

전방 십자 인대 재건술에서 이식건 선택

이 동 철

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

스포츠 활동과 사고로 인하여 전방십자인대 재건술이 많이 증가하고 있으며 여러 종류의 자가 및 동종이식건이 많이 사용되어 지고 있다. 자가 골-슬개건-골을 이용한 전방십자인대 재건술이 제일 대표적인 이식건으로 사용되고 있으나 공여부의 합병증과 전방슬관절통 등의 문제가 발생될 수 있으며 환자에 따라서 이러한 문제를 줄일 수 있는 다른 이식건의 사용도 필요할 수 있다.

여러 이식건의 생역학적인 특성, 장점 및 단점, 합병증을 충분히 이해함으로써 환자 개인에 맞는 적절한 이식건을 선택할 수 있으며 수술후 환자의 만족도를 높일 수 있을 것으로 생각된다.

색인 단어: 전방십자인대 재건술, 이식건 선택

서 론

전방 십자인대 손상은 스포츠 손상이나 교통사고 등으로 많이 발생되며 이로인한 슬관절 불안정성으로 반월 연골판 손상, 관절 연골 손상등을 유발시키게 되므로 불안정성을 호전시키고 동반 손상을 줄이기 위한 방법으로 전방 십자인대 재건술이 많이 시행되고 있다.

전방 십자인대 재건술에 사용되어 지는 이식건은 최근까지 자가 골-슬개건-골을 사용하는 것이 좋은 결과를 가져와^{5,24)} 대표적인 방법(gold standard)으로 되어 있으나 슬개 대퇴 관절면의 동통, 슬개골 골절 및 슬개건 파열 등의 합병증이 발생될 수 있으며, 이러한 단점을 최소화하기 위한 대체 자가 이식건으로 슬건 및 대퇴사두근 등이 사용되고 있다⁶⁾.

이외 동종건 이식물로는 골-슬개건-골, 아킬레스건, 슬건, 전방 및 후방 경골건 등이 다양하게 사용될 수 있으며 인공 인대도 개발되어 있어 수술자(surgeon)는 이용할 수 있는 여러 가지 종류의 이식건에 대한 장점 및 단점, 생물학적 변화, 공여부의 이환율(morbidity), 조직의 특성(biocompatibility, structural properties)을 알아야 각 환자에 대한 적절한 이식건을 선택할 수 있고 성공적인 전방 십자인대 재건술을 시행할 수 있으므로 전방 십자인대와 각 이식건의 생역학 및 특성에 대한 고찰을 해보고자 한다.

1. 전방 십자 인대

활액막으로 덮여있는 관절내 교원성 구조물로서 길이는 31~38 mm, 폭은 11 mm, 단면적은 44 mm²이며 근위부는 대퇴외과의 내측 후방에 부착되고 원위부는 경골 돌기의 전내방에 넓게 부착되며 전내측대(anteromedial band)와 후외측대 posterolateral band)로 나뉘지고 전내측대는 굴곡시 긴장되며 후외측대는 신전시 긴장된다.

전방십자인대는 2000 N의 인장력(tensile force)을 억제할 수 있으며 강성(stiffness)은 242 N/mm이고 일상 생활에서 인대는 파괴점 힘(failure capacity)의 20% 이하 부하를 보이며 관절 운동범위내에서 전방십자인대가 받는 최고 하중은 40° 굴곡에서 신전사이에 부하된다⁸⁾.

2. 이식건의 조직학적 변화

이식된 이식건의 생물학적인 조직 변화 및 치유과정(biologic tissue incorporation)은 자가건이나 동종건은 비슷한 과정을 거치는 것으로 되어 있으며 이식건 괴사(graft necrosis), 세포군집(cellular repopulation), 재혈관화(revascularization), 교원 섬유 재형성(collagen remodelling)의 순서로 되며 동종건에서 자가건에 비해 다소 늦은 속도로 인대의 재형성 과정을 거치는 것으로 나타났다^{11,14)}.

세포군집은 첫 2개월내(4~6주)에 섬유 모세포(fibroblast)와 혈관증식세포(vascular proliferating cell)가 모이게되고 혈관재형성은 약 3주 이후부터 시작되고 30주 경에 충분히 된다¹¹⁾. 교원 섬유 재형성은 이후 10개월 내에 발생하며 이후 2년간 성숙기를 거쳐 약 3년에 이식건은 조직학적으로 인대화된다³⁾.

