

전방십자인대 재 재건술 후 슬관절 근력의 비교: 전방십자인대 최초 재건술과의 비교

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 스포츠의학실

김 도 경 · 박 원 하

Knee Muscle Strength after Revision Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction: Comparison Primary ACL Reconstruction

Do Kyung Kim, Won Hah Park

Department of Sports Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

The purpose of this study was to assess the knee strength and anterior laxity in between primary and revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. It was a cross-sectional study; 28 patients who had undergone revision ACL reconstruction and the another 30 patients who had primary ACL reconstruction once were compared each other which they all had been operated during the same period of season with the same technique in the same hospital. The isokinetic equipment was used to measure the main outcome for knee strength, and KT-2000 arthrometer was used for measuring anterior drawer test in 12 months post-reconstruction surgery. In the anterior drawer test, we found out that there were significantly differences between primary and revision ACL reconstruction groups (1.5 ± 1.1 mm vs. 2.6 ± 1.5 mm, $p=0.001$). There was no significant difference in the deficits of knee extensor and flexor muscle strength between primary and revision ACL reconstruction. Revision reconstruction groups have more laxity in anterior drawer than primary reconstruction groups. After revision ACL, the deficits of knee extensor and knee flexor muscle strength have no significantly difference from primary ACL reconstruction.

Keywords: Anterior cruciate ligament reconstruction, Revision reconstruction, Muscle strength

서 론

다양한 스포츠 참여증가로 전방십자인대의 손상과 재건술 시행이 증가하고 있고, 이에 따라 전방십자인대 재건술 후의 실패의 빈도도 증가하고 재손상에 따른 재 재건술(revision reconstruction)의 비율도 늘어나고 있다. 재 재건술의 비율은 이식 전에 관계없이 3%~8.9%가 되는 것으로 알려져 있다^{1,2)}. 전방십자인대 재 재건술의 원인으로는 새로운 슬관절의 외상으로 인한 경우가 32%~70%³⁾, 수술적 술기의 잘못 및 이식물의 고정결함 등에 의한 것이 24%~63%이며⁴⁾, 드물게 감염에 의한 인대 파열 및 과도한 재활 치료 등이 원인이 되는 것으로

Received: April 12, 2016 Revised: May 14, 2016

Accepted: May 16, 2016

Correspondence: Won Hah Park

Department of Sports Medicine, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine, 81 Irwon-ro,
Gangnam-gu, Seoul 06351, Korea

Tel: +82-2-3410-3847, Fax: +82-2-3410-6687

E-mail: hrmax1@naver.com

Copyright ©2016 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

알려져 있다⁵⁾.

재 재건술은 새로운 대퇴 터널의 선정 및 고정 어려움, 골 이식의 필요성 등 술기상의 어려움이 있고, 이러한 이유에서 재 재건술 후의 슬관절의 기능 및 만족도는 떨어지는 것으로 알려져 있다⁴⁶⁾. 하지만 전방십자인대 재 재건술의 목적과 재활의 목표는 슬관절의 생체역학적 복원을 통해 수술 후 통증의 감소, 관절 가동범위 확보, 근력의 회복과 안정성 확보를 통해 슬관절의 기능을 회복시키는 것임에는 변함이 없다⁷⁾. 일반적으로 전방십자인대 손상 후 가장 주된 기능의 저하는 동적 불안정성과 대퇴근력의 약화이다. 전방십자인대 재건술 후의 대퇴근력의 결손율(deficits)을 측정하는 연구를 살펴보면 건측 대비 환측이 수술 후 6개월이 지나도 24%~40.5%의 차이를 보인다고 하였다⁸⁾. 이러한 이유에서 전방십자인대 재건술 후에는 슬관절의 근력 회복을 무엇보다도 중요시하기 때문에 등속성 장비를 이용한 근력의 평가와 연구는 상당히 많이 이루어져 있지만, 반면 재 재건술 후의 근력회복에 대한 연구는 부족한 실정이다. 이처럼 수술 후 근력의 저하는 슬관절의 불안정성을 증가시켜 재손상의 원인으로 작용할 수 있으며, 재 재건술 후에는 더욱 많은 슬관절 근력의 저하를 가져올 것을 예상할 수 있다. 하지만 재 재건술 후의 근력의 회복에 대한 연구는 환자의 부족 등으로 정확히 파악되지 않고 있는 실정이다.

