

## 반건양건 단일 4가닥을 이용한 전방십자인대 재건술

경북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

경희수 · 김태공 · 오창욱 · 윤상협

### Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with a Four-Strand Single Semitendinosus Tendon Autograft

Hee-Soo Kyung, M.D., Tae-Gong Kim, M.D., Chang-Wug Oh, M.D., Sang-Hyup Yoon, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the result of anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using a four-strand single semitendinosus tendon to decrease the donor site morbidity due to harvest both semitendinosus and gracilis tendon.

**Materials and Methods:** Thirty seven consecutive patients who had underwent ACL reconstruction using four-strand single semitendinosus tendon were evaluated. Mean age was 28.6 years old. Male was 34, female 3 patients. Time from injury to surgery was 5.4 months. Combined injuries were 10 meniscus injuries, 3 medial collateral ligament injuries and 1 osteochondral injury. Mean follow-up period was 16 months(12~18 months). Clinical evaluation was done using range of motion, Lachman test, pivot-shift test, Lysholm score & KT-2000 arthrometer.

**Results:** All patients showed the normal range of motion of mean 150° at follow-up. Lachman test and pivot-shift test was negative in 35 cases. Lysholm score was improve from 84 to 92. Two cases had residual laxity due to poor compliance. Mean anterior translation compared to contralateral side by KT-2000 arthrometer improved from 6.7 mm preoperatively to 2.1 mm at follow-up.

**Conclusion:** Reconstruction of the anterior cruciate ligament with use of a four-strand single semitendinosus tendon autograft showed good clinical results.

**KEY WORDS:** Semitendinosus tendon, Anterior cruciate ligament reconstruction

## 서 론

전방십자인대 재건술의 이식건으로 골-슬개건-골, 반건양건과 박건, 대퇴사두건-골, 동종건 등이 다양하게 사용되고 있으며, 각각에 대한 성공적인 결과들이 보고되고 있다<sup>1,6,7,10</sup>. 한때 가장 흔히 사용되던 골-슬개건-골을 이용한 자가 전방십자인대 재건술은 건 채취 후의 전방 슬관절통이 자주 생기는 것으로 알려져 있다<sup>1</sup>. 이에 반하여 박건과 반건양건과 같은 슬관절을 이용한 전방십자인대 재건술은 슬관절의 신전 기전

에 영향을 주지 않는 좋은 대체적 수단으로, 특히 4개의 자가 반건양건과 박건은 슬관절의 신전 기능에 미미한 영향을 주면서 좋은 구조적 강도를 나타내어 훌륭한 술 후 성적을 기대할 수 있으며, 최근에는 전방십자인대 재건술의 이식건으로 가장 흔히 사용되고 있다. 하지만, 술 후 슬관절 결손으로 슬관절 굴곡력 및 내회전력의 10%에서 20% 정도 결손을 초래하는 단점이 보고되어 왔다<sup>8,11,12</sup>. 이에 대하여, 반건양건 단일건을 이용한 전방십자인대 재건술 시에는 공여부 이환을 감소 및 슬관절 근력 약화 정도의 감소를 기대할 수 있다. 이에 저자들은 반건양건 단일 4가닥 이식건을 이용한 전방십자인대 재건술의 수술 시기 및 그 결과를 보고하고자 한다.

\* Address reprint request to  
Hee-Soo Kyung, M.D.  
Department of Orthopaedic Surgery, Kyungpook National University Hospital,  
50 Samduk-2ga, Jung-gu, Daegu 700-721, Korea  
Tel: 82-53-420-5636, Fax: 82-53-422-6605  
E-mail: hskjung@knu.ac.kr

## 대상 및 방법

4가닥 단일 반건양건을 이용한 관절경적 전방십자인대 재

건술을 받은 37명의 환자를 대상으로 하였다. 34명의 남자와 3명의 여자 환자로 이들의 평균 나이는 28.6세(14~54세)였다. 우측 슬관절이 22예, 좌측 슬관절이 15예였으며, 수상 기전은 축구 18예, 낙상 7예, 농구 7예, 족구 3예, 스키 1예, 우슈 1예였다. 수상 시부터 수술까지의 평균 기간은 5.4개월(1~27개월)이었고, 동반 손상으로서는 반월상 연골 손상 10예, 내측 측부인대 손상 3예, 골연골 병변 1예였다. 평균 추시 기간은 16개월(12~18개월)이었고, 슬관절 운동범위, Lachman 검사, pivot-shift 검사, Lysholm 점수, KT-2000 슬관절계를 임상적 평가에 이용하였다.

