

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240182

• 规范与共识 •

人工韧带在军队前交叉韧带损伤中应用的专家共识

《人工韧带在军队前交叉韧带损伤中应用的专家共识》制订小组

[摘要] 人工韧带作为前交叉韧带 (ACL) 重建术中移植物的选择, 始终是 ACL 损伤研究领域的热点和焦点问题。军队人员 ACL 损伤的发病率明显高于普通人群, 人工韧带理论上能够弥补生物型移植物来源有限、存在供区并发症等不足, 更符合军队伤病员术后快速康复和重返训练的需求, 已在军队 ACL 重建术中得到了广泛应用。但人工韧带的理化特性决定了其手术适应证选择和骨隧道定位等操作具有更高的要求, 同时已发表的相关临床研究在其疗效方面也存在分歧和争议, 因而经过近 20 年的发展和推广, 至今仍未能完全替代生物型移植物。为了进一步规范和推进人工韧带在军队 ACL 重建术中的应用, 由中国人民解放军医学科学技术委员会骨科专业委员会运动医学关节镜分会牵头, 组织相关专家进行临床证据梳理和科学研讨, 在手术适应证、操作技术和术后处置等方面达成了本共识 (共 11 个条目), 指出人工韧带可单独或联合自体肌腱用于军队人员 ACL 的初次手术和翻修手术, 对超重和需要加速康复的病例具有潜在优势, 在手术技术上应注意遵循保留残束、等长定位和皮质骨螺钉固定等要点。

[关键词] 军事人员; 前交叉韧带损伤; 前交叉韧带重建; 人工韧带; 韧带先进增强系统; 专家共识

[引用本文] 《人工韧带在军队前交叉韧带损伤中应用的专家共识》制订小组. 人工韧带在军队前交叉韧带损伤中应用的专家共识[J]. 海军军医大学学报, 2025, 46(1): 8-16. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240182.

Consensus on the application of artificial ligaments in military anterior cruciate ligament injury

Chinese Specialist Consensus Group of *Consensus on the application of artificial ligaments in military anterior cruciate ligament injury*

[Abstract] Artificial ligament, as a choice of grafts in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction, has always been a focus of ACL injury research. Since the incidence of ACL injury in the military is significantly higher than that in the general population, artificial ligament can theoretically make up for the limited source of biological grafts and donor site complications, more in line with the needs of rapid rehabilitation and retraining of military patients after surgery, and has been widely used in military ACL reconstruction. However, the special physicochemical characteristics of artificial ligament determine higher requirements for surgical indication selection and bone tunnel positioning technique. At the same time, there are differences and controversies in the published clinical studies regarding its efficacy. Therefore, after nearly 2 decades, it has not yet been able to completely replace biological grafts. Aiming to further standardize and promote the application of artificial ligaments in military ACL reconstruction surgery, led by the Sports Medicine Arthroscopy Branch of the Orthopedics Professional Committee of the Chinese People's Liberation Army Medical Science and Technology Committee, experts were organized to develop 11 consensus items through clinical evidence sorting and scientific discussions from 3 aspects: surgical indications, surgical techniques, and postoperative management. It is pointed out that artificial ligaments can be used alone or in combination with autologous tendons for the primary and revision surgeries of ACL, which has potential advantages for overweight cases and those requiring accelerated recovery. In addition, more attention should be paid to retaining remnants, isometric tunnel positioning, and cortical bone screw fixation.

[Key words] military personnel; anterior cruciate ligament injury; anterior cruciate ligament reconstruction; artificial ligaments; ligament advanced reinforcement system; consensus

[Citation] Chinese Specialist Consensus Group of *Consensus on the application of artificial ligaments in military anterior cruciate ligament injury*. Consensus on the application of artificial ligaments in military anterior cruciate ligament injury[J]. Acad J Naval Med Univ, 2025, 46(1): 8-16. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240182.

[收稿日期] 2024-03-22

[接受日期] 2024-10-21

通信作者 (Corresponding author): 徐卫东, 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. Tel: 021-31161698, E-mail: xuwdshanghai@126.com

人工韧带于20世纪70年代开始用于前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)重建术^[1]。人工韧带采用聚酯等材料编织而成,相比自体 and 异体移植物,具有植入后即达到最高力学强度、无须额外切取自体肌腱移植物、应用后允许患者加速康复和缩短重返运动时间等理论优势,受到了广泛关注^[2-3]。然而有关Dacron、Gore-tex和Leeds-Keio等早期人工韧带产品在ACL重建中应用的随访研究发现,人工韧带的失效率和并发症发生率过高,导致其临床应用逐渐减少^[4-5]。在分析早期人工韧带产品失效原因的基础上,法国医生Laboureau设计出了新一代人工韧带产品——韧带先进增强系统(ligament advanced reinforcement system, LARS)^[6]。相关临床随访研究证实LARS用于重建ACL的短、中期疗效令人满意^[7-17]。2015年发表的一项系统综述分析了736例LARS重建ACL的临床疗效,发现其失效率仅为2.6%,远低于早期人工韧带产品,临床疗效接近自体移植物^[4]。然而文献报道LARS用于ACL重建的远期失效率为0~55.6%,存在较大差异与争议,限制了其进一步临床应用^[18-20]。我国自2004年批准LARS用于ACL重建术以来,该术式迅速得到广泛应用。近期由中国人工韧带研究小组开展的多中心随访研究结果显示,LARS用于重建ACL的术后远期累积失效率为4.5%,并发症发生率为4.1%,均明显优于自体或异体移植物;其中,骨隧道定位错误等技术性因素和超适应证使用是导致LARS失效的主要原因^[21-22]。