이에 본 연구목적은 최초 전방십자인대 재건술을 시행한 환자군과 재 재건술을 시행한 환자에 있어 수술을 시행한 12개월 후의 인대 안정성과 슬관절 근력의 회복 정도를 비교 분석하기 위함이다.

연구 방법

1. 대상

2014년 1월부터 2015년 12월까지 전방십자인대 재 재건술을 시행한 남성 28명과 최초 전방십자인대 재건술(primary anterior cruciate ligament reconstruction)을 시행한 30명의 남성을 대상으로 비교하였다. 피험자 중 관절 운동 제한이 심하거나 중등도 이상의 관절염 소견이 있는 경우, 노령의 환자는 대상에서 제외하였다. 또한 반대측 슬관절에 손상이 있거나 동측 슬관절의 안정성에 영향을 줄 수 있는 후방십자인대와 내측 및 외측 측부인대 손상이 있는 환자는 제외하였다.

최초 전방십자인대 재건술은 자가 슬괁근(auto-hamstring tendon)을 사용하여 동일한 수술 방법으로 시행하였다. 또한,

재 재건술시에는 동종 전경골근(allo-tibialis anterior tendon)을 사용하여 시행한 환자를 대상으로 하였다. 최초 재건술시 자가 이식건을 사용한 피험자의 경우 수술에 대한 부담을 줄이기 위해 동종 이식건을 사용하였다. 전방십자인대 재건술 실패의 원인으로는 과격한 운동 및 사고에 의한 파열이 19예(67%)였고, 터널 부정위치 등 수술적 술기적 문제가 9예(33%)였다. 대상자의 비교를 위한 측정은 재건술 후 스포츠 활동이 가능한 수술 후 1년이 되는 동일한 시점에서 인대 전방전위 정도와 슬관절의 근력을 비교 분석하였다.

2. 인대 전방전위 검사

전방십자인대의 전방전위 정도를 정량적으로 평가하기 위해 KT-2000 관절계(Medmetric, San Diego, CA, USA)를 이용하였다. 일정한 15, 20, 30 lb 압력 및 최대도수부하(maximal manual displacement)로 경골을 잡아 당겨 전방십자인대의 전방전위를 측정하였다. 피험자를 눕히고 무릎을 30° 굽힌 상태로 관절계를 경골 전위부에 올려놓고 고정된 후 영점을 조절한다. 관절계의 손잡이를 잡고 15, 20, 30 lb의 일정한 압력 및 최대도수부하로 경골을 전방으로 전위시켜서 측정계기의 표기된 눈금을 읽어 전방전위 정도를 측정한다. 본 연구에서는 30 lb의 전방전위시의 건측에 대한 환측의 전방전위 차(side-to-side difference)를 지표로 사용하였다.

3. 등속성 근력 평가

대퇴근력측정은 등속성 운동기구인 Isokinetic Rehabilitation and Testing System (CSMI, Stoughton, MA, USA)을 사용하여 슬관절의 최대 근력을 측정하여 평가하였다. 모든 피험자는 근력평가 검사 전 10분간의 자전거 타기를 준비운동으로 시행하였으며, 등속성 검사 측정방법에 대해 사전 설명을 하였다. 등속성 검사 각속도는 60°/sec에서 4회, 180°/sec에서 20회 검사를 실시하였다. 모든 검사에 앞서 각각 3회의 연습을 실시하여 피험자들에게 검사에 대한 적응성을 향상시켜 최대의 근력을 측정할 수 있도록 하였다. 측정된 건측과 환측의 근력을 기초로 환측(injury)/건측(uninjury)×100으로 계산하여 결손율을 평가하였다. 결손율의 범위가 스포츠 복귀에 있어서 중요한 판단요인의 지표로 사용되고 있으며, 임상에서는 스포츠로의 완전한 복귀가능 결손율의 기준을 10% 이내로 정하고 있다⁹⁾.