수술 시기

환자는 척추마취 및 복와위를 취하고, 수술 시행 전에 슬자가 양측 슬관절에 대한 이학적 검사를 시행한다. 이후 환측 다리를 거치대에 위치시키고 대퇴 근위부에 지혈대를 적용한다. 거위발 건(pcs anserinus) 상방에 2~3 cm의 인직선상 피부 절개를 가하고, 봉공근(sartorius) 막을 확인한 후 슬관절 방향에 맞추어 비스듬히 절개를 시행한다. 반건양건을 확인한 후 채취에 앞서 Mersilene tape 등으로 걸어 놓는다. 이때 건 주위 연부 조직 유착은 반드시 제거되어야 하며, 반건양건은 2 cm 길이의 골막과 함께 경골로부터 분리하여(Fig. 1) 건 말단 부로부터 약 3 cm 을 비흡수성 2번 Ethibond를 이용하여 서로 맞물린 형태로 봉합을 한다. 이후 패쇄성 건 채취기를 반건양건 말단부에 위치시키고 하지를 4자 자세(슬관절 굴곡, 고관절 외회전)로 고정 후 채취기를 반건양건 실질의 종축을 따라 근위 대퇴부로 전진시켜 반건양건을 채취한다.

반건양건을 채취한 후 건에 붙어있는 근조직 제거 및 건의 길이를 측정한다. 이때 채취된 건의 길이가 28 cm 보다 길다면 더 이상의 추가적인 건 채취는 불필요하다. 전방십자인대 재건술을 시행하는데 있어서 4가닥 반건양건의 길이는 7 cm 면 충분하는데, 이는 대퇴 터널에 2 cm, 경골 터널에 2 cm, 그리

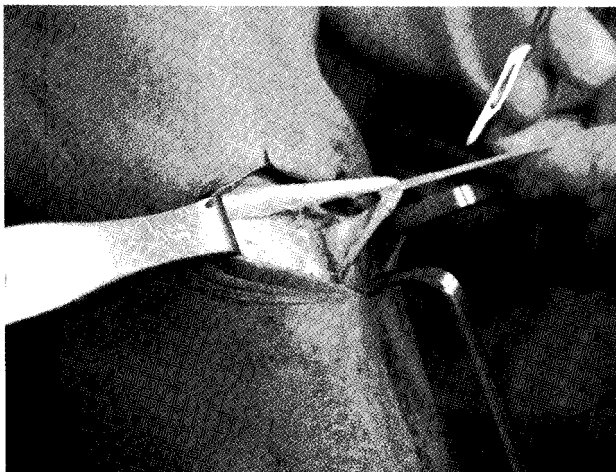


Fig. 1. This shows semitendinosus tendon harvesting technique with periosteum attachment.

고 관절내 부분 3 cm 으로 이루어 지게 된다(Fig. 2). 채취된 건의 나머지 한쪽에도 이전에 언급된 것과 같은 방법으로 봉합을 하고, 이후 건을 반으로 접은 후 봉합이 되지 않은 고리 쪽의 건을 또 같은 방법으로 봉합을 시행한다. 이후 준비된 건을 다시 한번 더 반으로 접어 4가닥으로 만들고 이에 대하여 직경을 측정한다. 측정된 직경을 바탕으로 2가닥짜리 반건양건을 적당한 PINN-ACL Crosspin<sup>®</sup> system (Linvatec, Largo, FL, USA)의 harness에 통과 시킨다. 이는 후에 PLLA (poly-L lactic acid)와 고강도 polyethylene fiber로 구성된 고정 핀과 결합하여 4가닥 반건양건 이식물을 고정시킴으로서 전방십자인대 재건물을 이루게 된다(Fig. 3). 이식물 준비 과정 후, 진단적 관절경을 시행하여 관절내 구조물에 대한 충분한 조사를 한다. 전방십자인대를 재건하는 전 과정에서 과열된 전방십자인대는 가능한 범위 내에서 최대한 보존하고, 대퇴 터널의 위치는 1:30분(좌측) 또는 10:30분(우측)에 위치하였으며 경골 터널은 인대 부착부 중앙에 위치하였다. 대퇴골 터널 내의 고정용 PINN-ACL Crosspin<sup>®</sup> system을, 경골 터널의 고정용 나사못 및 와셔를 이용한 post-tie를 시행하였다(Fig. 4). 골터널과 이식건의 단단한 고정(tight fitting)이 되지 않은 경우에 추가적인 흡수성 간섭 나사 고정을 경골과 대퇴골에 각각 시행 하였다. 술 후 재할 과정은 즉각적인 Q-set을 허용하였으며, 체중 부하는 2주 후 신전고정 보조기(extension locking brace)를 착용한 상태에서 허용 시켰다. 능동적 관절 운동은 수술 2주 후부터 시행하였고, 그 후 일반적인 전방십자인대 재건술 후의 재활 치료를 시행하였다<sup>10)</sup>.

