

中华医学会系列杂志

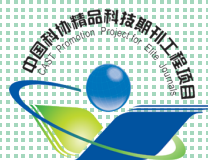
ISSN 0253-2352

CN 12-1113/R

中华骨科杂志[®]

新一代人工韧带重建前十字韧带的手术适应证选择
——基于改良Delphi法制订的中国专家共识

CHINESE
JOURNAL
OF
ORTHOPAEDICS



中华医学会

CHINESE
MEDICAL
ASSOCIATION

新一代人工韧带重建前十字韧带的 手术适应证选择

——基于改良 Delphi 法制订的中国专家共识

新一代人工韧带重建前十字韧带中国专家共识制订小组

通信作者:陈世益, Email: cshiyi@163.com

【摘要】 采用新一代人工韧带的前十字韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 重建术在中国有超过 15 年的临床应用和数万例病例积累。大量文献报道证实其中短期临床疗效不亚于采用生物移植物的 ACL 重建术, 且具备允许患者早期重返运动的优势。但新一代人工韧带的超适应证使用甚至滥用以及与之相关的手术失败在临床上并不少见, 应引起重视。本研究采用改良 Delphi 法, 经两轮问卷沟通和一轮圆桌会议, 就新一代人工韧带在 ACL 重建术中的适应证选择达成共识。共识起草小组依据最新循证医学证据, 按 Sprague 专业调查法设计问卷, 在线完成收集。共识专家遴选自中国医师协会骨科医师分会和中华医学会运动医学分会。共识制订小组就八项条款达成高度共识、两项条款达成普遍共识。共识制订目的是规范采用新一代人工韧带重建 ACL 的手术适应证选择。共识指出: 新型人工韧带可用于初次 ACL 重建, 不仅适用于急性 ACL 损伤, 也适用于慢性 ACL 损伤, 有 ACL 残端的患者可能效果更佳; 对运动员、肥胖、超重和需要重返运动的患者效果可能更好, 对骨骺未闭和翻修病例需谨慎使用。

DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20191209-00500

The indication of new generation artificial ligaments in anterior cruciate ligament reconstruction: consensus of Chinese specialists based on a modified Delphi method

Chinese Specialist Consensus Group on New Generation Artificial Ligaments Used for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Corresponding author: Chen Shiyi, Email: cshiyi@163.com

【Abstract】 New generation artificial ligaments have been applied in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction for more than 15 years in China. The short- or mid-term clinical outcomes of ACL reconstruction with the new generation artificial ligaments were no less than those with biological grafts. In addition, using new generation artificial ligaments allowed return to sports early after ACL reconstruction. However, it should be noted that the extended indication and even abuse of new generation artificial ligaments was uncommon in ACL reconstruction, which could lead to surgical failure. In the present study, we adopted a modified Delphi method to reach a consensus on the indication of new generation artificial ligaments in ACL reconstruction through two rounds of communication and one round of face-to-face meeting. The consensus development group designed an evidence-based questionnaire according to the orthopedic survey strategy introduced by Sprague et al. and fulfilled the online collection. All specialists were the members of Chinese Association of Orthopaedic Surgeons and Chinese Society of Sports Medicine. The specialist group reached the strong consensus on eight items and the moderate consensus on two items, which aimed to standardize the new generation artificial ligaments application in ACL reconstruction. The consensus indicates that the new generation artificial ligaments can be applied in primary ACL reconstruction including acute and chronic cases, especially for those with preserved remnants. The ACL reconstruction with the new generation artificial ligaments are likely to achieve better outcomes for athletes, overweight patients, and those need to return to sports. For skeletal immature patients and revision cases, the new generation artificial ligaments should be applied with caution.

DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20191209-00500

人工韧带是由人工材料制备而成的可用于韧带修复重建的移植物。上世纪70年代起,多种人工韧带产品开始应用于前十字韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤的治疗。与自体、异体移植物相比,人工韧带无供区并发症和排异反应,力学强度更高,植入后具备即时抗拉强度,无血管化和再塑形过程,患者术后可早期重返运动。这些特点使人工韧带在出现的短期内获得广泛应用。Burnett 和

Fowler 曾在 ACL 外科技术史中写道:“20 世纪 80 年代是属于人工韧带的 10 年”^[1]。但在早期应用中,外科医生忽视了人工韧带缺乏弹性和蠕变性的缺点,以及与采用生物移植物的 ACL 重建手术技术的差异。1990 年以后,开始有临床报道显示人工韧带应用于 ACL 重建术后疗效不佳,失败率和并发症率较高^[2]。美国骨科组织库的兴起与竞争也使人工韧带在 ACL 重建术中的应用陷入低潮。2000 年,加拿

