

·综述·

同种异体肌腱在运动系统常见损伤中的应用

谢志涛^{1,4} 高小康¹ 王丽敏² 张净宇³ 李文静² 高冰² 胡永成¹

【摘要】 肌腱是连接肌肉和骨骼的致密结缔组织,有着高机械强度、良好的柔韧性及最佳弹性水平。肌腱主要功能是传递肌肉收缩产生的力量,使骨骼移动从而产生身体各部位的动作。然而在运动过程中,负荷超出肌腱的承受能力,或由于反复运动造成的累积磨损,肌腱会受到损伤。临床上常用的肌腱移植植物有三类:自体肌腱、异体肌腱和人工合成材料移植植物。理想的肌腱移植植物应具备重塑肌腱的解剖特性、与原肌腱具有相似的生物力学特性、良好的组织相容性和尽可能少的并发症等特点。由于无供区损伤、手术时间短、麻醉时间短、使用止血带时间短、移植植物尺寸多样化、手术切口少、术后疼痛轻等多种优势,同种异体肌腱在临床上正逐渐普遍地应用于运动系统损伤的修复。为了科学、有效地进行同种异体肌腱的研究及应用,本文综述了同种异体肌腱在运动医学中的研究进展及应用的文献,从而推动同种异体肌腱在运动系统损伤修复中的基础研究及临床应用。

【关键词】 同种异体移植; 肌腱损伤; 外科手术; 运动医学

Application of tendon allografts in common injuries of the movement system Xie Zhitao^{1,4}, Gao Xiaokang¹, Wang Limin², Zhang Jingyu³, Li Wenjing², Gao Bing², Hu Yongcheng¹. ¹Tianjin Medical University, Tianjin 300000, China; ²Beijing Wonderful Medical Biomaterials Co., Ltd, Beijing 101100, China; ³Department of Bone and Soft Tissue Oncology, Tianjin Hospital, Tianjin 300000, China; ⁴Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Hebei Engineering University, Handan 056500, China
Corresponding author: Hu Yongcheng, Email: huydoctor@163.com

【Abstract】 Tendons are dense connective tissues that connect muscles to bones, providing high mechanical strength, good flexibility, and optimal elasticity. The primary function of tendons is to transmit the force generated by muscle contractions, enabling movement of the skeleton and various body actions. However, during physical activity, tendons can become damaged due to loads exceeding their capacity or cumulative wear and tear caused by repetitive movements. In clinical practice, there are three main types of tendon grafts used: autografts, allografts, and synthetic materials. An ideal tendon graft should possess anatomical characteristics for tendon remodeling, similar biomechanical properties to the original tendon, good tissue compatibility, and minimal complications. Due to several advantages such as no donor site damage, shorter surgery and anesthesia times, shorter tourniquet use, diverse graft sizes, fewer incisions, and reduced postoperative pain, allogeneic tendon grafts are gradually being widely used for the repair of sports medicine system injuries. To advance the scientific and effective research and application of allogeneic tendon grafts, this review summarizes the research progress and application of allogeneic tendon grafts in sports medicine, aiming to promote the basic research and clinical application of allogeneic tendon grafts in the repair of movement system injuries.

【Key words】 Allografts; Tendon Injuries; Surgery; Sports Medicine

运动损伤常见于膝关节、肩关节及踝关节的肌腱、韧带、关节囊及软骨等,其中肌腱和韧带损伤为常见疾患。在美国,肌腱、韧带和关节囊损伤占每年3 200万肌肉骨骼损伤的45%,每年约有1%的运动参与者发生前交叉韧带(anterior

cruciate ligament, ACL)断裂^[1],而且随着体育活动的增加和人口的老齡化,比例有逐渐增加的趋势。肌腱和韧带损伤的修复多采用手术治疗,修复移植材料可以选择自体肌腱、同种异体肌腱或/和人工合成材料。自体肌腱被作为修复移植

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2024.04.007

基金项目: 邯郸市科学技术研究与发展计划项目(21422083378)

作者单位: 300000 天津医科大学¹; 101100 北京威达峰医学生物材料有限责任公司²; 300000 天津市天津医院骨与软组织肿瘤科³; 056500 邯郸,河北工程大学附属医院骨科中心⁴

通信作者: 胡永成, Email: huydoctor@163.com

材料的“金标准”,但也增加供区并发症风险。当腱性缺损较大且自体肌腱移植无法满足用量的需求时,同种异体肌腱是一种理想的自体肌腱替代物。与自体肌腱相比,同种异体肌腱无术后供区并发症及肌无力等;同时,手术和麻醉时间短。有学者主张患者年龄也可以决定使用同种异体肌腱还是自体肌腱;例如老年患者通常使用同种异体肌腱,而运动员使用自体肌腱移植更好^[2]。

