

Arthroscopic ACL Reconstruction - Overview -

순천향대학교 의과대학 정형외과학교실

이 병 일

전방십자인대 손상은 슬관절의 생역학적인 기능 및 관절 운동의 이상을 초래할 수 있다^{1,2}. 이러한 전방십자인대 손상시 치료목적은 임상적으로 슬관절을 안정시키고, 손상이전의 활동을 가능하게 하며, 생역학적으로 정상적인 인대력과 연골부하를 가지는 관절운동을 할 수 있게 하여 궁극적으로 퇴행성 관절염을 방지하는 데 있다. 치료 방법으로는 과거에는 보존적 요법이나 일차수복술, 관절의 재건술 등이 시행되었으나, 근래에는 관절경하에 재건술이 가장 보편화되고 선호되는 방법으로 발전되어 왔다.

대한 치료는 많은 이견이 있다. 환자의 연령이 젊고 활발한 활동과 스포츠를 원하는 경우는 수술을 시행하나, 환자의 연령이 많고 활동량이 적으며 스포츠 활동을 제한할 수 있는 경우는 보존적 치료를 한다. 만성 전방십자인대 손상은 근본적으로 해부학적인 불안정성(anatomic instability)보다 기능적인 불안정성(functional instability)이 강조되고 있으며, 기능적인 불안정성이 있는 경우 수술의 적응증이 된다.

수술 시기

전방십자인대 손상의 자연경과

초기에는 중세가 없는 전방십자인대 손상 환자도 시간이 경과함에 따라 환자가 의도하는 활동 수준에는 상당한 제한을 받게되며, 슬관절의 불안정성은 추후 반월상 연골과 관절연골 손상을 가중시켜 슬관절의 퇴행성 변화를 좀더 조기에 초래한다는데는 더 이상의 논란의 여지가 없다. 전방십자인대 손상 후 반월상 연골판 및 관절연골 손상이 증가하고, 결국은 퇴행성 관절염으로 이행할 확률에 대하여 반월상 연골판 손상은 45~91%^{13,16,20}, 관절연골 손상은 20~46%^{3,16,20}, 그리고 퇴행성 관절염은 39~44%¹⁸까지 보고되고 있다. 이러한 자연경과에 대하여 Noyes는 "Rule of thirds"로 요약하여 1/3은 보상을 잘하여 정상적 활동이 가능하고, 1/3은 보상은 하나 상당한 활동을 포기해야 하며 1/3은 결과가 나빠 결국은 재건술이 필요하게 된다고 하였다.

수술시기에 대하여 과거에는 가능한 조속한 시기에 수술을 시행하였으나, 근래 Shelbourne 등²⁴에 의하면 수상 후 3주 이내에 일차 재건술을 한 경우, 17%에서 관절운동 제한이 나타났으나 수상 후 3주 이후에 일차 재건술을 시행한 경우 4%의 관절운동 제한이 있다는 결과를 발표하여 일차 재건술을 늦게 시행하는 것이 좋다고 하였다. 근래에는 일반적으로 급성 일차 재건술을 시행하는 것보다 지연 일차 재건술을 선호하는 경향이 있는데, 부종이 소실되고 관절운동을 회복하는 재활요법을 시행한 후 일차 재건술을 시행하는 것이 좋다고 인정되고 있다. 일반적으로 단독십자인대손상은 수상후 약 3~4주에 권장되고 있으며, 내측측부인대 손상이 동반된 경우는 약 2주에 시행하는 것이 좋다는 의견과 내측측부인대를 약 6주간 보존적 요법으로 가료후 전십자인대수술을 시행하는 것이 좋다는 의견이 있다.