由于军队人员ACL损伤的发病率明显高于普通人群^[23],人工韧带的材料学特性理论上更符合军队伤病员术后快速康复、重返训练场的需求,但人工韧带的理化特性决定了其在手术适应证选择和骨隧道定位操作等方面具有更高的要求。为了规范人工韧带用于军队人员ACL重建术的适应证和技术要点,由中国人民解放军医学科学技术委员会骨科专业委员会运动医学关节镜分会牵头,组织该领域内的相关专家成立共识制订小组,在筛选现有临床研究证据的基础上,参考已发表的《新一代人工韧带重建前十字韧带的手术适应证选择》^[24]和《采用新一代人工韧带重建前十字韧带的关键技术和不良事件——基于改良Delphi法制订的中国专家共识(二)》^[25],针对军队人员与普通人群ACL损伤和重建术的异同点制订了本共识。

1 制订方法

本共识制订流程采用改良Delphi法^[26],制订依据包括人工韧带用于ACL重建的研究报道、临床共识、指南、专著和专家个人的临床经验。

1.1 文献检索 由2名共识执笔人对人工韧带用于重建ACL的中英文文献进行检索和评估,检索日期截至2023年7月1日。英文检索平台为PubMed和Web of Science数据库,检索关键词为“polyethylene terephthalate”“synthetic ligament”“artificial ligament”“LARS”“anterior cruciate ligament”“multi ligament”“knee dislocation”。中文检索平台为中国知网、万方数据库和中国科技期刊数据库,检索关键词为“人工韧带”“LARS”“韧带先进增强系统”“前十字韧带”“前交叉韧带”“多发韧带”“膝关节脱位”。通过阅读文献标题、摘要和原文对检索出的文献进行筛选,再对文献进行分类,删除重复题录,排除内容重复、基础研究、无关内容及信息不全的文献,并参考部分共识制订小组专家的意见编制问卷调查表。经检索初步纳入非重复性文献576篇,以文献等级优先、同质文献优先及近5年内文献优先为原则,排除文献377篇,全文阅读后再次排除文献160篇,最终纳入共识参考文献39篇。

1.2 专家评估 参与本共识制订的专家组成员主要来自中国人民解放军医学科学技术委员会骨科专业委员会运动医学关节镜分会,要求对LARS用于ACL重建术充分了解或具备较丰富的临床应用经验。最终有来自全军17家三级甲等医疗机构的21位专家入选共识制订小组,4位专家作为指导专家(2位来自军队医院,2位来自地方公立医院)。本共识的制订采用改良Delphi法^[26]的流程,包括2轮网络电子问卷调查和1轮面对面研讨会议。第1轮问卷调查为开放式提问,除拟定选项外,还提供专家自由发表意见的“其他”选项。评估结束后对专家意见进行统计,未达成共识的条目进入下一轮调查,并根据专家反馈意见对问卷进行修改,制定第2轮问卷。组织第2轮专家评估,并向专家提供第1轮问卷调查的结果以及条目相关的背景知识,专家再次对问卷中的选项进行判断。评估结束后对结果进行统计,形成第3轮问卷。第3轮调查为专家面对面讨论未达成共识的条目,并对达成共

识的条目逐条进行现场投票。

1.3 数据分析与评估 采用推荐意见评估、制订与评价分级 (grade of recommendations assessment, development, and evaluation; GRADE) 系统^[27] 确定文献证据的质量, 分为4个等级: 1级包括高质量随机对照试验 (randomized controlled trial, RCT)、权威指南、高质量系统综述及 meta 分析, 2级包括有一定局限性的 RCT、队列研究及病例对照研究, 3级包括观察性研究, 4级包括个案报道、专家意见。

条目达成共识的标准是赞同人数占比 $\geq 70\%$, 未达成共识的条目经第3轮专家面对面逐条进行讨论复核。对达成共识的条目逐条进行投票, 根据每条共识获得的赞同率将相应条目确定为3个等级, 分别为基本共识 (赞同率 $85\% \sim 89.9\%$)、普遍共识 (赞同率 $90\% \sim 94.9\%$) 和高度共识 (赞同率 $95\% \sim 100\%$)。

2 条目解读

经过2轮电子问卷调查评估和1轮面对面会议讨论, 最终形成11项共识条目, 根据条目内容将其分为适应证、手术技术和术后处置3个类别。11项共识条目中, 8项为高度共识, 3项为普遍共识。

2.1 人工韧带在军队人员 ACL 损伤中应用的适应证

条目1 人工韧带可作为初次 ACL 重建术 (包括急性和陈旧性损伤) 的移植物选择 (高度共识)。

本条目共纳入文献4篇, 其中文献证据等级1级1篇^[4]、2级1篇^[22]、3级2篇^[28-29]。

人工韧带具有显著优于自体或异体移植物的力学强度, 并且克服了自体或异体移植物来源有限和疾病传播等问题, 已被成功用于初次 ACL 重建术^[30-33], 远期疗效也已得到系统综述等高质量临床证据的支持^[4]。自2004年我国批准 LARS 应用于 ACL 重建术以来, 该术式迅速得到广泛应用, 在急性和陈旧性损伤病例中均取得了满意的临床疗效^[28-29]。近期由中国人工韧带研究小组开展的多中心随访研究结果显示, LARS 用于重建 ACL 的术后远期累积失败率为 4.5% , 并发症发生率为 4.1% , 均明显优于自体或异体移植物^[22]。因此, 人工韧带可以同时满足急性和陈旧性 ACL 损伤重建术的需要, 作为初次 ACL 重建术的移植物选择。