移植重建后的肌腱和韧带的结构和生化特性生理修复过程,以及术后恢复和功能仍然有许多值得探讨的问题。本文对近年来相关研究进行综述,以期为提高治疗效果及基础研究提供帮助。

资料和方法

一、资料来源

在PubMed和Embase两个平台中分别进行文献检索。在PubMed中使用主题词Allografts、Tendons、Anterior Cruciate Ligament、Posterior Cruciate Ligament、Rotator Cuff及Achilles Tendon及相关自由词进行检索;在Embase中使用主题词allograft、tendon、anterior cruciate ligament、posterior cruciate ligament、rotator cuff及achilles tendon及相关自由词进行检索。

二、纳入和排除标准

纳入标准:(1)研究对象是运动损伤的患者;(2)临床研究的病例系列研究、队列研究及RCT(randomized controlled trial)研究;(3)修复材料是同种异体肌腱。

排除标准:(1)非英文文章;(2)无法获取全部信息的文献;(3)体外实验和动物实验。

检索共得文献1 576篇,其中PubMed中文文献850篇,Embase中文文献726篇。首先采用Endnote查重,排除604篇,然后阅读题目和摘要,排除378篇,再根据纳入和排除标准筛选排除501篇。共有93篇文章进行全文阅读,阅读全文后排除49篇,原因为:(1)无所需数据;(2)所需数据不全。最终纳入文献44篇,文献筛选流程图如下(图1)。

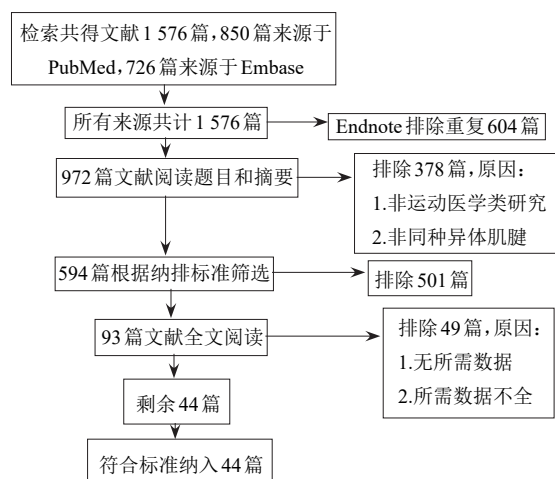


图1 文献检索流程

三、结果

(一)同种异体肌腱在膝关节运动损伤的应用

ACL是膝关节中仅次于半月板的最常见损伤结构,大约70%的ACL损伤是由运动引起的^[3]。ACL损伤会导致永久和严重的功能障碍,因为它在膝关节有实质性的功能。为了恢复膝关节的功能和稳定性^[4],并将软骨进一步损伤和进展为关节炎的风险降到最低,部分患者选择行ACL重建。ACL初次重建最常用的同种异体移植来源包括腓骨后肌、半腱肌、跟腱和骨-髌腱-骨(bone patellar tendon bone, BPTB)^[5]。关于同种异体肌腱与自体肌腱移植重建ACL的疗效比较已有较多报道,各种同种异体肌腱与自体肌腱关节镜下联合应用于双十字韧带重建亦取得了良好的效果。Shi等^[6]作者采用同种异体跟腱-骨移植重建ACL和后交叉韧带(posterior cruciate ligament, PCL),术后采用改良国际膝部文件委员会(international knee documentation committee, IKDC)膝关节功能评分和Lysholm膝关节功能评分系统进行评价;并将结果与对侧健康膝关节进行比较分析,发现效果良好。Nakata等^[7]报道61例运动活跃的患者在关节镜下使用新鲜冷冻同种异体肌腱重建ACL,术后长期随访发现使用同种异体肌腱可能是一种恢复膝关节功能的可行方法,同时避免了自体肌腱的供区并发症。Almqvist等^[8]亦认为同种异体肌腱重建ACL在长期随访中具有良好的临床效果。Chun等^[9]研究发现部分自体BPTB移植患者会出现自体供区持续疼痛、髌骨骨折、股四头肌萎缩、组织损伤等并发症。然而, Noh等^[10]描述了在过去10年中,同种异体肌腱用于ACL重建的使用稳步增加,原因是易获取和避免供区并发症。Kang等^[11]回顾性分析2007年1月至2009年12月在关节镜下采用同种异体BPTB单束重建ACL的136例患者资料;其中66例采用双层同种异体BPTB移植,70例采用传统同种异体BPTB移植;比较两组患者术后2年的Lachman试验、轴移试验、KT-1 000关节测量仪测量结果、Lysholm和Tegner评分。结果表明双层同种异体BPTB单束重建ACL比单层同种异体移植具有更小的前向松弛和更好的膝关节功能。Guo等^[12]回顾性分析了2002年2月至2006年1月期间187例ACL重建患者的临床资料。该研究连续纳入142例接受单束BPTB的ACL重建患者,其中41例为自体移植,33例为新鲜冷冻同种异体移植,68例为辐照的同种异体移植。采用KT-1000最大位移试验、Lachman试验、Lysholm、Irrgang和Larson活动量表评估临床结果。作者结果发现使用新鲜冷冻同种异体BPTB重建ACL的结果与自体BPTB移植的结果无差异。Kane等^[13]研究了自体BPTB或冷冻、未照射的同种异体BPTB重建ACL的25岁或以下成年患者的临床结果和翻修率。结果表明尽管自体BPTB移植与同种异体BPTB移植重建ACL的患者评分结果无显著差异,但同种异体移植患者的ACL翻修率显著较高。Indelli等^[14]主张初次ACL重建一直以来使用自体组织,因为一些研究提示同种异体肌腱生物学融合率较慢,所以其仅限于翻修病例和年龄较大或体力需求较低的患者。

