

아킬레스 동종건을 이용한 전방십자인대 재건술에서 잔류조직 보존술과 비보존술의 고유수용감각 비교 및 보행운동형태 분석

초당대학교 간호학과교실¹, 중앙대학교 체육과학대학², 원광대학교 의과대학 정형외과학교실³, 원광의과학연구소⁴

김광미¹ · 한정규² · 이 영³ · 전철홍^{3,4}

Proprioceptive and Knee Joint Kinematics for Comparison of Remnant Preserved versus Non-remnant Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Achilles Allograft

Kwang Mee Kim, PhD¹, Joung Kyue Han, PhD², Young Yi, MD³, Churl Hong Chun, MD^{3,4}

¹Department of Nursing, Chodang University, Muan, ²Department of Sports Science, Chung-Ang University, Anseong,

³Department of Orthopaedic Surgery, Wonkwang University School of Medicine, Iksan,

⁴Institute of Wonkwang Medical Science, Iksan, Korea

The purpose of remnant preserving technique in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is to preserve mechanoreceptor and accelerate revascularization. In this study, we compared a group who underwent remnant preserving technique using Achilles tendon allograft with the other group of conventional ACL reconstruction in terms of proprioception, kinematic analysis, knee strength test and dynamic postural stability. Twenty-four patients were followed up for longer than 12 months after ACL reconstruction. They were separated into two groups; remnant preserving group (n=12) and non-remnant group (n=12). Proprioception test was conducted through joint position sense (JPS) and threshold to detection of passive motion. The remnant preserving group showed significantly less difference from the normal side than the non-remnant group. In kinematic analysis, there was statistically significant difference in peak flexion angle during the swing phase. However the 60° JPS, knee strength test, performance capacity test and dynamic postural stability did not showed the significant difference. Remnant preserving technique of ACL reconstruction was meaningful in preserving proprioception and the result showed akin to the unaffected gait.

Key Words: Anterior cruciate ligament, Remnant preserving technique, Proprioception

Received: April 23, 2012 Revised: August 7, 2012 Accepted: August 9, 2012

Correspondence: Churl Hong Chun

Department of Orthopaedic Surgery, Wonkwang University School of Medicine, 859 Muwang-ro, Iksan 570-711, Korea

Tel: +82-63-850-1254, Fax: +82-63-852-9329, E-mail: cch@wonkwang.ac.kr

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

전방십자인대는 슬관절의 안정성 유지 및 정상 운동에 관여하며 고유수용감각 기능에도 기여하는 것으로 알려져 있으며, 파열 시 슬관절의 안정성과 고유수용감각 기능의 회복이 임상적 결과에 영향을 미친다고 하였다^{1,3)}. 이에 잔류조직을 보존한 전방십자인대 재건술은 기계적 감각 수용기의 기능을 보존하며 재혈관화를 촉진하는 점에서 시도되고 있다^{4,5)}.

Lee 등⁶⁾은 동종 후경골건 혹은 자가 슬괵건을 이용한 전방십자인대 재건술에서 고유조직을 보호하여 좋은 임상적 결과를 발표하였고, Jeong 등⁷⁾은 동종 아킬레스건(Achilles allograft)을 이용한 전방십자인대 재건술에서 파열된 인대의 잔류조직을 보존하는 방법으로 좋은 임상 결과를 발표하였다. Adachi 등⁸⁾은 자가 슬괵건 혹은 동종건을 이용하여 전방십자인대 보강술 및 재건술을 시행한 환자를 비교한 결과 기계적 감각 수용기의 기능을 보존할 수 있는 전방십자인대 보강술을 실시한 군에서 재건술을 시행한 군에 비해 안정성 및 관절 위치감각 등에서 좋은 결과를 발표하였다.

본 연구에서는 아킬레스 동종건을 이용한 잔류조직 보존술을 시행한 군과 비보존술을 시행한 군으로 나누어 고유수용감각기능과 보행 분석 및 근력, 기능수행능력 및 동적자세유지 균형 검사 등을 시행하였으며 이에 따른 차이를 비교하고자 하였다.

연구 방법

1. 대상과 방법

2008년 1월부터 2010년 12월 사이 아킬레스 동종건을 사용하여 전방십자인대 재건술을 받은 남자 환자를 대상으로 하였다. 이 중 수상 후 3주 이내의 환자, 동반 손상을 가지고 있지 않은 환자에서 잔류조직 보존술을 시행한 12명 및 비보존술을 시행한 군 시행한 12명, 총 24명을 기준 없이 선별하여 임상적 결과를 평가하였다. 피험자들은 모두 저자들이 지시한 재활 프로그램에 순응한 환자였으며, 두 그룹으로 잔류조직을 보존하여 재건술을 시행한 실험군(remnant group, group I)과 잔류조직을 완전히 제거하고 재건술을 시행한 대조군(non-remnant group, group II)으로 나누었다(Table 1). 관절경 소견상 절반 이상의 충분한 전방십자인대의 경골부 잔류조직이 있는 경우 잔류조직을 보존하여 재건술을 시행하였으며

Table 1. Characteristics of study subjects

	Group I	Group II	p-value
Age (y)	28.2	30.3	0.728
Sex	Male only	Male only	
Height (cm)	168.7	170.2	0.682
Weight (kg)	69.3	70.5	0.543

Group I: remnant preserving group, Group II: non-remnant group.