条目2 人工韧带可作为超重患者 ACL 重建术的移植物选择 (普遍共识)。

本条目共纳入文献6篇^[23,34-38], 文献证据等级均为3级。

WHO 根据 BMI, 将体重超标定义为超重 ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$) 和肥胖 ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$)。研究表明, 超重和肥胖是采用自体或异体移植物进行初次 ACL 重建术后移植物断裂和再发 ACL 损伤的重要危险因素^[34]。有研究发现, 在接受 ACL 重建术的儿童和成人病例中, BMI 呈现逐年上升的趋势^[35]。同时, 超重也是军队人员发生 ACL 损伤的独立危险因素, 并且超重者半月板、软骨等合并损伤的发生率也显著增高^[23]。此外, 超重也可能导致 ACL 重建术后康复过程中移植物承受的应力明显增加, 从而影响移植物的愈合及远期存活率^[36]。人工韧带具有显著优于自体或异体移植物的力学强度, 理论上更有利于克服超重对 ACL 重建术后膝关节稳定性的不良影响, 尤其是对于具有快速康复需求的军队患者。相关理论推测已得到部分临床研究结果的证实^[37-38]。因此, 人工韧带可以作为超重患者 ACL 重建术的移植物选择。由于军人和普通人群体型标准的定义存在差异, 本条目中超重的定义可以参考中国人民解放军执行的《军事体育训练大纲》体型标准, 该标准主要依据 BMI 数值区分性别和年龄段对体型进行评估^[39]。

条目3 人工韧带可作为初次 ACL 重建术中拒绝或因客观原因无法使用自体或同种异体肌腱患者的移植物选择 (高度共识)。

本条目共纳入文献2篇, 其中文献证据等级1级1篇^[4]、2级1篇^[21]。

初次 ACL 重建术可用的移植物来源主要包括自体移植物、异体移植物和人工韧带3类。其中, 自体移植物具有最好的组织生物相容性, 利于移植物与宿主的整合, 是目前多国指南所推荐的首选移植物来源^[40]。但自体移植物仍然存在移植物尺寸不匹配、供区并发症和来源有限等问题。异体移植物由于存在免疫排斥、感染和疾病传播等风险, 且临床应用前预处理的质控干扰因素多, 已不再作为初次 ACL 重建术的首选移植物。人工韧带具有显著优于自体或异体移植物的力学强度, 并且克服了自体或异体移植物来源有限和疾病传播等问题, 其用于初次 ACL 重建术的远期疗效已经得到国内外多项前瞻性临床研究的证实^[4,21]。因此, 人工韧带可以作为初次 ACL 重建术中拒绝或因客观原因无

法使用自体或同种异体肌腱患者的移植物选择。

条目4 人工韧带可作为多发韧带损伤中 ACL 重建术的移植物选择 (普遍共识)。

本条目共纳入文献3篇,其中文献证据等级1级1篇^[41]、3级2篇^[20,42]。

膝关节多发韧带损伤的重建术常面临自体移植物来源不足的困境。为此,国内外已有多项临床研究报道将人工韧带作为多发韧带损伤重建术的首选移植物,或将其与自体移植物联合应用^[41-42]。由于多发韧带损伤最常累及前、后交叉韧带,基于人工韧带极佳的力学强度和移植物长度优势,结合经济学因素的考量,多数学者倾向于将人工韧带作为多发韧带损伤中后交叉韧带重建的首选移植物,而很少将人工韧带单独用于重建 ACL^[20]。因此,人工韧带可以作为多发韧带损伤中 ACL 重建的移植物选择,理论上更有利于恢复膝关节的稳定性,加速此类严重损伤术后的康复进程。

条目5 人工韧带可作为合并半月板和软骨损伤中 ACL 重建术的移植物选择 (高度共识)。

本条目共纳入文献3篇,其中文献证据等级1级2篇^[4,7]、2级1篇^[21]。

半月板损伤和软骨损伤是 ACL 损伤最常见的伴随病变,文献报道其发生率分别高达 60% 和 40%^[43]。同时,半月板和软骨合并伤也是 ACL 重建术后发生远期退变性骨关节炎的主要危险因素^[44]。已有多项 RCT 和队列研究证实,人工韧带用于合并半月板和软骨损伤的 ACL 重建术,其临床疗效与应用自体移植物相当^[4]。理论上,人工韧带能够在植入后始终维持其初始力学强度,恢复并保持膝关节稳定性,为半月板和软骨合并损伤的修复和愈合提供更为有利的力学环境^[7,21]。因此,人工韧带可以作为合并半月板和软骨损伤 ACL 重建术的移植物选择,但应同期妥善处理半月板和软骨合并损伤,以减少远期关节退变的发生率。

条目6 人工韧带可作为 ACL 重建失效后翻修术的移植物选择 (普遍共识)。

本条目共纳入文献6篇,其中文献证据等级2级3篇^[45-47]、3级3篇^[48-50]。

ACL 重建术后失效翻修的移植物来源问题始终是临床难点和研究热点^[45]。长期临床随访研究显示,相比使用异体移植物,自体肌腱用于 ACL 翻修能够使手术再失败率降低 70%,但来源有限和供

