

하지 검사 프로토콜을 이용한 전방십자인대 재건술 후 무릎관절의 객관적 및 주관적 분석

연세대학교 스포츠과학 & 운동의학센터¹, 연세대학교 체육교육학과², 연세대학교 대학원³

김병훈^{1,2} · 전형규^{1,2} · 최종환³ · 강태규^{1,2} · 이세용^{1,2}

Objective and Subjective Analysis of the Knee Joint Function Using Lower Extremity Assessment Protocol after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Byong Hun Kim^{1,2}, Hyung Gyu Jeon^{1,2}, Jong Han Cheo³, Tae Kyu Kang^{1,2}, Sae Yong Lee^{1,2}

¹Yonsei Institute of Sports Science and Exercise Medicine (YISSEM), Yonsei University, Seoul,

²Department of Physical Education, Yonsei University, Seoul, ³Graduate School of Education, Yonsei University, Seoul, Korea

Purpose: Anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) is one of the most common procedures in sports medicine. It is important for patients to determine whether or not to return to the pre-operative state after the ACLR. This study is to evaluate the objective and subjective analysis of the knee joint function and to compare between injured knee and non-injured knee in those with ACLR.

Methods: This cross-sectional study recruited 15 individuals with ACLR using autograft (age, 27.87±4.10 years; height, 172.56±4.81 cm; weight, 75.51±13.03 kg; time to surgery, 27.11±14.03 months). International Knee Document Committee subjective knee evaluation form and Lower Extremity Assessment Protocol (LEAP) including muscle strength, static and dynamic postural control, functional task was used to assess the knee joint function. Deficit ratio between injured knee and non-injured knee and independent t-test were used for analysis.

Results: Injured knee has significantly decreased isokinetic extension strength (90°/sec), isometric flexion strength and one-leg hopping distance ($p < 0.05$).

Conclusion: Although individuals who successfully returned to play (RTP) did not experience subjective dysfunction and pain, there are items of LEAP that indicates deficit ratio between injured knee and non-injured knee. Therefore, when considered whether and when to RTP, it is very important to assess not only subjective dysfunction and pain but also whether the patient has recovered to a level similar to that of the non-injured knee in various aspects of the knee joint.

Keywords: Return to sports, Muscle strength, Physical functional performance, Anterior cruciate ligament reconstruction

Received: January 14, 2021 Revised: February 9, 2021 Accepted: February 22, 2021

Correspondence: Sae Yong Lee

Yonsei Institute of Sports Science and Exercise Medicine (YISSEM), Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea

Tel: +82-2-2123-6189, Fax: +82-2-2123-8375, E-mail: syleel@yonsei.ac.kr

Copyright ©2021 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.

서론

무릎관절 손상은 스포츠 활동 시 발생하는 하지 근골격계 상해 중 가장 빈번하게 발생하는 유형이며, 그 중 전방십자인대 (anterior cruciate ligament, ACL) 손상이 가장 높은 비율을 차지한다¹. ACL 손상은 하지 근력의 약화 및 위축과 함께 관절 불안정성을 야기하여 움직임 기능을 제한하고^{2,3}, 반월상 연골의 퇴행이 가속화되는 등의 2차적 문제를 발생시키는 것으로 보고된다⁴. 또한, ACL 손상으로 인한 스포츠 참여 제한은 심리적 우울감, 훈련 중단, 시간적 및 금전적 손실 등의 문제를 야기하여 전반적인 삶의 질을 감소시키기 때문에⁵ 조속하고 적절한 부상 관리가 필요하다. 따라서 대다수의 ACL 손상 환자들은 관절 가동범위, 근력, 균형능력 등을 손상 전 상태로 회복하여 고강도 수준의 스포츠로 복귀하기 위해 ACL 재건술(ACL reconstruction, ACLR)을 받고 있다^{6,7}.

ACLR은 가장 좋은 수술적 치료 방법 중 하나임에도 불구하고, 손상으로 인해 발생한 관절 불안정성 및 양측 하지의 비대칭 문제를 모두 해결하기 어려운 것으로 보인다⁸. ACL이 손상된 무릎관절은 건측에 비해 근육의 힘, 질량, 기능 등이 모두 감소하고^{9,10}, 비정상적 움직임 패턴이 나타남으로써 관절에 적용되는 부하가 변화된다¹¹. 이러한 환측과 건측 사이의 비대칭은 근신경 조절 능력의 감소를 야기하고 ACL 재손상 위험 요인으로 작용할 수 있기 때문에^{12,13}, 손상 직후뿐만 아니라 수술적 치료 후에도 체계적인 재활 프로그램이 필수적으로 수행되어야 한다. 뿐만 아니라 수술적 치료와 재활 프로그램 실시 후, ACLR을 실시한 환자는 무릎관절의 근력, 정적 균형 능력, 기능성 능력 등 다양한 측면에서 정상적으로 회복되었는지 평가하는 과정 또한 반드시 필요하다.