大骨科协会的一份报告显示支持在 ACL 重建术中使用人工韧带的医生比例已降至不足 20%^[3]。

针对早期人工韧带的失败原因,法国医生 Laboureau 设计出了新一代人工韧带——韧带先进增强系统(Ligament Advanced Reinforcement System, LARS)用于 ACL 修复重建,并强调等长重建是手术的基本原则^[4]。自 1992 年开始应用于 ACL 重建以来,新一代人工韧带至今已在欧洲多国、澳洲、北美、中国以及中东国家获得临床应用^[4]。多数临床研究证实新一代人工韧带用于 ACL 重建后的短中期临床疗效不亚于采用生物移植物的 ACL 重建术,且具备早期重返运动的优势^[5-6]。2004 年 7 月,上海华山医院实施了中国大陆首例应用新一代人工韧带的后十字韧带(posterior cruciate ligament, PCL)重建术。经过早期谨慎使用和一段时期的观察,人工韧带在 2012 年后逐渐获得广泛应用。其中我国学者的相关文献发表量居全球首位。多数文献中的应用结果为重建成功,但也存在失败病例。因超适应证使用导致的手术失败及术后并发症等不良事件时有发生。对新一代人工韧带重建 ACL 的手术适应证仍缺乏共识性意见阻碍和限制了其规范化的临床应用。

我们在现有循证医学证据的基础上,采用改良 Delphi 法,制订采用新一代人工韧带的 ACL 重建术的手术适应证共识,希望为运动医学专科医生提供指导和参考。

一、制订方法

本共识仅涉及经中国国家食品药品监督管理局(State Food and Drug Administration, SFDA)批准在中国内地使用的新一代人工韧带,主要用于 ACL 或 PCL 重建。共识的制订遵循改良 Delphi 法^[7]。

(一)共识专家选择

共识起草小组于 2019 年 6 月成立,根据起草小组组长建议编制初步的专家名单。该名单主要由国内骨科运动医学专科医生组成,分别来自中国医师协会骨科医师分会和中华医学会运动医学分会,纳入专家在自愿的基础上需满足以下至少一项标准:①近五年累积完成至少 50 例新一代人工韧带重建 ACL 手术;②近五年内有至少 1 篇相关研究成果公开发表;③已签署协议并已参与“中国人工韧带临床多中心研究”的主要研究者;④中国人工韧带多中心研究小组核心成员。

共识邀请函发送给 31 位经过共识制订小组认证的专家,来自全国 16 个省和直辖市,受聘于大学

附属的三甲医院。从事骨科或运动医学年资最高 40 年,最低 12 年,平均 25 年;有膝关节手术经验最多 34 年,最少 7 年,平均 17 年;有 ACL 手术经验最多 23 年,最少 7 年,平均 13 年。采用新一代人工韧带完成 ACL 重建手术例数方面,18 人拥有 100 例以上的手术经验,其中 6 人手术例数超过 300 例。过去 5 年中,28 位专家发表了 1 篇以上相关学术论文,其中发表相关论文超过 3 篇的专家 13 人。

(二)共识条款确定

共识起草小组评价已有的循证医学证据。英文检索平台为 PubMed 和 Web of Science,数据库为: Medline 和 Web of Science 全集库。检索日期:2019 年 7 月 1 日前。PubMed 检索式:(polyester [Title/Abstract] OR synthetic* [Title/Abstract] OR artificial [Title/Abstract] OR polyethylene terephthalate [Title/Abstract]) AND “anterior cruciate ligament” [Title/Abstract]。Web of Science 检索式:TS=(polyester OR synthetic* OR artificial OR polyethylene terephthalate) AND TS=anterior cruciate ligament。中文检索数据库包括:中国知网、万方数据库、中国科技期刊数据库,检索日期:2019 年 7 月 1 日前。中国知网检索式:(关键词:“人工韧带” *关键词:“前十字韧带”) *日期:“2019/07/01”;中国科技期刊数据库检索式:题名或关键词=“人工韧带” AND 题名或关键词=“前十字韧带”;万方数据库检索式:题名或关键词:“人工韧带” *题名或关键词:“前十字韧带”。浏览并筛选出新一代人工韧带用于 ACL 修复重建的相关文献。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(图 1)。

仔细阅读纳入文献,依据 PICO 原则提取信息,包括“患者群体”、“干预”、“对照”、“临床疗效”,根据提取信息并结合患者小组(10 人)意见归纳出待共识条款,即一稿。

(三)调查轮回

参考改良 Delphi 法制订流程,包括前两轮问卷调查和第三轮圆桌会议(图 2)。问卷设计参考 Sprague 调查设计方法^[8],制作电子版(问卷星,长沙冉星信息科技有限公司,中国)并推送共识专家。