통신저자: 이 동 철

대구시 남구 대명5동 317-1
영남대학교 의과대학 정형외과학교실
TEL: 053) 620-3640, 3645 · FAX: 053) 628-4020
E-mail: dcllee@med.yu.ac.kr

이식건의 무혈성 시기에는 인대의 인장 강도(tensile strength)가 감소되는데 3~5주경 최고 10~15%까지 떨어질 수 있다고 하였으며 이때 적절한 보호와 잘 조절된 재활 치료가 필요하며 혈관 재형성기가 지나고나면 원래 인장강도의 70%로 회복된다고 하였고 혈관 재형성기 및 교원 섬유 재형성기는 최소 1년 이상이 걸린다고 하였다²⁰⁾. 그러므로 이식건은 원래 전방 십자인대 인장 강도보다 큰 것을 선택하는 것이 필요하다²⁰⁾. 이러한 인대화(ligamentization)과정은 이식건의 종류, 숙주반응(host reaction), 재활과정에서 이식건에 대한 생역학적 하중에 의해 영향을 받는다⁹⁾.

3. 전방 십자 인대 이식건의 생역학적 특성

정상 전방 십자인대는 최고 인장 강도는 2160 N이며 10 mm폭의 골 슬개건 골 이식건과 대퇴 사두건은 2376 N, 2352 N으로 전방 십자인대에 비해 약 1.1배정도로 강하며 강성은 골 슬개건골은 816 N/mm로 전방 십자인대에 비해 3.2 배, 대퇴사두건은 463 N/mm로 약 2배이며 단면적은 대퇴사두건이 62 mm로 1.5배이다. 반건양건과 박건으로된 4겹의 슬개건은 최고 강도는 4108 N으로 전방 십자인대에 비해 약 2 배이며 강성은 776 N/mm로 약 3배, 단면적은 약 1.2배이다. 전 경골건 및 후 경골건도 전방 십자인대에 비해 최고 강도 및 강성, 단면적에서 우수한 이식건이다 (Table 1)²¹⁾.

이식건의 단면적이 넓은 것은 골 터널내에서 이식건의 접촉면이 넓어질수 있으며 이는 혈관 재형성과 치유과정에 많은 도움을 받을 수 있는 장점이 있다.

4. 이식건의 종류와 특성

1). 자가건 (Autografts)

자가건 사용은 채취된 공여부에 기능 결손과 합병증 등의 이환율(morbidity)을 나타낼 수 있는데 장점으로는 간염이나 AIDS등의 질병 감염이 없으며 이식된 조직에 면역 반응이 없다. 단점으로는 자가건 채취에 수술 시간이 많이 들고 재건술에서 어려울 수 있으며 다발성 인대 손상에서는 이식건 채취에 따른 이환율을 증가 시킬 수 있다.

(1) 동측 자가 골-슬개건-골 (Ipsilateral BPTB)

일차 전방 십자인대 재건술에서 제일 대표적인 수술로 알려져 있다.

장점은 높은 최대 인장강도 (2300~2900 N)와 강성 (stiffness: 620 N/mm)을 가지며 양측 끝단에 건과 골이 연결되어 (Fig. 1) 터널내에서 골과 골의 빠른 치유와 처음부터 강한 고정이 가능하고 빠른 혈관 재형성과 빠른 재활 치료가 가능하여 스포츠 복귀가 조기에 가능하므로 수술 후 이환율이 감소된다.

단점으로는 채취된 공여부에 슬개골 골절과 슬개건 파열, 슬개대퇴 관절면에 동통(전방 슬관절통), 슬개건염이 발생 될 수 있으며 복재신경(Saphenous nerve)의 하슬개 분지가 손상되어 이상감각 및 감각 둔마가 발생되며 무릎 꿇기가 불편할 수 있다. 또한 대퇴사두근력이 약화되며 (1~2년후 5~18%) 사람에 따라 이식건의 크기와 길이가 달라질 수 있는 단점이 있어 폭 24 mm이하의 작은 슬개건에서는 충분한 건(10 mm 폭)이 채취될 수 없고 골격 성장이 덜 된 청소년에서는 골단판 손상(physeal injury)이 발생할 수 있다²⁸⁾. 전방 슬관절통은 동반된 3-4등급의 연골 연화증에서 발생할 수 있으며 십자인대 재건술후 완전한 슬관절 신전이 동통을 예방할 수 있다고 하였다²¹⁾.

만성 전방 십자인대 손상 및 높은 활동도를 가진 운동선수와 중상급이상의 불안정성을 가진 급성 손상에서 적용될 수 있으며 기왕증의 슬개대퇴 문제가 있거나, 덜 활동적인 사람, 노인은 제외시키는 것이 좋다.