그렇지 않은 경우는 잔류조직을 완전히 제거하고 재건술을 시행하였다. 많은 급성 전방십자인대 파열에서 절반 정도에서 전방십자인대 근위부 절반 이내에서 일어나게 되어 재건술시 충분한 길이를 보이게 되는데 본 연구에서도 잔류조직 보존술을 시행한 군에서는 절반이상의 충분한 전방십자인대의 경골부 잔류조직이 있었다.

Group I (n=12)는 평균나이는 28.2세였으며, 이들은 수상 후 수술까지 2일에서 3주(평균 12.5일)가 소요되었다. Group II (n=12)는 평균나이는 30.3세였으며, 수상 후 수술까지 5일에서 3주(평균, 14.2일)가 소요되었다. 수상 기전은 스포츠와 관련된 외상이 19예(축구 12, 농구 5, 스키 2)였고 교통사고 4예, 낙상 1예였다. 전방십자인대 재건술 후 완전한 기능 회복 후 검사를 위해 약 1년에서 1년 6개월 되는 시점에서 두 군의 슬관절 신전근력, 굴곡근력, 관절 위치감각과 동적 자세유지 균형능력, 기능 수행능력 및 보행분석 등의 기능적 차이를 비교하였고, 관절 위치감각능력과 동적 자세유지 균형능력은 구심성 신경로의 반응을 얻기 위하여 정상측의 결과치와 환측의 결과치의 차이값을 구하였다.

2. 수술 기법

모든 수술은 동일 시술자에 의해 이루어졌으며, 척추마취하에서 수술 전 이학적 검사를 시행하고 관절경으로 관절 내 병변과 전방십자인대의 파열 양상을 확인하였다. 동종 이식건은 대퇴 터널에 삽입할 골편은 길이 25 mm, 직경 10 mm로 준비하였다. 전방십자인대 일부 다발이 보존된 경우나 파열단의 길이가 충분히 남아있는 경우는 경골 부에 남은 조직의 전방부와 후방십자인대와 연결되어 있는 활액막에 손상이 없도록 하였다(Fig. 1A). 경골유도장치(Arthrex, Naples, FL, USA) 유도침(guide tip)이 등장점(isometric point)에 위치할 수 있도록 탐침을 이용하여 남아있는 전방십자인대의 경골 부착부를 유리시킨 후 전내측 입구로 수술용 칼날을 집어넣어 유도핀 삽입 시 경골 고평면에서 보일 수 있도록 하기 위해 전방십자인대 경골 부착 부에 세로로 절개선을 가하였다.

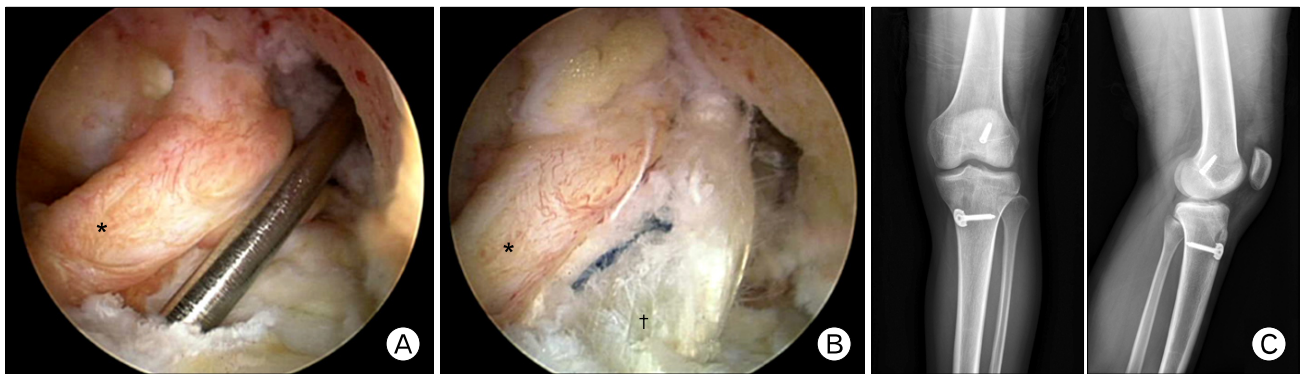


Fig. 1. Remnant preserving technique. (A) Femoral tunnel was positioned at the proximal part of bifurcate ridge preserving the remnant of anterior cruciate ligament (ACL). (B) Allograft was passed through beside the remnant of ACL. (C) Postoperative radiographs. *Remnant of ACL; †Achilles thedon allograft.

경골 드릴유도기(drill guide)를 50° 각도로 고정한 후 유도침을 정상 전내측 다발의 경골 부착부에 위치시킨 다음 유도강선(guide wire)을 삽입하였다. 유관확공기는 이식건의 직경보다 1 mm 작은 직경부터 시작하여 이식건과 같은 직경의 터널을 만들었다. 경골 관절면의 피질골이 감지 되면 조심스럽게 진행하여 활액막과 잔류조직이 손상되지 않도록 주의하였다. 대퇴 터널 역시 전방십자인대 잔류조직이 손상되지 않게 주의하였다.

경골 터널을 통하여 대퇴유도장치(femoral drill guide)를 과간절흔 후방경계(over the top)의 11시(우측) 혹은 1시(좌측) 방향으로 삽입시킨 후(Fig. 1A), 확공기를 이용하여 대퇴골에 직경 10 mm의 터널을 뚫고 동종 이식 아킬레스건을 통과시켰다. 그 후 간섭나사(interference screw)를 대퇴골에 고정하고(Fig. 1B), 경골측은 생체 흡수성 나사못(bioabsorbable screw)과 금속 나사못 및 스파이크 와셔(spiked washer)를 이용하여 고정하였다(Fig. 1C).