부상 평가 시 주관적으로 경험하는 기능부전, 통증, 활동 수준 등과 같은 환자 중심 결과(patient-oriented outcome)는 개인의 현재 상태와 회복 정도를 가늠할 수 있기 때문에 주목할 필요가 있다. 그 중 International Knee Document Committee (IKDC)의 주관적 무릎 설문지는 기능부전 및 통증 발생 관련 문항으로 구성되어 있어, 무릎관절 손상 환자가 일상생활과 스포츠 활동 중 느끼는 증상을 객관화할 수 있는 도구로 널리 사용되고 있다. ACLR 환자들을 대상으로 한 선행연구는 IKDC 설문을 활용하여 수술 후 시간이 지남에 따라 회복 정도를 비교하고 이를 스포츠 복귀(return to play)의 기준 제시에 활용하였으며¹⁴, 수술 후 환자 들의 증상과 기능부전을 나타내는 가장 유용한 도구로 제시하였다¹⁵. 그러므로 무릎관절의 펌 및 굽힘 근육의 등축성, 근력, 등척성 근력, 한 발 균형능력, 착지 오류 점수 체계(Landing Error Scoring

System, LESS) 및 한 다리 기능 동작과 같은 객관적인 평가 지표와 함께 IKDC 주관적 설문지를 사용한다면 임상가와 환자 모두에게 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

ACL 손상은 재부상률이 높고, 건측과 환측 사이에 불균형을 초래하는 위험요인으로 보고된다. 따라서 ACLR 후 환자의 스포츠 복귀 여부와 시기를 결정하기 전에 다방면의 평가와 전문가의 충분한 논의가 필요하다. 이를 위해 Difabio 등¹⁶은 이전에 언급된 객관적인 하지 평가 프로토콜(Lower Extremity Assessment Protocol, LEAP)을 새롭게 제시하여 ACLR 이후 무릎관절의 종합적 회복 정도를 검사하였다. 이러한 LEAP는 다양한 측면으로 무릎관절을 평가하였다는 점에서 의의가 있으나, ACL 재부상 위험요인으로 알려져 있는 건측과 환측 사이의 불균형에 대해 제시하지 않았기 때문에 명확한 스포츠 복귀 시점의 제시에 제한 점이 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 목적은 LEAP를 이용하여 ACLR 이후 일상생활에 무리가 없는 대상자들을 대상으로 무릎관절의 근력, 근신경 조절 능력, 기능성 능력, 균형능력 등을 평가하여 복귀 가능한 수준을 제시하고, 건측과 환측 간의 종합적 기능을 비교하는 것이다.

연구 방법

1. 연구대상

교내 게시판을 통하여 자발적 연구 참여 의사를 밝힌 15명의 성인 남녀를 모집하였으며(Table 1), 포함 기준은 다음과 같다. (1) 만 19세부터 40세까지의 성인, (2) ACLR 후 1년 이상, 5년 미만인 자, (3) ACLR 수술 시 자가이식조직 autograft)을 사용한 자, (4) 일상생활 및 스포츠로 복귀한 자. 다음과 같은 연구 대상자는 본 연구에서 제외되었다. (1) 신체활동 수준(Tegner activity score) level 4에 해당하는 ‘가벼운 노동’이 불가능한 자, 2) 수술

Table 1. Demographics of participants

Variable	Data
Subject	15
Sex, male:female	12:3
Age (yr)	27.87±4.10
Height (cm)	172.56±4.81
Body mass (kg)	75.51±13.03
Time to surgery (mo)	27.11±14.03
IKDC	71.87±16.60
Landing Error Scoring System	5.40±2.38

IKDC: International Knee Document Committee.

기록지 제출이 불가한 자.

2. 실험 절차

본 연구는 Y대학교 생명윤리심의위원회를 통해 승인 받은 연구 내용과 절차에 따라 진행되었다(No. 7001988-201804-HR-356-02). IKDC 주관적 설문지를 통해 일상생활과 스포츠 활동 중 무릎관절의 기능과 통증을 검사하였으며, LEAP의 검사항목은 근력, 정적 균형 조절 능력, 점프 및 착지, 기능성 동작 평가로 구성하였다(Table 2).

