

两种股骨隧道固定方式对前交叉韧带重建的疗效分析

肖俞臣, 江安努尔·这依肯*, 卡斯丁·哈山, 段磊, 阿里木别尔迪·卡米力江, 阿依旦·艾力合买提

伊犁哈萨克自治州中医医院骨科, 新疆 伊宁

收稿日期: 2024年3月25日; 录用日期: 2024年4月19日; 发布日期: 2024年4月25日

摘要

目的: 比较两种股骨隧道固定方式对前交叉韧带重建的疗效分析。方法: 本研究回顾性分析2017年6月至2020年6月在本院就我院开展的两种ACLR固定方式, 比较在术前、术后6月、术后12月VAS评分评估患肢疼痛分级, 采用Kujala评分及Lysholm评分评估患者术前、术后6月、术后12月膝关节功能。通过膝关节屈膝角度评估膝关节恢复角度。结果: 在手术后, 两组病人的Kujala和Lysholm评分都显著超过了手术前, 他们的膝关节疼痛和活动受限得到了显著改善。观察组和对照组在手术前后的6月份进行了统计学分析, 结果显示Kujala和Lysholm评分的差异并无统计学意义($P > 0.05$)。然而, 在手术后的12月份, Kujala和Lysholm评分的差异在统计学上是有意义的($P < 0.05$)。在手术前后, 观察组和对照组的膝关节活动度在6月和12月进行了统计学分析, 但是VAS评分的差异并没有统计学上的显著性($P > 0.05$)。在手术前后, 观察组和对照组的膝关节活动度进行了统计学分析, 但是差异并没有统计学上的显著性($P > 0.05$)。结论: 综上所述, 关节镜下采用Endobutton钢板固定和Rigidfix系统修复重建ACL效果均确切, Rigidfix在术后12月其效果更显著。

关键词

前交叉韧带重建, 股骨隧道固定, Endobutton, Rigidfix, VAS评分

Analysis of the Efficacy of Two Femoral Tunnel Fixation Modalities for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Yuchen Xiao, Jiangannuer·Zhiyiken*, Kastin·Hashan, Lei Duan, Alimubiekaer·Kamilijiang, Ayidan·Alihemaiti

Department of Orthopedics, Yili Kazakh Autonomous Prefecture Hospital of Traditional Chinese Medicine, Yining Xinjiang

*通讯作者。

文章引用: 肖俞臣, 江安努尔·这依肯, 卡斯丁·哈山, 段磊, 阿里木别尔迪·卡米力江, 阿依旦·艾力合买提. 两种股骨隧道固定方式对前交叉韧带重建的疗效分析[J]. 临床医学进展, 2024, 14(4): 1953-1960.

DOI: 10.12677/acm.2024.1441250

Abstract

Objective: To compare the efficacy analysis of two femoral tunnel fixation modalities for anterior cruciate ligament reconstruction. **Methods:** This study retrospectively analysed from June 2017 to June 2020 in our hospital on the two ACLR fixation modalities carried out to compare the preoperative, 6-month postoperative, and 12-month postoperative VAS scores to assess the pain grading of the affected limb, and the Kujala score and Lysholm score were used to assess the knee function of the patients preoperatively, 6 months postoperatively, and 12 months postoperatively. Knee function was assessed by knee flexion angle was used to assess the knee joint recovery angle. **Results:** After surgery, the Kujala and Lysholm scores of the patients in both groups significantly exceeded before surgery, and their knee pain and limitation of motion improved significantly. The observation and control groups were statistically analysed before and after the surgery in the month of June, and the results showed that the difference in Kujala and Lysholm scores was not statistically significant ($P > 0.05$). However, at 12 months after surgery month, the difference between Kujala and Lysholm scores was statistically significant ($P < 0.05$). Before and after surgery, the observation and control groups' knee mobility were statistically analysed in June and December, but the difference in VAS scores was not statistically significant ($P > 0.05$). Knee mobility was statistically analysed in the observation and control groups before and after surgery, but the difference was not statistically significant ($P > 0.05$). **Conclusion:** In conclusion, the results of arthroscopic repair and reconstruction of ACL using Endobutton plate fixation and Rigidfix system were both accurate. The effect of Rigidfix was more significant at 12 months postoperatively.