그리고 카펫트공, 타일공의 직업과 슬개건염 발생이 가능한 야구선수 및 테니스 선수에서는 피하는 것이 좋다¹⁹⁾.

(2) 반대측 자가 슬개건 (Contralateral BPTB)

이환된 슬관절에는 수술이 적게 되어지고 조기에 충분한 활동과 스포츠 활동 복귀가 가능하게 되며 각 다리에 재활 방법이 필요하다. 단점으로는 반대측 슬관절에 증상이 발생하는 문제가 생기며²⁸⁾ 수술 후 대퇴사두근의 허약이 발생되는데 1년에 수술전 강도의 93%, 2년에 95%로 회복되며 1년 동안 활동과 관계된 슬개건염이 발생할 수 있으나 공여부에 관계된 문제는 단기간에 걸쳐 나타날 수 있다²⁷⁾.

Table 1. Biomechanical properties of anterior cruciate ligament grafts

	ultimate strength(N)	stiffness(N/mm)	cross sectional area(mm ²)
Intact ACL	2160	242	44
B-PT-B (10 mm)	2376	812	35
Quadruple hamstring	4108	776	53
Quadriceps tendon(10 mm)	2352	463	62
Anterior tibialis	3412	344	38
Posterior tibialis	3391	302	48

(3) 자가 반건양건/ 박건: 슬건 (Hamstring tendon)

슬건의 사용이 점차 증가되어지는데 이 이유는 이식건 공여부에 이환율이 떨어지며 이식건의 고정기구가 개발되어지고 신전 기전이 보호되어지기 때문이다²¹⁾.

장점으로는 전방슬관절 동통과 슬개건염, 대퇴사두근 허약감의 빈도와 슬관절 운동 제한이 감소되고, 채취된 건의 길이가 길어 두겹이나 네겹으로 겹쳐 사용되어질 때 인장 강도가 4000 N까지 증가되고, 안전하게 이식건을 채취할 수 있고 골격 성장이 완성되지 않은 청소년기에 재건술을 시행하여 골단판의 폐쇄를 막고 골격성장을 보호할 수 있다^{16,28)}.

적응증으로는 작은 슬개건, 대퇴슬개 동통의 병력, 무릎을 구부려 사용하는 직업(목수, 배관공, 페인트공), 슬개건을 사용 후 실패한 경우, 대퇴사두근 기전의 손상을 피하고 싶은 경우 등이다.

단점으로는 이식건을 채취할 때 주위조직과 연결된 부가적인 부착부가 2~3곳에 있으며(Fig. 2A, B) 적절히 절단을 하지 않으면 건이 중간에서 끊어져 이식건으로 사용이 불가능할 수 있고 복재 신경 손상이 드물게 나타날 수 있다. 강한 끌고 정을 할 수 없으므로 조기에 적극적인 재활이나 체중부하, 충분한 활동 복귀가 어렵고 적어도 수술 후 약 8주의 치유 과정

동안 보호가 되어야 한다²⁶⁾.

생역학적으로 단일 반건양건은 ACL 인장 강도의 70%, 단일 박건은 49%이나²³⁾ 두겹이나 네겹으로 만들면 강성이나 인장 강도가 증가하여 네겹으로 할 때 강성은 807 N/mm (ACL 3배, BPTB 2배)이며, 최대 인장 강도는 4108 N (ACL 3배)으로 되고 교원 단면적도 커지게 된다⁴⁾.

2년 추시후 cybex를 이용한 근력평가를 보면 굴곡력과 신전력은 유의한 차이가 없다고 하였다¹⁷⁾.

이식을 피해야할 경우는 재발성 슬개건염, 슬건 손상의 병력이 있거나 축구 및 달리기 선수, 체조선수, 레슬링 선수이다^{3,19)}.

(골 슬개건골과 슬건 이식의 비교)

슬건 이식에 비해 슬개건을 이식 하였을때 슬개대퇴 관절통과 대퇴사두근의 허약감이 증가한다.

특히 슬개대퇴 동통 발생은 자가 슬개건 이식을 시행하였을 때 16~47%, 자가 슬건 이식은 3~21%, 전방십자인대 결손 시 보존적 치료에서는 28%로 나타난다고 한다. 슬개대퇴 동통의 원인은 기왕력이 있는 퇴행성 연골, 수술시 의인성 (iatrogenic) 손상, 비등장성 이식건 위치, 골골 구축과 과도한 반흔조직, 대퇴사두근 허약, 슬개골 포착(patellar entrap-



Fig. 1. A. Doner site of the knee after taking out the autogenous bone-patellar tendon-bone graft B. Autogeuous bone-patellar tendon-bone.

ment) 등이라고 한다^{25, 29)}.