3. 측정 방법

1) 무릎관절 등속성 및 등척성 허벅지 근력

무릎관절의 펌근 및 굽힘근의 정확한 측정 및 보상작용을 예방하기 위해 스트랩(strap)을 이용하여 무릎관절의 움직임을 최소화하였다. 검사 전 10분간의 준비운동과 3회의 연습 기회가 주어졌으며, 등속성 측정장비(CON-TREX MJ; Physiomed, Laipersdorf, Germany)를 이용하여 검사를 진행하였다. 건측과 환측 모두 등속성 및 등척성 허벅지 근력을 측정하였다. 등속성

근력 측정 각속도는 90°/초, 180°/초로 설정하였으며, 등척성 근력은 무릎관절 굽힘 90° 자세에서 측정되었다(Fig. 1). 무릎관절의 모든 근력 데이터는 건측과 환측 모두 3회 측정 후, 각 측정 중 peak/체중% 값의 평균 값을 기록하였다.

2) 정적 자세 조절

정적 자세 조절 능력 측정을 위해 피험자는 AccuSway force plate (AMTI, Watertown, MA, USA) 위에서 눈을 감은 채 한 발로 10초간 자세를 유지하였다(Fig. 2). 피험자가 무릎관절 90° 굴곡, 엉덩뼈능선(iliac crest) 옆 양손 유지, 시선 정면 응시를 유지하였을 때 올바른 자세로 간주되었다. 측정 반대발이 바닥에 닿거나 측정 다리에 지지할 경우, 눈을 뜬 경우, 또는 손을 이용하여 균형을 유지하였을 경우 재측정하였다. 한 발 지지 자세를 통한 압력중심점(center of pressure)의 속도(velocity) 데이터는 50 Hz로 기록되었으며, 한 번의 연습 후 건측과 환측 각 3회 측정하여 평균 값을 구하였다.

3) Landing Error Scoring System

피험자는 30 cm 높이의 도약대에서 신장의 1/2 지점으로 양

Table 2. Dependent variables and items of Lower Extremity Assessment Protocol

Variable	Category	Item
Strength	Isokinetic	90°/sec extension torque, 90°/sec flexion torque, 180°/sec extension torque, 180°/sec flexion torque
	Isometric	Peak extension torque, peak flexion torque
Fatigue index	Decreasing rate	Extension, flexion
Landing Error Scoring System	Motion analysis	Joint angle at initial contact, stance width, foot position (joint angle, symmetry), joint angle displacement, overall impression
Static postural control	One-leg standing	Center of pressure
Functional task	Hopping distance and time	Single hop, triple hop, cross-over hop, 6 m timed hop



Fig. 1. Isokinetic and isometric measurement of strength. (A) Knee flexion 90° (left) and (B) knee extension 180° (right). Written informed consent was obtained for publication of this study and accompanying images.

발로 착지한 후, 발이 닿는 즉시 최대 수직 점프를 실시하였다 (Fig. 3). LESS를 분석하기 위해 동작 분석 프로그램(Kinovea, version 0.8.15; free software available at <http://www.kinovea.org>)을 사용하여 측정하였다. 두 대의 카메라(Fujinon 1:1.2 6 mm, Fujifilm, Tokyo, Japan; MT057C4-G, Manfrotto, Italy)는 피험자의 정면과 측면 3.5 m 거리에 배치하여 도약 및 착지 동작을 녹화하였다. 고유한 움직임 패턴 분석을 위해 착지 연구 참여자에게 LESS의 채점 항목을 사전에 고지하지 않았으며, 측정 전 3회의 연습 기회가 주어졌다. LESS의 총점은 19점으로, 최초 접지 시 발, 하지, 체간의 각도, 최고 무릎관절 굴곡 각도, 최고 무릎관절 굴곡 각도 시 하지와 체간의 각도, 전체적 착지 움직임

