

· 综述 ·

前交叉韧带重建后的早期康复

李增炎 张英泽 陈百成 闫金成

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 重建后的长期疗效取决于重建方法及术后康复, 手术方法方面已有大量的生物力学及临床研究, 包括选择合适的移植物、适当的移植部位及可靠固定等, 但对术后康复的研究较少。然而, 康复对于移植物的愈合及膝关节功能的恢复至关重要。本文就早期康复对重建后 ACL 愈合作用的研究现状作一综述。

一、正常 ACL 在康复训练时的生物力学特征

了解正常 ACL 的生物力学特征是制定重建措施及康复计划的基础, Beynnon 和 Fleming 等^[15]选择局麻下 (下肢可自主活动) 膝关节镜检查的志愿者 (无 ACL 损伤史) 为实验对象, 将传感器置于 ACL 上, 令实验者作康复活动 (如等长收缩股四头肌、等张收缩股四头肌、下蹲、骑自行车及爬楼梯等), 测量 ACL 应变。结果表明, 腓绳肌等长收缩, 无论膝关节取任何姿势及任何收缩力都不改变 ACL 的应变, 伸肌收缩对 ACL 应变值有影响且与膝关节屈曲角度及伸肌收缩力大小相关。当股四头肌等长收缩练习时, 膝关节从完全伸直位到 60° 屈曲时牵拉 ACL; 当股四头肌等张收缩练习时, 膝关节从完全伸直位到 50° 屈曲时牵拉 ACL; 当膝关节接近伸直时, 股四头肌等长及等张收缩均使 ACL 的应变值最大。当主动伸、屈膝关节时不负重、不伴有跨越膝关节的肌肉同时收缩、开放运动链训练 (open kinetic chain exercise) 时, ACL 的应变值明显增加。相反, 当下蹲时完全负重、跨越膝关节的肌肉同时收缩、闭合运动链训练 (closed kinetic chain exercise) 时, 阻力逐渐增加, ACL 的应变值无明显改变, 骑自行车为另一种闭合运动链训练, ACL 应变值同样无明显改变^[4]。这些发现表明, ACL 重建后, 骑自行车及下蹲等闭合运动链练习增加肌肉活动而不增加 ACL 应变。虽然重建 ACL 愈合过程中的应变安全极限尚未确定, 但这些实验对于指导康复计划有一定意义。

二、ACL 重建后的生物学及生物力学特性

Butler 等^[6]的灵长类动物模型实验表明, 最初 6 周内重建的 ACL 极限强度及线性刚度明显减小, 以后随着时间推移逐渐增加, 但达不到正常的 ACL 水平。Ballock 等^[7]报道用狗、山羊、兔及灵长类动物的髌韧带重建 ACL, 1 年后实验侧极限负载为对照侧的 11% ~ 15%, 刚度为对照侧的 13% ~ 57%。了解重建 ACL 的生物力学特征是为了进一步了解重建 ACL 的功能, 即控制膝关节前移位的功能。多数研究发现, 动物模型用髌韧带重建 ACL 1 年后, 膝关节前移位松弛范围为正常对照侧的 156% ~ 269%^[6, 8-11]。以上实验表明动物 ACL 重建愈合过程中, 极限强度及线性刚度均降低, 膝关节前移位松弛性增加。但动物实验的生物力学特性与人的生物力学特性不完全相同。

Rougraff 等^[9]报道人体内髌韧带移植后 3 ~ 8 周, 绝大部分移植组织在组织学上与髌韧带组织相似, 这说明在愈合过程中人

的髌韧带移植物大部分存活, 而不同于在动物愈合过程中经历完全坏死阶段。Beynnon 等^[10]报道用骨-髌腱-骨 (bone-patella tendon-bone, B-PT-B) 自体移植重建 ACL, 8 个月后其极限负载及线性刚度接近正常对照侧, 膝关节移植前、后稳定性稍增大, 说明用 B-PT-B 重建 ACL 在人体比动物效果好。

早期研究报道, 在有控制的负重下, 可促进肌腱及韧带修复的速度及质量, 如使胶原基质及修复细胞沿负重线有序排列, 能迅速恢复到正常组织的 DNA 含量、胶原合成及强度, 过度负载可使修复韧带断裂, 抑制修复。