3. 수술 후 재활

수술 후 재활은 Shelbourne과 Nitz⁹⁾가 제시한 전방 십자인대 재건술 후 가속재활 프로그램에 따라 수술 후 2일째부터 대퇴 사두근 강화 운동을 지속적으로 시키면서 슬관절 보조기 및 목발하 부분 체중 부하를 허용하였다. 관절운동은 보조기 착용 하에 2주째까지 0°-90° 범위에서 굴곡운동 및 신전운동을 시행하였으며, 2주 후에는 0°-120°로 4-6주 후에는 완전굴곡을 시행하였다. 4주 후에는 목발 없이 완전 체중 부하를 허용하였고, 6개월 후부터 자전거 타기, 조깅 순으로 운동을 시행하였으며 외상전의 운동을 부분적으로 허용하였다(Table 2). 환자에 따라 부종이나 통증이 심한 경우에는 이에 따라 적합한 운동을 할 수 있도록 프로그램을 다시 구성하였다.

Table 2. Anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation protocol

Postoperative period	Rehabilitational goals
0-2 wk	Full knee extension ROM 90° knee flexion ROM Partial weight-bearing 50% to 75% with crutches Quadriceps strengthening
2-4 wk	Progress ROM to 120° by 4 wk Full weight-bearing without crutches
4-6 wk	Progress to full ROM by 6 wk Begin isokinetic hamstring work at 6 wk Progress closed chain exercises
8-10 wk	Progress isokinetic work Slow-form running
12-14 wk	Initiate jogging program Initiate light polymetric program
16-18 wk	Isokinetic strength test Agility training and sport-specific training
5-6 mo	Return to sports determined by physician

ROM: range of motion.

4. 평가

1) 슬관절 근력 평가(Knee strength test)

근력측정은 등속성 운동기구인 Primus-RS, BTE를 사용하여 슬관절의 신전근과 굴곡근의 최대우력을 측정하여 평가하였다. 등속성 검사에서의 각속도는 60°/s에서 5회, 180°/s에서 10회 반복 측정하여 평균치의 값을 사용하였다. 모든 검사에 앞서 각각 3회의 연습을 실시하여 피험자들에게 검사에 대한 적응성을 향상시켰고, 일률적으로 신전근 근력을 측정한 후 굴곡근 근력을 검사하였으며, 각 속도 측정 간 휴식 시간은 1분으로 하였다. 의자에 앉아 등을 기댄 상태로 고정하였으며

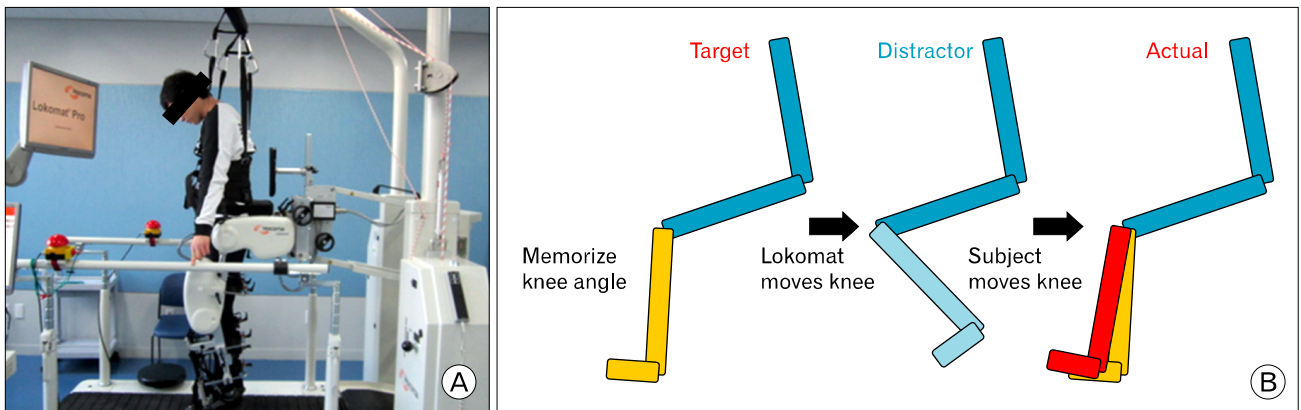


Fig. 2. The method of measured joint position sense. (A) Put on Lokomat (Hocoma AG). (B) Flow diagram for the measured joint position sense. The subject is placed into the target angle by the Lokomat and is asked to memorize the angle. After being moved away from the target, the subject move the leg back to the target angle.

검사 중의 최대 우력 측정을 위해 일정한 톤으로 구령을 붙여주어 자연스러운 검사가 되도록 하였다.