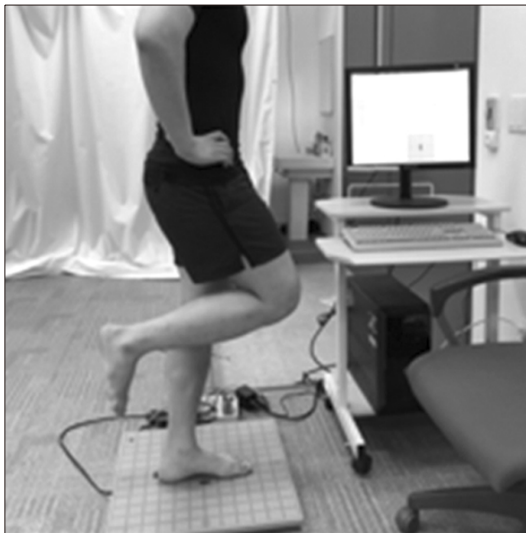


Fig. 2. Static postural control. Written informed consent was obtained for publication of this study and accompanying images.

등 총 17가지 항목을 평가하였다¹⁷.

4) 기능성 검사

도약(hopping) 동작(Fig. 4)을 통한 기능성 검사는 한 발 도약(single hop), 한 발 3회 도약(triple hop), 한 발 교차 도약(cross-over hop), 6 m 도약(6 m timed hop) 등 총 4가지 동작으로 구성되었다¹⁸. 한 발 도약, 한 발 3회 도약, 한 발 교차하여 3회 도약 검사의 기록은 출발선으로부터 착지 지점까지의 거리를 cm 단위로 수집하였고, 6 m 도약 검사는 6 m의 거리를 한 발로 연속 도약하여 통과한 시간으로 기록하였다. 모든 동작은 건측과 환측 모두 각 3회 실시하여 평균값을 기록하였다.

4. 통계 분석

모든 LEAP 데이터의 분석은 IBM SPSS version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였다. 환측과 건측의 LEAP 결과를 비교하기 위하여 대응표본(paired) t-검정을 실시하였다. 모든 통계치의 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였으며, Cohen's d 공식을 이용한 효과크기(effect size, ES)와 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 산출하였다.

결 과

ACLR 후 평균 2.33년이 지난 대상자의 IKDC 주관적 설문 점수는 71.87 ± 16.60 점으로 나타났으며, LESS는 5.40 ± 2.38 점을 기록하였다. 건측 대비 환측 관절의 결손율은 Table 3과 같다. 건측과 환측 간 LEAP 결과를 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 실시한 결과, 환측보다 건측 무릎관절의 등속성($90^\circ/\text{초}$) 펌 근력 ($t=2.693$, $p=0.017$, $ES=1.39$, $95\% \text{ CI}=0.26-2.52$)과 등척성 굽힘

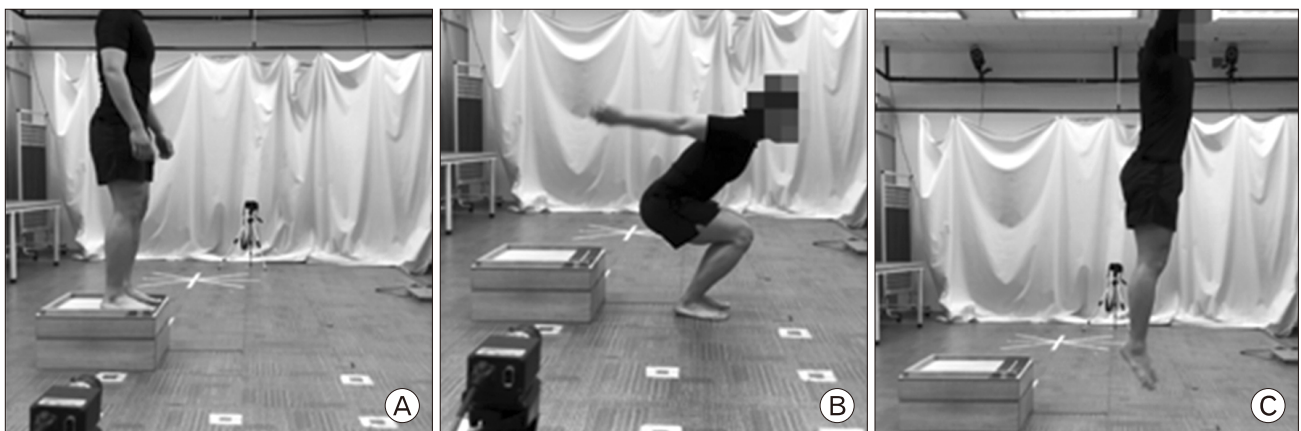


Fig. 3. Landing Error Scoring System. (A) Start, (B) Land and (C) Jump. Written informed consent was obtained for publication of this study and accompanying images.