수술 방법

환자의 선택

전방십자인대 손상의 치료시 환자 선택에 있어서 고려해야 할 인자로 환자의 나이와 성별, 활동정도 및 직업, 불안정성의 정도, 동반손상의 유무, 그리고 수상시기등이 있다^{14,24}. 이중 환자의 나이, 성별, 직업등은 그 자체가 절대적응증이 될 수 없고, 환자 개개인의 활동 정도가 더 중요한 인자로 작용한다¹⁴. 전방십자인대의 급성 단독 손상에

일반적으로 급성 전방십자인대 파열 후 수술방법은 일차수복술, 보강술을 동반한 일차수복술 및 일차재건술이 있으며, 만성 전방십자인대 파열은 이차재건술이 있다. 급성 전방십자인대 파열 후 수술방법에 따른 결과를 비교한 논문은 많으나 전향적으로 면밀한 비교를 한 논문은 몇 개가 되지 않으며, Andersson 등²⁵과 Odensten 등²⁶은 일차수복술과 보강술을 동반한 일차수복술, 그리고 보존적 요법을 비교한 결과 보강술을 동반한 일차수복술의 결과가 일

차 수복술의 결과보다 좋고 일차 수복술의 결과는 보존적 요법과 차이가 없다고 하였다. Sandberg 등¹¹⁾은 일차 수복술의 결과는 수술을 안한 경우와 차이가 없다고 하였으며, Engbretsen 등¹²⁾은 일차 재건술의 결과가 보강술을 동반한 일차 수복술의 결과보다 좋으며, 보강술을 동반한 일차 수복술의 결과는 일차 수복술의 결과보다 좋다고 하였다. 이상의 결과로 보아 일차 수복술은 효과적인 방법으로 인정되지 못하고 있으나, 일차 수복술을 시행시는 보강술을 동반하여야 하며, 일차 재건술이 가장 좋은 방법으로 인정되고 있다.

재건술의 방법에 대하여 슬관절내 재건술, 슬관절외 재건술, 혹은 두가지 방법을 병합할 것인가에 대한 논란이 많았는데, Zarins¹³⁾는 관절내 재건술과 관절외 재건술의 장단점을 기술한 바 관절내 재건술의 장점으로 병소 사체를 대체하는 것을, 단점으로 무혈성인 공간을 통과한다는 점을 지적하였으며, 관절외 재건술의 장점으로는 혈관 분포가 좋은 부위에 위치하는 것과 rotational moment arm이 증가하는 것을, 단점으로 병소 사체를 대체하는 것이 아닌 점을 지적했다. 근래에는 관절역학상 우수한 슬관절내 재건술이 선호되고 있다.

전방십자인대 파열과 내측 측부인대의 파열이 동반된 경우에서의 수술방법에 대하여 Shelbourn과 Porter¹⁴⁾는 전방십자인대의 재건술을 시행한 후 내측 측부인대 파열에 대하여 수술군과 비수술군에 대한 내측이완에 대한 비교에서 별 차이가 없다고 보고한 후, 최근에는 내측 측부인대 파열에 대하여는 이완의 정도가 심하지 않고 후내측 인대까지 파열되지 않은 경우 보존적으로 치료하는 경향이 있다.

전방십자인대의 부분 파열에 대하여는 파열의 정도가 50%이상이고 pivot shift검사 양성, Lachmann검사 양성이며, 많은 활동이 요구되는 환자에서는 수술의 적응증이 된다.

재건술의 기본 원칙

1. 이식건의 선택 (Graft selection)

자가이식건 (autogenous graft), 동종이식건 (allograft), 이종이식건 (xenograft), 인공인대 (synthetic ligament) 등이 사용되나 이중 biocompatibility 있는 자가 이식건이 가장 좋은 방법으로 인정되고 있다. 근래 동종이식에 대하여는 긍정적으로 평가되고 있으나, 기타 인공인대에 대하여는 회의적인 시각이 많은 실정이다.

