

# 人工合成材料重建后交叉韧带研究进展

张鑫

(成都体育学院研究生部,四川 成都 610041)

**【摘要】** 综述后交叉韧带损伤后重建材料的选择,探讨人工合成材料的应用前景。总结后交叉韧带的解剖、生物力学特性及重建的要求。后交叉韧带的后向稳定性要求更高,其损伤后对重建材料的要求更高。相对于自体材料和同种异体材料,人工合成材料的来源方便、可控性好、力学性能强大,更能满足后交叉韧带的要求。同时,材料学、生物工程的改进和发展,以及免疫学的进步都为人工合成材料的广泛应用提供了保障。人发角质蛋白在后交叉韧带的重建中有着广泛的应用前景。

**【关键词】** 生物相容性材料; 后交叉韧带; 修复外科手术

**Research process on the rebuilding in the posterior cruciate ligament by artificial material** ZHANG Xin Department of the Post Graduates, Chengdu Sports University, Chengdu 610041, Sichuan, China

**ABSTRACT** Summarize the selections of the artificial material about the rebuilding of the posterior cruciate ligament and explore the outlook To sum up the posterior cruciate ligament's characteristics of the anatomy and the biological mechanics, and the requirement of the rebuilding by literatures To sum up the characteristics of the artificial material according contrast to the other rebuilding materials The need of the back stability of the posterior cruciate ligament is more strictly The requirements of the rebuilding are more strictly Compare the artificial material with self's and homogeneities', the former is better which meet the need to the conventional source, the good controllable and the enough mechanical property At the same time, the improvement and the development of the material science, the bioengineering and the immunology provide guarantee to the artificial material is which applid in widely Such as the HHK, the artificial materials have a good outlook

**Key words** Biocompatible materials; Posterior cruciate ligament; Reconstructive surgical procedures

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2007, 20(2): 142-144 www.zggszz.com

膝关节后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL)是膝关节后向稳定的重要结构之一,其断裂将引起膝后向及旋转不稳,可继发关节软骨、半月板等结构损坏和骨性关节炎的发生,影响功能,严重者可导致膝关节病废。PCL镜下重建开展较晚,国内外对其的研究报道相比前交叉韧带 (ACL)并不多见。近年来,随着诊疗技术的进步和对 PCL认识的深入,关于 PCL的翻修重建已得到越来越多的重视。因其重建效果与材料密切相关,故对材料的研究也日益加强。

## 1 PCL的解剖及生物力学特点

人体膝关节 PCL较粗大,平均长度 38 mm,宽度 13 mm,强度约为 ACL的 2倍<sup>[1]</sup>。传统认为 PCL分为前外、后内 2束,前外束伸膝时松弛、屈膝时紧张,后内束与之相反。但国外有学者研究认为其由 4束构成:前束、中央束、后直束、后斜束。4束连续排列,是一个统一的整体<sup>[2]</sup>。前束、中央束构成了 PCL的大部分,约占 85%,两后束仅占 15%,前束在屈曲 30°~90°时承受张力,中央束最粗,在 30°~120°时承受张力,后束仅在伸直和深度屈曲时承受张力并始终处于等长状态<sup>[3]</sup>。

PCL的重建材料一般分为自体、同种异体、人工合成 3种。采用自体组织修复一直居主导地位,为大多数医生及患者所接受,目前以骨-髌腱-骨 (bone-patellar tendon-bone, BPTB)复合物为主。但自体组织来源有限,且会造成供区损伤,而且自体组织强度有限,如将 ACL强度定为 100%,则半腱肌为 75%,阔筋膜张肌为 35%<sup>[4]</sup>,无法满足 PCL的强度需要。而同种异体组织则无供区的损伤,且国内外学者报道疗效与自体组织无显著差异,但组织合并延迟、力学强度不足仍为其主要缺点,同时疾病传播、感染及抗原抗体反应等也是主要制约因素<sup>[5]</sup>。因此,人工材料就为手术提供了另一种选择。人工材料有取材方便,有足够的强度、长度,术后康复时间短,可控性强等优点,但也存在易受磨损、易蠕变、远期疗效不佳等缺点,近年来,随着生物工程和组织材料学对替代物的材料研究和生物生长因子的介入,人工韧带有着广阔的前景<sup>[6]</sup>。