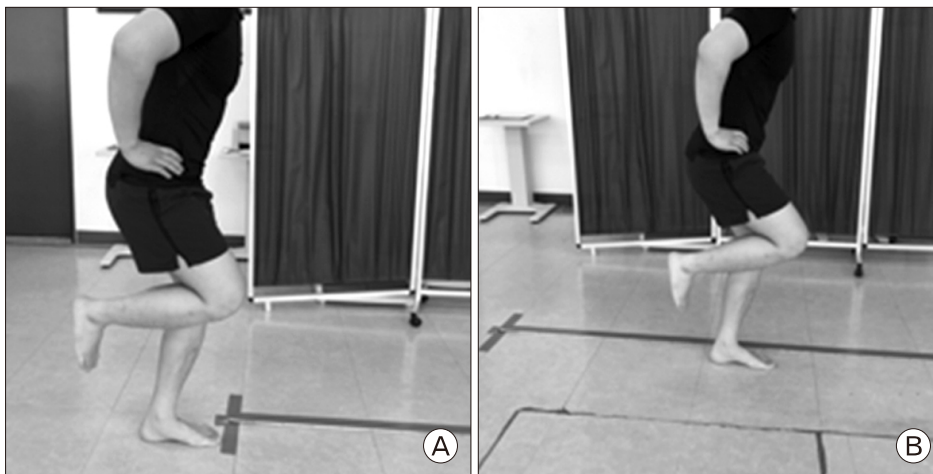


Fig. 4. Hop tests. (A) Start. (B) End (single, triple, cross-over, and 6 m timed hop). Written informed consent was obtained for publication of this study and accompanying images.

Table 3. Defect rate of the injured knee compared to the non-injured knee

Variable	Defect rate (%)
Isokinetic	
Extension 90°/sec	-16.88
Flexion 90°/sec	-12.33
Extension 180°/sec	-15.48
Flexion 180°/sec	-23.05
Isometric	
Extension	-15.80
Flexion	-17.02
One-leg standing (functional hop test)	8.71
Single hop (cm)	-14.38
Triple hop (cm)	-37.79
Cross-over hop (cm)	-3.77
6 m timed hop (sec)	22.31

근력($t=3.054$, $p=0.009$, $ES=1.58$, 95% $CI=0.42-2.74$)이 더욱 높고, 긴 한 발 도약 기록($t=3.094$, $p=0.008$, $ES=1.60$, 95% $CI=0.44-2.76$)이 나타났다(Table 4). 등속성 굽힘 근력(90°/초, 180°/초), 펌 근력(180°/초), 등척성 펌 근력, 펌 및 굽힘 근력의 정적 자세 조절, 한 발 3회 도약, 한 발 교차 도약, 6 m 도약은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$).

고 찰

본 연구는 성공적으로 일상생활 및 스포츠로 복귀한 대상자들에게 IKDC 설문지와 LEAP를 이용하여 주관적 및 객관적 무릎관절 기능을 평가함으로써 스포츠로 복귀할 수 있는 기준을 마련하고, 건측과 환측 관절 간 비교를 통해 잠재적 재부상 위험성을 검사하기 위한 목적으로 수행되었다. IKDC 점수는 평균 약 71점으로 나타났으며, LEAP 결과 성공적으로 일상생활과 스포츠로

복귀했음에도 불구하고 건측 관절에 비해 환측의 기능이 유의하게 낮은 항목이 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 ACLR 후 무릎 신전근 및 굴곡근의 근력을 평가하기 위해 등속성 및 등척성 검사를 진행하였다. 환측과 건측 간 무릎관절 근력을 평가한 결과, 환측 무릎관절의 등속성 신전근(90°/초)과 등척성 굽힘 근력이 건측에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 건측 대비 환측 관절의 결손율은 각각 16.9%, 17.0%로 나타났다. 여러 선행연구는 무릎 신전근 및 굴곡근의 근력 평가를 위해 등속성 및 등척성 수축 형태를 활용하였으며, 이를 활용하여 ACLR 이후 무릎관절의 회복 정도를 제시하였다. 특히 무릎관절의 신전 근력은 ACLR 이후 수 년까지 약화되어¹⁹ 일상생활과 스포츠 활동을 제한하고 전반적인 삶의 질에 부정적 영향을 미치기 때문에, 이에 대한 평가의 중요성이 강조되었다. 따라서 ACLR 후 환측 무릎관절의 근력을 손상 전 또는 건측과 동일한 수준으로 회복하는 것이 스포츠 복귀와 이후 재손상 방지를 위해 매우 중요하다고 할 수 있다.