이러한 자가이식건, 동종이식건, 인공인대등을 선택하여 사용하고 평가하는때는 정상 전방십자인대의 신장강도 (tensile strength)를 아는 것이 필수적이며 많은 학자들이 정상 전방십자인대의 강도에 대하여 연구를 하였다. 그

러나 사체를 이용하여야 하는 재료의 제한과 연령 및 개인차등으로 발표자에 따라 많은 차이점이 있다. 1984년에 Noyes 등¹⁵⁾는 16세에서 26세까지의 6례의 젊은 사체에서 전방십자인대의 신장강도를 측정한 결과 ultimate load가 1725±269 N, stiffness가 182±33 N/mm, 48세에서 86세까지의 20례의 노년기 사체에서는 734 N의 ultimate load, 129 N/mm의 stiffness를 발표하였는데, 이 연구 결과 일반적으로 전방십자인대의 신장강도를 1730 N으로 인정하여 gold standard로 인정하고 있다. 그러나 근래 Woo와 Adams¹⁶⁾는 2500 N으로 보고하고 있으며, 이는 실험방법에 따른 차이로 생각된다.

1) 자가 어식건

일반적으로 많이 사용되는 조직은 슬개건 (patella tendon autograft), 슬괵근 (ST/G autograft), 사두근 (quadriceps autograft)이 많이 사용되고 있으며 특히 골-슬개건-골 (bone-patellar tendon-bone)은 생체조직 중 가장 강하고, 골과 골고정이 가능하며, 수술도달이 쉽고, 경우에 따라 혈관부착이식이 가능한 장점이 있어 호평을 받고 있다. 그러나 정상 슬관절에 비해 load-deformation curve상 stiffness가 너무 많은 단점이 있고, 전방 슬관절통 (anterior knee pain), 굴곡 구축 (flexion contracture), 신전력 약화 (extensor weakness) 등의 후유증이 생길수 있는 단점이 있다. 또한 신전근 기전의 부정정렬이 있거나 슬개건 폭이 좁고 작을 때, 대퇴슬개관절의 골성관절염 및 이상이 있을 때 그리고 성장이 끝나지 않은 환자에서는 사용의 제한이 있다.

반전양근건은 stiffness가 정상 전방십자인대와 유사하고, morbidity가 적은 장점이 있으나 ultimate load가 전방십자인대에 비해 70%정도에 그치는 단점이 있다. 그러나 반전양근건을 이중으로 접어 사용하거나 기타 박근건 (gracilis)과 동시에 사용하면 생역학적으로 정상 전방십자인대보다 높은 강도를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

일반적으로 젊은 연령, 남자에서, 이완이 심하고, 만성인 경우에 골-슬개건-골의 적응이 되고 연령이 많거나, 여자, 이완이 심하지 않고, 급성인 경우는 반전양근건을 이용하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 과거 1980년대에는 골-슬개건-골과 간섭나사를 이용한 방법이 가장 좋은 방법으로 선호되었으나 1990년대 이후 슬괵건의 장점이 부각되어 점차 사용이 증가되고 있는 실정이다.

2) 동종이식건

동종이식건은 슬관절 주위의 구조물을 희생할 필요가 없어 수술 후 기능적 장애를 감소시킬 수 있고, 쉽게 이용할 수 있으며, deep-freezing하여 영구적으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 동종건이식이 성공하기 위하여는 이식건의 biocompatibility, 조직의 preservation, steriliza-

tion들을 고려해야 하며, 이식건에 대한 면역학적인 반응을 적게하기 위하여 이식건을 freeze-drying 혹은 deep freeze 등으로 처리하는데, 동물실험에서 전신적인 antibody는 발견할 수 없었으나, 활액내에 antidonor antibody가 발견되어 이에 대한 계속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다²⁷⁾.

Shino 등²⁸⁾은 재혈관화(revascularization)가 술 후 6주면 완료되어 자가건이식의 재혈관화보다 빨리 된다고 하였으며, Arnoczky 등²⁹⁾은 재혈관화기간이 자가이식건과 비슷하다고 하였으나 일반적으로 재혈관화와 숙주세포와 교원섬유(collagen fiber)로 대체되는 기간이 자가이식건에 비하여 좀 더 오래 걸린다고 인정되고 있으며 질병의 이환 등의 문제가 있어 아직은 장기추시 후 평가가 요할 것으로 생각된다.

