, LIND M, et al. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament—deficient knee[J]. *J Orthop Traumatol*, 2017, 18: 91-106.
- [31] COBBY M J, SCHWEITZER M E, RESNICK D. The deep lateral femoral notch: an indirect sign of a torn anterior cruciate ligament[J]. *Radiology*, 1992, 184: 855-858.
- [32] SONG G Y, NI Q K, ZHENG T, ZHANG Z J, FENG H,

- ZHANG H. Slope-reducing tibial osteotomy combined with primary anterior cruciate ligament reconstruction produces improved knee stability in patients with steep posterior tibial slope, excessive anterior tibial subluxation in extension, and chronic meniscal posterior horn tears[J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48: 3486-3494.
- [33] GRASSI A, MACCHIAROLA L, URRIZOLA BARRIENTOS F, ZICARO J P, COSTA PAZ M, ADRAVANTI P, et al. Steep posterior tibial slope, anterior tibial subluxation, deep posterior lateral femoral condyle, and meniscal deficiency are common findings in multiple anterior cruciate ligament failures: an MRI case-control study[J]. *Am J Sports Med*, 2019, 47: 285-295.
- [34] HEES T, PETERSEN W. Anterior closing-wedge osteotomy for posterior slope correction[J/OL]. *Arthrosc Tech*, 2018, 7: e1079-e1087. DOI: 10.1016/j.eats.2018.07.003.
- [35] SONNERY-COTTET B, MOGOS S, THAUNAT M, ARCHBOLD P, FAYARD J M, FREYCHET B, et al. Proximal tibial anterior closing wedge osteotomy in repeat revision of anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42: 1873-1880.
- [36] RAHNEMAI-AZAR A A, ABEBE E S, JOHNSON P, LABRUM J, FU F H, IRRGANG J J, et al. Increased lateral tibial slope predicts high-grade rotatory knee laxity pre-operatively in ACL reconstruction[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25: 1170-1176.
- [37] BRANDON M L, HAYNES P T, BONAMO J R, FLYNN M I, BARRETT G R, SHERMAN M F. The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22: 894-899.
- [38] MONACO E, FERRETTIA, LABIANCAL, MAESTRI B, SPERANZA A, KELLY M J, et al. Navigated knee kinematics after cutting of the ACL and its secondary restraint[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20: 870-877.
- [39] KAPLAN E B. The iliotibial tract; clinical and morphological significance[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1958, 40-A(4): 817-832.
- [40] WYTRYKOWSKI K, SWIDER P, REINA N, MURGIER J, LAFFOSSE J M, CHIRON P, et al. Cadaveric study comparing the biomechanical properties of grafts used for knee anterolateral ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 2016, 32: 2288-2294.
- [41] WAGIH A M, ELGUINDY A M F. Percutaneous reconstruction of the anterolateral ligament of the knee with a polyester tape[J/OL]. *Arthrosc Tech*, 2016, 5: e691-e697. DOI: 10.1016/j.eats.2016.02.028.
- [42] HELITO C P, BONADIO M B, GOBBI R G, DA MOTA E ALBUQUERQUE R F, PÉCORÁ J R, CAMANHO G L, et al. Combined intra- and extra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament: the reconstruction of the knee anterolateral ligament[J/OL]. *Arthrosc Tech*, 2015, 4: e239-e244. DOI: 10.1016/j.eats.2015.02.006.
- [43] CHAHLA J, MENGE T J, MITCHELL J J, DEAN C S, LAPRADE R F. Anterolateral ligament reconstruction technique: an anatomic-based approach[J/OL]. *Arthrosc Tech*, 2016, 5: e453-e457. DOI: 10.1016/j.eats.2016.01.032.
- [44] SMITH J O, YASEN S K, LORD B, WILSON A J. Combined anterolateral ligament and anatomic anterior cruciate ligament reconstruction of the knee[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23: 3151-3156.
- [45] KATAKURA M, KOGA H, NAKAMURA T, ARAKI D, NAGAI K, NISHIDA K, et al. Biomechanical effects of additional anterolateral structure reconstruction with different femoral attachment sites on anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2019, 47: 3373-3380.
- [46] ZHAO J Z, QIU J Y, CHEN J B, XU J J. Combined double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction and anterior cruciate ligament-mimicking anterolateral structure reconstruction[J/OL]. *Arthrosc Tech*, 2020, 9: e1141-e1146. DOI: 10.1016/j.eats.2020.04.013.
- [47] FERREIRA M, ZIDAN F F, MIDUATI F B, FORTUNA C C, MIZUTANI B M, ABDALLA R J. Reconstruction of anterior cruciate ligament and anterolateral ligament using interlinked hamstrings—technical note[J]. *Rev Bras Ortop*, 2016, 51: 466-470.
- [48] SONNERY-COTTET B, BARBOSA N C, TUTEJA S, DAGGETT M, KAJETANEK C, THAUNAT M. Minimally invasive anterolateral ligament reconstruction in the setting of anterior cruciate ligament injury[J/OL]. *Arthrosc Tech*, 2016, 5: e211-e215. DOI: 10.1016/j.eats.2015.11.005.
- [49] LUTZ C. Role of anterolateral reconstruction in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2018, 104: S47-S53.
- [50] 吴关,洪雷,沈杰威,宋关阳,冯华.前外侧韧带重建术治疗合并高度轴移的前交叉韧带损伤:手术技术及早期随访结果[J]. *中国运动医学杂志*, 2018, 37: 14-18.
- [51] REZENDE F C, DE MORAES V Y, MARTIMBIANCO A L C, LUZO M V, DA SILVEIRA FRANCIOZI C E, BELLOTI J C. Does combined intra- and extraarticular ACL reconstruction improve function and stability? A meta-analysis[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473: 2609-2618.
- [52] NOYES F R, BARBER S D. The effect of an extra-articular procedure on allograft reconstructions for chronic ruptures of the anterior cruciate ligament[J]. *J*