결 과

35예(94.5%)에서 28 cm 이상의 반건양건을(29.2±1.4 cm) 채취할 수 있었고, 단일 반건양건 4가닥 이식물의 평균

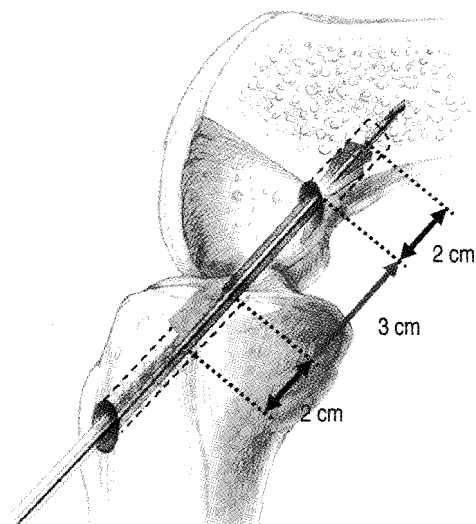


Fig. 2. This shows sufficient length for the ACL reconstruction, 2 cm for femoral side, 3 cm for intra-articular portion, and 2 cm for tibial side.

직경은 8.4 mm(7~10 mm)였다. 모든 환자들은 추시 시 모두 평균 150도로 정상측과 같은 관절 운동 범위를 보였으며, Lachman 검사와 pivot-shift 검사는 35예에서 음성이었다. Lysholm 점수는 84±8점에서 92±3점으로 개선되었다. 2예에서 비협조적인 재화로 인하여 관절의 이완이 남았으며, KT-2000 슬관절계를 이용하여 전측과 비교 측정한 평균 슬관절 전방 전위는 술 전 6.7±3.9 mm에서 최종 추시 시 2.1±1.8 mm로 개선되었다.

### 고 찰

전방십자인대 재건술에 사용되는 이식물은 다양하지만, 최근에는 슬릭전 특히, 4가닥의 자가 반건양건과 박건이 가장 많이 이용되고 있다. 하지만 이를 이용한 술식 후에는 10~20%의 슬관절 굴곡 및 내회전 결손이 따르는 것으로 알려져 있다<sup>10)</sup>. 만약 박건을 제외한 단일 반건양건 4가닥 건을 전방십자인대 재건에 사용하여 다른 방법들과 유사한 결과를 얻을 수 있다면, 반건양건을 단독으로 사용함으로써 반건양건과 박건을 모두 채취할 때 생기는 건 공여부의 이환을 줄일 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

슬릭전 채취의 영향으로 생긴 술 후 슬관절 굴곡 약화에 관한 몇몇 보고가 있다<sup>8,12)</sup>. Nakamura 등<sup>8)</sup>은 슬릭전을 이용한 전방십자인대 재건술 후 능동적 슬관절 굴곡과 슬릭전 강도에 관한 보고를 하였다. 그들은 반건양건만을 이용한 환자(ST 군) 49명과 반건양건과 박건을 동시에 이용한 환자(ST/G 군) 25명의 슬관절 주위 근육의 강도를 비교하였다. 두 그룹 사이에 최대 굴곡 토크나 90도 굴곡 토크에서의 좌우 양측 비율에는 의미있는 차이는 없었다. 하지만 반건양건과 박건을 동시에 이용한 환자군에서의 평균 최대 기립 슬관절 굴곡 각도의 좌우 양측 비율은 반건양건만을 이용한 환자군보다 상당히 낮은 수치를 보였다. 이 연구는 슬릭전을 이용 후 슬관절 굴곡력의 감소가 이전에 알려진 것보다 더 두드러진다는 사실을 보여준다.