2) 고유 수용감각 검사

(1) **관절 위치감각 검사:** 외골격(exoskeletal)장비인 Lokomat (Hocoma AG, Volketswil, Switzerland)를 통하여 관절위치감각 검사(joint position sense, JPS)를 시행하였다. 피험자를 기립상태로 자켓을 이용하여 공중에 매달아 중력을 제거하였고, 위치에 따른 다리 무게의 변화를 느끼지 못하도록 상체와 골반 및 대퇴부와 발목의 내측과골 직상방 부위를 각각 외골격을 이용하여 고정 한 후 근력 보조를 통하여 최소의 근력으로 슬관절을 능동운동 하도록 하였다. 눈을 가린 상태에서 고관절이 90° 굴곡되도록 하고, 정해진 각도에 10초간 유지시켜 슬관절의 위치를 인식하도록 하였다. 이후 다시 피험자의 다리를 90° 굴곡되도록 하여 편안한 상태로 10초간 유지시킨 이후 피험자 스스로 인식시켰던 각도의 위치를 찾아가도록 하였다 (Fig. 2). 측정은 제시된 각도와 실제로 구현한 각도와의 오차를 15°, 45°, 60°에서 각각 3회씩 반복 측정하였으며 평균치의 값을 사용하였으며 중간단계에서 학습효과를 줄이기 위하여 5분간 단순 보행을 시행하였다.

(2) **수동 운동역치 검사:** 수동 운동역치 검사(threshold to detection of passive motion, TDPM)는 Primus-RS, BTE를 이용하였다(Fig. 3). Passive motion을 이용하여 45° 각도에서 슬관절을 고정시켜 놓고, 0.0033°/s의 가장 느린 속도로 서서히 슬관절이 펴지도록 할 때, 피험자가 슬관절의 움직임을 인식하는 순간 피험자 스스로 정지 버튼을 누르게 되며, 시작한 각도인 45°에서 벗어난 각도를 측정하게 된다. 피험자가 눈을 가린 상태로 진행하였으며 2번의 연습을 거친 후 3회 반복 측정하여 평균치



Fig. 3. Primus-RS, BTE. Physical therapy equipment for multi-joint testing, orthopedic rehab, neuromuscular re-education, and advanced musculoskeletal athletic training of the upper & lower extremities and the core.

의 값을 사용하였다.

3) 자세 유지 균형 능력 평가

자세 유지 균형 능력(dynamic postural stability)은 Biodex Stability System (BSS, Biodex Medical Systems Inc., New York, USA)을 이용하였다(Fig. 4). BSS의 발판(platform)의 움직임은 8단계로 구분되며 가장 안정적인 단계인 8단계에서 시작하여 가장 불안정한 단계인 1단계로 서서히 진행되도록 하였다. 발판은 모든 방향으로 최대 20°까지 움직이도록 되어있다. 먼저 건측의 한 다리로 선 자세에서 양손은 양측 허리에 가볍게 위치하게 하였으며 30초간 균형을 유지하게 하여 측정하였다. 건측의 검사를 마친 후 3분의 휴식 후 환측을 동일한 방법으로 측정하였다. 측정은 30초간 발판으로 전달된 신체 압력 중심(center of pressure)의 이동에 따라 전-후방, 내-외측의 안정성

수치(stability indexes)를 측정하여 건측과 환측의 차이를 백분율로 분석하여 사용하였다. 환측의 불안정성이 심할수록 측정된 백분율 차가 커지게 된다.

4) 기능 수행 검사

(1) 카리오카 검사(Carioca test): 대상자에게 발을 엇갈리게(cross-over step)하여 옆으로 뛰게 하였다. 처음에는 왼쪽에서 오른쪽으로 12 m (40 feet)를 뛰게하고 그 다음에 오른쪽에서 왼쪽으로 다시 되돌아오게 하여 최단 시간을 측정하였다.

(2) 왕복달리기 검사(Shuttle run test): 대상자에게 6.1 m (20 feet) 거리를 2번 왕복하여 달리게 한 후 소요되는 최단 시간을 측정하였다.

(3) 외발 멀리뛰기 검사: 평평한 바닥에서 한쪽 다리로 힘껏 앞으로 뛰도록 하여 그 거리를 측정하였다. 한번 뛰기(single hop test)를 실시하였으며, 양쪽 다리 각각 3번씩 실시하여 가장 멀리 뛴 거리를 채택하였다.

5) 운동형상학 분석(Kinematics analysis)

보행 분석은 Lokomat Hocoma의 supported treadmill mode에서 시행하였다. 이 기기는 로보트하지 외골격 장치로(robotic lower extremity exoskeleton) 외골격 구조 안에 위치한 전동기에 의하여 근력 보조가 가능하며, 외고정 장치 안에는 관절 유니트가 존재하며 이 안에 위치측정계(potentiometer)는 관절각을

측정하게 되어있다. 각각의 좌우 고관절의 외과 외측, 양측 허벅지, 양측 종아리를 외고정 장치에 고정을 하였으며, 각각의 관절에 외골격의 관절 유니트가 위치하도록 하였다. 또한 상체에 벨트를 이용하여 고정하고 체중지지시스템을 이용하여 부하를 줄인 상태에서 땅 위에 서있게 된다. 보행 시 각각의 위치 측정계에서 얻어지는 결과가 motion analysis custom software를 통하여 3차원 영상으로 분석되며, 운동형상학적 변화를 검사한다. 이를 통하여 슬관절 내외반 각을 제외한 굴곡 신전각을 얻을 수 있으나, 외골격으로 인하여 내외반은 제한되도록 되어있다.

피험자는 이런 장치를 착용한 상태에서 10 m의 거리를 대상자가 스스로 편안한 속도로 걷게 하였으며 매 측정마다 3회 이상 반복 보행 후 자연스러운 보행 양상을 택하여 기록하였고, 한 사람당 총 5회의 보행 검사를 시행한 후 입각기, 말기 입각기, 유각기의 슬관절의 각도를 측정하였고 평균치의 값을 사용하였다.