3) 인공인대

현재 임상적으로 연구되고 있는 인공인대는 자가인대를 보강하는 sten로 이용되는 Kennedy ligament augmentation device(LAD), 섬유조직증식에 scaffold로 이용되는 dacron과 carbon, 영구적인 prosthesis로 이용되는 Gore-Tex polytetrafluoroethylene(PTFE)등이 있다. 이들 인공인대들은 정상조직을 회생하지 않아도 되고, 충분한 길이와 강도를 가지며, 재활이 빠른 장점이 있으나, stiffness와 긴장집중(stress concentration), 마멸(abrasion), 긴장방어(stress shielding)등의 문제가 남아있다³⁰⁾. 근래에는 자가인대를 보강하는 인공인대의 효과에 대하여는 논란이 되면서 사용되고 있으나, 기타 인공인대에 대하여는 회의적인 시각이 지배적이며 salvage procedure에만 제한적 사용이 권유되고 있다.

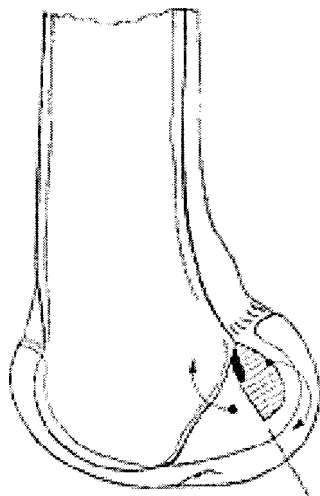


Fig. 1. The anterior cruciate ligament (ACL) attachment is posterior to the extended line of the posterior femoral cortex

2. 이식건의 위치선정 (Graft placement)

이식건의 위치선정은 일반적으로 해부학적 위치(anatomic placement)와 등장위치(isometric placement)가 있다. 초기에는 정상해부학적 위치가 가장 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이라는 당연한 가정하에 시도되었으나, 어떠한 수술방법도 해부학적 구조를 만들 수가 없어 결과적으로 기능적인 면에 중점을 두어 등장위치에 대한 연구 및 수술방법이 관심의 대상이 되었다. 그러나 실제적으로 슬관절 운동시 전십자인대의 길이가 일정하게 유지되는 등장점(isometric point)은 존재하지 않으며, 전십자인대의 어떠한 섬유(fiber)도 길이의 변화가 없는 섬유는 없으며 전십자인대의 전내측 섬유다발(anteromedial band)이 가장 등장상태를 유지하며 경골의 부착부위보다 대퇴골의 부착부위가 길이 변화에 예민하여 중요시 된다고 많은 연구에서 밝혀졌다.

1993년 ESSKA에서 시행한 1차 workshop에서 등장성(isometry)에 대하여 의미있는 결론을 얻었으며 해부학적으로 전십자인대의 대퇴부착부는 대퇴골의 후방피질골의 연결선의 후방에 위치하며, 대퇴부착부의 전방선의 근위부가 가장 등장점이 되고, 연결선의 전방에 이식건이 부착되면 슬관절 굴곡시 이식건의 길이가 증가되고 연결선의 후방에 부착되면 슬관절 굴곡시 길이가 감소된다는 의미있는 결론에 도달하였다(Fig. 1). 그러므로 이식건의 대퇴부착부는 등장점을 포함하여 정상 전십자인대의 대퇴부착부에 위치할 것을 주장하였다(Fig. 2). 경골부착부는 등장성만을 생각하면 전내측 섬유다발이 부착하는 부위가 가장 좋은 위

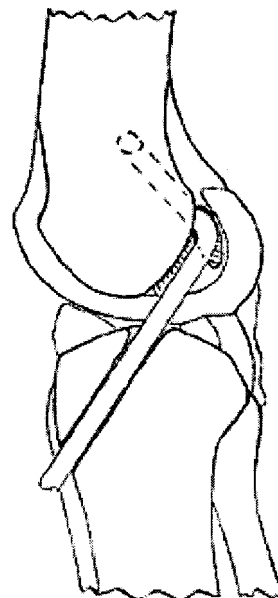


Fig. 2. The femoral attachment is within the proximal part of the anatomical ACL attachment, lying immediately posterodistal to the "most isometric" area

치이나, 대퇴과간천장과의 충돌이 일어나므로 정상 전십자인대의 경골부착부의 후방에 위치할 것을 권하였다 (Fig. 3).