起草小组与专家团队围绕一稿进行第一轮问卷调查。此环节中专家意见采用五级 Likert 量表采集,内容包括:完全同意、部分同意、不确定、部分反对、完全反对。待共识条款满足以下至少一项记为“通过”:①完全同意 $\geq 70\%$;②部分同意 $\geq 75\%$;③完全同意加部分同意 $\geq 80\%$ 。待共识条款满足以下任

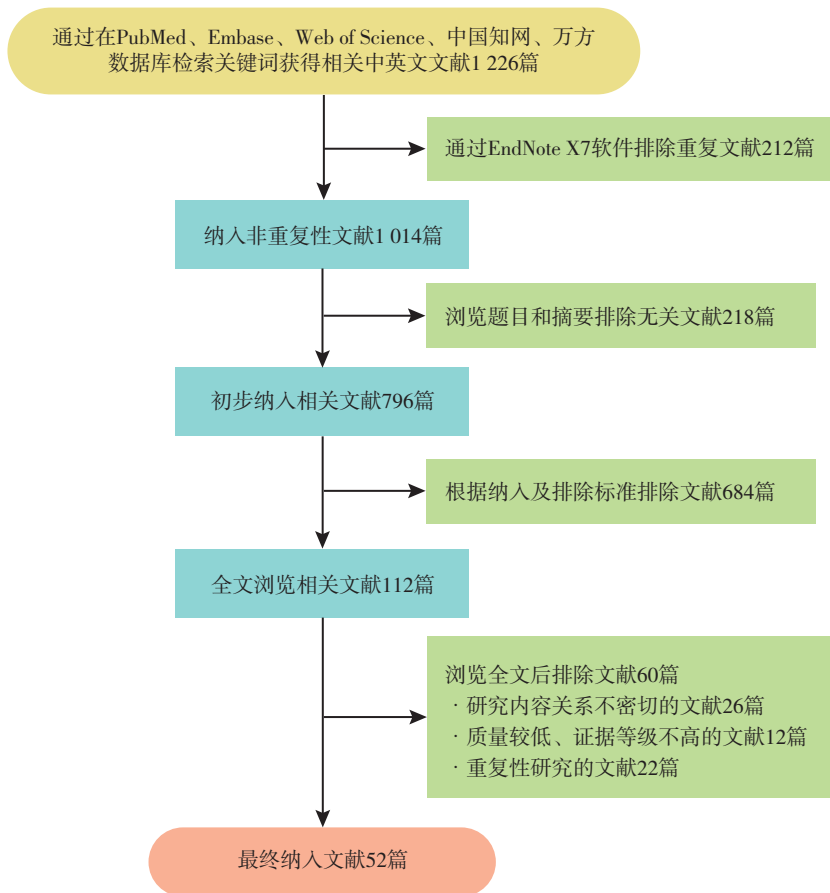


图1 文献检索流程图。在PubMed、Web of Science、中国知网、万方数据库等中英文数据库检索关键词,获得相关文献。通过浏览、筛选、删除重复题录及排除文献,最终纳入文献52篇

意一项记为“未通过”:完全反对 $\geq 10\%$ 、部分反对 $\geq 15\%$ 、完全反对加部分反对 $\geq 20\%$ 。若待共识条款不满足上述(通过、未通过)条件,记为“待定”。

起草小组对“待定”和“未通过”的条款根据反馈意见进行修改后发起第二轮问卷调查。其中专家意见采用三级Likert量表进行采集,内容包括:“同意”、“不同意”、“不确定,有待更多循证医学证据去证实”。共识起草小组综合专家意见对第二轮沟通条款进行修改。修改后条款与第一轮沟通中“通过”的条款合并二稿,进入第三轮圆桌会议。

第三轮圆桌会议共计26名专家参加,公开讨论修改待共识条款并逐条进行现场投票。各项待讨论问题被逐一评价和修改,超半数与会专家赞同则

保留。采用举手投票法,现场记票。可投赞成票、弃权票、反对票;重复投票视为废票,到场但未投票视为弃权票。赞成票 $\geq 85\%$ 认为获得通过。为避免专家遗忘前两轮调查内容,第三轮圆桌会议安排在第二轮问卷调查结束后的2周内举行。

(四)数据分析

新一代人工韧带重建ACL的手术适应证选择在第一轮沟通中包括15项内容。其中通过、未通过、待定条目数分别为9条、3条、3条。未通过和待定条目经二次沟通后合并为3项条目,于第三轮讨论。12项“适应证和禁忌证”条目经讨论后,未修改、修改、删除的条目数分别为:1条、9条、2条。经投票,共计10项条款达成共识。根据赞成率将共识