## 2 人工韧带

1914年,Connor首先将银丝用于重建 ACL,开创了人工材料重建交叉韧带的先河。近 30年,尤其是 20世纪 80年代以来,较为盛行,在运动创伤中运用较多。相比之下,其主要优点有<sup>[7]</sup>: 不损伤自体组织; 手术操作简单,材料来源可靠可控; 不需制动,术后稳定性好,可早期活动。

**2.1 人工韧带的分类** 一般而言,人工韧带分为 3类:永久性人工材料:主要包括 Core-Tex韧带、聚酯韧带和涤纶韧带,它们具有高拉力强度,但不能与受者发生生物性愈合,故称为“永久性韧带”。支架韧带(Stents韧带):即现在常用的韧带增强装置(LAD),所用材料又分吸收和不吸收 2种,如聚乙烯、碳纤维、涤纶、聚酯等,结构特征与 ACL相似,对重建和修复的韧带起暂时的保护和加强作用。其可吸收类,对术后避免磨屑所致的渗出和滑膜炎有积极作用,且能加强移植物的重塑和在生物力学上的更早的成熟<sup>[8]</sup>。框架韧带:为一开放的编织结构,其框架结构既能提供韧带的保护又能刺激和允许局部胶原组织长入。代表为 Leeds-Keio韧带、聚羟基乙酸-涤纶韧带,此种韧带能诱导自身组织生长,最后形成类似韧带的替代作用<sup>[9]</sup>,成为生物性滑膜的一部分,有报道称在 ACL重建中用其包裹自身组织,恢复良好,术后 2周开始活动<sup>[8]</sup>,可作参考。

上述 3类是较为经典的人工材料,目前研究和临床应用较多的是人发角蛋白(human hair keratin, HHK)人工腱,HHK是第 3代人工肌腱材料(前 2代为碳纤维和硅橡胶材料),它与其他人工腱相比有以下特点<sup>[10]</sup>:能诱导自体腱产生,植入机体 3个月可转化为自体腱。拉应力强度不随时间衰减。T细胞转化实验无抗原性,E玫瑰花结形成实验无明显全身排斥反应,动物实验 CD3、CD4、CD5 检测无显著差异<sup>[10-11]</sup>。来源不受限,且可根据病情需要个性化设计。是目前创伤、矫形、修复重建外科中韧带、肌腱修复重建的理想代用品<sup>[12]</sup>。

**2.2 人工材料的生物力学** 目前大部分人工材料的拉力均大于正常交叉韧带。Core-Tex韧带和涤纶韧带拉力强度分别为 4 500和 3 100 N,大于正常 PCL 终级强度 1 700~1 800 N 的 1倍,其机械特性从蠕变到断裂无明显变化。而 Stents韧带则有较高的蠕变性,拉力强度随材料和植入后时间不同而有明显变化。一般而言,术后早期的负荷多由人工韧带承担,数月后转到生物韧带上。尸检证实,LAD 中负荷部分约为 45%,在术后前几周的生物韧带坏死期,LAD 的负荷承受可达 80%~90%,随着生物韧带的再血管化和胶原化,其生物部分所受的拉力逐渐增大直至生物部分塑型全部完成,从而取代 LAD。此时,LAD 不再产生力学作用。