区潜在并发症是翻修术中采用自体移植物最显著的缺陷^[48]。由此,人工韧带成为 ACL 翻修术可供选择的移植物来源。其中, Dacron 和 Gore-Tex 等早期人工韧带产品在国外都曾被批准用于 ACL 翻修术,但均因材料和手术技术等问题而逐步被放弃^[49]。这主要是因为人工韧带用于 ACL 翻修术仍然需要遵循等长重建的原则,并且需要充分评估初次手术后骨隧道扩大及骨量减少或骨质疏松可能对界面螺钉固定强度所造成的影响^[46]。基于上述要点,国内外已有成功将 LARS 用于 ACL 翻修手术的临床报道^[47,50]。因此,人工韧带可以作为 ACL 重建失效后翻修手术的移植物选择,但仍应严格遵守其用于初次 ACL 重建术的技术要求,并谨慎、充分地进行个体化的术前评估,避免因适应证不当和技术性失误而影响翻修术疗效。

2.2 人工韧带在军队 ACL 损伤中应用的手术技术

条目7 应用人工韧带重建 ACL, 骨隧道定位应遵循等长的原则 (高度共识)。

本条目共纳入文献5篇,其中文献证据等级1级1篇^[51]、2级1篇^[22]、3级3篇^[52-54]。

人工韧带具有显著优于自体或异体移植物的力学强度,但也同时存在延展性极小的问题^[55]。基于人工韧带的这一生物学特性,术者应当注意在膝关节屈伸过程中尽可能保证移植物的长度基本不变,即采用等长重建技术。长期临床随访结果发现,早期广泛使用的 Dacron、Gore-Tex 和 Leeds-Keio 等人工韧带产品,骨隧道定位的等长性不佳是导致术后移植物磨损断裂、关节内碎屑产生和手术失效的最主要原因^[52-54]。为此, LARS 的设计者在该产品的手术技术说明中,特别强调了术中骨隧道等长定位技术的重要性^[6]。这一观点也已被中国人工韧带研究小组开展的多中心回顾性研究结果所证实^[22]。该研究针对手术失效病例的分析发现,骨隧道定位偏差是手术失效最常见的危险因素,其中股骨侧骨隧道定位是影响移植物等长性最重要的因素。定位偏离等长区域将使人工韧带在术后膝关节运动过程中受到反复牵伸应力,引起韧带松动或断裂,进而导致手术失效。因此,应用人工韧带重建 ACL, 骨隧道的定位应当遵循等长的原则,术中可应用导航、X 线透视、后软骨缘参考点、股骨外侧踝间嵴骨性标志和保留残端等方法提高骨隧道等长区域定位的准确性^[25,51]。

条目8 人工韧带可与自体肌腱移植物联合使用（高度共识）。

本条目共纳入文献5篇，其中文献证据等级1级1篇^[56]、3级4篇^[57-60]。

自体肌腱目前仍是ACL重建最常采用的移植物来源，但临床实践中常面临移植物长度和直径不足的问题。长期临床随访研究证实，当移植物直径 $<8\text{ mm}$ 时，ACL重建术后的临床疗效将显著降低^[61]。当单纯切取自体半腱股薄肌腱作为移植物的来源难以满足ACL重建术要求时，联合使用高强度缝线、线带和人工韧带作为生物型移植物的补充或增强，成为可能的解决方案。国内外均有临床报道，将LARS与自体半腱股薄肌腱联合编织用于自体移植物尺寸不足的病例，取得了与单纯使用自体肌腱移植物相似的临床疗效^[56-59]。也有学者采用中空型LARS包绕自体移植物用于ACL重建，在军队患者中取得了满意的疗效^[60]。因此，现有证据表明人工韧带可以与自体肌腱移植物联合使用，以作为生物型移植物来源不足病例的补充或增强。但选择何种构型的人工韧带、混合编织方法及固定方式等问题仍需进一步研究明确。

条目9 应用人工韧带重建ACL应尽可能保留残留纤维（高度共识）。

本条目共纳入文献3篇，其中文献证据等级1级1篇^[62]、2级2篇^[21,63]。

是否需要保留残留纤维始终是ACL重建术最具争议的焦点问题^[63]。动物实验和临床研究结果发现，最大程度保留自身的ACL组织有利于术后膝关节本体感觉的恢复，促进移植韧带的重塑和愈合^[62,64]。尽管人工韧带在植入固定后即可达到稳定的力学强度，无须经历生物型移植物坏死、再韧带化和腱骨愈合等过程，但部分基础研究证实，LARS能够与自体ACL组织发生整合，保留残留纤维有利于自身组织包绕甚至长入人工韧带，可能会提高人工韧带的远期存活率^[3]。长期临床随访研究也证实，与自体移植物相比，采用保留残留纤维技术的LARS重建ACL病例术后6个月和1年运动水平的恢复更佳^[21]。同时，应用LARS重建ACL的手术技术对骨隧道定位的准确性要求更高，通常在X线透视辅助下进行，以便规避直视定位法对残留纤维的破坏，更好地实现保留残留纤维的目的。因此，结合现有基础实验和临床研究证据，本

