

## 전방십자인대 재건술 환자의 후방보행 재활운동이 관절의 가동범위 및 통증점수, 고유수용성감각에 미치는 영향

문대형<sup>1</sup>, 오두환<sup>1</sup>, 장석암<sup>1</sup>, 이장규<sup>\*</sup>  
<sup>1</sup>단국대학교 대학원 운동의과학과

### Effect of Backward Walking Exercise on ROM, VAS score and Proprioception in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients

Dae-Hyung Moon<sup>1</sup>, Du-Hwan Oh<sup>1</sup>, Seok-Am Zhang<sup>1</sup>, Jang-Kyu Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Kinesiology & Medical Science, Graduate School, Dankook University

**요약** 본 연구는 전방십자인대 재건술을 시행한 환자를 대상으로 후방보행을 포함한 재활운동 프로그램이 환자의 통증지수와 ROM, 고유수용성감각에 어떠한 영향을 미치는지 구명하고자 하였다. 이 연구의 대상자는 전방십자인대 손상으로 재건술을 시행한 환자 14명으로 하였으며 후방보행 집단(n=7)과 통제집단(n=7)으로 무선배정 하였고 4주간 각각의 재활운동프로그램을 실시하였다. 이 연구의 결과에서, 굴곡 관절가동범위는 운동 전·후, 후방보행 집단(p<.001)과 통제집단(p<.01) 모두 운동 후 유의하게 감소되었으며 신전 관절가동범위에서는 후방보행 집단(p<.05)에서만 운동 후 유의한 차이를 나타내었고 두 변인 모두 집단 간의 차이는 보이지 않았다. 통증지수에 대한 결과에서는 운동 후, 두 집단 모두 유의하게 감소되었고(p<.001) 집단 간 차이에서는 운동 후, 후방보행 집단이 통제집단보다 유의하게 낮은 것으로 나타났으며(p<.001), 고유수용성감각에서는 후방보행 집단(p<.001)과 통제집단(p<.05) 모두 운동 후 유의하게 감소하였으나 집단 간의 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 후방보행의 재활운동이 전방십자인대 재건술을 시행한 환자의 통증을 감소시키고 관절의 가동범위 확보와 고유수용성감각을 회복하는데 긍정적인 효과가 있는 것으로 사료된다.

**Abstract** This study examined the effects of 4-weeks of backward walking exercise on ROM, VAS (Visual Analogue Scale) score and proprioception in anterior cruciate reconstruction patients. Fourteen subjects were randomly assigned to either a backward walking group (BWG, n=7) or a control group (CON, n=7) and then participated in rehabilitation program for 4 weeks. The ROM of the flexion significantly decreased in both groups (BWG, p<.001 vs CON, p<.01), while ROM of extension significantly decreased only in the BWG (p<.05) post exercise, but no significant difference was observed between groups. Additionally, VAS score decreased significantly in both groups (P<.001) and BWG was lower than CON post exercise (p<.001). Finally, proprioception decreased significantly in both groups (BWG, p<.001 vs CON, p<.05), but did not differ significantly between groups. These results suggest that the 4 week backward walking rehabilitation program improves ROM, VAS score, and proprioception and has positive effects on functional recovery of anterior cruciate ligament reconstruction patients.

**Keywords** : ACL reconstruction, Backward walking, Proprioception, ROM, VAS score

\*Corresponding Author : Jang-Kyu Lee(Dankook University)

Tel: +82-41-550-3816 e-mail: kyu1216@hanmail.net

Received April 22, 2016

Revised May 9, 2016

Accepted May 12, 2016

Published May 31, 2016

## 1. 서론

우리나라의 여가시간은 주 5일제 근무로 인하여 주말 평일 평균 240분과 주말 평균 420분으로 크게 증가하였으며[1], 여가시간의 증가와 함께 레저 및 스포츠활동 참여에 대한 관심이 크게 증가되고 있다. 이러한 레저 및 스포츠 활동의 증가는 신체적·정신적 건강에 긍정적인 영향을 미치기도 하지만 신체의 손상 및 상해의 빈도 또한 증가시키고 있다.

인체의 슬관절(knee joint)은 구조적으로 복잡하며 안정성이 취약하여 손상이 쉽게 일어나는 관절로 알려져 있다[2]. 국내에서 레저 및 스포츠 활동의 참여가 증가함에 따라 슬관절의 손상 역시 증가추세를 보이고 있는데, 슬관절의 구조물 중, 전방십자인대의 손상(61.1%)이 가장 높은 것으로 나타났으며 그 다음으로 반월상연골(47.3%)과 내외측측부인대(19%), 후방십자인대(6.1%) 등의 순으로 보고되었다[3].