4. 재건술 후의 재활

최초 전방십자인대 재건술 집단과 재 재건술을 시행한 집단 모두에게 있어 재활운동법을 교육하였다. 수술 첫 주에는 체중

부하가 되지 않도록 하고 등척성 운동과 점진적인 관절가동운동 방법을 교육하고 시행하였다. 4주까지 관절가동운동을 통해 90°까지 굴곡을 확보하도록 하였다. 또한 수술 후 6주, 3개월, 6개월, 12개월에 정형외과외래 방문 때마다 스포츠의학센터를 방문하여 시기 적절한 운동교육을 시행하였다. 수술 후 6주에 보조기(brace)를 제거하고 100% 체중부하를 허용하였으며, 관절가동범위를 120°에 도달하도록 하였다. 수술 후 6-12주 때에 근력 트레이닝을 Half squat, Leg press, Lunge 같은 닫힌사슬운동(close chain exercise)을 위주로 시작하여 점진적으로 강도와 시간을 증가 시키도록 교육하였다. 수술 후 3-6개월까지는 본격적인 근력운동의 무게를 증가시켜 근력과 Coordination 운동을 중점적으로 시행하였다. 수술 후 5-6개월에 가벼운 조깅과 가벼운 점프운동을 시작하였고, 6-9개월 사이에 비 접촉성 운동에 참여하도록 허용하였다.

5. 분석 방법

‘최초 전방십자인대 재건술’과 ‘전방십자인대 재 재건술’에 따른 전방전위 정도와 근력의 회복 정도를 비교하기 위해 independent t-test를 사용하였다. 또한 전방전위 정도와 슬관절 근력과의 연관성을 알아보기 위해 Spearman correlation analysis를 실시하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다 (SPSS ver. 14.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Table 1. Demographic characteristics of subject in primary ACLR and revision ACLR group

Parameter	Primary ACLR	Revision ACLR	p-value
Subject size	28	30	-
Age (yr)	28.4±7.1	30.3±6.5	0.559
Height (cm)	175.2±8.5	174.4±7.3	0.193
Weight (kg)	76.3±5.2	77.5±6.7	0.321

Values are presented as number or mean±standard deviation. ACLR: anterior cruciate ligament reconstruction.

Table 2. Isokinetic and anterior drawer test in primary and revision ACLR

Variable	Primary ACLR	Revision ACLR	p-value
Anterior drawer test (mm)	1.5±1.1	2.6±1.5*	0.001
Extensor 60°/sec deficits (%)	22.0±12.5	24.4±18.3	0.562
Extensor 180°/sec deficits (%)	16.9±11.9	22.29±15.2	0.146
Flexor 60°/sec deficits (%)	13.0±12.9	12.5±18.4	0.908
Flexor 180°/sec deficits (%)	10.7±17.7	11.1±18.8	0.931

Values are presented as mean±standard deviation.

ACLR: anterior cruciate ligament reconstruction.

* $p < 0.001$.

결 과

전방십자인대 최초 재건술을 시행한 30명과 재 재건술을 시행한 28명의 남성을 대상으로 측정한 결과 최초 재건술 그룹의 나이는 28.4±7.1세, 신장 175.2±8.5 cm, 체중 76.3±5.2 kg이었고 재 재건술 그룹은 30.3±6.5세, 신장 174.4±7.3 cm, 77.5±6.7 kg으로 두 집단 간 통계적인 유의한 차이는 없었다 (Table 1).

KT-2000을 이용한 30 lb에서의 전방전위 정도를 보면 재건술 후 최초 재건술 그룹은 1.5±1.1 mm, 재 재건술 그룹은 2.6±1.5 mm로 두 집단간 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (Table 2). 최초 재건술 그룹은 26예에서 3 mm 미만의 차이를, 4예에서 3-5 mm의 차이를 보였으며, 5 mm 이상의 차이를 보이는 것은 0건이었다. 반면 재 재건술 그룹에서는 14예에서 3 mm 미만의 차이를 13예에서 3-5 mm의 차이를 1예에서 5 mm 이상의 차이를 보이는 것으로 조사되었다(Table 3).

