

전방십자인대 재건술 — 재건술시 이용되는 구조물의 특성 —

가톨릭대학교 성모병원 정형외과

우 영 균 · 이 화 성

최근 스포츠 인구의 증가와 산업재해 및 교통량의 폭주로 인해 슬관절의 인대손상이 증가하는 추세이며, 특히 경골의 전방전위를 방지하는 중요 구조물로서, 슬관절내의 안정성 유지에 중요한 작용을 하고 있는 전방십자인대의 손상빈도가 높게 보고되고 있다. 전방십자인대 손상에 대한 치료는 조기진단에 따른 봉합술과 다양한 전방십자인대 재건술식의 발전이 있었으나, 근래에는 재건술시 사용된 이식편의 이완이나 손상 등으로 인해 이에 대한 재수술에 관심이 높아지고 있다.

전방십자인대 재건술에 이용되는 이식물의 종류로는 크게 자가이식 (autograft), 동종이식 (allograft) 및 인공인대이식 (artificial graft) 등으로 구분할 수 있다.

자가이식으로서 전방십자인대 재건술에 이용되는 구조물로는 슬개건 (patellar tendon), 반건양건 (semitendinosus tendon), 박건 (gracilis tendon) 및 장경대 (iliotibial band) 등이 흔히 사용되고 있으며, 이외에 사두고근-슬개골지대-슬개건 ((quadriceps-patellar retinaculum-patellar tendon), 반월상 연골 (meniscus) 등을 이용한 방법 등이 소개^{1,2,3,4} 되었으나, 현재는 잘 이용되지 않고 있다. 1984년 Noyes 등⁵에 의하면 자가이식물의 파열을 일으킬 수 있는 최대 하중치가 정상 전방십자인대는 $1,725 \pm 269$ N이고, 골-슬개건-골 (bone-patellar tendon-bone)의 중앙 1/3은 $2,900 \pm 260$ N, 내측 1/3은 $2,734 \pm 298$ N으로 정상 전방십자인대보다 평균 159-168%의 높은 하중치를 보였으며, 반건양건 (semitendinosus tendon)은 $1,216 \pm 50$ N으로 70%, 박건 (gracilis tendon)은 838 ± 30 N으로 49%, 장경대 (iliotibial band) 원위부는 769 ± 99 N으로 44%, 사두고근-슬개골지대-슬개건 (quadriceps-patellar retinaculum-patellar

lar tendon)은 내측 1/3, 중앙 1/3, 외측 1/3이 각각 371 ± 46 N, 266 ± 74 N, 249 ± 54 N으로 21%, 15%, 14%의 하중치를 보인다고 하여, 골-슬개건-골이식물편 (bone-patellar tendon-bone graft)이 가장 강한 것으로 보고하였고, 강성 (stiffness)도 반건양건 (semitendinosus tendon)과 박건 (gracilis tendon)을 같이 사용한 경우 십자인대와 거의 비슷한 수치를 보이나, 골-슬개건-골이식물편 (bone-patellar tendon-bone units)은 3-4배 더 견고한 것으로 보고되고 있다. 또한 골-슬개건-골 (bone-patellar tendon-bone graft)로 재건을 할 경우, 조기에 이식물의 융합 (incorporation)에 의한 견고성을 얻을 수 있고, 따라서 고정기간의 단축과 조기 관절운동을 실시할 수 있는 장점이 있어 현재 가장 많이 이용되고 있다.

이식물의 생리학적 및 생체물성학적 특성 (biomaterial properties)을 살펴보면, 이식된 구조물은 무혈관성 이식물 (free graft)로서 반응하며, 괴사에 따른 혈관침투와 세포증식의 과정을 거치는데, 주위 지방조직 (fat pad)이나 활막 등의 연부조직내에 있는 혈관과 골 터널의 골내막혈관 (endosteal vasculature)에 의해 이식물내에 재혈관형성이 일어나며, 미분화 간엽세포들이 이식물내로 자라 들어와 조직학적 재형성을 이루게 된다. 이러한 과정은 이식물의 종류 및 수술방법에 따라 다르지만, 보통 술 후 4개월 내지 1년 사이에 일어나며 골 대 골유합 (bone to bone healing)에 의해 안정성을 나타낸다^{6,7}. 이식물은 이식 당시에 강도가 제일 강하고, 생물학적 변화과정을 거치면서 신연강도가 약해지지만, 술 후 1년정도 지나면 기존 신연강도의 약 50%로 회복된다. 그러나 이식하기 전 원래의 강도로는 회복되지 않는 것으로 알려져 있다. 이식물의 강도 (strength)유지를 위해 혈관 (vascular pedicle)을 유지한 상태로 수술을 시행하는 방법도 소개^{8,9} 되었으나, 실험결과 술 후 이식물의 변화를 효과적으로 예방할 수 없었으며, 이