Tashiro 등<sup>12)</sup>은 전방십자인대 재건술 시의 내측 슬릭전 이용이 슬관절 굴곡력에 있어 미치는 영향에 대하여 보고하였다. 내측 슬릭전 중 한 개의 건을 이용하는 것과 2개의 건 모두를 사용하는 것에 관한 내용이 포함되어 있는데, 총 90명의

환자가 전방십자인대 재건술을 시행함에 있어서 반건양건만을 사용할 것인가 혹은 반건양건과 박건 모두를 사용할 것인가를 임의로 정한 후 수술을 시행하여 양군간의 비교를 시행하였다. 그 결과 양군간의 임상적 결과에서 의미있는 차이를 찾기 어려웠을 뿐만 아니라 어느 군에서도 등척성 슬릭근력에서 의미 있는 감소는 없었다. 하지만, 슬관절이 70° 혹은 그 이상 굴곡 시에는 양군 모두 슬릭근의 등척성 및 등척성 근력 모두에 있어 상당한 감소를 나타내었으며, 그 정도는 술 후 18개월에 반건양건 단독 사용 군에서 보다 반건양건과 박건을 모두 이용한 군에서 상당한 것으로 조사되었다. 결과적으로, 위 연구에서 슬릭건의 채취는 고도의 슬관절 굴곡 시에 상당한 정도의 슬릭근력 약화를 초래하지만, 박건이 보존된다면 그 약화는 최소화 될 수 있다고 결론지었다.

Williams 등<sup>13)</sup>은 자가 반건양건과 박건을 이용한 전방십자인대 재건술 후 근육과 건의 형태적 변화에 대해서 보고하였는데, 술 후 반건양근과 박근 형태에 상당한 변화가 있었으나 이러한 근육의 형태학적 변화가 단기적인 결과에 임상적으로 중요한 영향은 끼치지 않는 것으로 보고 하였다. 줄어든 반건양근과 박근 기능을 보상하기 위한 대퇴 이두근과 반막양근의 변화가 관찰되었으며, 대부분에서 건의 재생이 관찰되었으나 술 후 6개월 시 그 재생 정도가 종종 부족한 것으로 조사되었다.

골 터널 내의 이식물의 길이가 길수록 그리고 그 고정인 전 고할수록 이식물의 치유에 좋은 영향을 줄 것이라는 통념이 있으나, 이에 대한 구체적인 기초 연구는 부족한 현실이다. Greis 등<sup>4)</sup>은 개의 관절 외 모델을 이용한 연구에서 터널 내

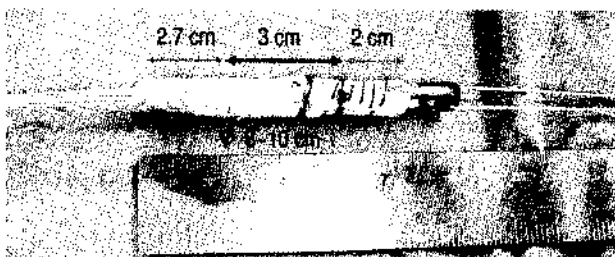


Fig. 3. This shows the 4-strand semitendinosus tendon graft with PINN-ACL CrossPin® system.

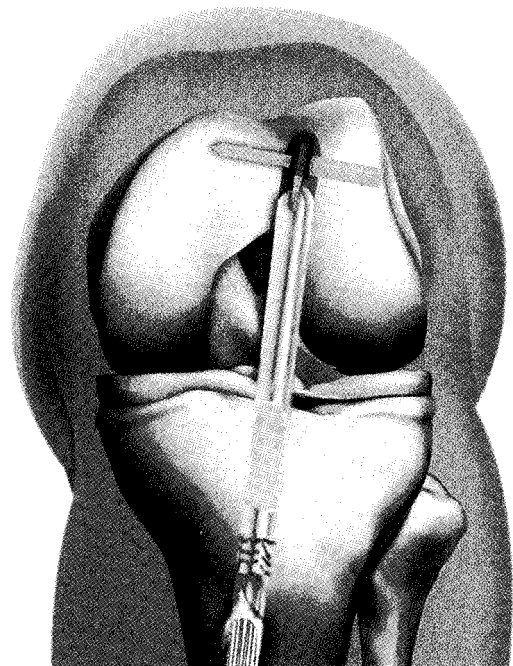


Fig. 4. ACL reconstruction with single bundle technique with fixation of femoral tunnel by PINN-ACL CrossPin® system and tibial side by post-tie with screw washer was done.