Keywords

Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament, Fixation of the Femoral Tunnel, Endobutton, Rigidfix, VAS Score

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

前交叉韧带(Anterior Cruciate Ligament, ACL), 是膝关节的韧带损伤是最普遍的, 这可能使得胫骨与股骨的前后方向和旋转变得松动[1]。ACL 的破裂不能自我修复, 这使得膝关节失去了 ACL 的防护功能, 因此, 半月板、关节软骨、侧副韧带等关键的解剖结构更易受到伤害, 并可能演变成创伤性的关节炎[2] [3]。膝关节前交叉韧带重建(Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, ACLR)是一种有效的 ACL 损伤治疗手段, 它可以帮助恢复关节的稳定性, 并让病人回到受伤前的运动状态。ACLR 所面临的主要挑战包括选择合适的移植物、采用何种手术方法、如何固定移植物以及术后的康复过程等, 前交叉韧带重建术后有 5%至 15%的失败率[4] [5]。目前临床上比较常用的移植物固定方法包括 Endobutton、Intrafix、界面螺钉、Rigidfix、Tight-rope 等[6] [7], 他们各有优缺点, 至今没有一种公认的首选方法, 故存在一定争议性。本研究回顾性分析 2019 年 6 月至 2022 年 6 月在本院就我院开展的两种 ACLR 固定方式进行比较, 通过比较 Endobutton 钢板固定和 Rigidfix 系统固定进行比较, 报道如下。

2. 资料与方法

2.1. 纳入与排除标准

纳入标准：通过① MRI 检测，ACL 已经完全破裂，这符合前交叉韧带损伤的诊断和手术要求；② 保守疗法的效果并不理想；③ 愿意接受 ACL 重建手术治疗和康复方案，同意执行随访计划，并签署了知情同意书。排除标准：① 过去曾经有过膝关节受伤、患有有关节炎或进行过膝关节手术的经历；② 存在下肢的先天性畸形或力线异常；③ 同时存在 3 级或 4 级的软骨损伤；④ 同时存在其他严重的疾病，例如骨质疏松症、严重的肝肾功能不全等。

2.2. 一般资料

在手术之前，病人已经签署了知情同意书，同意进行膝关节情况随访，也已经通过了医院的伦理评估。按照治疗手段的区别，我们将他们划分成了 30 名患者为观察组和 30 名患者为对照组。两组病人的年纪、体重、性别，以及受伤的部位，经过统计学分析，患者一般情况无显著统计学差异(均 $P > 0.05$)，见表 1。

Table 1. Comparison of the general data of the two groups of patients
表 1. 两组患者一般资料比较

组别	n	年龄	性别(男/女)	患肢(左/右)	BMI
观察组	30	30.96 ± 5.20	23/7	15/15	22.00 ± 2.17
对照组	30	31.33 ± 5.72	26/4	12/18	21.63 ± 2.25
统计值		-0.26	1.002	0.606	0.98
P 值		0.796	0.506	0.604	0.523

2.3. 手术方法

该手术由同一主任医师团队完成。采用腰硬联合麻醉或全身麻醉，常规手术消毒铺巾，作患侧膝关节前内侧及前外侧切口进行关节腔内检查，探查 ACL 损伤情况以及膝关节腔内其他损伤结构，讲 ACL 和膝关节内组织处理完毕后。在胫骨结节偏内侧鹅足部消毒，显露鹅足腱，游离股薄肌和半腱肌周围肌肉，并用取腱器分离肌腱，准备取肌腱备用，并使用生理盐水中浸泡以备使用。通过参考内外侧半月板前角连接处的髁间嵴定位胫骨隧道，患者采取屈膝 90°下固定角度，调整胫骨导向定位器约为 55°左右，先通过电钻固定导针，初次钻取骨道，接着使用空心钻建立 8 mm 直径胫骨隧道。具体根据移植物直径相匹配；前交叉韧带股骨内侧开口于髁间窝顶点下 4 mm 牵引导线将移植物自股骨侧拉出，观察组使用 Rigidfix 通过对折端固定，对照组使用 Endobutton 带褥钢板通过对折端固定，胫骨端采用挤压螺钉将编织段于膝关节屈曲 30°时固定于胫骨隧道并于胫骨上段置入 Intrafix 加强缝合。经检查膝关节移植韧带固定良好稳定，关节屈伸无撞击，活动范围正常，韧带在膝关节活动时长度变化小于 2 mm。将关节腔进行充分清洗，并在膝关节外侧防止引流管，观察引流情况，术后第二日观察引流并拔除引流管。