有学者认为跟腱是目前常用的前交叉韧带撕裂的替代

物。同种异体移植植物被用于近一半的初次重建,其中五分之一是跟腱,使用跟腱是因为其强大的抗拉强度和供体可用性。Zamorano等^[15]成功使用同种异体跟腱逆行移植重建ACL;结果表明当无法获取BPTP时,同种异体跟腱逆行移植是重建ACL的良好选择;且同种异体跟腱可以更好地选择尺寸,比同种异体髌腱更容易获得。然而, Kim等^[16]研究表明在吸烟者中,接受同种异体跟腱-骨移植的患者临床效果比接受自体BPTP移植的患者差。对于吸烟患者,自体BPTP移植是一种值得推荐的ACL重建方法。Noh等^[17]评估应用单一同种异体跟腱同时重建多个ACL的效果后,报道单根长度 ≥ 17 cm的同种异体跟腱移植重建ACL的近期效果良好,可获得足够的移植植物用于不同患者的多韧带或双侧ACL重建。Wang等^[18]比较了同种异体跟腱胫骨解剖双固定与同种异体BPTB胫骨外孔固定一期重建ACL的疗效;作者比较发现同种异体跟腱联合胫骨解剖固定一期ACL重建术较同种异体BPTB联合胫骨外孔固定一期ACL重建术具有更好的膝关节稳定性和更低的骨隧道扩大率。Noh等^[19]对确诊为ACL断裂的95例患者,使用同种异体跟腱移植重建ACL;术后至少1年在二次关节镜下评估移植植物滑膜化程度后发现滑膜化程度越高的患者,同种异体跟腱重建ACL的疗效越好,所以建议在损伤后早期进行重建,以促进滑膜形成。Shah等^[20]研究得出同种异体跟腱在一期ACL重建中的失败率为5.6%。随访至少24个月, <18 岁、18~25岁、26~40岁和 ≥ 41 岁患者的失败率分别为8.7%、8.8%、5.7%和0%,未观察到组间有统计学显著差异。Chehab等^[21]3年使用同种异体跟腱对年龄 ≥ 30 岁的患者进行了65例初次ACL重建后,发现同种异体跟腱移植重建ACL的结果与自体髌腱移植相当。Folsom等^[22]2002年至2005年间,对26例完全性腘绳肌近端断裂患者进行手术治疗,并于末次随访时进行功能问卷调查,发现同种异体跟腱移植重建慢性腘绳肌断裂似乎能恢复与急性修复相当的功能和力量。2002年9月至2006年10月期间, Lawhorn等^[23]进行了一项前瞻性随机研究,将147例患者随机分组,分别采用自体腘绳肌腱或新鲜冰冻同种异体胫骨前肌腱进行ACL重建。作者发现与自体腘绳肌腱重建ACL相比,使用新鲜冰冻同种异体胫骨前肌重建ACL在至少2年的随访中获得了相似的临床效果。Sun等^[24]研究比较关节镜下自体与同种异体腘绳肌腱重建前交叉韧带的临床疗效;研究结果表明新鲜冰冻同种异体腘绳肌腱与自体腘绳肌腱初次重建ACL均可获得满意的临床疗效,亦表明同种异体腘绳肌腱移植为ACL重建提供了一种“拆东墙补西墙”的可行方法。Dai等^[25]比较了关节镜下同种异体6股腘绳肌腱与同种异体BPTB单束重建ACL的临床疗效。研究表明同种异体6股腘绳肌腱单束重建ACL后可获得良好的前后及旋转稳定性,并认为这是一种比较合理的ACL重建移植替代物。Pascual-Garrido等^[26]报道对于年龄 <40 岁的ACL翻修患者,同种异体肌腱是较好的移植植物选择,且同种异体髌腱移植与胫骨前肌腱移植无差异。Yang等^[27]研究比较了采用自体腘绳肌腱或同种异体腘绳肌腱关节镜下行ACL重建患者的膝关节稳定性和滑液成分的变化;研究结果