5. 통계

본 연구의 측정자료들의 통계는 SPSS ver. 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 시행하였다. Independent t-test를 이용하여 두 집단을 비교 분석하였으며 통계학적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1. 등속성 근력평가 결과

보존술을 시행한 군(group I)의 신전근력(extensor muscle strength)의 측정결과 60°/s와 180°/s의 각속도(angular velocity)에서 두 그룹 간의 60°/s와 180°/s에서의 신전근력은 유의한 차이는 없었다(각각, $p > 0.05$). 또한 굴곡근력(flexor muscle strength)의 측정결과 60°/s와 180°/s의 각속도(angular velocity)



Fig. 4. Biodex Stability System (BSS, Biodex Medical Systems Inc.) Consists of a movable balance platform that provides up to 20° of surface tilt in a 360° range of motion. The platform is interfaced with computer software that enables the device to serve as an objective assessment of balance.

Table 3. Isokinetic strengthening

Knee strength	Group I (N/m)	Group II (N/m)	p-value
Extension 60°/s	115.4±20.8	113.3±19.0	0.530
Extension 180°/s	89.1±16.7	85.6±15.3	0.332
Flexion 60°/s	82.1±20.5	82.2±17.9	0.839
Flexion 180°/s	65.6±16.2	66.5±9.18	0.476

Group I: preservation of remnant group, Group II: no preservation group.

에서 굴곡 근력에서도 두 그룹 간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(각각, $p > 0.05$) (Table 3).

2. 고유수용감각 검사 결과

JPS검사는 15° , 45° , 60° 각도에서 group I, II 모두 정상측에 대하여 유의하게 증가되어 있었다($p < 0.05$). 두 군 간의 비교는 JPS에서 얻어진 각을 직접 비교하지 않고, 정상측과의 차이를 비교하였다. 그 결과 15° , 45° 에서 group I이 group II에 비하여 유의하게 정상측보다 차이가 적었다($p < 0.05$) (Table 4).

TDPM 검사 측정결과 45° 각도에서 group I이 group II에 비하여 유의하게 정상측보다 차이가 적었다($p < 0.05$) (Table 5). 역시 두 군 간의 비교는 TDPM에서 얻어진 각을 직접 비교하지 않고, 정상측과의 차이를 비교하였다.

3. 동적 자세유지 균형능력 검사

동적 자세유지 균형 검사에는 두 그룹 간에는 통계적 유의한 차이는($p > 0.05$) 보이지 않았다(Table 6).

4. 기능 수행능력 검사 결과

카리오카 검사는 group I이 group II보다 유의하게 짧은 결과를 보였으나($p < 0.05$), 왕복달리기 검사, 외발 멀리뛰기 검사에서는 두 군 간의 유의한 차이는 관찰되지 않았다($p > 0.05$) (Table 7).

5. 운동형상학 분석 결과

보행분석에서 유각기 최대 굴곡각에서 두 군 간의 유의한 수준의 차이를 보였으나($p < 0.05$) 입각기 굴곡각이나 말기

Table 4. Joint position sense and threshold to detection of passive motion

Test angle ($^\circ$)	Non OP group*	Group I		Group II		p-value
		The operated knee	The opposite knee	The operated knee	The opposite knee	
15	$2.23^\circ \pm 1.22^\circ$	$2.74^\circ \pm 0.92^\circ$ $0.49^\circ \pm 0.66^\circ^\dagger$	$2.35^\circ \pm 1.17^\circ$	$3.08^\circ \pm 1.78^\circ$ $0.97^\circ \pm 0.72^\circ^\dagger$	$2.11^\circ \pm 1.27^\circ$	0.0262 [†]
45	$2.49^\circ \pm 0.97^\circ$	$2.96^\circ \pm 1.54^\circ$ $0.39^\circ \pm 1.38^\circ^\dagger$	$2.57^\circ \pm 0.95^\circ$	$3.23^\circ \pm 1.36^\circ$ $0.82^\circ \pm 1.47^\circ^\dagger$	$2.41^\circ \pm 0.99^\circ$	0.0243 [†]
60	$2.14^\circ \pm 1.16^\circ$	$2.68^\circ \pm 1.74^\circ$ $0.46^\circ \pm 0.72^\circ^\dagger$	$2.12^\circ \pm 1.13^\circ$	$2.72^\circ \pm 1.43^\circ$ $0.56^\circ \pm 0.78^\circ^\dagger$	$2.16^\circ \pm 1.19^\circ$	0.1722

Values are presented as mean \pm standard deviation.

Non OP: non operation, Group: remnant preserving group, Group II: non-remnant group.

*The opposite knee group that did not take surgery; [†]The difference between the operated groups and the opposite group;

[†] $p < 0.05$.

Table 5. Threshold to detection of passive motion

Test angle	Non OP group*	Group I		Group II		p-value
		The operated knee	The opposite knee	The operated knee	The opposite knee	
45°	$1.57^\circ \pm 0.5^\circ$	$2.38^\circ \pm 0.47^\circ$ $0.79^\circ \pm 0.46^\circ^\dagger$	$1.59^\circ \pm 0.57^\circ$	$3.31^\circ \pm 0.85^\circ$ $1.76^\circ \pm 0.72^\circ^\dagger$	$1.55^\circ \pm 0.43^\circ$	0.0113 [†]

Values are presented as mean \pm standard deviation.

Non OP: non operation, Group I: preservation of remnant group, Group II: no preservation group.