그러나 이러한 등장점을 이용하여 터널을 만들 경우 다른 결과가 나타나며, 이식건의 tension에 따라, 체중부하시, 근육이 긴장된 경우 또한 다른 결과를 나타내어 아직까지도 많은 논란이 되고 있는 실정이다. 임상적으로는 대퇴부착부는 Over-the-Top을 이용하는 방법, 해부학적 부착부의 중앙점에 위치하는 방법, anteromedial band의 부착부 (eccentric에 위치하는 방법이 이용되고 있으며, 경골 부착부는 중앙점에서 5 mm전방 및 내측(eccentric에 위치하는 방법, 해부학적 부착부의 중앙점, 중앙점에서 2~3 mm후방, 후방십자인대의 전면부에서 7 mm거리에 위치하는 방법등이 이용되고 있다. 그러나 근래에는 대부분 대퇴부착부의 후방벽을 약 1~2 mm 보존하는 범위에서 가능한 후방으로 위치시키고, 경골부착부는 이식건이 과간천

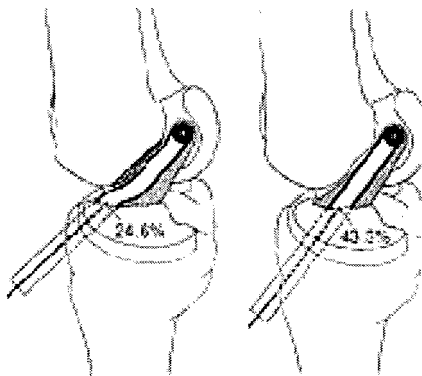


Fig. 3. Anterior tibial tunnel placement. Central K-wire in anterior part of normal ACL. Note graft impingement in the extended knee position when placed over isometric anterior limit of normal ACL.

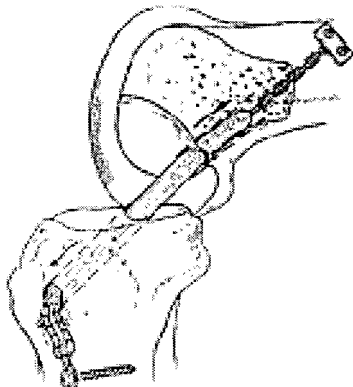


Fig. 5. Suspended fixation

장에 충돌되는 것을 피하기 위해 해부학적 부착부의 후방에 위치시키는 것이 보편적인 경향이다.

3. 이식건의 긴장도 (Graft tensioning)

수술시 이식건의 긴장도에 대하여 긴장도가 낮으면 이완의 문제가 있고, 긴장도가 높으면 이식건의 재혈류가 지연되며 운동제한이 있어 적절한 긴장도에 대하여 많은 연구 및 논란의 대상이 되어 왔다. Burks와 Leland²⁸⁾는 슬개건은 16 N(3.6 lb), 반건양근건은 38 N(8.5 lb), 장경대는 61 N(13.6 lb)의 긴장도를 유지하여야 한다고 하였으며, Danniell 등²⁹⁾은 슬개건은 22.5N, 슬픽건 (Hamstring)은 46N의 긴장도가 필요하다고 하였다. 그러나 Yoshiya 등²⁹⁾은 수술시 긴장도와 수술 후 전후방전위와는 무관하여, 오히려 긴장도가 증가할수록 vascularization이 감소하고 collagen fiber disorganization이