## 결론

건의 길이가 길어질수록 술 후 6주째 그 인장강도가 더 증가하는 것으로 보고하였다. 그러나 Yamazaki 등<sup>9)</sup>은 관절 내 모델을 이용하여 5 mm와 15 mm 길이의 경골 내 이식물 차이를 비교한 연구에서 6주째 두군 간의 조직학적 그리고 생역학적 성질에는 차이가 없는 것으로 조사되어 골 터널내의 과도한 길이의 건 이식은 전방십자인대 재건술에 있어 이식물의 고정력과 강도에 어떠한 추가적인 증가도 주지 못 한다고 하였다. Zantop 등<sup>10)</sup>은 염소를 대상으로 전방십자인대 재건술을 시행하여 슬관절 내에서의 터널-이식 길이의 영향에 관한 보고를 하였는데, 대퇴골 터널 내 짧은 이식 길이(15 mm)가 슬관절의 운동학적 그리고 구조적 성질에 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 조사되었다.

반건양건만을 이용하여 전방십자인대 재건을 위한 4가닥의 이식건을 만드는 것이 가능한가? 전방십자인대 재건을 위한 4가닥 슬관절의 최소 길이는 7 cm이다(대퇴골 터널 내 2 cm, 관절내 부분이 3 cm, 경골 터널 내 2 cm). 따라서 4가닥의 건 이식물을 위해서는 최소 28 cm의 슬관절을 필요로 하게 된다. 보통 10 cm 길이의 4가닥 반건양건과 박건 이식물을 만들기 위해서는 20 cm의 반건양건과 박건을 필요로 하고, 채취된 여분의 5~12 cm 길이의 건은 절단하여 버리게 된다. 따라서 28 cm 이상의 반건양건을 얻을 수 있다면 전방십자인대 재건을 위한 단일 4가닥 반건양건을 만들 수 있다. 채취된 슬관절에서 보통 반건양건은 25~32 cm 길이와 5~7 mm의 2가닥 직경, 그리고 박건은 23~25 cm 길이와 4~5 mm의 2가닥 직경을 가지고 있고, 반건양건과 박건을 합한 4가닥의 직경은 7~8 mm 정도가 된다. 하지만 반건양건에 부착된 2 cm 이상의 골막을 부가적으로 얻을 수 있었기 때문에, 본 연구에서 28 cm 이상의 반건양건을 채취할 확률은 94.5%로 조사되었다. 단일 4가닥 반건양건의 평균 직경은 8.4 mm로 반건양건과 박건 모두를 사용한 4가닥 이식건 7.9 mm 보다 더 두꺼웠다.

반건양건에 부착된 골막을 이용하는 것에는 여러가지 이점이 있다. 여분의 건 2 cm를 확보할 수 있으며, 골막으로 인한 골-건 치유의 개선 및 더 굵은 4가닥 슬관절 확보를 기대할 수 있다<sup>2,3,9)</sup>. 반건양건 단일 4가닥을 이용함으로써, 슬관절 굴곡 시의 굴곡력의 보존을 기대할 수 있으나<sup>6,12)</sup>, 전통적인 반건양건과 박건을 모두 이용한 방법에 비하여 경골 측 고정이 다소 약해진다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 술식에서는 재활 프로그램을 2주 정도 연기하였으며, 골 확공 시 채집된 골조직을 이용하여 인대 재건 후 남은 경골 터널에 이식하였다.

본 연구에서는 반건양건과 박건을 이용한 전방십자인대 재건술과 반건양건을 이용한 전방십자인대 재건술 간의 슬관절 굴곡과 경골의 내회전력을 직접적으로 비교하지 못한 단점이 있으나, 이전에 시행된 연구<sup>1,6,7,11)</sup>로부터 이를 추정할 수 있었다.

4가닥 단일 자가 반건양건을 이용한 전방십자인대 재건술은 좋은 임상적 결과를 얻었으며, 더 적은 공여부의 이환을 보여 줄 것으로 기대 된다.