전방십자인대의 손상은 과도한 회전력 등과 같은 비접촉성 손상(72%)과 외부에서 가해지는 과도한 외반력, 내반력 등에 의한 접촉성 손상(28%)으로 구분되며[4], 이렇게 손상된 전방십자인대의 치료방법으로는 수술적 치료와 보존적치료가 있다. 일반적으로 보존적치료는 미세한 부분과열과 동반손상이 나타나지 않았을 때 시행하고, 수술적치료는 완전과열이나 타구조물들과의 동반손상 시 실시하는 것으로 알려져 있으나[5], 많은 환자들이 빠른 복귀를 위하여 수술적 치료를 택함으로써[6], 수술적치료가 보다 효과적이라는 주장이 제기되고 있다[7].

초기의 전방십자인대 수술적 치료 후, 재활프로그램은 과도한 스트레스로 인한 이식건의 인대화를 방해하는 조기의 체중부하와 슬관절의 가동범위를 제한하는 지연 프로토콜을 제안하였으나[8], 1990년대에는 조기의 신전과 체중부하 운동이 이식건을 강화시킨다는 가속재활 프로그램이 보다 효과적임을 주장하였다[9]. 국내의 여러 선행연구에서도 가속재활프로그램의 조기체중부하가 수술치료 후, 전방십자인대의 기능회복에 보다 효과적이라고 보고되었으며[10,11], 이러한 선행연구들의 결과는 조기체중부하의 가속재활프로그램이 전방십자인대 재건술 후, 슬관절의 기능회복에 긍정적인 영향이 있음을 의미한다. 또한 슬관절의 가속재활프로그램에서 대퇴사두근의 근력회복은 생리학적·해부학적으로 슬관절 안정화에 매우 중요한 요인으로 작용하며 국내의 여러

연구자들이 2차 손상과 통증이 없이 대퇴사두근의 근력 회복을 위한 연구를 진행해 왔다[12,13].

보행은 일상 활동의 움직임으로 자연스럽게 행할 수 있는 운동으로써, 가장 편리한 양식의 운동방식이다. 보행은 전방보행, 후방보행, 측방보행, 수중보행등 여러 가지 방식으로 다양하게 응용하여 사용할 수 있는데, 가장 많이 사용되는 전방보행은 운동시간에 비하여 얻을 수 있는 효과가 크지 않고, 무릎 손상이 있는 환자에게 수직적 부하와 햄스트링의 수축으로 하지관절에 과도한 스트레스를 줄 수 있다[14]. 유각기 3단계와 입각기 5단계의 순서로 진행되는 후방보행은 입각기 5단계와 유각기 3단계로 진행되는 전방보행과는 반대의 8단계 보행패턴이며 고관절과 슬관절, 족관절 등에서의 굴곡은 전반적으로 유사하게 나타나지만 보행패턴의 변화로 인해 굴근과 신근의 활성도가 전환되는 것으로 알려져 있다[14]. 이러한 동작의 특성은 입각기의 진행시간을 전방보행보다 더 길게 유지하기 때문에 대퇴사두근의 편심성수축 역시 전방보행보다 길게 지속되어 근력 및 대사량의 증가에 영향을 미친다고 보고하였으며[15,16], 후방보행을 위한 추진력 또한 대퇴사두근에서 주로 생성된다고 하였다[17]. 이외의 선행연구에서도 빠른속도의 전방보행(5km/h)보다는 느린속도의 후방보행(2km/h)에서 대퇴사두근의 근활성이 유의하게 높은 것으로 보고되었으며[14], 후방보행이 슬관절의 안정성과 대퇴사두근의 활동을 강화에 긍정적인 효과가 있음을 보고하였다[16,18].

이상의 선행연구 결과에서 가속재활과 후방보행이 슬관절 수술환자의 재활에 효과가 있음을 나타내었으나 전방십자인대 재건술을 시행한 환자를 대상으로 하여 후방보행을 이용한 초기 가속재활프로그램의 효과를 구명한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 전방십자인대 재건술을 시행한 환자를 대상으로 기존의 전통적 재활프로그램과 후방보행을 추가한 재활프로그램을 비교하여 후방보행이 통증감소와 ROM 회복, 고유수용성감각 회복에 어떠한 영향을 미치는 지를 구명하고 효과적인 재활프로그램 작성을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구의 대상은 전방십자인대 손상으로 재건술을

시행한 환자 중, 연구의 내용을 충분히 이해하고 실험에 동의한 14명을 후방보행집단(Backward Walking Group, BWG, n=7)과 통제집단(Control Group, CON, n=7)으로 무선배정하여 재활프로그램 1단계 1주일, 2단계 3주일로 총 4주간 진행하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 재활프로그램

이 연구의 재활프로그램은 Shelbourne 등[9]이 제안한 가속화 재활프로그램을 토대로 하여 전문의와 전문가의 협의를 거쳐 수정·보완하여 구성 하였다. 총 운동시간은 90분으로 설정하였으며, 환자의 임상적 상태를 고려하여 실시하였다. 재활운동 1단계에서는 일주일간 통증이 없는 범위 내에서 <Table 1>같은 운동프로그램을 진행하였다.