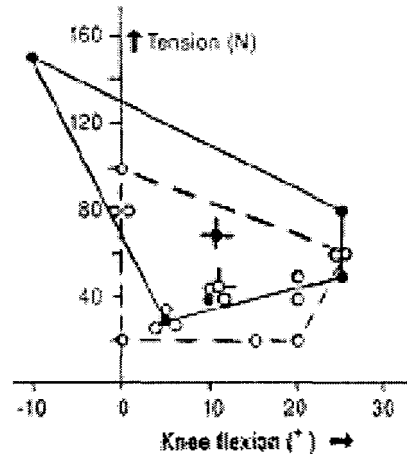


Fig. 4. Graft tensioning protocols used by surgeons at the workshop. (○ patellar tendon grafts, ● hamstrings grafts)

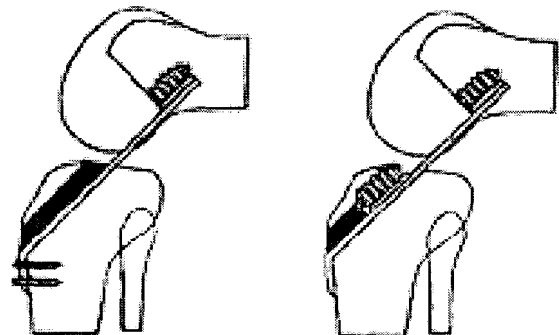


Fig. 6. Direct Fixation

증가한다고 하였으며, 현재까지 정확한 정설이 없는 실정이다. 그러나 1996년 ESSKA에서 시행한 2차 workshop에 참석한 의사들의 평균을 계산한 결과 슬개건은 11도 굴곡하에서 47N, 반건양근건은 11도 굴곡하에서 70N으로 발표된 것으로 보아, 일반적으로 슬관절을 신전시킨 상태에서 20~80 N의 긴장도를 유지시키면서 고정하는 것이 최근의 경향이라고 생각된다(Fig. 4).

4. 이식건의 고정(Graft fixation)

이식건의 견고한 고정은 적극적인 조기 재활에 필수적이며, 일상생활이나 조기 재활에 적어도 450에서 500N의 강도가 이식건에 부하된다고 인정되고 있다²¹⁾.

이식건의 고정방법에는 간접나사를 이용한 경우같이 직접적인 고정(direct fixation)과 endobutton 같은 간접적인 고정(indirect fixation, suspended fixation)(Fig. 5) 방법이 있으며, 근래에는 직접적인 고정 중에서도 근위고정(proximal fixation, anatomic fixation)이 가장 좋은 방법으로 인정되고 있다(Fig. 6).

5. 이식건의 재구성(Graft remodeling)

이식건의 운명(natural history)은 avascular necrosis, revascularization, cellular proliferation, remodeling의 단계를 거치며 대략 1년이 소요된다고 한다. Revascularization은 슬개건을 이용한 자가이식의 경우 슬후 6주에 vascular synovial sheath가 회복되며, 8내지 10주에 이식건 내의 intrinsic vessel이 발견되고 20주가 지나야 revascularization이 완료된다고 하였다²²⁾. 이러한 revascularization의 infrapatellar fat pad의 연부조직, 절제한 인대의 근위 remnant, 대퇴골 부착부위의 endosteal vasculature, posterior synovial fold등에서 유래된다고 알려져 있다²³⁾. revascularization을 증식되는 세포의 유래에 대한 실험결과 자가이식건내에서 유래되는 것이 아니라, 이식건 이외의 부위(extrinsic)에서 유래된다는 것이 증명되어, 근래에는 혈관부착 자가건 이식술은 불필요하다고 인정되고 있다. 자가건이식과 동종건이식은 revascularization이 완료되기까지 avascular collagen scaffold만을 형성하고 있어 생역학적으로 상당히 약하여 이 기간 동안 보호가 필요하며 경우에 따라 internal splint역할을 하는 인공인대로 보강을 시행하기도 하나 초기에 안정성은 증가시키나 3개월만 지나면 별 차이가 없으며, Yoshiya 등²⁴⁾에 의하면 오히려 인공인대로 보강한 경우 vascularity가 떨어진다고 하여 좀더 장기 추시가 요할 것 같다. 전방십자인대 재건술후의 이식건의 강도에 대한 대부분의 동물실험결과 이식후 8내지 24개월 후 stiffness와 ultimate load는 정상인대의

30~40%에 머문다고 보고되고 있어²⁵⁾, 성공적인 임상 결과에 대하여 좀 더 면밀하고 장기적인 추시가 요할 것으로 생각된다.