## REFERENCES

- 1) Barrett GR, Noojin FK, Hartzog CW, Nash CR: Reconstruction of the anterior cruciate ligament in females: A comparison of hamstring versus patellar tendon autograft. *Arthroscopy*, 18(1): 46-54, 2002.
- 2) Chen CH, Chen WJ, Shih CH, Yang CY, Liu SJ, Lin PY: Enveloping the tendon graft with periosteum to enhance tendon-bone healing in a bone tunnel: A biomechanical and histologic study in rabbits. *Arthroscopy*, 19(3): 290-296, 2003.
- 3) Coombs R, Cochrane T: Knee flexor strength following anterior cruciate ligament reconstruction with the semitendinosus and gracilis tendons. *Int J Sports Med*, 22(8): 618-622, 2001.
- 4) Greis PE, Burks RT, Bachus K, Luker MG: The influence of tendon length and fit on the strength of a tendon-bone tunnel complex. A biomechanical and histologic study in the dog. *Am J Sports Med*, 29(4): 493-497, 2001.
- 5) Kyung HS, Kim SY, Oh CW, Kim SJ: Tendon-to-bone tunnel healing in a rabbit model: the effect of periosteum augmentation at the tendon-to-bone interface. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 11(1): 9-15, 2003.
- 6) Lewis PB, Parameswaran AD, Rue JP, Bach BR Jr: Systematic review of single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction outcomes: a baseline assessment for consideration of double-bundle techniques. *Am J Sports Med*, 36(10): 2028-2036, 2008.
- 7) Meredith RB, Vance KJ, Appleby D, Lubowitz JH: Outcome of single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. *Am J Sports Med*, 36(7): 1414-1421, 2008.
- 8) Nakamura N, Horibe S, Sasaki S et al.: Evaluation of active knee flexion and hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Arthroscopy*, 18(6): 598-602, 2002.
- 9) Ohtera K, Yamada Y, Aoki M, Sasaki T, Yamakoshi K: Effects of periosteum wrapped around tendon in a bone tunnel: A biomechanical and histological study in rabbits. *Crit Rev Biomed Eng*, 28(1-2): 115-118, 2000.
- 10) Shelbourne KD, Nitz P: Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 18(3): 292-299, 1990.
- 11) Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE,

- Dittus RS, Harrell FE Jr:** Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med*, 32(8): 1986-1995, 2004.
- 12) **Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, Hikita A, Fukui N:** Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. A detailed evaluation with comparison of single- and double-tendon harvest. *Am J Sports Med*, 31(4): 522-529, 2003.
- 13) **Williams GN, Snyder-Mackler L, Barrance PJ, Axe MJ, Buchanan TS:** Muscle and tendon morphology after reconstruction of the anterior cruciate ligament with autologous semitendinosus-gracilis graft. *J Bone Joint Surg Am*, 86-A(9): 1936-1946, 2004.
- 14) **Yamazaki S, Yasuda K, Tomita F, Minami A, Tohyama H:** The effect of intraosseous graft length on tendon-bone healing in anterior cruciate ligament reconstruction using flexor tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14(11): 1086-1093, 2006.
- 15) **Zantop T, Ferretti M, Bell KM, Brucker PU, Gilbertson L, Fu FH:** Effect of tunnel-graft length on the biomechanics of anterior cruciate ligament-reconstructed knees: intra-articular study in a goat model. *Am J Sports Med*, 36(11): 2158-2166, 2008.

**초 록**

**목적:** 반건양건과 박건을 모두 채취함으로써 야기되는 공여부 이환을 줄이기 위하여 반건양건 단일 4가닥 건을 이용한 전방십자인대 재건술을 시행하여 결과를 보고한다.

**대상 및 방법:** 반건양건 단일 4가닥 건을 사용한 전방십자인대 재건술을 37명의 환자에게 시행하였다. 평균 나이는 28.6세였고, 남자 34명, 여자 3명이었다. 수상으로부터 수술까지의 기간은 5.4개월이었다. 동반 손상은 반월상 연골 손상 10예, 내측부인대 손상 3예, 골연골 손상 1예 있었다. 평균 추시는 16개월(12~18개월)이었고, 임상 평가는 관절 운동범위, Lachman 검사, pivot-shift 검사, Lysholm 점수, KT-2000 슬관절계를 이용하였다.

**결과:** 37명 모두 평균 150도로 정상측과 같은 슬관절 운동범위를 보였으며, 35예에서 Lachman 검사 및 pivot-shift 검사 상 음성이었다. Lysholm 점수는 84점에서 92점으로 개선되었다. 비협조적인 재활로 인하여 2예에서 슬관절의 이완이 남았으며, KT-2000 슬관절계를 이용하여 건축과 비교 측정한 평균 슬관절 전방 전위는 술 전 6.7 mm에서 최종 추시 시 2.1 mm로 개선되었다.

**결론:** 반건양건 단일 4가닥 건을 이용한 전방십자인대 재건술은 만족할 만한 임상적 결과를 보여 주었다.

**색인 단어:** 반건양건, 전방십자인대 재건술