ACL 손상 후 복귀 기준을 제시한 선행연구에 의하면, 건측에 비해 환측 무릎관절의 근력 결손율이 10% 미만일 경우 스포츠 복귀에 적합하다고 제시되었다^{20,21}. 그러나 본 연구에서 나타난 LEAP 결과는 이보다 높은 결손율을 보였는데, 이는 선행연구에서 재건술 이후 1년 이상의 시간이 경과한 뒤 근력을 평가한 결손율이 10%에서 27%의 차이를 보인 결과와 유사하다^{22,23}. 이러한 결과를 볼 때 환측 무릎관절의 근력의 회복이 매우 중요하지만, 본 연구에서 ACLR 이후 성공적으로 복귀한 대상자들이 기능부전 및 통증을 크게 경험하지 않은 것으로 미루어 보면 환자의 주관적 증상들이 복귀에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 그러나 복귀 이후 결손율이 높은 대상자들은 ACL 재부상 위험이 높기 때문에, 환측 관절의 근력을 회복하기 위해 지속적인 관리가 필요할 것으로 생각된다. 또한, 복귀 결정 시

Table 4. Lower Extremity Assessment Protocol results between non-injured and injured limb

Variable	Non-injured	Injured	t	p	Effect size (Cohen's <i>d</i>)	95% CI
Isokinetic						
Extension 90°/sec	145.70±47.06	121.11±41.87	2.693	0.017	1.39	0.26 to 2.52
Flexion 90°/sec	93.0±33.06	81.53±25.25	1.823	0.090	0.94	-0.13 to 2.01
Extension 180°/sec	111.85±39.51	94.54±42.98	1.884	0.080	0.97	-0.10 to 2.04
Flexion 180°/sec	80.53±31.45	61.97±51.50	1.564	0.140	0.81	-0.24 to 1.86
Isometric						
Extension	170.23±44.2	143.33±50.48	1.834	0.088	0.95	-0.12 to 2.01
Flexion	80.83±21.85	67.07±21.17	3.054	0.009	1.58	0.42 to 2.74
One-leg standing (functional hop test)	8.71±2.45	9.23±2.53	-0.562	0.583	-0.29	-1.31 to 0.73
Single hop (cm)	131.13±28.25	112.27±44.98	3.094	0.008	1.60	0.44 to 2.76
Triple hop (cm)	591.87±701.34	368.20±137.92	1.174	0.260	0.61	-0.43 to 1.64
Cross-over hop (cm)	352.07±106.71	338.80±140.4	0.466	0.648	0.24	-0.78 to 1.26
6 m timed hop (sec)	2.42±0.70	2.96±1.59	-2.109	0.053	-1.09	-2.17 to -0.004

CI: confidence interval.

객관적 평가 없이 환자의 주관적 증상에만 근거하여 판단할 경우 건측과 환측 관절 간 높은 결손율로 인해 재부상 위험이 높아질 수 있기 때문에 종합적인 평가가 필요하다.

본 연구에서는 ACLR 후 기능성 움직임 평가를 위해 4가지 도약 검사를 실시한 결과, 한 발 도약검사(single leg hop test)에서 건측 무릎관절에 비해 환측이 낮은 기록을 나타냈다. ACLR 후 통증 없이 올바른 동작을 수행하는 것은 스포츠 참여뿐 아니라 일상생활 측면에서 볼 때도 매우 중요한 요인 중의 하나이다. 무릎관절은 앉았다 일어나기, 계단 오르내리기와 같은 일상생활 동작에 중요한 역할을 담당하기 때문에, 불편함을 느낄 경우 실내활동 또한 제한될 수 있다. 또한 동작 중 통증이나 부종, 경직 등을 경험할 경우 환자의 만족도가 크게 저하될 수 있기 때문에 객관적인 지표와 함께 환자의 주관적 증상 또한 함께 고려해야 한다.