*Total opposite knee group that differences in surgical method is not; [†]The difference between the operated groups and the opposite knee group; [†] $p < 0.05$.

Table 6. Dynamic postural stability

	Group I	Group II	p-value
Dynamic postural stability (%)	25.32 ± 20.58	26.32 ± 20.82	0.183

Group I: remnant preserving group, Group II: non-remnant group.

$p < 0.05$.

Table 7. Clinical result of performance capacities of each subject

	Group I	Group II	p-value
Carioca (s)	9.18±2.07	10.56±2.61	0.0418*
Shuttle run (s)	8.34±1.53	8.48±1.96	0.667
Single Hop test (cm)	150.1±30.74	148.8±36.95	0.542

Group I: remnant preserving group, Group II: non-remnant group.

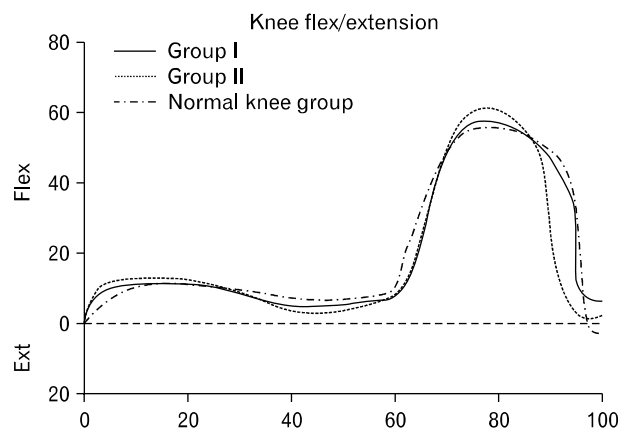
*p<0.05.

Table 8. Result of kinematic gait analysis

	Group I	Group II	p-value
Peak knee flexion in stance phase	11.46°±2.74°	11.65°±3.76°	0.883
Peak knee extension in late stance phase	7.78°±1.82°	7.33°±1.53°	0.645
Peak knee flexion in swing phase	56.34°±3.98°	60.75°±3.06°	0.028*

Group I: remnant preserving group Group II: non-remnant group.

*p<0.05.

**Fig. 5.** Knee kinematics at average of each group. Group I was similar to the normal kinematics of the knee joint.

입각기 신전각에서 유의한 차이는 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 8, Fig. 5).

고 찰

전방십자인대 파열 시 동종건의 사용은 일반적으로 재수술 또는 복합인대 손상의 경우 이용하였다^{10,11}. 그러나 전방십자인대 파열에서 동종 이식건의 사용은 점차 늘어가는 추세이며, 동종건을 사용한 전방십자인대 재건술의 경우 면역 반응을 유발할 수 있고 이식건 조작으로 인한 물리적인 약화 등의 단점이 있으나^{12,13}, 조직 확보가 용이하고, 수술시간이 단축되며, 피부 절개를 줄일 수 있고 공여부위의 손상이 없으며, 재수술을 시행하는 경우 이식조직 확보에 어려움이 없고, 빠른 재활이 가능하다는 장점이 있다^{10,11}. 특히 Peterson 등¹⁴이나

Linn 등¹⁰은 동결 아킬레스건을 이용한 전방십자인대 재건술이 자가 이식건을 이용한 재건술에 비하여 임상결과와 차이가 없다고 발표하였다. 저자들의 이전 연구에서도 동종 이식건을 사용한 전방십자인대 재건술은 자가건에 비하여 나쁘지 않은 결과를 보였다¹⁵.

한편 Schultz 등¹⁶이 1984년 처음으로 전방십자인대에서 기계적 수용체의 존재를 보고한 이후 감각기관으로 중요성이 커지고 있다. 고유수용감각은 특정한 감각 양식으로써 관절의 움직임과 관절의 위치감각에 반응하고 기능적인 관절 안정성에 기여한다⁵. 고유수용감각의 감각수용기는 기계적 수용체라 불리우며 피부나 근육, 건, 인대, 관절 강내에 존재하며, 관절내의 기계적인 부하를 구심성 신경자극으로 변환시키는 역할을 한다¹⁷. 더불어 이를 통한 이차적 안정성에도 관여한다고 알려져 있다¹⁸.

Lee 등⁶은 전방십자인대 잔류조직 보존술식을 이용하여 전방십자인대 재건술 시행 후 고유 수용 감각을 연구하여 잔류조직의 보존이 술 후 이식건의 치유와 기능 회복에 도움이 된다고 보고하였다. Ochi 등¹⁹은 전방십자인대 보강술로써 전방십자인대 잔류조직내의 신경 성분과 기계적 수용기를 보존하며, 혈류 공급과 이식 건으로의 신경 재치배에 긍정적인 영향 등 전방십자인대 보강술식의 장점을 강조하였다.

Fremerey 등²⁰은 고유수용감각의 회복 정도와 환자의 만족도 사이에 깊은 상관 관계가 있음을 보고하였고, 성공적인 전방십자인대 재건술을 위해서는 기계적 안정성의 회복 외에도 슬관절 고유수용감각의 기능의 회복이 성공적인 수술에 필요하다고 하였다^{4,6}.

최근 이러한 고유수용감각을 측정하기 위해 가장 자주 쓰이

는 기능적인 검사는 TDPM과 JPS, 기립 균형(standing balance) 등이 있다. TDPM은 관절각이 천천히 변화할 때 움직임의 변화에 반응하는 검사며, JPS는 목표각을 정해놓고 스스로 관절각을 재현하거나 움직이는 동안 목표각에 반응하는 검사다²¹⁾.