두 집단 간 대퇴신전근력의 결손율의 결과를 살펴보면 60°/sec에서 최초 재건술 그룹이 22.0%±12.5%, 재 재건술 그룹이 24.4%±18.3%의 차이를 보였고, 180°/sec에서는 각각 16.9%±11.9%, 22.29%±15.2%의 차이를 보였지만 두 각속도 모두 두 집단간의 통계적 차이는 보이지 않았다. 굴곡근력의 결손율의 결과를 살펴보면 60°/sec에서 최초 재건술 그룹이 13.0%±12.9%, 재 재건술 그룹에서 12.5%±18.4%의 차이를 보였고, 180°/sec에

Table 3. Result of anterior drawer test

Anterior drawer test (30 lb)	Primary ACLR (n=30)	Revision ACLR (n=28)
3 mm >	26 (86)	14 (50)
3-5 mm	4 (14)	13 (46)
5 mm <	0	1 (4)

Values are presented as number (%).

ACLR: anterior cruciate ligament reconstruction.

서는 $10.7\% \pm 17.7\%$, $11.1\% \pm 18.8\%$ 의 차이를 각각 보였지만 역시 두 집단 간 통계적으로 유의한 차이는 보이는 않았다(Table 2).

KT-2000 슬관절계를 이용하여 측정한 전방전위 정도와 슬관절 근력과의 상관성을 살펴본 바에 의하면 $60^\circ/\text{sec}$ 에서의 신전근력 결손율과는 $r=0.02$, $p=0.98$, 굴곡근력의 결손율과는 $r=0.13$, $p=0.31$ 로 나타났으며, $180^\circ/\text{sec}$ 의 각속도에 대한 전방전위 정도와 신전근력 결손율과의 상관성은 $r=-0.07$, $p=0.58$, 굴곡근력 결손율과는 $r=-0.03$, $p=0.82$ 로 나타나 전방전위 정도와 슬관절의 근력의 결손율과는 상관성이 없는 것으로 조사되었다.

고 찰

전방십자인대 재건술의 수가 매년 증가함에 따라 장기적으로 이식물의 충돌이나 재발성 슬관절 불안정성 그리고 이식물 실패 등의 원인으로 전방십자인대 재 재건술의 시행 빈도가 늘고 있다¹⁰⁾. 재 재건술의 시행 비율은 이식건에 관계없이 3%~8.9% 정도이며¹²⁾, 운동선수에서는 5%~10%에서 발생하는 것으로 알려져 있다¹¹⁾. 하지만 선행연구들은 수술적 기법과 이식물의 종류 및 슬관절의 안정성과 관련된 연구들이 대부분이며 근력의 변화나 슬관절 기능에 대한 연구는 부족한 실정이다¹²⁾. 이에 본 연구에서는 전방십자인대 재 재건술을 시행한 그룹과 최초 재건술을 시행한 그룹 간의 슬관절의 기능을 비교하기 위해 수술 후 1년 되는 시점에서 전방전위 정도와 슬관절 근력의 회복 정도를 비교해 보았고, 결과적으로 두 집단간에 전방전위의 차는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만 대퇴신전근력과 굴곡근력의 결손율은 차이를 보이지 않았다.

전방십자인대 재건술 시 사용되는 이상적인 이식건은 원래의 인대와 구조적, 생역학적으로 유사해야 하며, 안정된 고정력과 생체 접합 능력이 있어야 한다. 재건을 위한 이식건의 선택은 환자의 상태, 활동력 같은 여러 조건에 따라 선택 사용되고 있으며 아직도 이상적인 이식건에 대한 논쟁은 계속되고 있는 실정이다. 하지만 이식건의 전방전위 정도는 이식건의 이완(laxity) 현상의 원인으로 동종타가 이식건은 이론적으로 면역 반응을 유발할 수 있으며, 이식건 조작으로 인한 물리적인 약화, 수술 후에 상대적으로 느린 재형성 과정 등을 보인다고 하였다^{13,14)}. 자가 이식건과 타가 이식건의 임상적 결과를 비교한 Meta-analysis 연구에서 KT-1000을 사용하여 인대 이완도가 3 mm 이상의 차이를 보이는 비율을 조사한 결과를 보면 자가 이식건에서 14.9%, 타가 이식건에서 31.1%의 비율을 보여 타가 이식건에서 이완도가 큰 것을 알 수 있었다¹⁵⁾. 본