2.4. 术后康复

在手术后，我们使用可调节的支具将膝关节固定在伸直的位置 2 周，在这段时间里，我们会主动进行直腿抬高的训练，以增强股四头肌的力量和踝泵的活动。在此期间，我们也可以使用支具来帮助我们下地。2 周后，我们开始对膝关节进行屈曲活动的训练，并根据个人的情况来进行膝关节的弯曲和伸展

训练。在手术后的第 5 周，我们的膝关节弯曲角度超过了 90°，术后的第 3 个月，我们可以开始正常的运动。

2.5. 观察指标

膝关节功能评分使用 Kujala 与 Lysholm 评分，对于膝关节的活动程度，我们使用角度计来测量术前和术后 6 个月的病人的膝关节活动程度，以及他们的弯曲和伸展的受限程度(与健康的一侧进行比较)。疼痛评分使用 VAS 评分。

2.6. 统计学分析

我们利用 SPSS26 来执行统计分析。如果计量数据遵循正态分布，我们会通过独立样本 t 检验来进行组间的比较，而如果是配对样本 t 检验，我们则会通过平均值±标准偏差来进行组内的比较。如果计量数据不遵循正态分布，我们会通过独立样本的秩和检验来进行组间的比较，而如果是配对样本的秩和检验，我们则会通过四分数来进行组内的比较。如果计数数据的 $P < 0.05$ ，那么我们就可以说这个差异具有统计学上的重要性。

3. 结果

1) 两组患者术后 VAS 评分比较观察组与对照组分别在术前，术后 6 月，术后 12 月进行统计学分析，VAS 评分比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)，如表 2。

Table 2. Comparison of VAS scores before and after surgery between the two groups (points)

表 2. 两组患者手术前后 VAS 评分比较(分)

组别	n	术前	术后 6 月	术后 12 月
观察组	30	3.10 ± 1.09	1.97 ± 0.72	0.47 ± 0.63
对照组	30	3.27 ± 1.08	2.13 ± 1.01	0.43 ± 0.50
统计值		0.595	0.737	0.227
P 值		0.555	0.464	0.822

2) 两组患者术后 Kujala 评分比较观察组与对照组分别在术前，术后 6 月进行统计学分析，Kujala 评分比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)，术后 12 月进行统计学分析，Kujala 评分比较差异存在统计学意义($P < 0.05$)，如表 3。

Table 3. Comparison of Kujala score before and after surgery in both groups (points)

表 3. 两组患者手术前后 Kujala 评分比较(分)

组别	n	术前	术后 6 月	术后 12 月
观察组	30	35.50 ± 5.34	65.33 ± 10.58	95.27 ± 4.63
对照组	30	36.27 ± 9.61	67.27 ± 12.57	92.47 ± 4.07
统计值		0.116	0.737	0.873
P 值		0.908	0.464	0.016

3) 两组患者术后 Lyshom 评分比较观察组与对照组分别在术前, 术后 6 月进行统计学分析, Lyshom 评分比较差异均无统计学意义($P > 0.05$), 术后 12 月进行统计学分析, Lyshom 评分比较差异存在统计学意义($P < 0.05$), 如表 4。

Table 4. Comparison of Lyshom score before and after surgery in both groups (points)

表 4. 两组患者手术前后 Lyshom 评分比较(分)

组别	n	术前	术后 6 月	术后 12 月
观察组	30	35.83 ± 5.58	62.00 ± 7.50	95.50 ± 3.27
对照组	30	37.26 ± 8.90	64.50 ± 8.13	92.27 ± 3.62
统计值		0.747	1.238	3.632
P 值		0.458	0.221	0.001