三、ACL 重建后康复的临床研究

ACL 重建后基础研究和临床观察表明, 制动膝关节限制了膝周肌肉收缩, 导致疗效较差, 早期活动有利于减轻疼痛、减少关节软骨副反应、防止关节挛缩。Shelbourne 等^[11]的回顾性观察研究表明, 强化康复训练 (包括术后立即全负重行走, 8 周后恢复体育锻炼) 比保守康复更有效。Barber-Westin 等^[12]作一回顾性研究, 将康复过程分四个阶段, 第一阶段 (术后 7 ~ 9 周) 扶拐辅助行走、部分负重及连续被动活动膝关节; 第二阶段 (术后 9 ~ 16 周) 早期强度训练; 第三阶段 (术后 16 ~ 52 周) 加强强度训练; 完成第三阶段后进入第四阶段即恢复体育训练。用 KT-1000 型关节测量器, 测量单独用自体 B-PT-B 重建 ACL 的实验者, 54% 膝关节前移 > 3 mm (正常值 ≤ 3 mm); 自体 B-PT-B 重建 ACL 加用髌韧带束关节外加强的实验者, 28% 膝关节前移 > 3 mm, 这种关节前移增大一半持续到 1 年, 另一半持续到 1 年后, 这说明至少 2 ~ 4 年随访才能评定临床效果。Barber-Westin 等^[13]又在前述四个阶段的康复基础上加强训练, 第一阶段 (术后 4 ~ 8 周) 扶拐辅助行走加闭合运动链练习, 如下蹲、直腿抬高、等长收缩股四头肌等; 第二阶段 (术后 4 ~ 8 周至 12 ~ 16 周) 增加本体感觉、平衡及步态训练; 第三阶段 (术后 12 ~ 16 周至 24 ~ 52 周) 跑步、爬楼梯、骑自行车 (逐渐增加阻力); 第四阶段 (24 ~ 52 周后) 可恢复体育活动。2 年后随访, 用 KT-1000 型关节测量器测量关节松弛度, 85% 实验者 < 3 mm (测量值减去正常变异), 10% 为 3.0 ~ 5.5 mm, 5% > 5.5 mm, 得出用自体 B-PT-B 重建 ACL 后加强四阶段康复优于前述康复且疗效可靠 (仅 5% 失效) 的结论。

Howell 等^[14]报道用半腱肌和股薄肌重建 ACL, 康复程序包括术后 1 ~ 2 d 连续被动活动, 以后足趾着地负重 3 周, 4 周后全负重, 8 ~ 10 周直线跑步, 4 个月后恢复体育锻炼。术后 4 个月及 2 年随访, 用 KT-1000 型关节测量器测量关节松弛度, 分别为 18% 和 11% 实验者大于正常 (≥ 3 mm), 轴移实验阳性率分别为 11% 和 10%。术后 4 个月及 2 年的大腿周径及关节活动范围相似, 得出结论为用半腱肌及股薄肌 ACL 重建术 4 个月后恢复工作及进行体育锻炼是安全的。

Rosen 等^[15]对 ACL 重建后立即与术后 1 月 CPM 康复作前瞻性随机研究, 指出 ACL 重建后立即 CPM 康复对膝关节松弛无影响, 关节渗出、出血、软组织肿胀及膝关节活动范围等

两组无差别,关节活动范围及 KT-1000 测量相同。

Jorgensen 等^[16]前瞻性随机研究负重对髌股束重建 ACL 后的影响,比较术后立即负重与术后 5 周内不负重(5~9 周逐渐负重达全负重)的疗效,2 年后随访发现膝关节松弛及活动水平无差别。

Tyler 等^[17]前瞻性随机研究 B-PT-B 重建 ACL,对照比较术后立即负重与延迟 2 周负重,发现两组关节松弛度(KT-1000 测量)相同,立即负重组减少髌股疼痛发生率。这些研究说明术后立即负重不会对重建 ACL 产生过大负荷,不影响移植物的愈合及稳定还可减少髌股疼痛的发生。

Bynum 等^[18]前瞻性随机对照比较 B-PT-B 重建 ACL 后开放运动链与闭合运动链康复,1 年后随访,闭合运动链组比开放运动链组膝关节松弛度(KT-1000 测量)更接近正常,恢复正常体育活动更早。Beynnon 及 Fleming 等^[3,5]研究亦报道闭合运动链训练(如下蹲或骑自行车)逐渐促进康复,而对增加 ACL 应变不明显;开放运动链训练(如等张收缩股四头肌)逐渐增加阻力,明显增加 ACL 应变值。

Brandsson 等^[19]前瞻性随机研究比较应用与不应用支具康复,如术后 3 周用支具康复与不用支具比较,前者较后者明显减少肿胀、关节内出血、伤口裂开的发生,并减轻疼痛。