而对 HHK而言,不同程度的改变 HHK 的结构使其成为在体内具有慢(Z)、中(B)、快(F) 3种不同吸收速度的成分,然后将 3种成分按不同比例混合,将其编织成不同类型的人工腱产品。肖应庆等<sup>[12]</sup>实验测定:在横截面积一定的情况下,Z、B、F 的断裂应力、拉应力和断裂刚度依次递减,断裂伸长力依次递增;在横截面积不定时,则断裂应力和断裂刚度随其增大而增大,拉应力随其增大而略有减小。所以,可根据临床选择合适的比例调配来满足需要。

**2.3 人工韧带的临床应用** 在各种人工韧带中,其临床效果不尽相同。孙康等<sup>[7]</sup>统计总结如下:Core-Tex韧带作为永久性人工韧带的假体,1986年在美国获准使用,但后来发现其远期疗效不佳,1995年后已很少使用。但我国学者王丹等<sup>[13]</sup>报道用其治疗 11例 PCL 损伤患者,术后随访 9~21个月,均恢复正常工作与生活;涤纶韧带由中央 4股涤纶带包绕其外

周涤纶网组成,能抗牵张、抗磨损和适应纤维组织长入。但后来也有报道其术后关节慢性滑膜炎的发生率为 40%,可见,涤纶韧带也不是 PCL 的持久代替物;Leeds-Keio韧带:动物实验显示良好的组织相容性,人体移植随访差于动物实验,人体应用中 ACL 效果优于 PCL;LAD 的疗效向来争议较多。国外有学者报道 12例增强半腱肌、半膜肌,随访 2年,主观感受与客观检测均取得满意结果<sup>[14]</sup>。但 Kumar 等对 1985-1997年国际权威杂志上发表的 20余篇有关 LAD 的文献进行综述后认为,在实验条件下 LAD 效果明显,而临床条件下,无论是重建 ACL 还是加强重建 PCL,均未显示明显优势<sup>[15-19]</sup>。

HHK人工腱因其特有的优点而被广泛用于肢体肌肉、肌腱、韧带、神经的缺损修复,均取得良好的效果。王志杰等<sup>[20]</sup>、陆声等<sup>[21]</sup>通过免疫学实验对其组织相容性实验研究后认为 HHK人工腱对机体刺激小,是良好的替代物,但因为新兴技术,远期疗效尚有待观察。邹云雯等<sup>[22]</sup>1997年临床对 12例交叉韧带损伤修复重建,优 11例,良 1例。敖英芳<sup>[23]</sup>对 ACL 损伤 16例追踪随访 11~31个月,优良率 87.5%。大量关于 PCL 的临床报道尚不多见,但参考 ACL 及其他韧带、肌腱的疗效,我们有理由对其在 PCL 重建中的作用持乐观态度。另有学者提出,人工材料的运用也有其临床指征<sup>[9]</sup>:自体组织移植失败;多发性韧带损伤;年轻运动员。但随着材料学的发展和技术的进步,笔者认为有待商榷。

### 3 重建方案

交叉韧带的重建包括功能重建和等长重建<sup>[1]</sup>,这是由其解剖及生物力学特点所决定。近年研究表明:生理条件下交叉韧带的各项指标远较实验室复杂得多。PCL 是由各个走向明确、长度、方向、张力各不相同的纤维束组成,两端附着处并不在同一平面,各束随关节运动相继紧张。而人工韧带的纤维等长,两端附丽部面积较原来小,在此情况下,膝屈伸过程中横轴不固定,轨迹为一渐曲线,两关节面不能再完成完整的铰链样运动,移植物无法保持持续紧张状态,必然出现一定范围的偏差失稳。交叉韧带的三维螺旋结构、复杂的纤维分布类型和走行方向以及其特有的运动轨迹,决定了目前的材料无法恢复与正常结构完全相同的解剖结构<sup>[23]</sup>。因此,我们修复的目的是恢复关节的稳定功能而非解剖意义上的恢复,今后能否达到或接近解剖重建尚有待进一步研究<sup>[24]</sup>。而对于一般非运动员而言,不必不恰当地追求解剖重建,正如骨折不必强求解剖复位一般,早期功能重建后进行积极的康复锻炼为有效而正确的治疗措施,最大限度地保留和恢复膝关节功能是我们所追求的治疗目的。