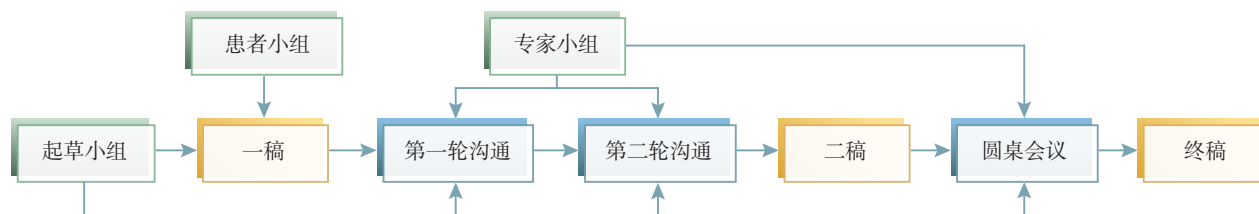


图2 基于改良Delphi法的共识制定流程图

等级分为：“基本(赞成率85%~89.9%)”、“普遍(赞成率90%~94.9%)”、“高度(赞成率95%~100%)”。其中8项达成高度共识,2项达成普遍共识。

二、共识条目和解读

(一)新一代人工韧带可用于初次ACL重建,不仅适合急性ACL损伤患者,也适合慢性ACL损伤患者,有ACL残端患者可能效果更佳(高度共识)。

新一代人工韧带主要应用于ACL初次重建。英文文献中,来自随机对照研究与队列研究的结果表明采用新一代人工韧带进行初次ACL重建的临床疗效不亚于采用自体骨-髌腱-骨或自体腘绳肌腱的ACL重建术^[9-10];多中心研究的结果表明新一代人工韧带在初次ACL重建手术中同样获得了令人满意的临床疗效^[11]。中文文献中,新一代人工韧带应用于初次ACL重建也获得了满意的疗效^[12-13]。

ACL重建的手术时机存在争议。有学者认为慢性期(受伤至手术时间大于3个月)患者术后可能存在关节疼痛和功能受限,建议早期手术^[14]。但也有部分学者认为急性期(受伤至手术时间小于3周^[15])和慢性期接受ACL重建的临床疗效并无显著差异^[16]。采用新一代人工韧带重建ACL手术,不仅在急性期重建的临床疗效良好,在慢性期进行手术同样也具有满意的疗效^[17]。因此,新一代人工韧带既适合急性期ACL损伤的重建术,也适合慢性期ACL损伤的重建术。

天然ACL内的力学感受器被认为是维持关节本体感觉的重要结构^[18]。考虑到残端的力学感受器具有潜在再生能力,保残重建理论上有助于恢复本体感觉,维持膝关节的动态稳定性^[19]。然而临床研究结果显示保残重建的疗效与非保残重建无差异^[20]。对人工韧带而言,保残有助于自体组织长入^[21],从而实现人工材料的包绕。多位研究者强调在使用人工韧带重建ACL手术时应尽量保留残端,并取得了良好的临床疗效^[9,22-23]。但目前尚无研究比较新一代人工韧带保残或非保残重建的临床疗效。结合有限的临床证据,有ACL残端的保残重建可能会有更好的临床疗效。

(二)对要求早日重返运动场和恢复运动能力的运动员或运动爱好者,在ACL重建中更适合使用新一代人工韧带(高度共识)。

力学强度是新一代人工韧带的优势。新一代人工韧带强度(5 500 N^[24])是成人ACL强度(1 730 N^[25])的3.2倍。与天然生物移植物相比,新一代人工韧带强度是宽度7 mm的骨-髌腱-骨(2 238 N^[26])

的2.5倍,是10 mm股四头肌腱(2 352 N^[27])的2.3倍,是四股腘绳肌腱(4 090 N^[28])的1.3倍。与天然移植物相比,人工韧带植入后不必经历血管化、重塑形及早期力学强度衰减的风险^[29],且无供区创伤及并发症问题,因此可快速康复及早期重返运动。

采用新一代人工韧带重建ACL的患者在术后最早重返竞技运动的时间为术后4~6个月^[9],而采用自体、异体移植物重建ACL的患者术后重返竞技运动的时间往往在1年以后^[30]。近期有研究表明,从安全的角度考虑天然生物移植物重建ACL术后重返运动的时间应在2年之后^[31]。因此,对要求早日重返运动场和恢复运动能力的运动员更适合使用新一代人工韧带。

(三)因宗教、经济、疾病、法律等多方面因素拒绝使用自体移植物和同种异体移植物,又别无其他选择的患者,在ACL重建中可推荐使用新一代人工韧带(高度共识)。

目前可用于ACL重建的移植物主要包括:自体移植物、异体移植物及人工韧带。自体移植物疗效确切,但存在供区创伤及并发症等问题;异体移植物同样获得广泛应用,但其价格较贵、来源质量控制困难、失败率高,并有潜在疾病传播等风险。此外,法律、伦理、宗教信仰等因素也在部分国家和地区限制了异体肌腱的使用。鉴于目前文献报道中新一代人工韧带重建ACL的临床疗效满意,且在术后康复、重返运动方面较生物移植物具有优势^[9,11],因此对拒绝使用自体、异体移植物又别无其他选择的患者,在ACL重建术中可使用新一代人工韧带。