6. 재활 (Rehabilitation)

고정(immobility)의 관절에 대한 악영향은 일반적으로 인정되어 점차 조기 운동을 시키는 방향으로 변하고 있으나 언제부터 조기운동을 시켜야 되는지에 대하여는 동물 실험 등의 제한으로 과학적인 통계는 없는 형편이다. 그러나 조기 운동시 이식건의 가장 취약점인 고정부위의 강도에 따라 개개인에게 적절하게 결정되어야 할 것이다. 1990년에 Shelbourn과 Nitz²⁶⁾는 accelerated rehabilitation을 주장하여 슬관절의 완전신전, 조기 체중부하, closed chain exercise를 시행하는 것이 후후 슬관절기능에 좋은 결과를 가져올 수 있다고 발표 하였으며, 근래에는 제한적인 관절운동에서 즉각적인 체중부하에 제한이 없는 관절 운동으로 대체가 되고 있는 실정이다.

결과 판정

일반적인 전방십자인대 재건술의 성공율에 대하여 Friedman 등²⁷⁾은 3년 이내의 원격추시 결과 75~85%의 성공율을 발표하였으나 Dickason 등²⁸⁾, Odensten 등²⁹⁾은 일반적으로 수술후 2년에 80~90%의 성공률을 보이나 수술후 5년에 40~50%로 떨어져 재건술의 결과를 평가하는데 적어도 5년 이상의 원격추시가 요한다고 하였다.

근래 대부분의 재건술 결과에서 75~90%의 성공률을 발표하고 있으나 대부분 전방이완에 대한 계측을 근거로 한 것으로 이식건의 강도에 대한 동물실험결과 정상 전방십자인대의 30~40%에 머문다는 보고로 보아 좀더 장기적이고 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Alm A and Stronberg B: Vascular anatomy of the patella and cruciate ligament: a microangiographic and histologic investigation in the dog. *Acta Chir Scand*, 445:25-35, 1974.
- 2) Amis AA, Beynon B, Blankevoort L, et al: Proceedings of the ESSKA scientific workshop on reconstruction of the anterior and posterior cruciate ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2:124-132, 1994.
- 3) Amis AA and Jakob RP: Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 6(1):2-12, 1998.