4) 两组患者术后膝关节活动度比较观察组与对照组分别在术前, 术后膝关节活动度进行统计学分析, 比较差异均无统计学意义($P > 0.05$), 如表 5。

Table 5. Knee mobility ratio ($^{\circ}$) before and after surgery in the two groups of patients

表 5. 两组患者手术前后膝关节活动度比($^{\circ}$)

组别	n	术前	术后
观察组	30	83.80 ± 4.62	120.20 ± 10.87
对照组	30	82.97 ± 4.90	119.03 ± 9.54
统计值		0.678	0.593
P 值		0.501	0.556

4. 讨论

前对于交叉韧带的损伤, 我们通常采取两种不同的治疗策略: 保守疗法与手术疗法。保守治疗主要包括休息、冰敷、理疗、药物治疗等, 适用于轻度损伤或患者不适合手术的情况[7] [8]。而手术治疗则是对于严重损伤或需要恢复高水平运动功能的患者来说是更为有效的选择。它通过重建损伤的韧带来恢复膝关节的稳定性和功能。鉴于病人在遭受前交叉韧带伤害或破损之后, 他们自我修复和愈合的可能性极为微弱, 所以, 现代医学通常会选择手术来处理这类病人[9]。近年来, 现代医学科技的飞速发展使得利用关节镜来进行前交叉韧带修复的方法在临床上被广泛采纳, 这种方法的优点是伤害较轻、康复速度较快[10]。在临床运用后, 取得了积极的治疗效果, 得到较多患者的认可手术方式主要包括自体肌腱移植、异体肌腱移植等, 手术后需要进行康复训练以加快康复进程。近年来, 随着医疗技术的不断进步, 前交叉韧带重建手术的成功率和效果得到了显著提高, 已经成为治疗前交叉韧带损伤的首选方法之一[11] [12]。前交叉韧带, 这个膝盖里的关键结构, 负责将胫骨和股骨联系起来, 它的核心功能就是阻止胫骨的过度偏移, 同时也需要和膝盖里的其它结构配合, 以确保膝盖的稳固, 从而确保下半身能够执行各类繁琐的运动[13] [14]。