슬건 공여부의 이환율이 적고 정상 대퇴 근육 회복이 빨리 오며(3~6개월) 수술 1년후 대퇴 사두근력은 차이가 없다고 한다¹⁸⁾. 급성 전방십자인대 재건술에서 슬건 이식이 좋다고 하나 만성십자인대 재건술에서도 슬개건과 슬건의 비교에서 유의한 차이가 없었다고 한다¹⁾.

여러 연구에 의하면 수술전 활동도로의 복귀는 슬개건 75%, 슬건 64%, 20 lbs KT 검사 (3 mm이상 이완)에서 슬개건 17%, 슬건 29%이며 기능적 결과와 환자 만족도는 같다고 한다^{1, 7, 24, 25)}.

또한 중간이상의 슬개 대퇴 탄발음은 슬개건에서 17%, 슬

건에서 3%로 발생될 수 있으며 신전제한 (3°이내)는 슬개건에서 40%, 슬건에서 3% 발생될 수 있다고 한다.

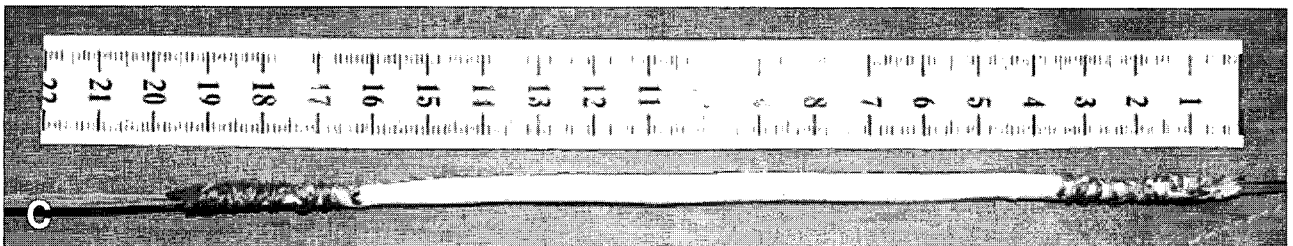
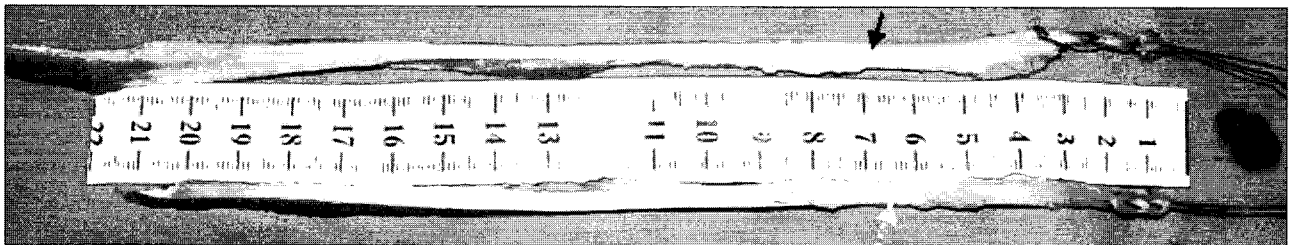
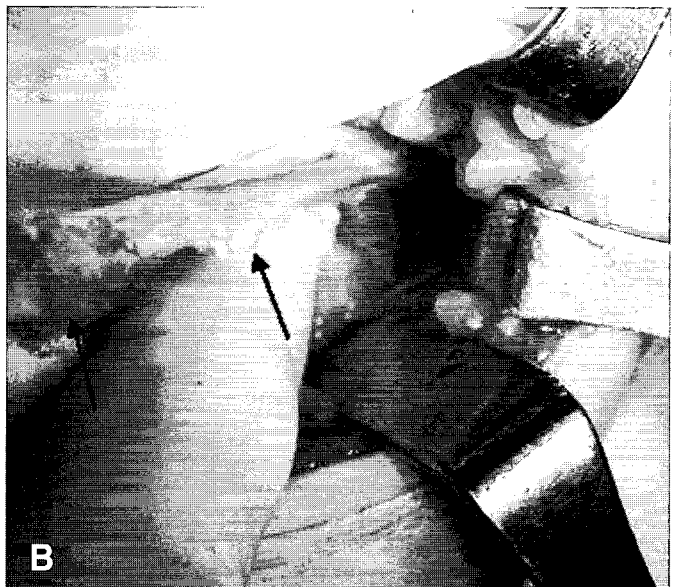
(4) 자가 대퇴 사두건

평균길이는 87±9.7 mm이고 일반 인대보다 강성이 강하며, 슬개건에 비해 교원질 양이 많아 2배로 부피가 많고(Fig. 3) 최대 인장 강도는 2173 N으로 1.3배 많으며, 한쪽은 bone에 연결되어 있다. 대퇴 사두근력은 1년 후 정상 무릎의 80%로 회복된다고 한다^{3, 6)}.