所谓等长重建的意义在于使重建的交叉韧带在膝 ROM 中被拉伸的距离最短,保证重建物两端在活动中保持恒定,以免因受牵拉而松弛,以确保在牢固、确定的前提下早期活动。其修复方法是在韧带附丽处寻找 2点,其间距在屈伸中保持最小。这种重建对术后移植物的磨损、牵拉最小,以求最大限度保留运动功能。因此,在相同材料情况下,手术定点就显得很重要了,这取决于医生对运动创伤的认识水平和手术操作技能。

关于 PCL 的人工韧带重建开展较晚,国内外报道并不多见。以上各材料的疗效均以中短期为主,远期效果尚有待跟

踪观察和深入研究。理想的人工材料应具备以下要素<sup>[13,25]</sup>: 组织相容性好,不产生排异反应; 腱性结合部位能组织愈合,可吸收,不与周围组织发生粘连; 能诱导自体腱的产生; 有足够的抗拉力和张力强度,不易蠕变; 来源可靠,取材方便,且便于运输、贮存和工业生产。目前认为最接近要求的是 HHK人工腱,它以其独特的优势在创伤外科中发挥着越来越大的作用,正在成为包括 PCL在内的诸多肌腱韧带的良好替代物。随着现代生物技术的介入和材料工程的改进,加上日益成熟的 PCL手术技术,相信未来的人工材料重建 PCL会做的越来越好。

**参考文献**

- 1 陈疾忤. 后交叉韧带损伤研究进展. 中国运动医学杂志, 2001, 20 (4): 407.
- 2 Covery CD, Sapega AA. Injuries of the poster cruciate ligament J Bone Joint Surg (Am), 1993, 75 (9): 1376-1386.
- 3 Makris CA, Georgoulis AD, Papageorgiou CD, et al Posterior cruciate ligament architecture: evaluation under microsurgical dissection Arthroscopy, 2000, 16: 627-632.
- 4 魏海峰. 膝关节后交叉韧带重建的研究进展. 中国矫形外科杂志, 2004, 12 (12): 934.
- 5 孙康, 汤继文. 自体与同种异体组织重建膝关节前交叉韧带的临床对比研究. 中华外科杂志, 2004, 42 (16): 991-992.
- 6 曲绵域, 于长隆. 实用运动医学. 第 4版. 北京: 北京大学医学出版社, 2001. 771-778.
- 7 孙康, 王立德, 张羽飞, 等. 人工合成材料重建膝关节后交叉韧带的进展. 骨与关节损伤杂志, 2000, 15 (3): 236-237.
- 8 王永建. 人工韧带在前交叉韧带重建中的作用. 中国运动医学杂志, 2002, 21 (3): 301-303.
- 9 何国础, 钱不凡, 杨庆铭, 等. Leeds-Keio人工韧带重建膝关节韧带手术探讨. 上海第二医科大学学报, 1996, 16 (6): 402.
- 10 陆晓涛, 李其训, 王宇飞, 等. 人发角蛋白人工腱在膝关节前交叉韧带损伤中的应用. 骨与关节损伤杂志, 2003, 18 (6): 402-403.