共识制订小组成员一致认为，结合保留残留纤维技术应用LARS重建ACL更有利于提高术后临床疗效，提升人工韧带的远期存活率。

2.3 人工韧带在军队ACL损伤中应用的术后处置

条目10 应用人工韧带重建ACL具有较早重返军事训练的潜在优势，可遵循加速康复的原则进行术后康复（高度共识）。

本条目共纳入文献3篇，其中文献证据等级1级1篇^[65]、2级1篇^[21]、4级1篇^[66]。

人工韧带的材料学特性决定了其具有良好的初始力学强度。生物力学研究结果显示，LARS的力学强度约为 $5\ 500\text{ N}$ ^[12]，明显高于文献报道中天然ACL的强度（ $1\ 730\text{ N}$ ）^[67]，完全符合ACL重建移植物的力学要求。与目前常用的自体移植物相比，LARS的力学强度分别约为直径 7 mm 骨-髌腱-骨移植物（ $2\ 238\text{ N}$ ）^[68]的2.5倍，约为直径 10 mm 股四头肌腱移植物（ $2\ 352\text{ N}$ ）^[13]的2.3倍，约为四股半腱股薄肌腱移植物（ $4\ 090\text{ N}$ ）^[69]的1.3倍。同时，与自体或异体移植物在植入体内后需要经过坏死、新生组织爬行替代和腱骨愈合的再韧带化过程不同，人工韧带在使用钛质界面螺钉固定后即达到稳定的力学强度，在后期骨道与韧带编织纤维间的细胞长入与组织整合甚至能够进一步加强其力学性能^[3]。因此，人工韧带在理论上具有加速术后康复的优势^[6]。长期临床随访研究证实，使用LARS重建ACL术后的患者能够在平均6个月后重新进行高水平对抗性运动^[21]，而使用自体或异体移植物的病例通常需要在术后1年左右才能恢复到原竞技水平^[65]。对于非专业运动人群，术后恢复到正常生活和原有运动水平的过程可能更长^[66]。

因此，基于人工韧带的材料学特性及其与宿主骨和软组织整合的特殊机制，结合现有临床证据，对要求早日重返训练场和恢复训练能力的军队患者而言，采用人工韧带重建ACL可能更具优势。术后可以遵循加速康复的原则，在无禁忌证的前提下缩短完全负重、全角度屈膝、恢复日常生活工作和训练的时间。

条目11 应用人工韧带重建ACL，移植物的固定应遵循皮质骨固定的原则（高度共识）。

本条目共纳入文献3篇，其中文献证据等级1级1篇^[70]、2级2篇^[22,71]。

人工韧带通常采用钛质界面螺钉，分别于股骨

侧和胫骨侧进行由隧道外口至内的挤压固定^[6]。目前临床研究结果表明,钛质界面螺钉在固定强度和远期并发症发生率方面与生物型界面螺钉或悬吊祥钢板无明显差异^[70-71]。由中国人工韧带研究小组开展的LARS用于初次ACL重建术后不良事件的临床多中心调查结果显示,完成随访的1 146例入组病例中,因螺钉松动导致累积失败(包括移植术断裂和临床失效)共8例(0.7%),螺钉退出引起皮下软组织激惹共20例(1.7%)^[22]。因此,恰当的钛质界面螺钉固定方法是决定人工韧带用于ACL重建术疗效的技术关键点。术中操作时应当遵循皮质骨固定的原则,即保留钛质界面螺钉与隧道外口皮质骨的适当接触长度,避免因螺钉末端完全拧入皮质下方而影响螺钉的固定强度,从而防止可能出现的螺钉松动相关并发症。

3 小结

基于人工韧带的材料学特性,理论和现有临床研究都支持其应用于ACL损伤的可靠性和安全性,并可能有利于军队人员等特定需求人群术后快速康复,重返生活、运动和训练。本共识支持将人工韧带用于军队ACL损伤患者,但仍需注意术中保留残存纤维、骨隧道等长定位和皮质骨螺钉固定等技术要点。目前有关人工韧带用于ACL损伤尤其是军队人员ACL损伤的高质量研究还比较缺乏,现有文献证据等级较低,多数共识意见仍主要基于专家个人的临床经验和既往基础研究结论,需要更多的高质量研究以进一步规范人工韧带在军队ACL损伤患者中的应用。

专家组成员(按汉语拼音顺序排列):包倪荣(中国人民解放军东部战区总医院)、郭林(陆军军医大学第一附属医院)、韩雪松(中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院)、黄长明(陆军第七十三集团军医院)、李春宝(中国人民解放军总医院)、李凭跃(中国人民解放军南部战区总医院)、李慎松(中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院)、刘欣伟(中国人民解放军北部战区总医院)、陆志割(中国人民解放军联勤保障部队第九〇六医院)、钱齐荣(海军军医大学第二附属医院)、谭洪波(中国人民解放军联勤保障部队第九二〇医院)、王志伟(海军军医大学第三附属医院)、魏民(中国人民解放军总医院)、

魏世隽(中国人民解放军中部战区总医院)、熊雁(陆军特色医学中心)、徐虎(空军军医大学第一附属医院)、徐卫东(海军军医大学第一附属医院)、薛静(空军特色医学中心)、张强(中国人民解放军总医院)、章亚东(中国人民解放军总医院)、郑佳鹏(中国人民解放军联勤保障部队第九〇九医院)

执笔人:黄轩(海军军医大学第一附属医院)、彭阳(陆军军医大学第一附属医院)

指导专家:陈世益(复旦大学附属华山医院)、刘玉杰(中国人民解放军总医院)、杨柳(陆军军医大学第一附属医院)、王健全(北京大学第三医院)

[参考文献]