Table 1. Rehabilitation Program 1 Phase

Rehabilitation Program ( I )	
Ankle Pump	10EA/3set
Ball Squeeze	10EA/3set(5sec)
Quadriceps Set	10EA/3set(5sec)
Straight Leg Raise	15EA/3set
Weight Shift	10EA/3set
ROM Exercise Maximum(110°)	10EA/3set

재활운동의 2단계에서는 1단계에서 실시한 운동프로그램을 유지하면서 <Table 2>에서 보는바와 같은 근력강화를 위한 운동을 3주간 실시하였다. 또한 통제집단의 전방보행과 후방보행집단의 후방보행은 2km/h의 속도로 20분간 1세트를 실시하였고, 환자의 상태에 따라 속도와 시간을 조절하였다.

### 2.2.2 관절가동범위 측정

슬관절의 굴곡과 신전의 관절가동범위는 고니오미터(Hires Goniometers, USA)를 사용하여 피험자가 통증을 느끼지 않는 범위 내에서 최대 각도를 측정하였다. 굴곡 관절가동 범위는 엎드림 자세에서 대퇴골의 외측상과를 중심으로 대퇴골의 대전자(Femur Greater Trochanter)와 이어지는 선을 고정각으로 설정하였으며 외측 복사뼈(Lateral Malleolus)와 이어지는 선을 운동각으로 하여 이 운동각의 능동적 가동범위를 측정하였다. 신전 관절

가동 범위는 엎드림 자세에서 대퇴골의 외측상과를 중심으로 대퇴골의 대전자(Femur Greater Trochanter)와 이어지는 선을 고정각으로 설정하였으며 외측 복사뼈(Lateral Malleolus)와 이어지는 선을 운동각으로 하여 피험자가 다리의 힘을 모두 뺀 상태에서 자연적으로 최대로 신전된 상태에서 신전 관절가동범위를 측정하였다 [19].

Table 2. Rehabilitation Program 2 Phase

Rehabilitation Program ( II )	
Calf Raise, Toe Raise	10EA/2set
Step Box	10EA/2set
Gymball Mini Squat	10EA/2set
Forward & Backward Walking	20min/1set

### 2.2.3 통증지수(Visual Analogue Scale, VAS)

피험자의 통증의 정도를 측정하기위해 시각적 사상척도를 사용하였으며 0~4mm는 통증이 없는 상태, 5~44mm는 약간의 통증, 45~74mm는 보통의 통증, 75~100mm 심한 통증으로 구분하였고 피험자가 스스로 선에 표시하게 하여 측정하였다[20].

### 2.2.4 고유수용성감각 검사(Proprioception Test)

고유수용성감각의 검사는 Cybex(CSMI, USA)를 사용하여 무릎관절의 고유수용성감각을 측정하였다[20]. 피험자가 의자에 앉은 상태에서 슬관절의 외측상과와 Dynamometer의 중심축을 맞추고 피험자의 두 눈을 가린 상태에서 피험자가 기억해야 할 각도(15°)를 수동적으로 찾아준 후, 10초간 그 각도를 유지하여 기억하도록 하였다. 10초 후 피험자가 기억한 각도를 스스로 찾도록 하여 총 3회 반복 측정 하였으며 실제 재현각도와 지정각도의 차이 즉, 재현각도의 오차를 점수화하여 슬관절의 고유수용성감각을 측정하였다.

## 2.3 자료분석

이 연구의 자료처리 방법은 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 평균과 표준오차를 산출 하였다. ROM과 통증지수, 고유수용성감각에 대한 집단 간의 차이는 독립표본 T-검증을, 재활운동 전·후의 변화는 대응표본 T-검증을 사용하였으며 유의 수준은  $\alpha=.05$ 로 하였다.

### 3. 결과

#### 3.1 슬관절의 굴곡 관절가동범위

4주간의 재활운동 후, 슬관절 굴곡 관절가동범위에 대한 결과는 <Table 3>에서 보는 바와 같이 운동 전·후 두 집단 모두에서 각각 굴곡 가동범위가 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였으나(CON,  $p=0.007$  vs BWG,  $p=0.000$ ) 집단 간의 차이는 나타나지 않았다.