表明在术后早期同种异体腘绳肌腱重建ACL导致了更大的膝关节松弛和免疫反应,但在相对长期的随访中两种移植植物获得了相似的客观和主观效果。Sun等^[28]分析了关节镜下 γ 射线照射与未照射同种异体腘绳肌腱重建前ACL的疗效;研究表明未照射同种异体腘绳肌腱是重建ACL的一种合理的选择,而辐照同种异体腘绳肌腱移植的不满意结果导致外科医生不选择它,并 γ 射线不被作为二次消毒方法。也有学者有同样的研究结果, Tian等^[29]不主张辐照同种异体腘绳肌腱移植治疗ACL双束重建。ACL重建移植物的最佳选择仍存在争议。Shumborski等^[30]研究表明供体的年龄、性别以及肌腱的形态对年轻活动期患者ACL移植植物断裂的发生率有显著影响;50岁以上女性供体的再断裂率高于其他年龄段的男性供者和年轻女性供者,应避免使用。Sun等^[31]亦认为同种异体移植植物术后并发症促使我们考虑其来源。虽然同种异体移植植物没有尺寸限制,可能更适合于多发性韧带损伤,但是同种异体移植植物重建ACL有其自身的问题。因此外科医生在决定使用哪种类型移植植物时应综合考虑。

PCL损伤发生在胫骨后移至股骨的创伤事件之后,特别是高能量损伤。PCL损伤较ACL损伤少见^[32],很难单独发生,通常合并其他韧带损伤,如ACL、内侧副韧带(medial collateral ligament, MCL)以及后外侧角损伤。PCL损伤通常由运动、机动车或道路交通事故等高能量创伤引起。随着关节镜工具的发展和技术方法的进步,手术治疗已成为关节镜下PCL断裂修复的首选方法。Ebrahimzadeh等^[33]回顾性分析2008年至2014年采用同种异体跟腱重建PCL的24例患者的临床资料,患者平均随访36个月,通过临床检查和KT-2000关节测量仪检查膝关节稳定性及活动度。作者分析认为同种异体跟腱移植重建PCL手术操作复杂但并发症少,可获得满意的疗效。Kim等^[34]描述采用同种异体跟腱骨移植重建PCL的一期手术,并同时进行后外侧角重建,采用同种异体胫骨后肌腱解剖重建外侧副韧带(lateral collateral ligament, LCL)和腘肌腱,术后2年内的临床效果较好。Yang等^[35]对采用关节镜下跨间隔入路保留残端单束PCL重建的58例患者进行至少2年的随访,结果表明采用保留残束的同种异体跟腱或混合肌腱单束重建PCL均可获得满意的效果。但外科医生应注意术中可能出现的并发症,以及与同种异体跟腱移植相关撕裂率和缓慢地股骨孔区滑膜化。

(二)同种异体肌腱在肩关节损伤的应用

同种异体肌腱在肩关节损伤修复中也得到了应用。Sanchez-Sotelo等^[36]认为重建慢性断裂的肱二头肌远端肌腱在技术上具有挑战性,腱腹交界区回缩通常使其难以直接与骨重建,残余的肌腱和肌肉质量较差。因此这种类型的损伤重建需要某种形式的强化。作者研究发现跟腱-跟骨复合同种异体移植植物非常适合肱二头肌肌腱重建,因为跟骨骨块允许在桡骨结节内进行骨对骨固定,移植物的腱膜部分足够宽和长,可安全缝合到宿主肱二头肌,使用同种异体跟腱重建肱二头肌肌腱已经取得了令人满意的结果。Sanchez-Sotelo等^[37]报告了7例慢性肱三头肌功能不全,分别采用肘肌旋转皮瓣(4例)和同种异体跟腱移植(3例)进行治疗。作者采用

Mayo肘关节功能评分对患者主观满意度、疼痛、活动范围及肌力进行评分,术后随访9~63个月,平均33个月,结果表明同种异体肌腱移植可以很好地修复慢性肱三头肌缺损。并且,作者认为附着跟骨骨块可以固定在尺骨鹰嘴上,大小合适的肌腱部分可以替代缺如的肱三头肌肌腱,腱膜部分的移植物足够宽和长,也可以安全地缝合到肱三头肌;对于肘肌失活或肱三头肌大面积缺损的患者,皮瓣不能提供足够的覆盖,而使用同种异体的跟腱移植可以解决这个问题。