确保移植物的稳定, 具备充分的抵抗逆向的能力, 以适应术后的功能训练需求, 是 Rigidfix 系统从

手术初期至腱骨恢复期间的重要职责,确保了腱骨的正常恢复。该系统通过两枚 3.3 mm 的可吸收横钉将其固定在移植体上,这种方式相较于界面螺钉,减少了对移植体的破坏。这个系统是一种硬质的固定方式,它可以显著降低移植体在骨隧道中的左右晃动,也就是“蹦极效应”;它的固定位置靠近股骨隧道的入口,这样就降低了“雨刮效应”的出现[15] [16]。Rigidfix 系统可以明显降低移植体在骨隧道中的轻度活动,从而降低骨隧道的扩张程度,这一点优于 endobutton、intrafix 等传统的弹性固定手段[17] [18] [19],提高术后膝关节的稳定性。另外,Rigidfix 系统固定可以给移植体提供 360°的腱骨接触,为腱骨愈合提供一个良好的环境,有利于腱骨愈合[20] [21] [22]。所以,利用 Rigidfix 技术执行 ACLR,其优秀的手术成果正在得到更多的临床医师的认可。Rigidfix 技术起初是为了将股骨端的移植体稳定下来,现在已经扩展至对胫骨端的移植体进行稳定[23] [24]。叶俊星[25]在膝关节镜下,我们对比了使用横穿钉(Rigidfix)和可调悬吊钛板(RigidLoop)重建膝关节前交叉韧带(ACL)的临床效果。自 2016 年 6 月起,我们在全关节镜下使用 Rigidfix 或 RigidLoop 对 121 例 ACL 断裂患者进行了重建。所有病患被随机分为两组,包括 61 名 Rigidfix 患者和 60 名 RigidLoop 患者。在手术前,两组患者的 MRI 都被确诊为 ACL 断裂。然而,对比 Rigidfix 组和 RigidLoop 组的 Lysholm 评分,两组间的差异并无统计学上的显著性[(49.5 ± 6.5) vs. (48.9 ± 6.7), $P > 0.05$]。研究结果表明,121 名病患都接受了随访,随访期限为(27.9 ± 3.5)个月。在随访结束时,Rigidfix 组的 Lysholm 评分与 RigidLoop 组相比,差异并无统计学意义[(91.7 ± 3.9) vs. (91.5 ± 3.8), $P > 0.05$]; Rigidfix 组的 IKDC 评分为:58 名病患正常或接近正常,2 名病患不正常,1 名病患严重不正常。优秀率达到 95.1%; RigidLoop 组的 IKDC 评分如下:56 例患者的病情正常或接近正常,3 例存在不正常情况,1 例为严重不正常,优良率达到 93.3%。两组间的差异在统计学上并无显著性($P > 0.05$)。通过使用 Rigidfix 或 RigidLoop 来重建膝关节前交叉韧带,所有患者的膝关节都能得到解剖学上的重建和稳定性。赵立连[26]认为在前交叉韧带重建术中,固定方式对手术结果具有重要影响。一种常见的股骨端固定装置有两种选择,即 Endobutton 钛钢板和 Rigidfix 横穿钉。这两种装置都能提供较强的固定强度,有利于腱-骨愈合。但在临床实际应用中,关于这两种固定方法在疗效和并发症方面的优劣一直存在争议。通过比较 Endobutton 和 Rigidfix 在自体腘绳肌腱重建前交叉韧带术后的效果。腘绳肌腱是常用的腱移植体,它具备较好的生物学性能和力学特性,被广泛应用于前交叉韧带重建术中。研究结果显示,在术后 1 年的功能评分、膝关节活动度和稳定性等方面,Endobutton 和 Rigidfix 两组之间没有显著差异。这意味着这两种固定装置在术后恢复阶段的效果相当,都能有效地恢复患者的膝关节功能和稳定性。此外,两组在移植体连续性、滑膜覆盖和并发症发生率等方面也没有明显差异。移植体连续性是指重建后的腘绳肌腱是否能够完全愈合并与周围组织融合,滑膜覆盖则是指关节内软组织的保护和修复情况。结果表明,使用 Endobutton 或 Rigidfix 进行股骨端固定都能达到良好的移植体愈合和滑膜保护效果,同时并发症发生率也较低。然而,需要特别注意的是,Endobutton 固定更容易引起骨隧道扩大[27] [28]。骨隧道是在骨内钻孔形成的空洞,用于通过腘绳肌腱将其引入并固定在适当的位置。骨隧道扩大可能导致固定装置的稳定性降低,影响手术效果和患者的术后康复。因此,在选择固定装置时,医生需要综合考虑术后的关节稳定性以及骨隧道扩大的风险。郑秋[29]比较分析在膝关节镜下自体肌腱单束重建前交叉韧带术中,使用 Endobutton 带钛钢板和 Rigidfix 横穿钉固定股骨端肌腱的临床疗效。回顾性分析方法,对 78 例患者的临床资料进行了评估,其中有 38 例采用 Endobutton 固定,40 例采用 Rigidfix 固定。使用 Lysholm 膝关节评分对术后膝关节功能进行评估,通过三维 CT 重建计算股骨隧道宽度变化,并进行前抽屉试验和 Lachman 试验评估膝关节稳定性。研究结果显示,在术后随访时,Endobutton 组和 Rigidfix 组的 Lysholm 膝关节评分均有显著提高,股骨端隧道宽度变化无显著差异,膝关节稳定性评估结果也无显著差异。根据本研究的结果,两种固定方法在术后的膝关节功能改善和稳定性方面表现相当,没有显著的差异。