- [1] BURNETT Q M 2nd, FOWLER P J. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: historical overview[J]. *Orthop Clin North Am*, 1985, 16(1): 143-157.
- [2] LUBOWITZ J H. Editorial commentary: synthetic ACL grafts are more important than clinical nonbelievers may realize[J]. *Arthroscopy*, 2015, 31(5): 969-970. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.02.039.
- [3] TRIEB K, BLAHOVEC H, BRAND G, et al. *In vivo* and *in vitro* cellular ingrowth into a new generation of artificial ligaments[J]. *Eur Surg Res*, 2004, 36(3): 148-151. DOI: 10.1159/000077256.
- [4] BATTY L M, NORSWORTHY C J, LASH N J, et al. Synthetic devices for reconstructive surgery of the cruciate ligaments: a systematic review[J]. *Arthroscopy*, 2015, 31(5): 957-968. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.11.032.
- [5] JOHNSON D. Gore-tex synthetic ligament[J]. *Oper Tech Phys Med*, 1995, 3(3): 173-176. DOI: 10.1016/s1060-1872(95)80006-9.
- [6] JOHNSON D, LABOUREAU J P. Cruciate ligament reconstruction with synthetics[M]//FANELLI G C. *Posterior cruciate ligament injuries*. New York: Springer, 2001: 189-214.
- [7] NAU T, LAVOIE P, DUVAL N. A new generation of artificial ligaments in reconstruction of the anterior cruciate ligament. Two-year follow-up of a randomised trial[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2002, 84(3): 356-360. DOI: 10.1302/0301-620x.84b3.12400.
- [8] GAO K, CHEN S, WANG L, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with LARS artificial ligament: a multicenter study with 3- to 5-year follow-up[J]. *Arthroscopy*, 2010, 26(4): 515-523. DOI: 10.1016/j.arthro.2010.02.001.
- [9] 黄长明,沈瑞群,范华强,等.关节镜下解剖等长重建技术在LARS韧带重建前交叉韧带中的应用[J].中

- 国骨与关节损伤杂志,2007,22(8):647-649. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9935.2007.08.011.
- [10] 徐又佳,董启榕,周海滨,等. 关节镜下运用LARS人工韧带重建膝前交叉韧带[J]. 中国矫形外科杂志, 2008,16(24):1841-1844.
- [11] 陈世益,洪国威,陈疾忤,等. LARS人工韧带与自体腘绳肌腱重建前交叉韧带的早期临床疗效比较[J]. 中国医学工程,2007,15(12):949-953. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2019.2007.12.002.
- [12] DERICKS G. Ligament advanced reinforcement system anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Oper Techn Sport Med, 1995,3(3): 187-205.
- [13] WEST R V, HARNER C D. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2005, 13(3): 197-207. DOI: 10.5435/00124635-200505000-00006.
- [14] SMITH C, AJUIED A, WONG F, et al. The use of the ligament augmentation and reconstruction system (LARS) for posterior cruciate reconstruction[J]. Arthroscopy, 2014, 30(1): 111-120. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.09.081.
- [15] JI T, TANG X, GUO W. The use of ligament advanced reinforcement system (LARS) in limb salvage surgery: a pilot clinical study[J]. J Arthroplasty, 2013, 28(6): 892-894. DOI: 10.1016/j.arth.2012.11.011.
- [16] GREIS P E, STEADMAN J R. Revision of failed prosthetic anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Clin Orthop Relat Res, 1996(325): 78-90. DOI: 10.1097/00003086-199604000-00009.
- [17] SU M, JIA X, ZHANG Z, et al. Medium-term (least 5 years) comparative outcomes in anterior cruciate ligament reconstruction using 4SHG, allograft, and LARS ligament[J]. Clin J Sport Med, 2021, 31(2): e101-e110. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000730.
- [18] PARCHI P D, CIAPINI G, PAGLIALUNGA C, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with LARS artificial ligament-clinical results after a long-term follow-up[J]. Joints, 2018, 6(2): 75-79. DOI: 10.1055/s-0038-1653950.
- [19] PARCHI P D, GIANLUCA C, DOLFI L, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with LARSTM artificial ligament results at a mean follow-up of eight years[J]. Int Orthop, 2013, 37(8): 1567-1574. DOI: 10.1007/s00264-013-1917-2.
- [20] RANGER P, RENAUD A, PHAN P, et al. Evaluation of reconstructive surgery using artificial ligaments in 71 acute knee dislocations[J]. Int Orthop, 2011, 35(10): 1477-1482. DOI: 10.1007/s00264-010-1154-x.
- [21] CHEN T, ZHANG P, CHEN J, et al. Long-term outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction using either synthetics with remnant preservation or hamstring autografts: a 10-year longitudinal study[J]. Am J Sports Med, 2017, 45(12): 2739-2750. DOI: 10.1177/0363546517721692.
- [22] 中国人工韧带研究小组. 先进韧带增强装置用于初次前交叉韧带重建术后不良事件的临床多中心调查分析[J]. 中华医学杂志, 2022, 102(41): 3312-3320. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20220530-01192.
- [23] TENNENT D J, POSNER M A. The military ACL[J]. J Knee Surg, 2019, 32(2): 118-122. DOI: 10.1055/s-0038-1676565.
- [24] 新一代人工韧带重建前十字韧带中国专家共识制订小组. 新一代人工韧带重建前十字韧带的手术适应证选择[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8): 488-495. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20191209-00500.
- [25] 新一代人工韧带重建前十字韧带中国专家共识制订小组. 采用新一代人工韧带重建前十字韧带的关键技术和不良事件——基于改良Delphi法制订的中国专家共识(二)[J]. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36(9): 1047-1055. DOI: 10.7507/1002-1892.202206026.
- [26] HSU C C, SANDFORD B A. The Delphi technique: making sense of consensus[J]. Pract Assess Res Eval, 2007, 12(10): 1-8.
- [27] GUYATT G H, OXMAN A D, VIST G E, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations[J]. BMJ Clin Res Ed, 2008, 336(7650): 924-926. DOI: 10.1136/bmj.39489.470347.AD.
- [28] 高玉镠,陈凤梅,张寅权,等. LARS人工韧带重建前交叉韧带的8~10年临床报道[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(10): 1092-1093. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2016.10.033.
- [29] 吴宇黎,吴海山,李晓华,等. LARS人工韧带在前交叉韧带重建中的作用[J]. 实用骨科杂志, 2007, 13(1): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5572.2007.01.002.
- [30] LAVOIE P, FLETCHER J, DUVAL N. Patient satisfaction needs as related to knee stability and objective findings after ACL reconstruction using the LARS artificial ligament[J]. Knee, 2000, 7(3): 157-163. DOI: 10.1016/s0968-0160(00)00039-9.
- [31] MIRZA F, MAI D D, KIRKLEY A, et al. Management of injuries to the anterior cruciate ligament: results of a survey of orthopaedic surgeons in Canada[J]. Clin J Sport Med, 2000, 10(2): 85-88. DOI: 10.1097/00042752-200004000-00001.
- [32] NOYES F R, BARBER-WESTIN S D. A comparison of results in acute and chronic anterior cruciate ligament ruptures of arthroscopically assisted autogenous patellar tendon reconstruction[J]. Am J Sports Med, 1997, 25(4): 460-471. DOI: 10.1177/036354659702500408.
- [33] SGAGLIONE N A, DEL PIZZO W, FOX J M, et al. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament

- reconstruction with the pes anserine tendons. Comparison of results in acute and chronic ligament deficiency[J]. *Am J Sports Med*, 1993, 21(2): 249-256. DOI: 10.1177/036354659302100215.
- [34] CULVENOR A G, COLLINS N J, GUERMAZI A, et al. Early knee osteoarthritis is evident one year following anterior cruciate ligament reconstruction: a magnetic resonance imaging evaluation[J]. *Arthritis Rheumatol*, 2015, 67(4): 946-955. DOI: 10.1002/art.39005.
- [35] BURNS E A, COLLINS A D, JACK R A 2nd, et al. Trends in the body mass index of pediatric and adult patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Orthop J Sports Med*, 2018, 6(4): 2325967118767398. DOI: 10.1177/2325967118767398.
- [36] ANDERSON A B, DEKKER T J, PAV V, et al. Survival of anterior cruciate ligament reconstructions in active-duty military populations[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(8): 3196-3203. DOI: 10.1007/s00167-023-07335-w.
- [37] CAIN D C, PARKER P. ACLR and military service: time to rethink?[J]. *BMJ Mil Health*, 2023: e002261. DOI: 10.1136/military-2022-002261.
- [38] 刘宪民,王琪,刘松波,等. LARS 韧带在超常体重人群前交叉韧带重建中的应用[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2011, 26(10): 931-932.
- [39] 闫子龙. 军人体型达标的效用和途径[J]. *军事体育学报*, 2015, 34(4): 28-29. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1300.2015.04.008.
- [40] BROPHY R H, LOWRY K J. American academy of orthopaedic surgeons clinical practice guideline summary: management of anterior cruciate ligament injuries[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2023, 31(11): 531-537. DOI: 10.5435/JAAOS-D-22-01020.
- [41] HOHMANN E, GLATT V, TETSWORTH K. Early or delayed reconstruction in multi-ligament knee injuries: a systematic review and meta-analysis[J]. *Knee*, 2017, 24(5): 909-916. DOI: 10.1016/j.knee.2017.06.011.
- [42] 赵斌,刘水涛,安佰京,等. 关节镜辅助下治疗膝关节多韧带损伤的临床研究[J]. *中国医学前沿杂志(电子版)*, 2016, 8(3): 16-20. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7372.2016.03.007.
- [43] D'AMBROSI R, MEENA A, ARORA E S, et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: a historical view[J]. *Ann Transl Med*, 2023, 11(10): 364. DOI: 10.21037/atm-23-87.
- [44] BERK A N, PIASECKI D P, FLEISCHLI J E, et al. Trends in patient-reported outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review[J]. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11(5): 23259671231174472. DOI: 10.1177/23259671231174472.
- [45] LIN L, WANG H J, WANG Y J, et al. Comparison of the clinical outcomes of revision and primary ACL reconstruction: a matched-pair analysis with 3-5 years of follow-up[J]. *Am J Sports Med*, 2023, 51(3): 634-641. DOI: 10.1177/03635465221148746.
- [46] HEFFNER M, CHANG R N, ROYSE K E, et al. Association between graft type and risk of repeat revision anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 1 747 patients[J]. *Am J Sports Med*, 2023, 51(6): 1434-1440. DOI: 10.1177/03635465231166084.
- [47] SMOLLE M A, FISCHERAUER S F, ZÖTSCH S, et al. Long-term outcomes of surgery using the ligament advanced reinforcement system as treatment for anterior cruciate ligament tears[J]. *Bone Joint J*, 2022, 104-B(2): 242-248. DOI: 10.1302/0301-620X.104B2.BJJ-2021-0798.R2.
- [48] SROUFE M D, SUMPTER A E, THOMPSON X D, et al. Comparison of patient-reported outcomes, strength, and functional performance in primary versus revision anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2023, 51(8): 2057-2063. DOI: 10.1177/03635465231169535.
- [49] VIRK S S, KOCHER M S. Adoption of new technology in sports medicine: case studies of the Gore-Tex prosthetic ligament and of thermal capsulorrhaphy[J]. *Arthroscopy*, 2011, 27(1): 113-121. DOI: 10.1016/j.arthro.2010.06.001.
- [50] 丁国成,刘铭,项良碧,等. 人工韧带联合自体肌腱在前交叉韧带重建失败后翻修手术中应用[J]. *临床军医杂志*, 2017, 45(8): 809-812. DOI: 10.16680/j.1671-3826.2017.08.12.
- [51] BERGERON J J, SERCIA Q P, DRAGER J, et al. Return to baseline physical activity after bone-patellar tendon-bone versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Am J Sports Med*, 2022, 50(8): 2292-2303. DOI: 10.1177/03635465211017522.
- [52] PAULOS L E, ROSENBERG T D, GREWE S R, et al. The GORE-TEX anterior cruciate ligament prosthesis. A long-term followup[J]. *Am J Sports Med*, 1992, 20(3): 246-252. DOI: 10.1177/036354659202000302.
- [53] RADING J, PETERSON L. Clinical experience with the Leeds-Keio artificial ligament in anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective two-year follow-up study[J]. *Am J Sports Med*, 1995, 23(3): 316-319. DOI: 10.1177/036354659502300311.
- [54] GLEZOS C M, WALLER A, BOURKE H E, et al. Disabling synovitis associated with LARS artificial ligament use in anterior cruciate ligament reconstruction: a case report[J]. *Am J Sports Med*, 2012, 40(5): 1167-1171. DOI: 10.1177/0363546512438510.