(四)新一代人工韧带既可用于PCL损伤和多韧带损伤重建,也可用于骨肿瘤等保肢需联合修复重建的患者(高度共识)。

人工韧带应用在膝关节肌腱和其他韧带的修补重建术中同样获得了较好的临床结果。大量已发表的临床研究证实新一代人工韧带用于PCL重建疗效满意^[32]。对膝关节多韧带损伤的治疗而言,人工韧带供应充足,且不涉及法律、伦理及疾病传播等问题。有多项临床研究证实应用新一代人工韧带是治疗膝关节多韧带损伤的有效方式^[22]。另外,新一代人工韧带可有效用于保肢手术的髌腱和股四头肌腱重建^[33-34]。

(五)对肥胖或超重的ACL损伤患者,如有运动需求,可使用新一代人工韧带进行ACL重建(普遍共识)。

近期有研究证实ACL重建患者的身体质量指

数(body mass index, BMI)十年来呈上升趋势,其中未成年患者超重比例显著高于一般人群^[35]。对超重(BMI ≥ 25 kg/m²)和肥胖(BMI ≥ 30 kg/m²)的ACL损伤患者而言,一方面受伤时合并半月板、软骨损伤者增多;另一方面术后过大的体重或BMI会对关节结构(如韧带、软骨等)产生过度应力。对肥胖或超重患者,采用自体或异体移植物进行ACL重建术是再损伤的危险因素之一^[36]。而人工韧带具有更高的力学强度,超过人体ACL以及目前临床用于ACL重建的所有生物移植物。从理论上讲,人工韧带可用于肥胖或超重,且有运动需求的ACL损伤患者。也有临床证据证实新一代人工韧带对超重患者进行ACL重建术后13~18个月的随访结果满意^[37]。

(六)新一代人工韧带可用于ACL翻修术,但必须慎重选择患者(高度共识)。

平均每9例ACL重建患者中有1例发生远期移植物断裂或临床失败^[38]。对再断裂或临床失败病例,翻修手术是可选的治疗方式。ACL翻修的移植物来源包括自体、异体移植物和人工韧带。早期人工韧带,如Gore-texTM和DacronTM,曾被美国FDA批准用于ACL翻修手术^[39];新一代人工韧带也有被用于ACL翻修术的报道。

初次重建后的固定装置、残留移植物、骨隧道位置以及隧道扩大会对翻修手术产生影响,翻修前应对上述内容进行仔细评价^[40]。有研究指出采用Gore-texTM进行ACL翻修手术时患者选择不当是疗效不佳的重要原因^[41]。新一代人工韧带重建ACL也需遵循等长重建原则,且对骨隧道定位的要求更高。韧带植入后采用挤压固定、隧道扩大或隧道周围骨量减少也可能影响固定效果,因此采用新一代人工韧带进行ACL翻修前应结合患者初次重建情况进行具体分析。

(七)对要求尽快恢复日常活动和运动能力且无严重骨质疏松症的中老年ACL损伤患者,可采用新一代人工韧带重建(普遍共识)。

中老年ACL损伤的治疗方式一直是运动医学领域的讨论话题之一^[42]。保守治疗,包括康复训练、调整运动量、佩戴支具等措施被证明具有一定的临床疗效^[43]。但保守治疗后患者仍有关节不稳,半月板和软骨损伤风险随之增加^[44]。对有强烈运动需求的中老年人,ACL重建术与保守治疗相比能更有效地恢复关节稳定性,帮助患者重返运动。近年有研究表明中老年患者ACL重建术后疗效满意^[45]。在移植物选择上,采用新一代人工韧带重建

ACL不仅能够避免采用自体移植物后可能发生的供区创伤及并发症,并且可允许患者术后快速康复,早期恢复日常活动和运动能力^[9,11]。国外学者通过研究ACL重建术后中期(平均术后7.9年)和远期(平均术后11.6年)临床疗效证实:在严格选择患者后,采用新一代人工韧带重建ACL对需要术后快速恢复的老年患者是安全有效的选择^[46-47]。

(八)新一代人工韧带可以用于合并有半月板、软骨损伤的ACL重建术(高度共识)。

ACL断裂常合并半月板、软骨损伤。60%的ACL损伤患者合并半月板损伤^[48],约40%的ACL损伤患者合并软骨损伤^[49]。合并半月板、软骨损伤被认为是ACL重建术后远期发生膝关节骨关节炎的重要影响因素^[50],ACL重建时常同期予以处理。对合并有半月板、软骨损伤的ACL损伤患者可采用自体或异体生物移植物的重建术,而采用新一代人工韧带重建的临床疗效不亚于生物移植物,被多项随机对照试验和队列研究证实^[9,51]。