- 11 邹云雯, 王志杰, 季爱玉, 等. 人发角蛋白人工肌腱的免疫学研究及临床应用的初步报告. 中华外科杂志, 1999, 15 (4): 209-210.
- 12 肖应庆, 赵卫东. 人发角蛋白人工腱的生物力学研究. 中国临床解剖学杂志, 2004, 22 (1): 87-88.
- 13 王丹, 何国础. 关节镜下人工韧带治疗膝后交叉韧带损伤. 骨与关节损伤杂志, 1999, 14 (5): 314-315.
- 14 Fujii K, Yamagishi T, Sai S, et al Reconstruction of the posterior cruciate ligament with LAD augmented semitendinosus and gracilis tendons: A preliminary report Knees Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1993, 1: 148.
- 15 陈百成. 人工韧带在重建膝关节交叉韧带中的应用. 国外医学: 骨科学分册, 2005, 26 (2): 75.
- 16 乔东访, 路艳蒙, 傅文玉, 等. 人发角蛋白材料植入修复受损髌骨肌后降解过程的观察. 第一军医大学学报, 2002, 22 (10): 904.
- 17 陆声, 李其训, 林月秋, 等. 人发角蛋白人工腱材料对人胚腱细胞的影响. 中国临床康复, 2004, 8 (20): 3991.
- 18 胡庆柳, 邹飞. 人发角蛋白导管修复周围神经缺损的实验研究. 第一军医大学学报, 2002, 22 (9): 784-787.
- 19 谭进, 倪江东. 人发角蛋白桥接周围神经缺损的形态学观察. 中华矫形外科杂志, 2004, 12 (17): 326-328.
- 20 王志杰, 邹云雯, 季爱玉, 等. 人发角蛋白人工腱材料的组织相容性. 青岛医学院学报, 1999, 35 (4): 241.
- 21 陆声, 梁崇礼, 李涛, 等. 人发角蛋白人工腱材料体内降解及生物相容性研究. 中华实验动物学报, 2001, 9 (3): 173.
- 22 邹云雯, 夏精武, 季爱玉, 等. 人发角蛋白人工腱的临床应用. 青岛医学院学报, 1997, 33 (3): 197.
- 23 敖英芳. 关节镜下重建膝十字韧带的临床现状. 中华骨科杂志, 2001, 21 (10): 588.
- 24 王景乾, 吕洪春, 郭世杰, 等. 后交叉韧带损伤膝关节功能康复分析. 中国骨伤, 2002, 15 (8): 489-490.
- 25 李其训, 安梅, 李春晓, 等. 人发角蛋白人工腱的实验研究与临床应用. 中华创伤杂志, 1997, 13 (5): 310.

(收稿日期: 2006 - 05 - 18 本文编辑: 王玉蔓)

## 中国康复医学会颈椎病专业委员会 第一届全国中青年颈椎病专题论坛暨优秀论文评选征文通知

以“颈椎病 21世纪”为主题,旨在全面回顾、展现 21世纪颈椎疾患的预防、治疗及康复技术,深入对颈椎病研究,提高预防颈椎病的意识,总结诊治康复成果。中国康复医学会颈椎病专业委员会主办、北京大学第三医院承办的“第一届全国中青年颈椎病专题论坛暨优秀论文评选”拟定于 2007年 6月 15至 17日在北京京民大厦召开。届时将邀请国内著名颈椎病的康复科专家、骨科专家及中医科专家做专题演讲,与会代表评选优秀论文,投稿内容如下:颈椎病的基础研究、预防及护理、外科治疗、非手术治疗及康复。

来稿要求: 第一作者,年龄 45岁以下,论文在 2000年以后发表过或未发表过的文章。 800字以内结构式中文摘要一份。奖励使用网上投稿系统(赠书,详见论坛网站),也可以通过 E-mail及邮寄形式。来稿提供工作单位、详细地址、邮政编码、电话及 E-mail,被录用论文将另行通知您参评的具体要求。 截稿日期: 2007年 4月 31日。 来稿地址: 北京市海淀区花园北路 49号 北京大学第三医院骨科, 100083 王风英, 张振会, 吴云霞收。 电话及传真: 010-62017691-7368、8820、8821。 专题论坛: www. csc-cam. com. cn, E-mail: cervical section@ 126. com。 会议时间: 2007年 6月 15日报到, 6月 16、17日会议。注册费 600元, 观会者注册费 300元; 2007年 4月 30日报名注册费 400元, 观会者注册费 200元。 提交论文的参会代表将授予中华医学会继续教育 类学分。