장점으로는 복재 신경 하슬개 분지 손상을 피할 수 있으며 전방 슬관절 동통을 줄일수 있다. 단점으로는 대퇴 사두근의



Fig. 2. A. It shows the side attachment of semitendinosus to the medial gastrocnemius fascia. **B.** Two cutting sites of the semitendinosus autograft **C.** Harvest grafts of semitendinosus and gracilis. - gracilis tendon is a little short in length & small in a diameter compared to semitendinosus.



허약이 발생되며 공여부에 긴 흉터와 기술적으로 채취에 어려운 점이 있다⁹⁾.

1998년 Griffith 등¹⁰⁾은 슬개건과 대퇴 사두근의 이식 후 1년 추시상 결과에 큰 차이가 없다고 하였다.

적응증으로는 일차적 십자인대 재건술이나 재 재건술, 다발성 인대 손상에서 이용될 수 있다^{6,8,28)}.

(5) 자가 아킬레스건

많은 단면적을 가진 교원 섬유 조직으로 체내에서 가장 강하며 종골 부착부를 가진 내측이나 외측 1/2의 아킬레스건을 이용할 수 있다. 장점은 15 cm 정도 길이의 건을 얻을 수 있으며 한쪽은 bone과 연결되어 견고한 내고정이 가능하다. 단점은 한쪽이 연부 조직으로 되어 있으며, 건을 채취하는데 익숙하지 않고 아킬레스건 파열과 같은 문제가 발생할 수 있다⁹⁾.

(6) 이외 사용 가능 자가건

Fascia lata는 약한 인장력과 강성이 있는 이식물로 보조적인 이식건으로 사용되고, 장경대는 수술 후 IKDC 결과 정상이거나 거의 정상인 77%이며 같은 활동도 복귀가능성은 16%이다^{22,28)}.



Fig. 3. Autogenous quadriceps tendon graft before taking out. It has a large cross sectional area & enough tensile strength.

2) 동종건 (Allografts)

사용시 장점으로는 쉽게 이용할 수 있으며 공여부에 이환율이 없고 이식건의 크기와 조직의 양을 마음대로 조절 가능하며, 수술시 적은 절개로 인한 좋은 미용, 수술시간이 줄어들 수 있다. 단점으로는 감염이나 HIV균의 전파(빈도 1/1,600,000~1/8,000,000)가 가능하며 이를 예방하기 위해 감마 방사선 조사를 할 경우 교원 섬유 조직의 변화와 인장 강도의 약화로 인해 생역학적인 변화를 초래할 수 있고 면역 반응으로 인한 생물학적 치유과정이 늦어질 수 있으며 이식물의 보관과 소독이 어렵다는 점이다^{20,21,28)}.

(이식건의 재형성과 생역학적인 특성)

자가건과 동종건은 치유형태는 유사하나 진행 정도가 다소 차이가 난다고 하였으며 냉동(freezing)은 면역 반응을 약하게 하며 냉동 건조는 냉동에 비해 조직의 면역성(immunogenicity)을 약화시키는데 우수하나 이식건의 생역학 특성을 변화시킨다고 한다²⁰⁾.

냉동(rate controlled deep freezing)처리와 감마 방사선 조사(1.5~2.5 M rad)는 이식건의 역학적 특성을 크게 변화시키지 않고 면역반응을 감소시키고 HIV균을 억제시킬 수 있으나 HIV균을 없애기 위해서는 3M rad 이상을 조사 시켜야 하나 교원 섬유의 구조적 변화를 야기시킬 수 있다고 한다^{9,20)}.

Ethylene oxide 소독은 관절내 반응과 활막염, 이식물 파괴, 골의 낭종성 변화를 야기시키므로 피해야 한다²⁰⁾.

(동종건과 자가건의 비교)

동종건은 초기 동물 실험에서 역학적으로 약하고 생물학적 반응이 약하여 자가건보다 불안정하다고 하였고, 자가건처럼 인장 강도의 변화 형태는 비슷하나 인장 강도의 회복이 늦다고 하였다¹²⁻¹⁴⁾. Shino 등³⁾은 1년 후 정상 전방십자인대와 비슷하다고 하였고 조직학적 및 생역학적으로 비슷하다고 하였다. 그러나 전자 현미경을 이용한 미세 교원섬유의 구조는 수년이 경과하여도 굵은 직경의 미세 교원섬유는 감소되고 작은 직경의 미세 교원섬유로 주로 구성되어 있어 정상 미세 구조와는 차이가 있다고 하였다³¹⁾.