(九)对未成年(骨骺线未闭)患者是否可用新一代人工韧带重建ACL目前存在争议(高度共识)。

未成年人ACL损伤相对较少,但发生率近年来呈上升趋势^[52]。对骨骺线未闭患者实施ACL重建手术的风险相对较高,因此保守治疗和延迟手术一度被广泛接受^[53]。但保守治疗效果不佳,存在关节不稳、继发半月板损伤及早发骨关节炎等问题^[54];延迟手术虽可避免医源性骺板受损,但依旧存在半月板和软骨等结构继发损伤的风险^[55]。目前临床证据显示伤后6~12周接受手术的临床疗效优于保守治疗和延迟手术^[56]。未成年人ACL手术主要分为经骺板重建、保骺板重建和混合重建三类^[57]。经骺板重建和混合重建中,骨隧道均穿过胫骨和(或)股骨骺板,有导致下肢发育不等长和成角畸形的潜在风险;保骺板重建可降低骺板医源性损伤的风险^[58]。

目前国内外均无关于未成年(骨骺线未闭)患者应用新一代人工韧带重建ACL的报道。新一代人工韧带重建能否实现保骺板重建及界面螺钉挤压固定对骨骺发育是否有影响等问题尚有待研究。

(十)新一代人工韧带可联合自体或同种异体移植物重建ACL(高度共识)。

采用自体移植物或异体移植物重建ACL有时会遇到移植物尺寸短小的问题。新一代人工韧带可以与自体或同种异体移植物联合使用,起到增强作用。国外学者曾报告采用新一代人工韧带增强长度不足15 cm、直径小于5 mm的腓绳肌腱重建

ACL, 中远期疗效满意^[59-60]。

新一代人工韧带可用于 ACL 重建, 但有特定的手术适应证。术者需基于患者需求和循证医学证据做出合理选择。除等长重建等技术要求外, 人工韧带的材料力学属性对重建后的功能至关重要。人工韧带主要通过提供即时张力达到关节稳定性, 而非为了再生, 这符合运动医学宗旨, 即 ACL 重建是以恢复关节稳定性、达到早期重返运动为目的。

利益冲突声明

所有共识专家均无利益冲突需要声明

共识制订小组成员(按姓氏拼音首字母排序)

陈海啸 浙江省台州医院
 陈疾忤 复旦大学附属华山医院, 复旦大学运动医学研究所
 陈世益 复旦大学附属华山医院, 复旦大学运动医学研究所
 戴国锋 山东大学齐鲁医院
 黄长明 解放军陆军第七十三集团军医院
 黄华扬 中国人民解放军南部战区总医院
 康一凡 海军军医大学第三附属医院
 李宏云 复旦大学附属华山医院, 复旦大学运动医学研究所
 李 箭 四川大学华西医院
 林瑞新 上海交通大学医学院附属仁济医院
 李卫平 中山大学孙逸仙纪念医院
 刘欣伟 中国人民解放军北部战区总医院
 刘玉杰 中国人民解放军总医院
 李彦林 昆明医科大学第一附属医院
 齐志明 大连医科大学附属大连市中心医院
 孙贵才 南昌大学第一附属医院
 温 鹏 宁夏回族自治区人民医院
 王 青 南京医科大学第一附属医院
 许建中 郑州大学附属第一医院
 徐卫东 海军军医大学第一附属医院
 徐又佳 苏州大学附属第二医院
 杨 柳 陆军军医大学第一附属医院
 周利武 中国人民解放军东部战区总医院
 张卫国 大连医科大学附属第一医院
 张文涛 北京大学深圳医院
 章亚东 中国人民解放军总医院第四医学中心

执笔
 陈天午 复旦大学附属华山医院, 复旦大学运动医学研究所

参 考 文 献

[1] Burnett QM 2nd, Fowler PJ. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: historical overview[J]. Orthop Clin North Am, 1985,