Lysholm 膝关节评分是一种常用的评估膝关节功能恢复程度的评分系统。研究结果显示, 术后随访时, Endobutton 组和 Rigidfix 组的 Lysholm 膝关节评分均有显著提高, 这意味着两种固定方法都能有效地改善患者的膝关节功能。通过三维 CT 重建计算股骨隧道宽度的变化, 研究结果显示 Endobutton 组和 Rigidfix 组之间的股骨隧道宽度变化无显著差异。这说明两种固定方法对隧道的稳定性和愈合效果相当。

综上所述, 根据本研究的结论, Endobutton 带袢钢板和 Rigidfix 横穿钉在膝关节镜下自体肌腱单束重建前交叉韧带术中均能获得满意的临床效果。这对于医生在选择固定方法时提供了更多的选择, 并能更好地指导患者的手术康复。然而, 进一步的研究仍然需要进行, 以验证这些结果, 并进一步探讨其他固定装置和康复方法在前交叉韧带重建中的应用价值。

这项研究仍然存在一些限制, 主要体现在: 1) 跟踪时间较短, 对两组病人的中长期跟踪膝关节功能评估不足; 2) 样本数量相对较少, 需要增加更多的样本数据来确认统计学的结果以评估临床治疗效果; 3) 两组病人的早期康复和下地活动时间无法找到一个适当的参照标准, 早期的康复训练对病人术后的功能恢复有显著的影响。

参考文献

- [1] 陈如康. 广泛性关节松弛以及两种移植物对前交叉韧带重建疗效的影响[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽医科大学, 2022. <https://doi.org/10.26921/d.cnki.ganyu.2021.000209>
- [2] Siegel, L., Vandenakker-Albanese, C. and Siegel, D. (2012) Anterior Cruciate Ligament Injuries: Anatomy, Physiology, Biomechanics, and Management. *Clinical Journal of Sport Medicine*, **22**, 349-355. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3182580cd0>
- [3] Failla, M.J., Arundale, A.J., Logerstedt, D.S., et al. (2015) Controversies in Knee Rehabilitation: Anterior Cruciate Ligament Injury. *Clinics in Sports Medicine*, **34**, 301-312. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2014.12.008>
- [4] Śmigielski, R., Zdanowicz, U., Drwięga, M., et al. (2016) The Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament and Its Relevance to the Technique of Reconstruction. *The Bone & Joint Journal*, **98-B**, 1020-1026. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B8.37117>
- [5] Acevedo, R.J., Rivera-Vega, A., Miranda, G., et al. (2014) Anterior Cruciate Ligament Injury: Identification of Risk Factors and Prevention Strategies. *Current Sports Medicine Reports*, **13**, 186-191. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000053>
- [6] Rodríguez-Merchán, E.C. (2021) Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Is Biological Augmentation Beneficial? *International Journal of Molecular Sciences*, **22**, Article No. 12566. <https://doi.org/10.3390/ijms222212566>
- [7] Thakur, U., Gulati, V., Shah, J., et al. (2022) Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Related Complications: 2D and 3D High-Resolution Magnetic Resonance Imaging Evaluation. *Skeletal Radiology*, **51**, 1347-1364. <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03982-7>
- [8] Poutre, A.J. and Meyers, A.B. (2023) Imaging the Pediatric Anterior Cruciate Ligament: Not Little Adults. *Pediatric Radiology*, **53**, 1587-1599. <https://doi.org/10.1007/s00247-023-05608-7>
- [9] De Smet, E., Heusdens, C.H.W., et al. (2019) MRI Following Primary Repair of the Anterior Cruciate Ligament. *Clinical Radiology*, **74**, 649.E1-649.E10. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2019.03.014>
- [10] Georgoulis, A.D., Ristanis, S., Moraiti, C.O., et al. (2010) ACL Injury and Reconstruction: Clinical Related *in Vivo* Biomechanics. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **96**, S119-S128. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.09.004>
- [11] Beynon, B.D., Johnson, R.J. and Fleming, B.C. (2002) The Science of Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*[®], **402**, 9-20. <https://doi.org/10.1097/00003086-200209000-00003>
- [12] Rabuck, S.J., Musahl, V., Fu, F.H., et al. (2013) Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Quadriceps Tendon Autograft. *Clinics in Sports Medicine*, **32**, 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2012.08.014>
- [13] Bales, C.P., Guettler, J.H., et al. (2004) Anterior Cruciate Ligament Injuries in Children with Open Physes: Evolving Strategies of Treatment. *The American Journal of Sports Medicine*, **32**, 1978-1985. <https://doi.org/10.1177/0363546504271209>
- [14] Markatos, K., Kaseta, M.K., Lалlos, S.N., et al. (2013) The Anatomy of the ACL and Its Importance in ACL Reconstruction. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **23**, 747-752. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1079-8>