1995년 Barber-westin과 Noyes²⁾는 동종건 재건술후 전후방 불안정성, 슬개 대퇴 탄발음, 동통에서 유의한 악화 현상이 나타나지 않았다고 하였고 이식건의 실패는 3% 정도라고 하였다. 최근 동종 슬개건과 자가 슬개건을 비교해 본 연구에서 1998년 Kleipool 등¹⁵⁾은 두 군에서 유의한 차이가 없었으며 동종 슬개건은 좋은 대체물이라고 하였고, 2003년 Chang 등⁵⁾은 자가 슬개건을 이용한 수술은 좋은 표준 수술(gold standard)이라고 하였고 동종 슬개건은 합리적인 대체물이라고 하였다.

동종건의 적응증은 자가 이식건이 없는 경우, 다발성 인대 재건술, 만성 슬개건 손상, 40세 이상 환자, 인대 재재건술의 경우 시행할 수 있다^{21,28)}.

(1) 동종 슬개건

경과는 양호하며 동종건과 자가건은 수술 후 (3~5년) 큰 차이가 없다고 한다. 적응증은 전방십자인대 재건술, 다발성 인대 손상이 있는 전방십자인대 재건술, 후방십자인대 재건술이다²⁸⁾.

(2) 동종 아킬레스건

이식 후 1년에 혈관 형성이 완성되며 교원 섬유 다발이 선상 배열되고 18~24개월에 섬유모세포가 종상으로 배열된다. 1년 이후 객관적 이완에 변화가 없으며 5 mm 이내 이완은 87%라고 한다.

장점은 한쪽 끝에 골에 연결되는 건으로 견고하게 고정될 수 있고 종골의 끝은 골 결손이된 부위에 이식될 수 있으며(재건술) 충분한 생역학 강도를 지닌 단면적이 넓은 교원 섬유 조직이다. 단점은 한쪽 끝이 건이며 골에 치유되기 위한 연부 조직 고정이 필요하다(Fig. 4).

적응증은 전방십자인대 재건술, 후방십자인대 재건술(2 bundle), 외측측부인대 재건술, 외측 및 후외측인대 손상, 만성 슬개인대와 대퇴사두근 손상에서 이용될 수 있다²⁸⁾.

(3) 동종 전 경골건 및 후 경골건

슬건에 비해 인장 강도와 강성이 같거나 더 강하며 단면적이 슬개건이나 아킬레스건보다 더 넓어 골 터널을 채우기 좋아

좋은 전방십자인대 재건술 이식건이다²¹⁾.

(4) 동종 Fascia lata

전방십자인대 재건술 후 67%가 정상 인장 강도를 가지며 82~95%가 우수 양호라고 하였고 Noyes 등²²⁾ 은 슬관절 안정도에서 fascia lata 78%, 슬개건 82%, 실패율은 fascia lata 17%, 슬개건 8%라고 하였다.

단점은 양쪽 끝에 연부조직 고정이 필요한 점이다.

3) 인공인대 (Prosthetic grafts)

전방십자인대 재건술을 위한 인공인대는 3가지로 나뉘어 질 수 있으며 1) 영구 인공인대는 Gore Tex, Stryker Dacron 이며 최종 인장 강도가 크고 자가조직의 ingrowth의 가능성이 적고 2) Scaffolds 인공인대는 Leeds-Keio, Carbon fiber ligament이며 시간이 지남에 따라 자가조직의 ingrowth를 허용하면서 이식물의 강도가 증가될 수 있고 3) Augmentation 인대는 LAD이며 자가조직에 대한 지주(stent)로 작용하며 이식건이 성숙될 때까지 보호시켜주므로 혈관 형성과 인대 재형성에 약해진 이식건에 도움을 줄 수 있는 이론적인 개념이 있으나 확실히 검증되어 있지 않다.

장점으로는 쉽게 이용할 수 있으며 공여부에 이환율이 없으며 균의 감염이 없고 활동 복귀에 제한이 없으며 강도가 높다는 장점이 있으나 단점으로는 오래 사용할 수 없으며 조기 파열이 발생되며 감염의 빈도가 높고, 활막염과 부종이 발생하며 이식물 파편으로 골 터널의 용해가 발생하여 최근 많이 이용하지 않는 상태이다^{3,20,28)}.