* 통신저자 : 우 영 균
가톨릭대학교 성모병원 정형외과

식물의 강도나 강성의 회복에도 별 도움이 안되어 현재는 널리 이용되지 않고 있다.

동종인대이식(allograft)은 수술받는 사람의 정상 해부학적 구조에 손상을 주지 않는 상태에서 쉽게 구할 수 있고, 충분한 길이와 직경을 얻을 수 있는 장점이 있으며, 되도록 정상 전방십자인대와 유사한 생역학적 특성(bio-mechanical properties)을 갖고 있는 것이 좋다. 이용 가능한 동종이식의 구조물로서는 전방십자인대, 슬개건, 대퇴근막장근(tensor fascia lata), 종골건(Achilles tendon), 전경골근건(tibialis anterior tendon) 및 굴곡근들(flexor tendon group) 등이 이용되고 있으며, 이 식인대의 인장강도는 자가인대 이식의 경우와 마찬가지로, 골-슬개건-골 이외에는 정상 십자인대보다 최대 하중치가 낮은 것으로 되어있다.

생리학적 및 생체물성학적 특성의 변화 측면에서 보면, 이식물로 이용되는 구조물 종류나 이식물의 보존방법 등에 따라 다르지만, 동종 이식물과 숙주와의 결합 및 치유는 보통 자가인대 이식물과 유사한 생리학적 재배열(biological remodeling)을 보인다^{2,10}. 그러나, 신연강도는 자가 이식의 경우보다 더욱 감소됨을 보이며, 인장력은 fresh frozen, freeze dried, freeze dried ethylene oxide treated, freeze irradiated 등의 순으로 그 강도가 감소되는 것으로 알려지고 있다. 면역학적 측면에서 보면, 동종 이식물의 면역반응 정도는 이식물의 세포성분(cellular component)에 의해 야기되어, 신선조직(fresh tissue)인 경우에는 심한 거부반응이 일어나나, freezing and thawing 등으로 전처치하는 경우에는 이식물내의 세포들이 죽음으로써 면역학적 항원성(immunologic antigenicity)을 효과적으로 중화(neutralization)시킬 수 있어 거부반응에 의한 조직학적인 변화를 보이지 않는 것으로 되어있다³. 동종인대 이식물을 보관하는 방법은 -70° 이하로 deep freezing 시키거나 free drying(lyophilization)하는 방법 등이 있으며, 이식물의 멸균(sterilization) 방법으로는 ethylene oxide 가스를 이용하거나 혹은 gamma irradiation을 시행하는 방법이 있다. 이외에도 동종인대 이식의 경우, 수술에 따른 후천성 면역 결핍증이나 감염 등과 같은 질환이 전파될 위험성과 재활기간이 자가인대이식의 경우보다 더 장기간 요한다는 점들이 고려되어야 한다.

인공인대이식(artificial graft)은 prosthetic ligament로서의 작용 이외에 자가인대이식의 일시적인 고정이나 보강 및 교원질 생성의 자극작용 등의 목적으로도 이

용되고 있으며, 특히 거부반응이 없다는 장점이 있으나, 반면에 실험적 연구에서 인공인대로 부터 떨어져 나온 wear particles에 의해 멸균성 종창(sterile effusion)과 관절연골의 변성변화가 일어날 수 있는 것으로 보고되고 있다¹⁰.