이에 JPS 검사는 간편하고 쉽고 빠르게 수행할 수 있다는 장점이 있어 많이 사용되고 있으나 그 신뢰도에 있어서는 논란이 되고 있다. 반면 TDPM은 JPS 검사에 비해 신뢰성이 있는 것으로 보고되지만 검사 방법이 어렵고, 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다.

JPS 검사의 신뢰도를 떨어뜨리는 요인으로는 우선 학습 효과를 꼽을 수 있으며 일단 환자가 검사 방법에 익숙해지면 다음 검사 때 이 방법에 쉽게 적응해서 결과가 향상되어 나타난다²²⁾. 다음으로, 보통 앉거나 옆으로 누워서 검사를 하기 때문에 중력의 작용으로 하퇴의 무게의 변화를 감지하거나 실제 기립 시 작용하는 기계적 수용체의 작용이 덜 반영된다는 점이 있으며²³⁾, 마지막으로 장비의 고정장치가 피부 표재감각에 작용하여 이 신경 회로의 feedback을 차단하기 어렵다는 것이다²⁴⁾.

이에 Domingo 등²⁵⁾은 외골격 로봇(Robotic Exoskeleton)장비인 Lokomat을 이용하여 하지의 JPS를 정량적으로 측정하였다. 저자들도 JPS의 신뢰도를 높이기 위하여 이 장비를 이용하였다. 그러나 장비의 고정장치가 피부 표재 감각에 작용하는 feedback을 차단하기는 어려웠으며 학습 효과에 대하여는 여전히 의문이 있다.

저자들의 연구에서 JPS와 TDPM은 잔류조직 보존술 및 비보존술 각 군에서 정상측과의 차이에 대하여 비교 분석하였는데, 이는 감각의 유입에서 반응까지의 원심성 및 구심성 신경회로에서 쓰이는 시간이 각각 다르기 때문에 정확한 고유 수용감각 결과를 비교하고자 하였기 때문이었다. 그 결과 15°, 45°의 JPS 및 TDPM에서 보존술을 시행한 군(group I)이 비보존술을 시행한 군(group II)에 비하여 유의하게 정상측과의 차이가 적었다. 또한 JPS와 TDPM 간의 유의한 상관 관계를 확인하였다($p < 0.05$).

반면, 근력에 대한 연구에서 Kim과 Park²⁶⁾은 슬관절의 신전 근력이나 굴곡근력에서는 큰 차이를 보이지 않았는데 수술 후 1년 정도의 시간이 흐르면 근력 회복하는 수준이 수술 방법에 의해서는 차이가 나지 않기 때문이라고 하였다. 저자들의 연구에서도 슬관절의 신전 근력과 굴곡 근력은 큰 차이가 관찰되지 않았다.

동적 자세유지 및 기능 수행에 관한 능력은 보통 스포츠

활동 시 주로 관절 불안감에 작용을 하는데, 이 중 운동기능은 하지와 체간의 근육들의 조화가 작용되는 과정이며, 감각 기능은 고유수용 감각을 포함한 체성 감각과 시각, 그리고 청각기관으로부터 수용된 다양한 감각들의 조직화 과정이다. 본 연구에서는 동적 자세유지 검사 및 카리오가 검사를 제외한 기능수행 검사(외발 멀리뛰기, 왕복달리기)에서 두 군 간의 유의한 차이는 발견되지 않았다.

한편 전방십자인대 결손 슬관절의 보행에 대한 연구는 여러 저자들에 의해 이루어졌는데, Berchuck 등²⁷⁾은 전방십자인대 결손 슬관절을 가진 환자 중 75%에서 대퇴 사두근 회피 보행(quadriceps avoidance gait)으로 보행 형태가 변화한다고 하였고, 입각기에 대퇴 사두근의 활동 부재로 인하여 140% 정도의 슬관절 운동감소를 보고하였다. 전방십자인대의 재건술 후에도 보행시 운동형상학(kinematics)의 변화가 있는데 Ernst 등²⁸⁾은 이를 대퇴사두근의 위축이나 슬관절 통증의 결과라고 하였다. 그러나 Timoney 등²⁹⁾은 정상군과 전방십자인대 재건술을 시행한 군을 비교하여 중간 입각기에 슬관절 굴곡 모멘트의 감소를 관찰하였으나 이전에 보고된 전방십자인대 결손 슬관절보다 차이가 적었으며 따라서 전방십자인대 재건술을 시행한 슬관절에서는 진정한 의미의 대퇴 사두근 회피 보행은 일어나지 않는다고 하였다. 본 연구에서도 건측에 비해 환측이 전반적으로 굴곡각도의 증가를 보이고 있었으나 보존술을 시행한 군(group I), 비보존술을 시행한 군(group II) 두 군 간의 입각기 굴곡각이나 말기 입각기 신전각에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 입각기 굴곡각과 말기 입각기 신전각은 슬관절 신전 근력이나 굴곡근력과 통계적으로 유의한 상관 관계를 보이고 있었다. 단 유각기 최대 굴곡각에서 두 군 간 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었으며, 이를 통해 고유 수용감각 보존에 따른 보행 시 운동형상학적 차이가 있으며, 잔류 보존술식을 사용한 경우 정상 보행에 가까운 보행을 보인다고 추론하였다.