결론

이식건의 선택은 의사의 선호도나 경험, 자가 이식건의 이용정도, 인대손상의 정도, 환자의 활동정도와 직업, 환자 나이, 환자의 각 이식건에 대한 장, 단점을 이해한 후 조직 선택 등에 의해 결정될 수 있다. 절대적으로 우수한 이식건은 없으며 여러 요인을 고려해서 최적의 이식건을 선택하는 것이 바람직하다.

높은 활동도를 필요로 하는 환자는 슬개건이 일반적으로 선택될 수 있으며 많은 활동도가 필요없거나 나이가 든 환자는 슬건을 이용한 재건술이 필요할 수 있다. 동종이식건은 중년나(40~45세이상), 불안정성으로 인한 관절염의 징후, 자가 이식건을 원치 않는 사람에서 이용될 수 있고 인공인대는 장기적으로 불량한 결과를 보여주고 있다.

참고문헌

1. Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G and De Diase P: Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction.

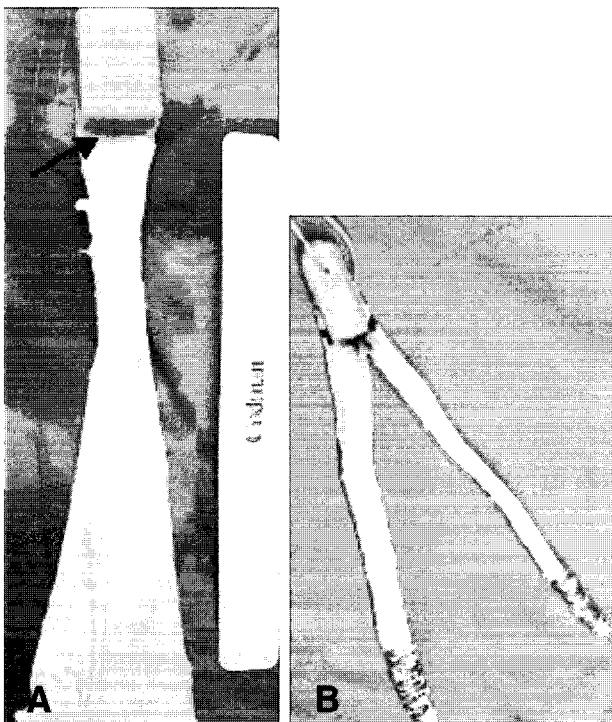


Fig. 4. A. Achilles tendon allograft which has thick collagenous tissue & enough length. B. Two tail achilles tendon allograft for PCL reconstruction (2 bundle) and posterolateral corner reconstruction.