Table 3. Knee Flexion ROM (unit : °)

	pre	post
CON	128.57 ± 4.80	97.57 ± 5.48**
BWG	127.85 ± 4.04	96.71 ± 5.60***

Mean±SEM. significantly different between pre and post \*\*at  $p<0.01$  and \*\*\*at  $p<0.001$ . CON; Control Group, BWG; Backward Walking Group.

#### 3.2 슬관절의 신전 관절가동범위

슬관절의 신전 관절가동범위 두 집단에서 재활운동 전·후간 비교에서, 신전 가동범위는 각각 감소하였으나, 후방보행집단( $p=0.049$ )에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 집단 간 차이는 보이지 않았다<Table 4>.

Table 4. Knee Extension ROM (unit : °)

	pre	post
CON	3.57 ± 1.17	1.00 ± 0.30
BWG	5.85 ± 3.06	0.71 ± 0.28*

Mean±SEM. \* significantly different between pre and post at  $p<0.05$ .

#### 3.3 통증지수(Visual Analogue Scale, VAS)

통증지수는 <Table 5>에서 나타난 바와 같이 통제집단과 후방보행집단 모두 운동 전보다 운동 후에 유의하게 감소되었으며( $p=0.000$ ), 집단 간의 비교에서는 운동 후, 후방보행집단의 통증지수가 통제집단보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다( $p=0.000$ ).

Table 5. Visual Analogue Scale(VAS score)

	pre	post
CON	6.15 ± 0.24	3.68 ± 0.09***
BWG	5.94 ± 0.19	2.32 ± 0.15*** #

Mean±SEM. \*\*\*significantly different between pre and post at  $p<0.001$ , #significantly different between CON and BWG at  $p<0.001$ .

#### 3.4 고유수용성감각

4주간의 재활운동 후, 고유수용성감각에 대한 결과는

<Table 6>에서 보는 바와 같이 두 집단 모두 운동 전·후 재현각도 오차가 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였으나(CON,  $p=0.039$  vs BWG,  $p=0.000$ ), 집단 간의 차이는 나타나지 않았다.

Table 6. Proprioception Test (unit : °)

	pre	post
CON	4.22 ± 0.23	3.08 ± 0.36*
BWG	3.91 ± 0.14	2.74 ± 0.14***

Mean±SEM. significantly different between pre and post \*at  $p<0.05$ , and \*\*\*at  $p<0.001$ .

### 4. 논의

전방십자인대의 손상은 일상생활과 스포츠 활동에서 매우 빈번하게 발생하는 무릎손상의 하나이며[21], 대부분의 환자들이 빠른 회복과 재발방지 위하여 수술치료 방법을 선호한다. 그러나 수술 후, 장기간의 부동(immobilization)으로 인한 관절의 섬유화 및 근위축, 이식 실패 등의 합병증이 나타나는 것으로 보고되고 있다[22]. 이러한 수술치료 후의 단점을 보완하기 위하여 재활운동프로그램이 도입되었으며[23], 초기에는 체중부하를 금지시키고 굴곡과 신전을 제한시키는 지연프로토콜 재활프로그램을 실시하였으나[7], 1990년대 이후부터 가속화 재활프로그램의 관절연골의 영양 공급과 이식건의 치유반응, 부종방지, 통증조절, 관절막의 구축 방지 등과 같은 효과가 밝혀지면서 수술 후, 빠른 시기에 체중부하와 관절가동범위를 회복시키는 가속화 재활프로그램을 실시하고 있다[9,24,25].

최근 재활분야에서 후방보행에 대한 관심이 급증하고 있으며 이러한 후방보행은 전방보행보다 환자들의 안정적인 근력회복과[18,22] 통증치료[26,27], 슬관절의 안정화와 전방십자인대의 과신장 예방[15] 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

전방십자인대의 손상은 관절낭 및 골 변형 등으로 인해 관절가동범위를 제한하며[28], 근육약화로 인한 연부조직과 관절 사이의 적응성 단축이 일어나 정상적인 관절가동범위를 감소시키는 것으로 알려져 있다[29]. 관절가동범위는 일상생활과 운동수행에 있어서 신체활동의 효율성을 높이는 가장 기초적인 체력요인의 하나이며[30], 근력, 평형성 등과 같은 체력요인들과 높은 상관관

계를 갖고 있어 운동 수행 능력을 증가시키는데 매우 중요하다고 보고되고 있다[31].

슬관절 부위의 상해에서 운동을 통한 관절가동범위를 유지시키는 것은 재활과정에서 매우 중요하며[32], 이한준 등[33]의 연구에서는 수술 후, 2주까지 완전한 각도의 신전이 이루어지지 않았을 경우, 후방 관절막의 위축과 대퇴 과간절혼의 유착으로 인해 완전신전 각도를 확보하는데 어려움이 따를 수 있다고 하였다.