- [55] OLSON E J, KANG J D, FU F H, et al. The biochemical and histological effects of artificial ligament wear particles: *in vitro* and *in vivo* studies[J]. *Am J Sports Med*, 1988, 16(6): 558-570. DOI: 10.1177/036354658801600602.
- [56] MAN Q, GAO Y, WANG H, et al. There is no difference in the efficacy of anterior cruciate ligament reconstruction using autograft combined with or without ligament augmentation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(12): 5524-5534. DOI: 10.1007/s00167-023-07605-7.
- [57] 郭氧, 林丽丽, 穆臣会, 等. 自体肌腱混合LARS人工韧带在前交叉韧带重建术中应用的效果观察[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2023, 38(2): 182-185. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2023.02.019.
- [58] HAMIDO F, AL HARRAN H, AL MISFER A R, et al. Augmented short undersized hamstring tendon graft with LARS® artificial ligament versus four-strand hamstring tendon in anterior cruciate ligament reconstruction: preliminary results[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101(5): 535-538. DOI: 10.1016/j.otsr.2015.01.021.
- [59] HAMIDO F, MISFER A K, AL HARRAN H, et al. The use of the LARS artificial ligament to augment a short or undersized ACL hamstrings tendon graft[J]. *Knee*, 2011, 18(6): 373-378. DOI: 10.1016/j.knee.2010.09.003.
- [60] 傅仰攀, 黄长明, 范华强, 等. LARS中空韧带复合自体腘绳肌腱重建前交叉韧带手术技术[J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27(24): 2278-2282. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.24.15.
- [61] MINOLI C, TRAVI M, MONTI C, et al. A fast, easy and reliable method for hamstrings graft size prediction in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(10): 4430-4436. DOI: 10.1007/s00167-023-07510-z.
- [62] D'AMBROSI R, HALLÉ A, HARDY A. Good clinical and radiological results following remnant-preserving posterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(6): 2418-2432. DOI: 10.1007/s00167-022-07192-z.
- [63] ZHANG Y, XIAO X, DENG W, et al. Is remnant preservation in anterior cruciate ligament reconstruction superior to the standard technique? An overview of systematic reviews[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 910. DOI: 10.1186/s12891-023-07030-4.
- [64] KAWAKAMI J, HISANAGA S, YOSHIMOTO Y, et al. Remnant tissue enhances early postoperative biomechanical strength and infiltration of scleraxis-positive cells within the grafted tendon in a rat anterior cruciate ligament reconstruction model[J]. *PLoS One*, 2023, 18(11): e0293944. DOI: 10.1371/journal.pone.0293944.
- [65] ARUNDALE A J H, CUMMER K, CAPIN J J, et al. Report of the clinical and functional primary outcomes in men of the ACL-SPORTS trial: similar outcomes in men receiving secondary prevention with and without perturbation training 1 and 2 years after ACL reconstruction[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2017, 475(10): 2523-2534. DOI: 10.1007/s11999-017-5280-2.
- [66] PIEDADE S R, LEITE ARRUDA B P, DE VASCONCELOS R A, et al. Rehabilitation following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency: what has changed since the 1960s? State of the art[J]. *J ISAKOS*, 2023, 8(3): 153-162. DOI: 10.1016/j.jisako.2022.10.001.
- [67] NOYES F R, GROOD E S. The strength of the anterior cruciate ligament in humans and Rhesus monkeys[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1976, 58(8): 1074-1082.
- [68] COOPER D E, DENG X H, BURSTEIN A L, et al. The strength of the central third patellar tendon graft. A biomechanical study[J]. *Am J Sports Med*, 1993, 21(6): 818-824. DOI: 10.1177/036354659302100610.
- [69] HAMNER D L, BROWN C H Jr, STEINER M E, et al. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1999, 81(4): 549-557. DOI: 10.2106/00004623-199904000-00013.
- [70] XU B, YIN Y, ZHU Y, et al. Comparison of bioabsorbable and metallic interference screws for graft fixation during ACL reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9(8): 23259671211021577. DOI: 10.1177/23259671211021577.
- [71] DEBIEUX P, FRANCIOSI C E, LENZA M, et al. Bioabsorbable versus metallic interference screws for graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 7(7): CD009772. DOI: 10.1002/14651858.CD009772.pub2.

[本文编辑] 孙岩