본 논문의 제한점으로는 후향적 연구라는 점과 표본수가 작다는 점, 고유수용감각 검사 방법의 한계 및 검사 방법의 검증, 또한 외골격 장비로 시행되어 보행 분석이 굴곡과 신전으로 제한되어 있는 점 등을 지적할 수 있다. 그러나 고유수용감각 검사를 더욱 정량적으로 측정하려고 하였으며, 보행시의 운동형상학 및 근력 동적 자세유지 균형능력 및 기능 수행능력 간의 상호관계를 알아보려고 하였다.

동종건으로 잔류조직 보존술식을 시행한 전방십자인대 재건술이 고유수용감각을 보존하는데 의미가 있었으며 슬관절의 안정성 및 기능을 회복하는데 유용하였다. 동종건으로 잔류

조직 보존술식을 시행하는 방법은 재건술 후 상대적으로 우수한 결과를 기대할 수 있는 술식으로 생각되며 더 많은 증례로 장기간의 추시 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Bray RC, Dandy DJ. Meniscal lesions and chronic anterior cruciate ligament deficiency. Meniscal tears occurring before and after reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71:128-30.
2. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, et al. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001; 9:364-8.
3. Shino K, Inoue M, Horibe S, Nakata K, Maeda A, Ono K. Surface blood flow and histology of human anterior cruciate ligament allografts. *Arthroscopy* 1991;7:171-6.
4. Barrett DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73:833-7.
5. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2003;19:2-12.
6. Lee BI, Min KD, Yoon ES, Kim JB, Choi HS, Lee DH. Mechanoreceptors in the remnants of ruptured anterior cruciate ligaments in human knees. *J Korean Orthop Assoc* 2006;41:811-7.
7. Jeong HJ, Shin HK, Lee J, Choi K, Jeon B. Preserving remnant tissue in arthroscopic ACL reconstruction using achilles tendon allograft. *J Korean Knee Soc* 2010;22:215-21.
8. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ryoke K, Kuriwaka M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthop Scand* 2002;73:330-4.
9. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993;21:887-9.
10. Linn RM, Fischer DA, Smith JP, Burstein DB, Quick DC. Achilles tendon allograft reconstruction of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med* 1993;21:825-31.
11. Noyes FR, Barber-Westin SD. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with human allograft. Comparison of early and later results. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:524-37.
12. Jackson DW, Windler GE, Simon TM. Intraarticular reaction associated with the use of freeze-dried, ethylene oxide-sterilized bone-patella tendon-bone allografts in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1990;18:1-10.
13. Roberts TS, Drez D Jr, McCarthy W, Paine R. Anterior cruciate ligament reconstruction using freeze-dried, ethylene oxide-sterilized, bone-patellar tendon-bone allografts. Two year results in thirty-six patients. *Am J Sports Med* 1991; 19:35-41.
14. Peterson RK, Shelton WR, Bomboy AL. Allograft versus autograft patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction: A 5-year follow-up. *Arthroscopy* 2001;17:9-13.
15. Chun CH, Han HJ, Lee BC, Kim DC, Yang JH. Histologic findings of anterior cruciate ligament reconstruction with Achilles allograft. *Clin Orthop Relat Res* 2004;(421):273-6.
16. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:1072-6.
17. Miura K, Ishibashi Y, Tsuda E, Okamura Y, Otsuka H, Toh S. The effect of local and general fatigue on knee proprioception. *Arthroscopy* 2004;20:414-8.
18. Tsuda E, Okamura Y, Otsuka H, Komatsu T, Tokuya S. Direct evidence of the anterior cruciate ligament-hamstring reflex arc in humans. *Am J Sports Med* 2001;29:83-7.
19. Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, Adachi N, Sumen Y. The regeneration of sensory neurones in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81: 902-6.
20. Fremerey RW, Lobenhoffer P, Zeichen J, Skutek M, Bosch U, Tscherne H. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:801-6.
21. Corrigan JP, Cashman WF, Brady MP. Proprioception in the cruciate deficient knee. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74:247-50.
22. Oh SJ, Yang SJ, Ha JK, Seo JG, Choi JY, Kim JG. The effectiveness of joint position sense test in evaluating the proprioceptive function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Korean J Sports Med* 2011;29:83-8.
23. Refshauge KM, Chan R, Taylor JL, McCloskey DI. Detection of movements imposed on human hip, knee, ankle and toe joints. *J Physiol* 1995;488 (Pt 1):231-41.
24. Collins DF, Refshauge KM, Todd G, Gandevia SC. Cutaneous receptors contribute to kinesthesia at the index finger, elbow, and knee. *J Neurophysiol* 2005;94:1699-706.
25. Domingo A, Marriott E, de Grave RB, Lam T. Quantifying lower limb joint position sense using a robotic exoskeleton: a pilot study. *IEEE Int Conf Rehabil Robot* 2011;2011:5975455.

26. Kim DK, Park WH. Proprioceptive and strength comparison of remnant preserved versus conventional anterior cruciate ligament reconstruction. Korean J Sports Med 2011;99-104.
27. Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR, Reider B. Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg Am 1990;72:871-7.
28. Ernst GP, Saliba E, Diduch DR, Hurwitz SR, Ball DW. Lower extremity compensations following anterior cruciate ligament reconstruction. Phys Ther 2000;80:251-60.
29. Timoney JM, Inman WS, Quesada PM, et al. Return of normal gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 1993;21:887-9.