Cho 등[34]과 김로빈 등[35]의 연구에서 전방보행 시, 속도의 증가에 따라 발목과 엉덩이관절의 각도는 증가하지만 무릎관절의 각도는 감소되며 그러나 무릎관절의 각도가 감소함에도 무릎에 전해지는 부하는 높은 것으로 보고하였다. 그러나 Katsavelis 등[36]의 연구에서는 후방보행 시, 무릎관절의 각도가 더 증가 하였다고 보고하였으며 이는 후방보행이 근육활동을 증가시켜 무릎관절의 움직임에 영향을 주기 때문이라고 하였다[14,37].

Gondhalekar 등[38]의 연구에서는 후방보행이 무릎의 관절가동범위에 긍정적인 유의한 효과를 나타내었다고 보고하였으나 이민현 등[39]의 연구에서 후방보행 시, 무릎의 굴곡과 신전의 가동범위가 전방보행과 큰 차이를 보이지 않았으며 이는 불안한 균형감으로 인하여 무릎의 완전신전이 이루어지지 않았기 때문이라고 보고하였다.

본 연구의 결과에서도 선행연구의 결과와 같이 슬관절의 굴곡 및 신전의 가동범위는 후방보행집단과 통제집단 간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 굴곡 가동범위에서 운동 전·후 두 집단 모두 유의한 차이를 보였으며 신전 가동범위에서는 후방보행집단에서만 운동 전·후 유의한 차이를 보였다. 이처럼 슬관절 굴곡 가동범위가 본 연구의 결과에서 감소된 것은 Christanell 등[40]의 연구결과와 주장과 동일하게 전방십자인대 재건술 후, 슬관절의 굴곡 가동범위가 수술 전보다 유의하게 감소되며 점진적으로 회복되다가 6주가 지나서야 수술 전 관절 가동범위와 비슷하게 회복하기 때문인 것으로 사료된다. 또한 신전 관절가동범위가 후방보행집단에서만 유의한 차이를 보인 것은 anti-gravity treadmill을 이용하여 불안감을 해소시켜 완전한 보행 패턴을 회복한 것이 그 원인으로 생각된다.

재활운동 중, 주변 신경근의 활성화를 위한 어느 정도의 통증 동반은 필연적이지만 지속적인 높은 통증은 재발 및 악화의 가능성이 높은 것을 의미하는 것으로 알려

져 있다[41].

Chaloupka 등[42]의 연구에서 슬개대퇴부의 통증이 있는 환자의 재활 시, 후방보행으로 통증과 부하를 감소시켰으며 Witvrow 등[43]과 배종진 등[44]의 연구에서 생체역학적으로 무릎의 통증을 줄이기 위해서는 단일관절운동과 복합관절운동을 결합한 이상적인 운동이 후방보행이라고 주장하였다. 또한 Flynn 등[45]과 Myatt 등[46]의 연구에서 후방으로 걸거나 뛰는 운동이 전방을 향하는 운동에 비하여 무릎관절에 가해지는 압력이 2배 정도 낮아 적은 통증으로 운동할 수 있다고 보고하였다.

본 연구의 결과에서 통증지수는 운동 전·후 후방보행 집단과 통제집단 모두 유의하게 감소되었으며 운동 후, 후방보행집단의 통증지수가 통제집단 보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 여러 선행연구의 결과에 부합하는 결과로써, 후방보행은 체중이 허리와 골반, 무릎, 발목 등에 수직으로 과도하게 부하되는 전방보행에 비하여 낮은 부하로 통증이 적은 상태에서 운동할 수 있음을 의미하며[3,45,46], 따라서 전방십자인대 재건술 후, 초기에 시행하는 후방보행 재활운동이 통증을 조절하는데 전방보행 보다 효과적인 것으로 사료된다.

전방십자인대는 무릎의 안정성과 고유수용성감각 유지에 매우 중요한 역할을 하며[47], 전방십자인대 손상 시에는 불안정성과 근력약화, 고유수용성감각에 부정적 영향을 주는 것으로 알려져 있다[48,49].

Corrigan 등[48]과 Mir 등[49]의 연구에서 무릎관절의 안정성을 위한 고유수용성감각 회복의 중요성을 주장하였으며, Henriksson[50]의 연구에서는 고유수용성감각 회복운동은 재건된 전방십자인대의 기능적 안정성과 무릎관절의 기능을 회복, 재발방지 등의 효과가 있다고 보고하였다. 또한, 고유수용성감각이 보행의 균형에 영향을 미치는데, 후방보행 훈련이 보행능력과 균형감을 회복하는데 더 효과적이라고 보고하였다[51].