16(1): 143-157.
 [2] Batty LM, Norsworthy CJ, Lash NJ, 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.
 [3] Mirza F, Mai DD, 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.
 [4] Johnson D, Laboureau J. Cruciate Ligament Reconstruction with Synthetics[M]//Fanelli GC. Posterior cruciate ligament injuries. 1st ed. New York: Springer, 2001: 189-214. DOI: 10.1007/978-0-387-21601-0.
 [5] 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.
 Huang CM, Shen RQ, Fan HQ, et al. Anterior cruciate ligament anatomy isometric technique in arthroscopic reconstruction with LARS artificial ligaments[J]. Chinese Journal of Bone and Joint Injury, 2007, 22(8): 647-649. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9935.2007.08.011.
 [6] 徐又佳, 董启裕, 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.
 Xu YJ, Dong QR, Zhou HB, et al. Clinical report on arthroscopic reconstruction of anterior cruciate ligament with LARS artificial ligament[J]. Orthopedic Journal of China, 2008, 16(24): 1841-1844.
 [7] Hsu CC, Sandford BA. The Delphi technique: making sense of consensus[J]. Practical Assessment, Research & Evaluation, 2007, 12(10): 1-8.
 [8] Sprague S, Quigley L, Bhandari M. Survey design in orthopaedic surgery: getting surgeons to respond[J]. J Bone Joint Surg Am, 2009, 91 Suppl 3: S27-S34. DOI: 10.2106/JBJS.H.01574.
 [9] 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.
 [10] 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.
 [11] 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.
 [12] 高玉玺, 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.
 Gao YL, Chen FM, Zhang YQ, et al. Eight to ten years clinical out-

- comes of anterior cruciate ligament reconstruction with LARS artificial ligaments[J]. Chinese Journal of Bone and Joint Injury, 2016, 31(10): 1092-1093. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2016.10.033.
- [13] 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.
- Wu YL, Wu HS, Li XH, et al. ACL arthroscopic reconstruction with LARS artificial ligament[J]. Journal of Practical Orthopaedics, 2007, 13(1): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5572.2007.01.002.
- [14] Noyes FR, Barber-Westin SD. 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.
- [15] Sgaglione NA, Del Pizzo W, Fox JM, 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.
- [16] Karlson JA, Steiner ME, Brown CH, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction using gracilis and semitendinosus tendons. Comparison of through-the-condyle and over-the-top graft placements[J]. Am J Sports Med, 1994, 22(5): 659-666. DOI: 10.1177/036354659402200514.
- [17] 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.
- [18] Kosy JD, Mandalia VI. Anterior cruciate ligament mechanoreceptors and their potential importance in remnant-preserving reconstruction: a review of basic science and clinical findings[J]. J Knee Surg, 2018, 31(8): 736-746. DOI: 10.1055/s-0037-1608941.
- [19] Tie K, Chen L, Hu D, et al. The difference in clinical outcome of single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions with and without remnant preservation: a meta-analysis[J]. Knee, 2016, 23(4): 566-574. DOI: 10.1016/j.knee.2015.07.010.
- [20] Hu J, Qu J, Xu D, et al. Clinical outcomes of remnant preserving augmentation in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(9): 1976-1985. DOI: 10.1007/s00167-013-2749-8.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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早期临床疗效比较[J]. 中国运动医学杂志, 2007, 26(5): 530-533. DOI: 10.16038/j.1000-6710.2007.05.007.
- Chen SY, Hong GW, Chen JW, et al. Comparison of early clinical outcome of acl reconstruction using the LARS artificial ligament and the autologous hamstring tendon[J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2007, 26(5): 530-533. DOI: 10.16038/j.1000-6710.2007.05.007.
- [24] Dericks G. Ligament advanced reinforcementsystem anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Operative Techniques in Sports Medicine, 1995, 3(3): 187-205. DOI: 10.1016/S1060-1872(95)80009-3.
- [25] Noyes FR, Grood ES. The strength of the anterior cruciate ligament in humans and Rhesus monkeys[J]. J Bone Joint Surg Am, 1976, 58(8): 1074-1082. DOI: 10.2106/00004623-197658080-00006.
- [26] Cooper DE, Deng XH, Burstein AL, 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.
- [27] West RV, Harner CD. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2005, 13(3): 197-207. DOI: 10.5435/00124635-200505000-00006.
- [28] Hamner DL, Brown CH Jr, Steiner ME, 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.
- [29] Falconiero RP, DiStefano VJ, Cook TM. Revascularization and ligamentization of autogenous anterior cruciate ligament grafts in humans[J]. Arthroscopy, 1998, 14(2): 197-205. DOI: 10.1016/s0749-8063(98)70041-6.
- [30] Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, et al. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors [J]. Br J Sports Med, 2014, 48(21): 1543-1552. DOI: 10.1136/bjsports-2013-093398.
- [31] Nagelli CV, Hewett TE. Should return to sport be delayed until 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction? Biological and functional considerations[J]. Sports Med, 2017, 47(2): 221-232. DOI: 10.1007/s40279-016-0584-z.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] Ji T, Yang Y, Li DS, et al. Limb salvage using non-hinged endoprosthesis and staged correction of leg-length discrepancy for children with distal femoral malignant tumors[J]. Orthop Surg, 2019, 11(5): 819-825. DOI: 10.1111/os.12525.
- [35] Burns EA, Collins AD, Jack RA 2nd, et al. Trends in the body mass index of pediatric and adult patients undergoing anterior cru-