目前,对于巨大肩袖撕裂合并大结节骨质丢失的治疗是复杂的。这是因为大结节形成冈上肌、冈下肌和小圆肌肌腱的止点,该区域的骨质丢失使得肌腱修复具有挑战性。Ho等^[38]认为对于巨大肩袖撕裂合并大结节骨性缺损的患者,需要同时完成肩袖的修复和大结节骨的重建;作者研究发现采用同种异体跟腱-骨块移植修复骨缺损并加强肩袖修复是一种安全且有效的方法,大多数患者在术后2年的临床效果较好。Checchia等^[39]比较了传统的背阔肌肌腱转移术与改良同种异体肌腱强化转移术的中期疗效。作者研究结论是对于不可修复的后上肩袖撕裂,改良(单一入路,同种异体肌腱强化)背阔肌转移术的中期随访结果优于背阔肌腱转移术。有学者得出不同的观点,Pogorzelski等^[40]使用同种异体跟腱移植增强背阔肌肌腱转移术至少2年的结果,与其研究中接受背阔肌肌腱转移术患者的结果相当。作者认为采用同种异体跟腱增强的背阔肌肌腱转移治疗不可修复肩袖撕裂的患者,术后结果没有显著改善;因此使用同种异体肌腱增强仍然是存在疑问的。

因为同种异体肌腱重建会增加感染和排斥反应的风险,且在技术上比其他费用较低但功能结果相似的治疗方案更困难,所以Moore等^[41]不建议用同种异体肌腱重建巨大和其他不可修复的肩袖撕裂。Kholinne等^[42]回顾性分析了2017年1月至2018年1月期间采用同种异体跟腱-骨移植修复6例巨大不可修复肩袖损伤患者的临床资料;作者评估术后临床疗效并行二次关节镜检查评估移植物完整性;研究发现使用同种异体跟腱-骨移植治疗不可修复性肩袖撕裂的上关节囊重建患者有较高的移植失败率。因此同种异体肌腱移植治疗不可修复性肩袖撕裂患者的有效性和安全性有待进一步大样本对照研究证实。

(三)同种异体肌腱在踝关节的应用

同种异体肌腱在踝关节损伤修复中逐渐应用,也取得了比较满意的结果。Noh等^[43]研究了同种异体跟腱及其附着骨被成功地用于修复严重退行性和不可修复的跟腱自发性断裂。作者术后随访患者18个月,发现患肢跟腱肌力恢复正常水平、无症状及踝关节活动无受限;且术后X线提示骨块牢固地与宿主骨结合。对于复杂的跟腱缺损是重建的一个挑战,因为需要同时进行重建跟腱和软组织覆盖。使用局部皮瓣重建复杂的跟腱缺损可能需要多次手术,所以是不理想的。一般来说,修复方法主要集中在单纯或复合游离皮瓣的显微外科转移。Lykoudis等^[44]作者描述了一种重建复杂跟腱缺损的简化方法,使用覆盖股薄肌游离皮瓣的同种异体跟腱移植。作者术中切除变性坏死肌腱,用冷冻同种异体跟

腱和附着跟骨块重建缺失的肌腱;将同侧股薄肌作为游离皮瓣转移到同种异体移植植物上,移植的刃厚皮覆盖皮瓣。术后1年患肢重建区的自然轮廓恢复,且放射学证实了同种异体肌腱附着骨和跟骨之间的融合。结果作者认为使用同种异体肌腱来修复缺失的肌腱是一个有吸引力的选择;这是因为使用游离肌瓣覆盖来重建软组织缺损并控制感染,为移植植物提供了充足的血供。

亦有学者报道同种异体肌腱用于类风湿关节炎相关的跟腱断裂患者;还有学者报道儿童跟腱断裂使用同种异体肌腱进行外科重建。另外,也有学者报道支持在踝关节外侧韧带重建或跟骨关节内骨折治疗中使用同种异体肌腱。随着同种异体肌腱在踝关节损伤中应用增加且取得了良好的效果,同种异体肌腱将来在踝关节损伤中的适应证范围会越来越广。

四、讨论

(一)肌腱结构与功能的概述

肌腱是连接肌肉和骨骼的致密结缔组织,有着高机械强度、良好的柔韧性及最佳弹性水平。肌腱主要功能是传递肌肉收缩产生的力量,使骨骼移动从而产生身体各部位的动作。肌腱主要由水和胶原蛋白组成,约55%~70%是水,其中一些水分子与蛋白聚糖相关。蛋白聚糖是由富含亮氨酸的蛋白质组成,不同的蛋白聚糖成分因肌腱的位置而异,也根据肌腱主要受到的力类型而不同。肌腱干重的60%~85%是由I型胶原和5%的III和V型胶原组成,III型胶原是位于肌腱的结缔组织,在肌腱内及外膜中,形成较少的纤维,V型胶原位于I型胶原纤维的核心,调节原纤维的生长。约2%的肌腱干重由弹性蛋白纤维组成,以提供弹性。