본 연구의 결과에서 고유수용성감각은 두 집단 모두 운동 후에 유의하게 감소한 것으로 나타났으며 집단 간의 차이는 보이지 않았다. 이러한 결과는 여러 연구들에서 관절과 근육에 통증이 있을 경우, 고유수용성감각이 저하된다는 결과를 토대로[50,51], 본 연구의 결과에서 두 집단 모두 통증지수가 유의하게 감소되어 고유수용성감각 또한 긍정적으로 두 집단 모두 개선된 것으로 사료된다.

## 5. 결론

본 연구는 전방십자인대 재건술을 시행한 환자들에게 4주간의 후방보행을 포함한 재활프로그램을 실시하여 통증지수와 ROM, 고유수용성감각의 변화를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 슬관절의 굴곡( $p<.001$ )과 신전( $p<.05$ )의 ROM에서 운동 전·후 유의한 감소를 나타내었으나 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.
2. 통증지수는 통제집단( $p<.001$ )과 후방보행집단( $p<.001$ ), 모두에서 운동 전·후에 유의하게 감소되었으며 집단 간의 차이는 운동 후에 후방보행집단이 통제집단보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다( $p<.001$ ).
3. 고유수용성감각은 운동 전·후, 두 집단 모두에서 유의하게 감소하였으나( $p<.001$ ), 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

이상의 결과에서 후방보행을 포함하는 재활운동프로그램은 전방십자인대 재건술 초기재활 환자의 통증지수와 ROM, 고유수용성감각 개선에 긍정적인 효과가 있는 것으로 생각되며 이러한 결과를 전방십자인대 재건술을 시행한 환자들의 초기 재활운동프로그램으로 활용하여 빠른 회복을 도모할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 재활프로그램의 구성요인으로서의 후방보행에 대한 긍정적인 효과와 제한점 등이 지속적으로 연구되어야 할 것으로 사료된다. 이 연구에서는 실험대상자의 수가 적고 실험기간 중 일상생활을 통제함에 어려움이 있어 이 연구의 결과를 일반화하는데 제한이 있을 것으로 생각된다.

## References

- [1] "Number of gym club and number of member", Korea Council of Sport for all, 2012.
- [2] Nordin M, & Frankel V. H. "Basic biomechanics of the musculoskeletal system" Lea & Febiger, Philadelphia, 1982.
- [3] Yoon S. W. "Anterior cruciate ligament damage and rehabilitation exercise", Sport Science. 80(0), pp. 21-29, 2002.
- [4] Barry C. S, & Joan M. M. "The role of weight bearing in the clinical assessment of knee joint position sense", Australian Journal of Physiotherapy, 47(4), pp. 247-253, 2001.

DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60272-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60272-5)

- [5] Bilko T. E, Paulos L. E, Feagin J. A, Jr Lambert K. L, & Cunningham H. R. "Current trends in repair and rehabilitation of complete (acute) anterior cruciate ligament injuries", American Journal of Sports Medicine, 14(2), pp. 143-147, 1986. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354658601400209>
- [6] Smith F. W, Rosenlund E. A, Aune A. K, Maclean J. A, & Hills S. W. "Subjective functional assessments and the return to competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction", British Journal of Sports Medicine, 8(3), pp. 279-284, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2002.001982>
- [7] Giugliano D. N, & Solomon J. L. "ACL tears in female athletes. physical medicine and rehabilitation", Clinics of North America. 18(3), pp. 417-38, 2007.
- [8] Paulos L, Noyes F. R, Grood E, & Butler D. L. "Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair", American Journal of Sports Medicine, 9(3), pp. 140-149, 1981. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354658100900303>
- [9] Shelbourne K. D, & Nitz P. "Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction", American Journal of Sports Medicine, 18(3), pp. 292-299, 1990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354659001800313>
- [10] Kim J. K, & Jang J. H. "Differences in the recovery of muscular function in knee joint according to application time of exercise rehabilitation program after anterior cruciate ligament reconstruction", The Korea Journal of Sports Science, 21(2), pp. 1045-1058, 2012.
- [11] Lee I. S, Lim J. Y, Kin Y. S, Jung S. K, Han T. R, & Kim T. K. "New isokinetic parameters for the outcome assessment of accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction", The Korea Journal of Sports Medicine, 23(3), pp. 251-256, 2005.
- [12] Kim T. S, Kim S. H, & Hwang B. G. "Biomechanical for rehabilitation of the knee", The Journal of Korean Society of Physical Therapy, (12)2, pp. 239-247, 2000.
- [13] Goradia V. K, Rochat M. C, Kida M, & Grana W. A. "Natural history of a hamstring tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction in a sheep model", American Journal of Sports Medicine, 28(1), pp. 40-46, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/03635465000280011901>
- [14] Jo S. H, & Kim S. K. "The effect of depending on variations of speed in backward walking on lower extremities muscle", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 13(5), pp. 2199-2105, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.5.2199>
- [15] Thorstensson A. "How is the normal locomotor program modified to produce backward walking?", Experimental Brain Research, 61(3), pp. 664-668, 1986. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00237595>
- [16] Threlkeld A. J, Horn T. S, Wojtowicz G. M, Rooney J. G, & Shapiro R. "Kinematics, ground reaction force, and muscle balance produced by backward running", The Journal of Othopaedic and Sports Physical Therapy, 11(2), pp. 56-62, 1989.