연구에서도 최초 재건술을 시행한 그룹은 자가 슬관절을 사용한 반면 재 재건술을 시행한 그룹은 동종 전경골근을 사용하였기에 이식건 차이의 영향으로 두 집단 간 이완도 차이를 보이는 것으로 생각한다. 뿐만 아니라 전방십자인대 재 재건술의 경우 수술 시 관절경하 이전 이식건을 완전히 제거하고, 골 부족분을 고려하여 가능한 이전의 대퇴골 및 경골의 터널 위치를 이용하지만, 터널의 위치가 비 해부학적인 위치에 있을 경우는 새로운 터널을 만들어 사용하게 되고, 이전의 터널과 새로운 터널 사이의 공간이 클 경우는 골이식을 이용하여 골결손 부분을 보충한다. 이러한 기존의 경골 및 대퇴 터널의 확장 및 골결손 등은 이식건의 견고한 고정이 어려운 경우도 발생할 수 있는 것으로 알려져 있기에 이러한 요인도 인대 이완도에 영향을 미치는 것으로 예상할 수 있다⁴⁾.

전방십자인대 재 재건술 후의 슬관절 근력의 회복을 평가한 연구들은 상대적으로 부족한 편인데 Woods 등¹⁶⁾의 연구에서는 동종 골-슬개건-골(bone-patellar-tendon-bone) 이식건을 사용하여 재 재건술 시행하고, 수술 30개월 후의 근력의 결손율을 평가한 결과 대퇴신전근력 16.5%, 굴곡근력이 4% 차이가 난다고 하였다. 일반적으로 대퇴신전근력의 경우 건측에 대한 환측의 결손율의 범위가 중요한 판단요인이고 지표로 스포츠로의 완전한 복귀 가능한 결손율의 기준을 10% 이내로 잡고 있다⁹⁾. 본 연구에서는 재 재건술을 시행한 그룹에서 $60^\circ/\text{sec}$ 각속도에서 대퇴신전근력과 굴곡근력의 결손율을 평가한 결과 각각 24.4%, 12.5%로 차이를 보였다. 하지만 Woods 등의 연구와 비교해보면 결손율의 차이를 보이는 이유는 본 연구는 수술 후 12개월 시 측정한 것과 달리 30개월차에 근력을 측정하여 회복의 시간이 더 길었기 때문인 것으로 생각한다. 실제로 전방십자인대 최초 재건술 후 근력을 평가한 선행 연구들을 살펴보면 대퇴신전 근력의 결손율이 1년 이후 10%~27%의 차이를 보이며, 수술 5년 후에는 대퇴신전근력의 결손율이 6%~10% 정도로 줄어드는 것을 알 수 있다^{17,18)}. 또한 2005년의 Grossman 등¹⁹⁾이 동종 슬관절을 이식건으로 사용하여 재 재건술 후 56개월 후의 근력을 평가하였는데 굴곡근의 결손율이 12%의 차이를 보였다고 하였다. 이는 본 연구에서 $60^\circ/\text{sec}$ 와 $180^\circ/\text{sec}$ 각속도에서 각각 12.5%와 11.1%를 보인 것과 큰 차이가 없었다. 이처럼 재 재건술 후에도 과거의 연구들에 비해 빠른 회복을 보이는 이유는 수술기법의 발달과 재활방법의 발전으로 전방십자인대 재건술 후의 결과가 눈에 띄게 좋아졌기 때문인 것으로 생각한다. 또한 Uribe 등²⁰⁾의 연구에 의하면 사용된 이식건의 종류에 관계없이 전방십자인대 재 재건술 후의 결과는 최초 전방십자인대 재건술 후의 결과에 미치지