(二)同种异体肌腱与自体肌腱应用的比较

然而在运动过程中,负荷超出肌腱的承受能力,或由于反复运动造成的累积磨损,肌腱会受到损伤。临床上常用的肌腱移植植物有三类:自体肌腱、异体肌腱和人工合成材料移植植物。理想的肌腱移植植物应具备重塑肌腱的解剖特性、与原肌腱具有相似的生物力学特性、良好的组织相容性和尽可能少的并发症等特点。了解这些可以帮助我们更有效地研究同种异体肌腱。目前对于重建术中肌腱与韧带移植物的选择,使用同种异体肌腱还是自体肌腱的优劣暂无定论。常用同种异体肌腱来源包括胫骨后肌、半腱肌、跟腱和BPTB^[9]。同种异体跟腱因其强大的抗拉强度和供体可用性,在使用同种异体肌腱初次重建中占五分之一。对于同种异体肌腱与自体肌腱移植术后效果比较,不同实验结果有的相似,有的不同。所得出的结论大致为两种:同种异体肌腱与自体肌腱移植术后临床结果相似或自体肌腱移植术后临床结果较好。不同同种异体肌腱间也有学者进行了比较,使用同种异体跟腱逆行移植重建ACL比使用同种异体髌腱更容易获得^[15]。关于同种异体肌腱辐照与否,有些骨科医生因为辐照后的不满意结果,所以不将 γ 射线作为二次消毒方法。

(三)同种异体肌腱的优点与缺点

同种异体移植植物具有供区损伤小、手术时间短、移植植物大、切口小、瘢痕小、外观良好、术后疼痛轻、活动受限少、关节纤维化少等优点。但也存在疾病传播、生物相容性低、免

疫应答差、恢复时间长、费用高等缺点。目前查阅的文献表明,同种异体肌腱可能会增加患者二次手术的风险,但患者自身的特异性也是该指标的影响因素之一。因为移植物来源、处理方法、手术技术等方面的差异,而且研究中很难比较异体和自体肌腱的稳定性和功能,所以我们需要进一步研究和长期随访比较。

(四)本研究的局限性与未来的研究方向

同种异体肌腱移植也存在一些局限性。同种异体肌腱移植可能会引起免疫排斥反应从而导致移植失败;虽然免疫抑制剂可以降低风险,但长期使用免疫抑制剂可能会增加感染的机会。同种异体肌腱移植的另一个问题是异体肌腱与宿主组织之间的融合问题,成功的移植需要二者之间的良好融合。同种异体肌腱移植的广泛应用也会受到供体数量的限制,尤其是对于需要大量移植的患者而言。研究人员可以探索更有效的免疫调节方法,从而减轻或避免同种异体肌腱移植所引起的免疫排斥反应。研究人员可以开发新的生物材料用于移植以促进融合;亦可利用生物工程技术尝试培育人工肌腱,从而避免免疫排斥反应和供应不足的问题。最后,随着再生医学的研究深入,可能会为促进肌腱的再生和修复提供新的方法。

五、结论

综上所述,同种异体肌腱移植的适应证逐渐扩大,因职业或运动而必须下跪的患者特别适合进行同种异体肌腱重建。年龄较大、体力需求较低或需要翻修的患者也可以从同种异体肌腱的使用中获益。同种异体肌腱移植物的选择在临床上仍然面临一些不信任与挑战,更多研究应该用以证明其相较于自体肌腱移植物的优势,更好地发挥在组织重建中的作用。