- [15] Irrarázaval, S., Albers, M., Chao, T., *et al.* (2017) Gross, Arthroscopic, and Radiographic Anatomies of the Anterior Cruciate Ligament: Foundations for Anterior Cruciate Ligament Surgery. *Clinics in Sports Medicine*, **36**, 9-23. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.002>
- [16] Yasuda, K., Van Eck, C.F., Hoshino, Y., *et al.* (2011) Anatomic Single- and Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Part 1: Basic Science. *The American Journal of Sports Medicine*, **39**, 1789-1799. <https://doi.org/10.1177/0363546511402659>
- [17] Jačičko, J., Mežian, K. and Naňka, O. (2021) Sonography of the Anterior Cruciate Ligament Revisited. *Journal of Clinical Ultrasound*, **49**, 248-249. <https://doi.org/10.1002/jcu.22978>
- [18] Lau, B.C., Rames, J., Belay, E., *et al.* (2019) Anterolateral Complex Reconstruction Augmentation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Biomechanics, Indications, Techniques, and Clinical Outcomes. *JBJS Reviews*, **7**, E5. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.19.00011>
- [19] Zelle, B.A., Vidal, A.F., Brucker, P.U., *et al.* (2007) Double-Bundle Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: Anatomic and Biomechanical Rationale. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **15**, 87-96. <https://doi.org/10.5435/00124635-200702000-00003>
- [20] Zantop, T., Petersen, W., Sekiya, J.K., *et al.* (2006) Anterior Cruciate Ligament Anatomy and Function Relating to Anatomical Reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **14**, 982-992. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0076-z>
- [21] Tjoumakaris, F.P., Herz-Brown, A.L., Bowers, A.L., *et al.* (2012) Complications in Brief: Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*[®], **470**, 630-636. <https://doi.org/10.1007/s11999-011-2153-y>
- [22] Emerson, C.P., Bernstein, J.M., Nham, F., *et al.* (2019) Magnetic Resonance Imaging of the Quadriceps Tendon Autograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Skeletal Radiology*, **48**, 1685-1696. <https://doi.org/10.1007/s00256-019-03235-8>
- [23] Chicorell, A.M., Nasreddine, A.Y. and Kocher, M.S. (2011) Physseal-Sparing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Iliotibial Band. *Clinics in Sports Medicine*, **30**, 767-777. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.07.005>
- [24] Zelle, B.A., Brucker, P.U., *et al.* (2006) Anatomical Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Medicine*, **36**, 99-108. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636020-00001>
- [25] 叶俊星, 戴涟生, 程飞, 等. 关节镜下应用 RigidFix 或 RigidLoop 固定在膝前交叉韧带重建中的临床疗效比较[J]. 实用医学杂志, 2022, 38(4): 395-398.
- [26] 赵立连, 卢明峰, 邢基斯, 等. Endobutton 袢钢板与 Rigidfix 横穿钉股骨端固定自体腘绳肌腱重建前交叉韧带的转归[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(3): 359-365.
- [27] 李奇, 高明威, 李世浩, 等. 前交叉韧带重建后肌肉等长发力率及与功能表现的关系[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(34): 5536-5543.
- [28] Chen, H., Li, J., Li, S., *et al.* (2024) Research Progress of Procyanidins in Repairing Cartilage Injury after Anterior Cruciate Ligament Tear. *Heliyon*, **10**, E26070. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26070>
- [29] 郑秋, 张豪, 肖世卓, 等. 自体肌腱单束重建前交叉韧带股骨端 Endobutton 固定与 Rigidfix 固定的临床对照研究[J]. 国际骨科学杂志, 2020, 41(6): 365-370.