- Am J Sports Med*, 22:211-218, 1994.
2. **Baber-Weston SD, Noyes FR:** Fate of allogenic anterior cruciate ligament reconstruction: Five to nine year results and analysis of deterioration. Presented at American Academy of Orthopaedic Surgeons : February 16-21: Orlando, Florida, 1995.
 3. **Bartlett RJ, Clatworthy MG and Nguyen TNV:** Graft selection in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*, 83 B:625-634, 2001.
 4. **Brown Jr CH, Steiner ME and Carson EW:** The use of hamstring tendons for the anterior cruciate ligament reconstruction : Technique and results. *Clin Sports Med*, 12:723-756, 1993.
 5. **Chang SKY, Egami DK, Shaieb MD, Kan DM and Richardson AB:** Anterior cruciate ligament reconstruction: Allograft versus autograft. *Arthroscopy*, 19(5):453-462, 2003.
 6. **Chen CC, Chen WJ and Shih CH:** Arthroscopic reconstruction of the posterior cruciate ligament: a comparison of quadriceps tendon autograft and quadruple hamstring tendon graft. *Arthroscopy*, 18(6):603-612, 2002.
 7. **Cooper D, Deng X, Burnstein A and Warren R:** The strength of the central third patellar tendon graft. *Am J Sports Med*, 21(6):41-47, 1993.
 8. **Evans NA, Jackson DW:** Arthroscopic treatment of anterior cruciate ligament injuries. In: *Mc Ginty JB, ed. Operative Arthroscopy*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins: 347-365, 2003.
 9. **Fideler BM, Vansness T, Moore T, et al:** Effects of gamma irradiation on the human immunodeficiency virus. *J Bone Joint Surg*, 76A(7):1032-5, 1994.
 10. **Griffith P, Shelton W and Bomboy A:** A Comparison of quadriceps and patellar tendon for ACL reconstruction: one year functional results. *Arthroscopy*, 14(1):518, 1998.
 11. **Jackson WD, Corsetti J and Simon TM:** Biologic incorporation of allograft anterior cruciate ligament replacements. *Clin Orthop*, 324:126-133, 1996.
 12. **Jackson DW, Grood ES, Goedstein J, Rosen MA, Kurzweil PR and Simon TM:** Anterior cruciate ligament reconstruction using patella tendon autograft and allograft - an experimental study. *Trans Orthop Res Soc*. 16:208, 1991.
 13. **Jackson DW, Grood ES, Goldstein J, et al:** A comparison of patellar tendon autograft and allograft used for anterior cruciate ligament reconstruction in the goat model. *Am J Sports Med*, 21:176-185, 1993.
 14. **Jackson DW, Rosen MA and Simon TM:** Soft tissue allograft reconstruction: The knee. In: *Czitrom AA, Gross AE, eds. Allografts in Orthopaedic Practice*. Baltimore, Md: Williams and Wilkins: 197-216, 1992.
 15. **Kleipool AE, Zijl JA and Willems WJ:** Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with bone patellar tendon bone allograft or autograft. A prospective study with an average follow up of 4 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 6(4):224-230, 1998.
 16. **Larson RV, Metcalf MH:** Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction in children (immature bone). In: *Chow JCY, ed. Advanced arthroscopy*. New York: Springer: 455-463, 2001.
 17. **Lipscomb AB, Johnson RK, Snyder RB et al:** Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendon to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*, 10(6):340-2, 1982.
 18. **Marder RA, Raskind JR and Carroll M:** Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J sports Med*, 19(5):478-84, 1991.
 19. **Marlek MM:** Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: Bone tendon bone graft press fit technique. In: *Chow JCY, ed. Advanced arthroscopy*. New York: Springer: 393-433, 2001.
 20. **McGuire DA:** Allograft of knee ligament reconstruction and posterior cruciate ligament allograft. In: *Chow JCY, ed. Advanced arthroscopy*. New York: Springer: 489-320, 2001.
 21. **Miller SL, Gladsotone JN:** Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am*, 33(4):675-683, 2002.
 22. **Noyes FR, Barbes SD and Mangine RE:** Bone-Patellar tendon bone and fascia lata allograft for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*, 72A:1125-1136, 1990.
 23. **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(3):344-352, 1984.
 24. **O Neil D:** Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament: a prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg*, 78A:803-812, 1996.
 25. **Paulos LE, Rosenbeng TD, Drawbert, Manning J and Abbott P:** Infrapatellar contracture syndrome. *Am J Sport Med*, 4:331-41, 1987.
 26. **Rodeo S, Arnocsky S, Torzillip, et al:** Tendon healing in

- a bone tunnel. J Bone Joint Surg, 75A(12):1795-1803, 1993.*
27. **Rubinstein RA, Shelbourne DK, Van Meter CP, et al:** *Isolated autogenous bone - patellar tendon bone graft site morbidity. Am J Sports Med, 22:324-327, 1994.*
28. **Safran MR:** *Graft selection in knee surgery. Am J Knee Surg, 8(4):168-180, 1995.*
29. **Sachs RA, Daniel DM, Stone ML and Garfcin RF:** *Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 17:760-765, 1989.*
30. **Shino K, Kawasaki T, Hirose H, Gotoh I Inoue M and Ono K:** *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.*
31. **Shino K, Oakes BW, Horibe S, Nakata K and Nakamura N:** *Collagen fibril populations in human anterior cruciate ligament allografts, Am J Sports Med 23(2):203-209, 1995.*

= ABSTRACT =

Graft Selection in ACL Reconstruction

Dong-Chul Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Yeungnam University

The prevalence of anterior cruciate ligament (ACL) injury is continuously increased due to sports activities and traffic accident. Simultaneously ACL reconstruction operations are on the increase.

Several kinds of autografts and allografts are used in ACL reconstruction.

Although ACL reconstruction using an autogenous bone-patellar tendon-bone graft is the good standard, it might have potential morbidity, anterior knee pain and minimal extension loss.

To minimize the complications and disadvantages on each graft and to select appropriate graft for each patient, it is necessary to understand the unique characteristics of each graft for biomechanical aspect, morbidity and disadvantage.

Selecting the appropriate graft depends on numerous factors including surgeon's preference and experience, patient's activity level and age, extent of ligament injury, tissue availability, and patient's selection for graft.

Key Words: ACL reconstruction, Graft selection

Address reprint requests to **Dong-Chul Lee, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Yeungnam University

317-1 Daemyung-dong, Nam-gu, Daegu, 705-717, Korea

TEL: 82-53-620-3640, 3645, FAX: 82-53-628-4020, E-mail: dcllee@med.yu.ac.kr