- Bone Joint Surg Am, 1991, 73: 882-892.
- [53] SONG G Y, HONG L, ZHANG H, ZHANG J, LI Y, FENG H. Clinical outcomes of combined lateral extra-articular tenodesis and intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction in addressing high-grade pivot-shift phenomenon[J]. Arthroscopy, 2016, 32: 898-905.
- [54] CASTOLDI M, MAGNUSSEN R A, GUNST S, BATAILLER C, NEYRET P, LUSTIG S, et al. A randomized controlled trial of bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction with and without lateral extra-articular tenodesis: 19-year clinical and radiological follow-up[J]. Am J Sports Med, 2020, 48: 1665-1672.
- [55] SCHON J M, MOATSHE G, BRADY A W, CRUZ R S, CHAHLA J, DORNAN G J, et al. Anatomic anterolateral ligament reconstruction leads to overconstraint at any fixation angle: response[J]. Am J Sports Med, 2016, 44: NP58-NP59.
- [56] YAMAGUCHI S, SASHO T, TSUCHIYA A, WADA Y, MORIYA H. Long term results of anterior cruciate ligament reconstruction with iliotibial tract: 6-, 13-, and 24-year longitudinal follow-up[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2006, 14: 1094-1100.
- [57] FERRETTI A, MONACO E, PONZO A, BASIGLINI L, IORIO R, CAPERNA L, et al. Combined intra-articular and extra-articular reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knee: 25 years later[J]. Arthroscopy, 2016, 32: 2039-2047.
- [58] MARCACCI M, ZAFFAGNINI S, GIORDANO G, LACONO, PRESTI M L. Anterior cruciate ligament reconstruction associated with extra-articular tenodesis: a prospective clinical and radiographic evaluation with 10- to 13-year follow-up[J]. Am J Sports Med, 2009, 37: 707-714.
- [59] SONNERY-COTTET B, BARBOSA N C, VIEIRA T D, SAITHNA A. Clinical outcomes of extra-articular tenodesis/anterolateral reconstruction in the ACL injured knee[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26: 596-604.
- [60] SONNERY-COTTET B, SAITHNA A, CAVALIER M, KAJETANEK C, TEMPONI E F, DAGGETT M, et al. Anterolateral ligament reconstruction is associated with significantly reduced ACL graft rupture rates at a minimum follow-up of 2 years: a prospective comparative study of 502 patients from the SANTI study group[J]. Am J Sports Med, 2017, 45: 1547-1557.
- [61] SONNERY-COTTET B, THAUNAT M, FREYCHET B, PUPIM B H B, MURPHY C G, CLAES S. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up[J]. Am J Sports Med, 2015, 43: 1598-1605.
- [62] THAUNAT M, CLOWEZ G, SAITHNA A, CAVALIER M, CHOUDJA E, VIEIRA T D, et al. Reoperation rates after combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction: a series of 548 patients from the SANTI Study Group with a minimum follow-up of 2 years[J]. Am J Sports Med, 2017, 45: 2569-2577.
- [63] RA H J, KIM J H, LEE D H. Comparative clinical outcomes of anterolateral ligament reconstruction versus lateral extra-articular tenodesis in combination with anterior cruciate ligament reconstruction: systematic review and meta-analysis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2020, 140: 923-931.

[本文编辑] 商素芳