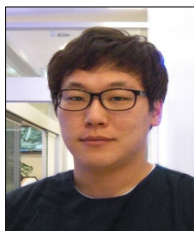
- DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1989.11.2.56>
- [17] Devita P, & Stribling J. "Lower extremity joint kinetics and energetics during backward running." *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(5), pp. 602-610, 1991.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-199105000-00013>
- [18] Flynn T. W, & Soutas-Little R. W. "Mechanical power and musculature during forward and backward running", *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(2), pp. 108-112, 1993.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1993.17.2.108>
- [19] Cynthia C, Norkin D, & Joyce W. "Measurement of joint motion", *A Guide to Goniometry*, 2011.
- [20] Akarcali I, Tugay N, Erden Z, Atay A, Leblebicioglu G, & Doral M. N. "Patellofemoral pain rehabilitation: outcomes of a home based program", *Journal of Arthroplasty Arthroscopic Surgery*, (12), pp. 56-60, 2001.
- [21] Gottlob C. A, Baker C. L, Jr Pellissier J. M, & Colvin L. "Cost effectiveness of anterior cruciate ligament reconstruction in young adults", *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (367), pp. 272-282, 1999.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00003086-199910000-00034>
- [22] Hooper T. L, Dunn D. M, & Props J. E. "The effect of graded forward and backward walking on heart rate and oxygen consumption", *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 34(2), pp. 65-71, 2004.
- [23] Delfico A. J, & Garrett W. E. Jr. "Mechanisms of injury of the anterior cruciate ligament in soccer players", *Clinics in Sports Medicine*, 17(4)779-485, 1998.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0278-5919\(05\)70118-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0278-5919(05)70118-6)
- [24] Cosgarea A. J, Sebastianelli W. J, & DeHaven K. E. "Prevention of arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction using the central third patellar tendon autograft", *The American Journal of Sports Medicine*, 23(1), pp. 87-92, 1995.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354659502300115>
- [25] Henriksson M, Rockborn P, & Good L. "Range of motion training in brace vs plaster immobilization after anterior cruciate ligament reconstruction : a prospective randomized comparison with a 2-year follow-up", *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(2), pp. 73-80, 2002.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.120203.x>
- [26] David J. M. "Jumper's knee", *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 11(4), pp. 137-141, 1989.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1989.11.4.137>
- [27] McArdle W. F, Katch F, & Katch V. "Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance", Philadelphia, 483-511, 2001.
- [28] Kim Y. H, Kim G. W, Min H. J, Yoon Y. S, Cho K. H, Kim D. Y, & Kim S. L. "Analysis of the factors that influence the range of motion after total knee Arthroplasty", *Knee Surgery & Related Research*. 11(1), pp. 20-25, 1999.
- [29] Kisner C, & Colby L. A. "Therapeutic exercise. foundations and techniques", Philadelphia, 61-108, 109-112, 1996.
- [30] Seo H. D, & Nam H. C. "The effect of treadmill backward walking training on knee joint muscle strength, thigh circumference, soft lean mass, flexibility and body fat mass", *Sports Science & Physical Therapy*, 2(1), pp. 53-59, 2006.
- [31] Park G. J. "Effect on flexibility of the body is agility", *The Journal of Korean Olympic Committee*, 103(0), pp. 44-47, 1971.
- [32] Kang S. Y. "General conceptions of physical therapy", *Human Science*, 8(12), pp. 23-30, 1984.
- [33] Lee H. J, & Park C. W. "Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction", *Knee Surgery & Related Research*, 23(2), pp. 69-79, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5792/jkks.2011.23.2.69>
- [34] Cho J. H, & Kim R. B. "Effect of the MBT shoes on lower extremity joints dynamics during walking", *Journal of Sports and Leisure Studies*, 48(2), pp. 825-834, 2012.
- [35] Kim R. B, & Cho J. H. "An analysis on the contribution of lower limb joint according to the gender and gait velocity". *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(2), pp. 159-167, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2013.23.2.159>
- [36] Katsavelis D, Mukherjee D. L, & Stergiou N. "Variability of lower extremity joint kinematics during backward walking in a virtual environment", *Nonlinear Dynamics Psychology and Life Sciences*, 14(2), pp. 165-179, 2010.
- [37] Winter D. A, Pluck N, & Yang J. F. "Backward walking, a simple reversal of forward walking?", *Journal of Motor Behavior*, 21(3), pp. 291-305, 1989.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00222895.1989.10735483>
- [38] Gondhalekar G. A, Deo M. V. "Retro walking as an adjunct to conventional treatment versus conventional treatment alone on pain and disability in patients with acute exacerbation of chronic knee osteoarthritis: a randomized clinical trial", *North American Journal of Medical Sciences*, 5(2), pp. 108-12, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.4103/1947-2714.107527>
- [39] Lee M. H, Son J. S, Kim J. Y, & Kim Y. H. "Biomechanical analysis of lower-limb joint during backward walking", *The Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 2011(6), pp. 1421-1422, 2011.
- [40] Christanell F, Hoser C, Huber R, Fink C, & Luomajoki H. "The influence of electromyographic biofeedback therapy on knee extension following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial", *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*, 4(1), pp. 41, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1758-2555-4-41>
- [41] Ji Y. S, Lee J. C, & Yang J. S. "The effect of rehabilitative exercise on musculoarticular functions and VAS in athletes with meniscus repair", *Journal of Coaching Development*, 8(4), pp. 209-218, 2006.
- [42] Chaloupka E. C, Kang J, Mastrangelo M. A, & Donnelly M. S. "Cardiorespiratory and metabolic responses during forward and backward walking", *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, (25)5: 302-306, 1997.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1997.25.5.302>
- [43] Witvrow E, Lysens R, Bellemans J, Peers K, &