参 考 文 献

- 1 Ruano JS, Sittler MR, Driban JB. Prevalence of radiographic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament Reconstruction, with or without meniscectomy: an Evidence-Based practice article [J]. J Athl Train, 2017, 52(6): 606-609.
- 2 Strickland SM, MacGillivray JD, Warren RF. Anterior cruciate ligament Reconstruction with allograft tendons [J]. Orthop Clin North Am, 2003, 34(1): 41-47.
- 3 Ertogrul R, Varol A, Oc Y, et al. Is peroneus longus allograft good alternative for anterior cruciate ligament Reconstruction: a comparison study [J]. Acta ChirOrthopTraumatol Cech, 2021, 88(1): 58-62.
- 4 Zhao BA, Yao YY, Ji QX, et al. No difference in postoperative efficacy and safety between autograft and allograft in anterior cruciate ligament Reconstruction: a retrospective cohort study in 112 patients [J]. Ann Transl Med, 2022, 10(6): 359.
- 5 Matthew TK, Joanne H. Long-Term outcomes of primary anterior cruciate ligament Reconstruction using Achilles tendon allograft [J]. Bull Hosp Joint Dis, 2023, 81(4): 227-231.
- 6 Shi DH, Cai DZ, Wang K, et al. Concurrent arthroscopic bicruciate ligament Reconstruction using Achilles tendon-bone allografts: experience with 15 cases [J]. Chin J Traumatol, 2008, 11(6): 341-346.
- 7 Nakata K, Shino K, Horibe S, et al. Arthroscopic anterior cruciate ligament Reconstruction using fresh-frozen bone plug-free allogeneic tendons: 10-year follow-up [J]. Arthroscopy, 2008, 24(3): 285-291.
- 8 Almqvist KF, Willaert P, De Brabandere S, et al. A long-term study of anterior cruciate ligament allograft Reconstruction [J]. Knee Surg Sports TraumatolArthrosc, 2009, 17(7): 818-822.
- 9 Chun CH, Han HJ, Lee BC, et al. Histologic findings of anterior cruciate ligament Reconstruction with Achilles allograft [J]. Clin OrthopRelat Res, 2004 (421): 273-276.
- 10 Noh JH, Yang BG, Yi SR, et al. Single-bundle anterior cruciate ligament Reconstruction in active young men using bone-tendon Achilles allograft versus free tendon Achilles allograft [J]. Arthroscopy, 2013, 29(3): 507-513.
- 11 Kang HJ, Su YL, Cao HJ, et al. Arthroscopic single-bundle ACL Reconstruction with modified double-layer bone-patellar tendon-bone allograft [J]. Knee Surg Sports TraumatolArthrosc, 2013, 21(9): 2066-2071.
- 12 Guo L, Yang L, Duan XJ, et al. Anterior cruciate ligament Reconstruction with bone-patellar tendon-bone graft: comparison of autograft, fresh-frozen allograft, and γ -irradiated allograft [J]. Arthroscopy, 2012, 28(2): 211-217.
- 13 Kane PW, Wascher J, Dodson CC, et al. Anterior cruciate ligament Reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft versus allograft in skeletally mature patients aged 25 years or younger [J]. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2016, 24(11): 3627-3633.
- 14 Indelli PF, Dillingham MF, Fanton GS, et al. Anterior cruciate ligament Reconstruction using cryopreserved allografts [J]. Clin OrthopRelat Res, 2004 (420): 268-275.
- 15 Zamorano DP, Gold SM. Reverse Achilles tendon allograft technique for anterior cruciate ligament Reconstruction [J]. Arthroscopy, 2005, 21(6): 769.
- 16 Km SJ, Lee SK, Chong HC, et al. Graft selection in anterior cruciate ligament Reconstruction for smoking patients [J]. Am J Sports Med, 2014, 42(1): 166-172.
- 17 Noh JH, Song SJ, Roh YH, et al. Simultaneous multiple anterior cruciate ligament reconstructions using a single Achilles tendon allograft [J]. Acta OrthopBelg, 2013, 79(5): 547-551.
- 18 Wang F, Kang HJ, Chen BC, et al. Primary ACL Reconstruction: comparison of Achilles tendon allograft with tibial anatomical fixation and patellar tendon allograft with external aperture fixation [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2011, 21(5): 333-339.
- 19 Noh JH, Yang BG, Roh YH, et al. Synovialization on second-look arthroscopy after anterior cruciate ligament Reconstruction using Achilles allograft in active young men [J]. Knee Surg Sports TraumatolArthrosc, 2011, 19(11): 1843-1850.
- 20 Shah AA, McCulloch PC, Lowe WR. Failure rate of Achilles tendon allograft in primary anterior cruciate ligament Reconstruction [J]. Arthroscopy, 2010, 26(5): 667-674.
- 21 Chehab EL, Flik KR, Vidal AF, et al. Anterior cruciate ligament Reconstruction using Achilles tendon allograft: an assessment of outcome for patients age 30 years and older [J]. HSS J, 2011, 7(1): 44-51.
- 22 Folsom GJ, Larson CM. Surgical treatment of acute versus chronic complete proximal hamstring ruptures: results of a new allograft technique for chronic reconstructions [J]. Am J Sports Med, 2008, 36(1): 104-109.