Beard、Fischer、Schenck 及 Beynnon 等^[20-23]随机对照研究比较 B-PT-B 重建 ACL 后在家中康复与在医院康复效果无差异。

总之,从以上基础研究及临床观察可看出,ACL 重建后制动膝关节、限制关节周围肌肉收缩活动,可导致韧带、关节及周围肌肉功能障碍。早期康复训练有利于减轻疼痛、防止关节挛缩,利于关节软骨代谢。通过随机对照实验表明,重建后立即持重,不会增加膝关节的松弛性,有利于减轻髌股疼痛。

参 考 文 献

- Beynnon BD, Fleming BC. Anterior cruciate ligament strain in vivo: A review of previous work. *J Biomech*, 1998, 31: 519-525.
- Beynnon BD, Fleming BC, Johnson RJ, et al. Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. *Am J Sports Med*, 1995, 23: 24-34.
- Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, et al. The strain behavior of the anterior cruciate ligament during squatting and active flexion-extension: a comparison of an open and closed kinetic chain exercise. *Am J Sports Med*, 1997, 25: 823-829.
- Fleming BC, Beynnon BD, Renstrom PA, et al. The strain behavior of the anterior cruciate ligament during bicycling: an in-vivo study. *Am J Sports Med*, 1998, 26: 109-118.
- Fleming BC, Beynnon BD, Renstrom PA, et al. The strain behavior of the anterior cruciate ligament during stair climbing: an in-vivo study. *J Arthroscopy*, 1999, 15: 185-191.
- Butler DL, Grood ES, Noyes FR, et al. Mechanical properties of primate vascularized vs nonvascularized patellar tendon grafts: changes over time. *J Orthop Res*, 1989, 7: 68-79.
- Ballock RT, Woo SLY, Lyon RM, et al. Use of patellar tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction in the rabbit: a long term histological and biomechanical study. *J Orthop Res*, 1989, 7: 474-485.
- Beynnon BD, Johnson RJ, Tohyama H, et al. The relationship between anterior-posterior knee laxity and the structural properties of the patellar tendon graft: a study in canines. *Am J Sports Med*, 1994, 22: 812-820.
- Rougraff BT, Shelbourne KD. Early histologic appearance of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1999, 7: 9-14.
- Beynnon BD, Risberg MA, Tjomsland O, et al. Evaluation of knee joint laxity and the structural properties of the anterior cruciate ligament graft in humans. A case report. *Am J Sports Med*, 1997, 25: 203-206.
- Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after ACL reconstruction. *Am J Sports Med*, 1990, 18: 292-299.
- Barber-Westin SD, Noyes FR. The effect of rehabilitation and return to activity on anterior-posterior knee displacements after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 1993, 21: 264-270.
- Barber-Westin SD, Noyes FR, Heckmann TP, et al. The effect of exercise and rehabilitation on anterior-posterior knee displacements after anterior cruciate ligament autograft reconstruction. *Am J Sports Med*, 1999, 27: 84-92.
- Howell SM, Taylor MA. Brace-free rehabilitation with early return to activity for knees reconstructed with a double-looped semitendinous and gracilis graft. *J Bone Joint Surg*, 1996, 78A: 814-825.
- Rosen MA, Jackson DW, Atwell EA. The efficacy of continuous passive motion in the rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 1992, 20: 122-127.
- Jorgensen U, Jensen CM, Scavenius M, et al. Rehabilitation with or without initial weightbearing: a prospective randomized study. *Proceedings of Sports Medicine*. Stockholm, 1995. 76.
- Tyler TF, McHugh MP, Gleim GW, et al. The effect of immediate weightbearing after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop*, 1998, 357: 141-148.
- Bynum EB, Barrack RL, Alexander AH. Open versus closed kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 1995, 23: 401-406.
- Brandsson S, Faxen E, Kartus J, et al. Is a knee brace advantageous after anterior cruciate ligament surgery? A prospective, randomized study with a two-year follow-up. *Scand Med Sci Sports*, 2001, 11: 110-114.
- Beard DJ, Dodd CA. Home or supervised rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1998, 27: 134-143.
- Fischer DA, Tewes DP, Boyd JL, et al. Home based rehabilitation for anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop*, 1998, 357: 194-199.
- Schenck RC, Blaschak MJ, Lance ED, et al. A prospective outcome study of rehabilitation programs and anterior cruciate ligament reconstruction. *J Arthroscopy*, 1997, 13: 285-290.
- Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, et al. The science of anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin Orthop*, 2002, 402: 9-20.

(收稿日期:2002-12-13)

(本文编辑:文 焰 郭正成)