- ciate ligament reconstruction[J]. *Orthop J Sports Med*, 2018, 6(4): 2325967118767398. DOI: 10.1177/2325967118767398.
- [36] Culvenor AG, Collins NJ, 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.
- [37] 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.
Liu XM, Wang Q, Liu SB, et al. Application of LARS artificial ligaments in anterior cruciate ligament reconstruction for overweight patients[J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Injury*, 2011, 26(10): 931-932.
- [38] Crawford SN, Waterman BR, Lubowitz JH. Long-term failure of anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 2013, 29(9): 1566-1571. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.04.014.
- [39] Virk SS, Kocher MS. 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.
- [40] Greis PE, Steadman JR. Revision of failed prosthetic anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1996(325): 78-90. DOI: 10.1097/00003086-199604000-00009.
- [41] Johnson D. Gore-tex synthetic ligament[J]. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 1995, 3(3): 173-176. DOI: 10.1016/S1060-1872(95)80006-9.
- [42] Brown CA, McAdams TR, Harris AH, et al. ACL reconstruction in patients aged 40 years and older: a systematic review and introduction of a new methodology score for ACL studies[J]. *Am J Sports Med*, 2013, 41(9): 2181-2190. DOI: 10.1177/0363546513481947.
- [43] Meuffels DE, Favejee MM, Vissers MM, et al. Ten year follow-up study comparing conservative versus operative treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched-pair analysis of high level athletes[J]. *Br J Sports Med*, 2009, 43(5): 347-351. DOI: 10.1136/bjism.2008.049403.
- [44] Strehl A, Eggli S. The value of conservative treatment in ruptures of the anterior cruciate ligament (ACL)[J]. *J Trauma*, 2007, 62(5): 1159-1162. DOI: 10.1097/TA.0b013e31805006e7.
- [45] Costa GG, Grassi A, Perelli S, et al. Age over 50 years is not a contraindication for anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(11): 3679-3691. DOI: 10.1007/s00167-019-05450-1.
- [46] Parchi PD, Ciapini G, Pagliarunga 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.
- [47] Parchi PD, Gianluca C, Dolfi L, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with LARS 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.
- [48] Noyes FR, Barber-Westin SD. Treatment of meniscus tears during anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 2012, 28(1): 123-130. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.08.292.
- [49] Maffulli N, Binfield PM, King JB. Articular cartilage lesions in the symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee[J]. *Arthroscopy*, 2003, 19(7): 685-690. DOI: 10.1016/s0749-8063(03)00403-1.
- [50] Ajuied A, Wong F, Smith C, et al. Anterior cruciate ligament injury and radiologic progression of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42(9): 2242-2252. DOI: 10.1177/0363546513508376.
- [51] 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*, 2019. Epub ahead of print. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000730. Epub ahead of print.
- [52] Funahashi KM, Moksnes H, Maletis GB, et al. Anterior cruciate ligament injuries in adolescents with open physis: effect of recurrent injury and surgical delay on meniscal and cartilage injuries [J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42(5): 1068-1073. DOI: 10.1177/0363546514525584.
- [53] Angel KR, Hall DJ. Anterior cruciate ligament injury in children and adolescents[J]. *Arthroscopy*, 1989, 5(3): 197-200. DOI: 10.1016/0749-8063(89)90171-0.
- [54] Vavken P, Murray MM. Treating anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients[J]. *Arthroscopy*, 2011, 27(5): 704-716. DOI: 10.1016/j.arthro.2010.11.062.
- [55] Anderson AF, Anderson CN. Correlation of meniscal and articular cartilage injuries in children and adolescents with timing of anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43(2): 275-281. DOI: 10.1177/0363546514559912.
- [56] Newman JT, Carry PM, Terhune EB, et al. Factors predictive of concomitant injuries among children and adolescents undergoing anterior cruciate ligament surgery[J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43(2): 282-288. DOI: 10.1177/0363546514562168.
- [57] Anderson CN, Anderson AF. Management of the anterior cruciate ligament-injured knee in the skeletally immature athlete[J]. *Clin Sports Med*, 2017, 36(1): 35-52. DOI: 10.1016/j.csm.2016.08.003.
- [58] Kaeding CC, Flanigan D, Donaldson C. Surgical techniques and outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction in preadolescent patients[J]. *Arthroscopy*, 2010, 26(11): 1530-1538. DOI: 10.1016/j.arthro.2010.04.065.
- [59] Hamido F, Al Harran H, Al Misfer AR, et al. Augmented short undersized hamstring tendon graft with LARS(R) 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.
- [60] Hamido F, Misfer AK, Al Harran H, et al. The use of the LARS artificial ligament to augment a short or undersized ACL hamstrings tendon graft[J]. *The Knee*, 2011, 18(6): 373-378. DOI: 10.1016/j.knee.2010.09.003.

(收稿日期: 2019-12-09)

(本文编辑: 马宝意)