인공인대는 prosthetic device, collagen ingrowth device, augmentation device 등으로 크게 구분할 수 있는데, prosthetic device로는 Gore-Tex(polytetrafluoroethylene), Leids Keio(polyester), Meadox(Dacron, polyester), Richard polyflex 및 proplast(polyaramid fiber with carbon) 등이 있으며, collagen ingrowth device로는 carbon fiber, 그리고 augmentation device는 Dexon과 LAD(polypropylene) 등이 있다. 이들의 최대 신연강도를 살펴보면 Gore-Tex가 4,448 N 이상을 보이고, Dacron은 평균 3,110 N, Kennedy LAD는 1,500-1730 N으로 Gore-Tex가 강한 것으로 나타나고 있으나⁸, Gore-Tex는 인부조적이 자라 들어가지 못하고 순수한 인공인대로서만 작용하여 오랜 시간이 지나면 파열되는 단점이 있다. 합성보강인대(synthetic augmentation device)의 목적은 같이 이식된 자가이식물의 초기 이식물 강도를 보강하고, 이식물의 적절한 수술중 긴장(intra-operative tension)을 제공하는 것과 이식물의 보다 견고한 고정을 얻는데 있으며, 궁극적으로는 수술 후 초기에는 synthetic device가 대부분의 하중을 받도록 하고, 수개월이 지나면서 생리학적 재배열(reorganization)이 일어나면 점진적으로 하중이 biologic component로 이동하게 하고자 하는 목적이 있다.

전방십자인대 재건술을 시행할 경우, 비록 간략히 정리, 언급하였지만, 상기 내용과 같은 각각 이식물의 특성을 이해함으로써 각각의 특성과 여건에 맞추어 이식물을 선택하고, 수술시 정확한 등척점(isometry)의 개념과 이식물에 적절한 긴장(tension)을 유지한 상태로 재건술을 하여야 한다는 점, 필요시 적절한 notchplasty 를 시행하는 등, 보다 숙련된 수술적 기법으로 수술에 임하고, 술 후 면밀한 경과 관찰 및 적절한 술 후 처치를 실시할 때 성공률이 높아질 것이다.

REFERENCES

1. Arnoczky SP, Tarvin GB and Marshall JL. : Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon : An evaluation of graft revascularization in the dog. *J Bone Joint Surg*, 64-A:217-224, 1982.

2. **Chiroff RT** : Experimental replacement of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*, 57-A:1124-1127, 1975.
3. **Clancy WC Jr., Narechania RG, Rosenberg T and Gmeiner JG** : Biomechanical evaluation of anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in the rhesus monkeys. *Trans Orthop Res Soc*, 4:160, 1979.
4. **Drez D Jr** : Modified Eriksson procedure for chronic anterior cruciate insufficiency. *Orthopedics*, 1:30, 1978.
5. **Fischer SP and Ferkel RD** : Biomechanics of the knee. In : *Friedman MJ, Ferkel RD*, eds. Prosthetic ligament reconstruction of the knee. Philadelphia : WB Saunders, 1988.
6. **Lambert KL** : Vascularized patellar tendon graft with rigid internal fixation for anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop*, 172:85-89, 1983.
7. **Minami A, Usui M, Ishii S and Kobayashi H** : The in vivo effect of various immunoreactive treatments on allogenic tendon grafts. *J Hand Surg*, 8:888, 1983.
8. **Muller W** : The knee : form, function, and ligamentous reconstruction. New York, 1983, Springer-Verlag, pp 253-257.
9. **Noyes FR, Burtler DL, Grood ES, Zernicke RF and Hefzy MS** : Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg*, 66-A:344-352, 1984.
10. **Paulos LE, Burtler DL, Noyes FR and Grood ES** : Intra-articular cruciate reconstruction : Replacement with vascularized patellar tendon. *Clin Orthop*, 172:78-84, 1983.
11. **Shino K, Inoue M, Horibe S, Nagano J and Ono K** : Maturation of allograft tendons transplanted into the knee. *J Bone Joint Surg*, 70-B:556-560, 1988.
12. **Silvaggio VJ and Fu FH** : Anterior cruciate ligament replacement material: allografts and synthetic ligaments. In *Ewing JW*, editor: *Articular cartilage and knee joint function : basic science and arthroscopy*. New York, 1990, Raven Press, Ltd.
13. **Walsh JJ Jr.** : Meniscal reconstruction of the anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop*, 89:171-177, 1972.
14. **Yasuda K, Tomiyama Y, Ohkoshi Y and Kaneda K** : Arthroscopic observations of autogeneic quadriceps and patellar tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Clin Orthop*, 246:217-224, 1989.