Vanerstræten G. "Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain; a prospective, randomized study", *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5), pp. 687-694, 2000.

- [44] Bae J. J, Lee J. C, Han S. W, "The effect of backward walking on respiratory factor and VAS in the rehabilitation training for knee injury", *The Korean Journal of Physical Education*, 44(4), pp. 347-346, 2005.
- [45] Flynn T. W, & Soutas-Little R. W. "Patellofemoral joint compressive forces in forward and backward running", *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 21(5), pp. 277-282, 1995.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1995.21.5.277>
- [46] Myatt G, Baxter R, Dougherty R, Williams G, Halle J, Stetts D. & Underwood F. "The cardiopulmonary cost of backward walking at selected speeds", *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 21(3), pp. 132-8, 1995.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1995.21.3.132>
- [47] Oh S. J, Yang S. J, Ha J. K, Seo J. G, Choi J. Y, & Kim J. K. "Clinical article : the effectiveness of joint position sense test in evaluating the proprioceptive function after anterior cruciate ligament reconstruction", *The Korea Journal of Sports Medicine*, 29(2), pp. 83-88, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5763/kjism.2011.29.2.83>
- [48] Corrigan J. P, Cashman W. F, & Brady M. P. "Proprioception in the cruciate deficient knee", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 74(2), pp. 247-250, 1992.
- [49] Mir S. M, Hadian M. R, Talebian S, & Nasserri N. "Functional assessment of knee joint position sense following anterior cruciate ligament reconstruction", *British Journal of Sports Medicine*, 42(4), pp. 300-303, 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2007.044875>
- [50] Henriksson M, Ledin T, & Good L. "Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation", *The American Journal of Sports Medicine*, 29(3), pp. 359-366, 2001.
- [51] Hyun D. S, & Choi J. D. "The effects of backward walking with rhythmic auditory stimulation on gait and balance in patients with stroke", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 14(12), pp. 6237 -6245, 2013.

**문 대 형(Dae-Hyung Moon)**

[정회원]



- 2016년 3월 : 단국대학교 스포츠과학대학원 스포츠의학과(석사 졸업)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 선수촌병원 근무

<관심분야>

스포츠의학, 운동재활, 무릎손상

**오 두 환(Du-Hwan Oh)**

[정회원]



- 2012년 3월 : 단국대학교 대학원 스포츠의학전공(박사수료)
- 2010년 11월 ~ 현재 : DH웰리스 스포츠클리닉 대표
- 2010년 11월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방 재활학과 강사

<관심분야>

정형의학, 스포츠의학, 트레이닝방법

**장 석 암(Seok-Am Zhang)**

[정회원]



- 2000년 2월 : 한국체육대학교 대학원 스포츠의학전공(이학 박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 교수

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학

**이 장 규(Jang-Kyu Lee)**

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공(이학박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 강사

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학, 운동생리학