- 23 Lawhorn KW, Howell SM, Traina SM, et al. The effect of graft tissue on anterior cruciate ligament outcomes: a multicenter, prospective, randomized controlled trial comparing autograft hamstrings with fresh-frozen anterior tibialis allograft [J]. *Arthroscopy*, 2012, 28(8): 1079-1086.
- 24 Sun K, Zhang JH, Wang Y, et al. Arthroscopic Reconstruction of the anterior cruciate ligament with hamstring tendon autograft and fresh-frozen allograft: a prospective, randomized controlled study [J]. *Am J Sports Med*, 2011, 39(7): 1430-1438.
- 25 Dai CL, Wang F, Wang XM, et al. Arthroscopic single-bundle anterior cruciate ligament Reconstruction with six-strand hamstring tendon allograft versus bone-patellar tendon-bone allograft [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(9): 2915-2922.
- 26 Pascual-Garrido C, Carbo L, Makino A. Revision of anterior cruciate ligament Reconstruction with allografts in patients younger than 40 years old: a 2 to 4 year results [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22(5): 1106-1111.
- 27 Yang R, Deng HQ, Hou JY, et al. Comparison of knee stability and synovial fluid alterations in anterior cruciate ligament Reconstruction with a hamstring autograft or an allograft [J]. *Orthopedics*, 2017, 40(5): e892-e897.
- 28 Sun K, Zhang JH, Wang Y, et al. A prospective randomized comparison of irradiated and non-irradiated hamstring tendon allograft for ACL Reconstruction [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20(1): 187-194.
- 29 Tian SQ, Wang B, Liu L, et al. Irradiated hamstring tendon allograft versus autograft for anatomic Double-Bundle anterior cruciate ligament Reconstruction: midterm clinical outcomes [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(10): 2579-2588.
- 30 Shumborski S, Salmon LJ, Monk C, et al. Allograft donor characteristics significantly influence graft rupture after anterior cruciate ligament Reconstruction in a young active population [J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48(10): 2401-2407.
- 31 Sun R, Chen BC, Wang F, et al. Prospective randomized comparison of knee stability and joint degeneration for double- and single-bundle ACL Reconstruction [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23(4): 1171-1178.
- 32 Moatshe G, Persson A, Fenstad AM, et al. High risk of failure after posterior cruciate ligament Reconstruction: study from the norwegian knee ligament registry 2004 - 2019 [J]. *JISAKOS*, 2021, 6(6): 380-391.
- 33 Ebrahimzadeh MH, Shahpari O. Clinical outcome of anatomical arthroscopic posterior cruciate ligament Reconstruction with Achilles tendon allograft [J]. *Arch Bone Jt Surg*, 2021, 9(1): 79-84.
- 34 Kim SJ, Kim TW, Kim SG, et al. Clinical comparisons of the anatomical Reconstruction and modified biceps rerouting technique for chronic posterolateral instability combined with posterior cruciate ligament Reconstruction [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(9): 809-818.
- 35 Yang JH, Yoo JR, Jeong HI, et al. Second-Look arthroscopic assessment of arthroscopic Single-Bundle posterior cruciate ligament Reconstruction [J]. *Am J Sports Med*, 2012, 40(9): 2052-2060.
- 36 Sanchez-Sotelo J, Morrey BF, Adams RA, et al. Reconstruction of chronic ruptures of the distal biceps tendon with use of an Achilles tendon allograft [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84(6): 999-1005.
- 37 Sanchez-Sotelo J, Bernard FM. Surgical techniques for Reconstruction of chronic insufficiency of the triceps [J]. *J Bone Joint Surg*, 2002, 84(8): 1116-1120.
- 38 Ho SWL, Denard PJ, Chong XL, et al. Achilles Tendon-Bone block allograft for massive rotator cuff tears with bony deficiency of the greater tuberosity: a minimum 2-Year follow-up study [J]. *Orthop J Sports Med*, 2022, 10(2): 23259671211073719.
- 39 Checchia CS, Luciana Andrade da Silva, Guilherme Do Val Sella, et al. Allograft-enhanced latissimus dorsi transfer is better than the conventional technique for irreparable posterosuperior rotator cuff tears. A retrospective matched cohort [J]. *Int Orthop*, 2023, 47(6): 1527-1534.
- 40 Pogorzelski J, Horan MP, Godin JA, et al. Achilles tendon allograft-augmented latissimus dorsi tendon transfer for the treatment of massive irreparable posterosuperior rotator cuff tears [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2018, 138(9): 1207-1212.
- 41 Moore DR, Cain EL, Schwartz ML, et al. Allograft Reconstruction for massive, irreparable rotator cuff tears [J]. *Am J Sports Med*, 2006, 34(3): 392-396.
- 42 Kholinne E, Sun YC, Kwak JM, et al. Failure rate after superior capsular Reconstruction with Achilles Tendon-Bone allograft for irreparable rotator cuff tears [J]. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9(5): 23259671211002280.
- 43 Noh JH, Roh YH, Lee K, et al. Achilles tendon allograft with its bony attachment to repair rupture and extensive degeneration of the heel cord [J]. *Acta Orthop Belg*, 2012, 78(5): 678-680.
- 44 Lykoudis EG, Contodimos GV, Ristanis S, et al. One-stage complex Achilles tendon defect Reconstruction with an Achilles tendon allograft and a gracilis free flap [J]. *Foot Ankle Int*, 2010, 31(7): 634-638.

(收稿日期: 2023-12-27)

(本文编辑: 吕红芝)

谢志涛, 高小康, 王丽敏, 等. 同种异体肌腱在运动系统常见损伤中的应用 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2024, 10(4): 237-242.