ACLR 후에는 근력과 기능성 평가와 같은 객관적인 기준뿐 아니라 환자 개인의 주관적인 만족도를 평가하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서 성공적으로 복귀한 대상자들의 무릎관절 기능 부전 및 통증을 평가한 결과, IKDC 점수가 약 71.87±16.60점인 것으로 나타났다. 즉 관절 기능에 문제가 없고 통증을 느끼지 않아 일상생활과 스포츠에 복귀한 것으로 보인다. 앞서 언급한 LEAP 항목 중 일부가 결손율을 보였으므로, 객관적 지표로만 복귀를 결정하는 것은 다소 무리가 있는 것으로 판단된다. 선행연구에서 Semert 등²⁴은 한 발 도약 검사와 IKDC 점수의 상관계수를 0.28로 보고하였으며, Ageberg 등²⁵은 기능적 검사 결과와 주관적 검사 결과에서 0.25-0.43 범위의 상관계수를 보고하였다. 이와 같이 LEAP의 각 항목은 환자의 기능부전 및 통증과 상관관계를

갖지만 비교적 낮은 상관계수를 갖는다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 나타난 IKDC 결과는 복귀 기준으로서 높은 점수임에도 불구하고, 객관적 지표에서 제시한 결과와 비교했을 때 환자의 실제 상태를 모두 반영하기 어렵다고 할 수 있다.

본 연구에서는 정적 및 동적 자세 조절 능력을 확인한 결과 동적 자세 조절 능력(LESS)은 평균 5.40점으로 나타났으며, 정적 자세 조절 능력은 환측과 건측 무릎관절 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 즉, 무릎관절 신전근 및 굴곡근의 근력과 기능성 검사에서 보여지는 결손과는 다르게 정적 및 동적 균형 능력은 동일한 수준이라 할 수 있다. 본 연구의 결과와 마찬가지로 선행연구는 ACLR 환자와 대조군 간 정적 균형 능력의 차이가 없다고 보고하였다²⁶. 이러한 결과는 두 가지 이유로 인해 나타났다고 판단된다. 첫째, 정적 자세 조절 능력의 측정은 무릎관절의 위치가 완전히 퍼진 상태로 수행되어 비교적 안정적인 상태로 진행되기 때문에, ACL 손상이 균형 능력에 미치는 영향이 다소 감소한 것으로 보인다. 두 번째, 균형 능력은 근력과 기능성 평가 등 다른 LEAP 항목과는 다르게 빠르게 회복된 것으로 판단된다. 따라서 추후 연구에서는 무릎관절이 보다 불안정한 상태에서 정적 균형 능력의 측정을 통해 ACL의 손상이 실질적 정적 균형 능력의 감소를 야기하는지, 또는 손상 후 균형 능력은 다른 요소들보다 빠르게 회복되는지 확인할 필요가 있을 것이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, ACL 손상 후에 수술 후 재활 치료 프로그램의 참여 여부를 조사하지 않았다는 것이다. 이는 복귀 시점과 복귀 이후 무릎관절의 전반적 기능에 영향을 미칠 수 있기 때문에 본 연구의 제한점이라 하겠다. 두 번째로는 ACL 손상 시 동반 손상 조직을 확인하지 않았기 때문에 환자마다

손상의 영향이 다를 수 있다는 것이다. 그러나 이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 주관적 환자 중심 결과물과 LEAP를 통해 객관적 및 주관적 무릎관절의 기능을 검사함으로써, 복귀 기준을 제시하고 건측과 환측 무릎관절 간 결손을 제시를 통하여 재부상 위험성을 보고하였다는 의미가 있다.

본 연구의 결론은 다음과 같다. (1) ACLR 후 복귀 여부와 시기를 결정할 때 IKDC 검사와 LEAP 검사의 결과를 고려하는 것이 매우 중요하다. (2) 복귀했음에도 불구하고 LEAP 검사 결과 건측과 환측 관절 간 결손을 보이는 항목이 존재한다. 그러므로 ACLR 후 복귀 여부와 시기를 고려할 때, 환자의 주관적 기능부전 및 통증이 존재하는지 확인해야 하며, 무릎관절의 다양한 측면에서 건측 관절과 비슷한 수준으로 회복했는지 검사하는 것이 매우 중요하다.

LEAP는 무릎관절의 다양한 측면을 평가할 수 있는 방법이기 때문에, 추후연구에서는 ACL뿐만 아니라 무릎관절 내 동반 손상 및 환자 대조군 연구를 함께 확인하여 적용한다면, 무릎관절 손상 및 재활 분야에서 더욱 의미 있는 연구가 될 것으로 판단된다.