못한다고 하였지만, 본 연구에서는 대퇴신전근력과 굴곡근력의 결손율이 최초 재건술을 시행한 그룹과 통계적인 차이를 보이지는 않은 것도 이러한 이유 때문인 것으로 생각한다. 결론적으로 저자들의 연구 결과 재 재건술 후에도 대퇴신전근력과 굴곡근력의 회복은 최초 재건술을 받는 환자와 비교했을 때 차이가 나지 않는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 근력의 재 재건술 시 인대 이완도에 따른 전방전위의 차이를 보이기 때문에 가속화 재활운동 프로그램 보다는 슬관절의 안정성에 중점을 두고 조금은 느리지만 안전한 운동 프로그램을 시행하도록 하며, 특히 초기 재활 운동 시 많은 주의가 필요할 것으로 본다.

본 연구의 제한점으로는 최초 재건술과 재 재건술시 사용된 이식건의 종류가 한정되어 있고 또한 남성만을 대상으로 평가되었기에 남성에서는 근력의 회복의 차이가 없었지만 여성을 대상으로 하는 임상결과는 다를 수 있으므로 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Muneta T, Hara K, Ju YJ, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction by double-bundle technique using multi-strand semitendinosus tendon. *Arthroscopy* 2010;26:769-81.
- Wolf RS, Lemak LJ. Revision anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *J South Orthop Assoc* 2002;11:25-32.
- MARS Group, Wright RW, Huston LJ, et al. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med* 2010;38:1979-86.
- Diamantopoulos AP, Lorbach O, Paessler HH. Anterior cruciate ligament revision reconstruction: results in 107 patients. *Am J Sports Med* 2008;36:851-60.
- Brown CH Jr, Carson EW. Revision anterior cruciate ligament surgery. *Clin Sports Med* 1999;18:109-71.
- Bach BR Jr. Revision anterior cruciate ligament surgery. *Arthroscopy* 2003;19 Suppl 1:14-29.
- Weiler A, Schmeling A, Stohr I, Kaab MJ, Wagner M. Primary versus single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstring tendon grafts: a prospective matched-group analysis. *Am J Sports Med* 2007;35:1643-52.
- Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Wojtys EM. Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction. *Clin Sports Med* 2008;27:405-24.
- Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *Am J Sports Med* 2011;39:538-43.
- Yoon KH, Bae DK, Ha JH, Park HC, Kwan BK. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: cause of graft failure and results of revision surgery. *Korean J Sports Med* 2005;23:246-50.
- Azar FM. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Instr Course Lect* 2002;51:335-42.
- Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Dubois C. Muscular isokinetic strength recovery after knee anterior cruciate ligament reconstruction revision: preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med* 2014;57:55-65.
- Ahn JH, Choi HJ. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone autograft: 13 to 26-month follow-up evaluation. *J Korean Orthop Assoc* 2000;35:375-80.
- Harner CD, Olson E, Irrgang JJ, Silverstein S, Fu FH, Silbey M. Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction: 3- to 5-year outcome. *Clin Orthop Relat Res* 1996;(324):134-44.
- Tibor LM, Long JL, Schilling PL, Lilly RJ, Carpenter JE, Miller BS. Clinical outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of autograft versus allograft tissue. *Sports Health* 2010;2:56-72.
- Woods GW, Fincher AL, O'Connor DP, Bacon SA. Revision anterior cruciate ligament reconstruction using the lateral third of the ipsilateral patellar tendon after failure of a central-third graft: a preliminary report on 10 patients. *Am J Knee Surg* 2001;14:23-31.
- Lautamies R, Harilainen A, Kettunen J, Sandelin J, Kujala UM. Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16:1009-16.
- Kim DK, Park WH. The correlation of the evaluation of quality of life depends on knee strength after 1-year an anterior cruciate ligament reconstruction. *J Korean Sports Med* 2014;32:139-43.
- Grossman MG, ElAttrache NS, Shields CL, Glousman RE.

Revision anterior cruciate ligament reconstruction: three- to nine-year follow-up. Arthroscopy 2005;21:418-23.

Revision anterior cruciate ligament surgery: experience from Miami. Clin Orthop Relat Res 1996;(325):91-9.

20. Uribe JW, Hechtman KS, Zvijac JE, Tjin-A-Tsoi EW.