- 4) **Andersson C, Odensten M, Good L and Gillquist J:** Surgical or non-surgical treatment of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg.* 71A:965-974, 1980.
- 5) **Arnoczky SP, Warren R and Ashlock M:** Replacement of the anterior cruciate ligament using a patellar tendon allograft: an experimental study. *J Bone Joint Surg.* 68A: 376-385, 1986.
- 6) **Burks RT and Leland R:** Determination of graft tension before fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 4:260-266, 1988.
- 7) **Clancy WG, Narechania R, Rosenberg T et al.:** Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in Rhesus monkeys. *J Bone Joint Surg.* 63A:1270-1284, 1981.
- 8) **Daniel DM, Penner DA and Burks RT:** Anterior cruciate ligament isometry and tensioning. IN:Friedman NJ, Ferkel RD, eds. *Prosthetic ligament reconstruction of the knee.* Vol. I. Philadelphia: W.B. Saunders. 17-21, 1988.
- 9) **DeHaven KE:** Diagnosis of acute knee injuries with hemarthrosis. *Am J Sports Med.* 8:9-13, 1980.
- 10) **Dickason JM, Fox JM, Del Pizzo W, Friedman MJ, Snyder SJ and Blazina M:** Stabilization of the knee joint for anterior instability - A long term follow-up. Presented at the American Orthopaedic society for Sports Medicine (AOSM), Annual Meeting, Williamsburg, Va, July, 1983.
- 11) **Engbretsen L, Bemum P, Fasting O, Molster A and Strand T:** A prospective, randomized study of three surgical techniques for treatment of acute ruptures of the ACL. *Am J Sports Med.* 18:585-590, 1990.
- 12) **Friedman MJ, Sherman OH, Fox JM, Pizzo WD, Snyder SJ and Ferkel RJ:** Autogenic anterior cruciate ligament (ACL) anterior reconstruction of the knee. *Clin Orthop.* 196:9-14, 1985.
- 13) **Indelicato PA and Bittar ES:** A perspective of lesions associated with ACL insufficiency of the knee. *Clin Orthop Rel Res.* 198:77-90, 1985.
- 14) **Johnson RJ, Beynon BD, Nichols CE, Renstrom P:** Current concepts review: the treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg.* 74A:140-151, 1992.
- 15) **Kannus P and Jarvinen M:** Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg.* 69A: 1007-1012, 1987.
- 16) **Noyes FR, Bassett RW, Grood ES and Butler DL:** Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee: incidence of anterior cruciate tears and other injuries. *J Bone Joint Surg.* 62A:687-695, 757, 1980.
- 17) **Noyes FR, Butler DL, Grood ES et al.:** Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstruction. *J Bone Joint Surg.* 66A:344-352, 1984.
- 18) **Noyes FR, Moar PA, Matthews DS and Buttler DL:** The symptomatic anterior cruciate deficient knee. I. The long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg.* 65A:154-163, 1983.
- 19) **Odensten M and Gillquist J:** Function and anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg.* 67A: 257-262, 1985.
- 20) **Odensten M, Lysholm J and Gillquist J:** Long term follow-up study of a distal iliotibial band transfer (DIT) for anterolateral knee instability. *Clin Orthop.* 176:129-135, 1983.
- 21) **Sandberg R and Balkfors B:** Partial rupture of the ACL. *Clin Orthop.* 220:176-178, 1987.
- 22) **Shelbourne KD and Nitz PA:** Accelerated rehabilitation after ACL reconstruction. *Am J Sports Med.* 18:292-299, 1990.
- 23) **Shelbourne KD and Porter DA:** ACL-MCL injury: non-operative management of the MCL tears with ACL reconstruction. *Am J Sports Med.* 20:283-286, 1992.
- 24) **Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A and DeCarlo M:** Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction: the effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med.* 19(4):332-336, 1991.
- 25) **Shino K, Kawasaki T, Hirose H et al.:** Replacement of the anterior cruciate ligament by an allogenic tendon graft: an experimental study in the dog. *J Bone Joint Surg.* 66B: 672-681, 1984.
- 26) **Spindler KP, Schils JP and Bergfeld JB:** Prospective study of osseous, articular, and meniscal lesions in recent anterior cruciate ligament tears by MRI and arthroscopy. *Am J Sports Med.* 21(4):551-557, 1992.
- 27) **Vasseur PB, Rodrigo JJ, Stevensos S, Clark G and Sarkey N:** Replacement of the anterior cruciate ligament with a bone-ligament-bone anterior cruciate ligament allograft in dogs. *Clin Orthop.* 89:171-177, 1972.
- 28) **Woo SLY and Adams DJ:** The tensile properties of human ACL and ACL graft tissues. In: Dale D et al., eds. *Knee ligaments: structure, function, injury and repair.* New York: Raven Press, 1990.
- 29) **Yoshiya S, Andrish JT, Manley MT and Bauer TW:** Graft tension in anterior cruciate ligament reconstruction: an in vivo study in dogs. *Am J Sports Med.* 15:464-479, 1987.
- 30) **Zarins B and Rowe CR:** Combined ACL reconstruction using semitendinosus tendon and iliotibial tract. *J Bone Joint Surg.* 68A:160-177, 1986.