Conflict of Interest

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

ORCID

Byong Hun Kim <https://orcid.org/0000-0001-6220-6774>

Hyung Gyu Jeon <https://orcid.org/0000-0002-8782-5341>

Jong Han Cheo <https://orcid.org/0000-0002-4835-3126>

Tae Kyu Kang <https://orcid.org/0000-0002-7274-0476>

Sae Yong Lee <https://orcid.org/0000-0002-0526-3243>

Author Contributions

Conceptualization: BHK, JHC, SYL. Data curation: BHK, JHC. Formal analysis: BHK, HGJ. Methodology: BHK, JHC, SYL. Project administration: BHK, HGJ, SYL. Visualization: TKK. Writing-original draft: BHK, JHC, SYL. Writing-review & editing: TKK.

References

1. Corry I, Webb J. Injuries of the sporting knee. *Br J Sports Med* 2000;34:395.
2. Grapar Žargi T, Drobnič M, Vauhnik R, Koder J, Kacin A. Factors predicting quadriceps femoris muscle atrophy during the first 12 weeks following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 2017;24:319-28.
3. Wurtzel CN, Gumucio JP, Grekin JA, et al. Pharmacological inhibition of myostatin protects against skeletal muscle atrophy and weakness after anterior cruciate ligament tear. *J Orthop Res* 2017;35:2499-505.
4. Gföller P, Abermann E, Runer A, et al. Non-operative treatment of ACL injury is associated with opposing subjective and objective outcomes over 20 years of follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019;27:2665-71.
5. Filbay SR, Culvenor AG, Ackerman IN, Russell TG, Crossley KM. Quality of life in anterior cruciate ligament-deficient individuals: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015;49:1033-41.
6. Wright RW, Preston E, Fleming BC, et al. A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part I: continuous passive motion, early weight bearing, postoperative bracing, and home-based rehabilitation. *J Knee Surg* 2008;21:217-24.
7. Kaplan Y. Identifying individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee as copers and noncopers: a narrative literature review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2011;41:758-66.
8. Weiler A, Schmeling A, Stöhr I, Kääb 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.
9. Jordan MJ, Aagaard P, Herzog W. Lower limb asymmetry in mechanical muscle function: a comparison between ski racers with and without ACL reconstruction. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25:e301-9.
10. Sharifmoradi K, Karimi MT, Hoseini Y. Evaluation of the asymmetry of leg muscles forces in the subjects with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg* 2019 Sep 2 [Epub]. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1695703>.
11. Schmitt LC, Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Strength asymmetry and landing mechanics at return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Med Sci Sports Exerc* 2015;47:1426-34.
12. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the

- knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med* 2005;33:492-501.
13. Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Heyl R, Hewett TE. Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin J Sport Med* 2007;17:258-62.
14. Bodkin SG, Rutherford MH, Diduch DR, Brockmeier SF, Hart JM. How much time is needed between serial “return to play” assessments to achieve clinically important strength gains in patients recovering from anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med* 2020;48:70-7.
15. Hambly K, Griva K. IKDC or KOOS?: which measures symptoms and disabilities most important to postoperative articular cartilage repair patients? *Am J Sports Med* 2008;36:1695-704.
16. DiFabio M, Slater LV, Norte G, Goetschius J, Hart JM, Hertel J. Relationships of functional tests following ACL reconstruction: exploratory factor analyses of the lower extremity assessment protocol. *J Sport Rehabil* 2018;27:144-50.
17. Padua DA, Marshall SW, Boling MC, Thigpen CA, Garrett WE Jr, Beutler AI. The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: the JUMP-ACL study. *Am J Sports Med* 2009;37:1996-2002.
18. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther* 2007;87:337-49.
19. Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Wojtyś EM. Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction. *Clin Sports Med* 2008;27:405-24.
20. 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.
21. Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2007;87:737-50.
22. 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.
23. Moisala AS, Järvelä T, Kannus P, Järvinen M. Muscle strength evaluations after ACL reconstruction. *Int J Sports Med* 2007;28:868-72.
24. Sernert N, Kartus J, Köhler K, et al. Analysis of subjective, objective and functional examination tests after anterior cruciate ligament reconstruction: a follow-up of 527 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999;7:160-5.
25. Ageberg E, Thomeé R, Neeter C, Silbernagel KG, Roos EM. Muscle strength and functional performance in patients with anterior cruciate ligament injury treated with training and surgical reconstruction or training only: a two to five-year followup. *Arthritis Rheum* 2008;59:1773-9.
26. Mattacola CG, Perrin DH, Gansneder BM, Gieck JH, Saliba EN, McCue FC 3rd. Strength, functional outcome, and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* 2002;37:262-8.