

전방십자인대 재건술 환자의 운동프로그램 참여 시기에 따른 등척성 근기능 비교

배창환 · 조성현 · 황보각¹

대구대학교 대학원 재활과학과, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

Comparison of the Isometric Myofunction on Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients according to the Time of Participation in Exercise Program

Chang-Hwan Bae, PT, MS, Sung-Hyoun Cho, PT, MS, Kak Hwang-Bo, PT, PhD¹

Major in Physical Therapy, Department of Rehabilitation Science, Graduate School of Daegu University

¹Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

<Abstract>

Purpose : This study is to investigate difference in the isometric muscular function of knee joints according to the time of participation in rehabilitation exercise in patients who had anterior cruciate ligament reconstruction.

Methods : The subjects of this study were patients by sports injury or accident in the sports rehabilitation center of G hospital. The early exercise program group (n=7) started functional ability exercise from 2 weeks after the surgery and the late exercise program group (n=7) from 6 weeks after the surgery. Statistical analysis was used repeated measure ANOVA to test mean difference by using SPSS 18.0 for windows.

Results : First, as to quadriceps femoris muscle according to the time of participation in exercise program, significant difference was observed according to interaction and time. Second, as to hamstring muscle according to the time of participation in exercise program, significant difference was observed in muscle strength according to time.

Conclusion : This results suggest that if the effect of exercise program is similar between the early starting group and the late starting group, it is not necessary to have a long period of fixation as in the late exercise program group but is desirable to start functional ability exercise early in order to relieve pains in the knee joints.

Key Words : Exercise program, Anterior cruciate ligament, Isometric myofunction

I. 서 론

스포츠 손상 중에서도 슬관절손상이 과거에 비해 많아지고 있으며, 슬관절 손상의 원인은 무리한 스포츠 활동 중에 발생하는 경향과 불의에 사고로 발생하는 경향이 많다. 슬관절 손상 중에서도 전방십자인대(anterior cruciate ligament, ACL)손상은 가장 흔한 손상으로 슬관절 과굴곡, 외전, 및 외회전에 잘 발생한다(이재식, 1994). 최근 조용진 등(2007)의 보고에 따르면, 10년간의 조사에서 17,397명의 환자에게서 있었던 19,530사례의 스포츠 손상을 분석한 결과, 슬관절 손상이 발생한 경우는 6,434명의 환자(37%)에서 7,769 사례의 손상(39.8%)이며 이 중에서 전방십자인대 손상이 약 20.3%로 가장 높고, 반월상 연골(14.5%), 내외측부인대(9%), 후방십자인대(0.65%)로 비교적 낮았으며, 운동과 손상의 관계를 보면 전방십자인대 손상은 축구(35%), 스키(26%), 핸드볼, 배구 등의 스포츠 종목 순으로 발생한다고 보고하였다.

전방십자인대는 슬관절에서 가장 중요한 구조물로써 경골의 전방 전위 검사시전위력에 대한 저항의 약 86%를 차지하고 회전의 축을 이루고 있어서 슬관절의 안정성을 유지하는 기능을 담당한다(민기식, 2004). 십자인대는 경골에 부착된 지점에 의해 전방십자인대와 후방십자인대로 붙여지게 된다. 전방십자인대는 경골의 전방내측 과간결절(intercondylar tubercle)과외측 대퇴골과의 안쪽 벽에 붙어 있다.

Shen과 Jorda(2007)의 연구에 의하면 전방 십자인대 길이는 31±3mm, 넓이 10±2mm, 두께 5±1mm, 부피 2.3±0.4mm로 알려져 있다. 개개인의 섬유속(fascicular)이 모여서 구성되고 있고 슬관절 굴곡위치에 따라 해당하는 인대의 일부가 긴장하여 그 안정성을 확보하며, 슬관절의 복잡한 기능을 수행할 수 있는 구조를 이룬다(Duthon 등, 2006).

전방십자인대 파열에 대한 치료방법으로 과거에는 보전적 치료나 1차 봉합 술이 시행되었으나 결과가 좋지 않았고 근래에는 전방십자인대 재건술이 가장 보편화된 치료 방법으로 시행되고 있다(Clancy 등, 1988). 하지만 수술을 통해 구조적 결합을 해결한다고 정상적인 슬관절 기능을 되찾는

것은 아니다. 전방십자인대 수술 후 슬관절의 부종은 필연적으로 발생하게 된다. 부종은 대퇴근 수축을 억제하는 작용을 하게 되고 장기간의 슬관절 부종이 지속되면, 근신경 억제 현상(neuromuscular inhibition)에 의하여 대퇴근의 위축을 초래한다(Spencer 등, 1984).

Shelbourne와 Nitz(1990)는 전방십자인대 재건술을 시행한 환자를 대상으로 수술 후 첫날부터 정상 보행을 하도록 하고 2주째 무릎의 관절가동범위를 100°까지 회복하며 근력향상 프로그램을 실시한 결과 수술 후 8주차 등속성 검사에서 환측 무릎의 근력이 70%에 도달하였다고 보고하였다. 이처럼 최근 전방십자인대 재건술 후 기능적 훈련방법이 더욱 빨라지고 다양하게 발전하였다.

Jenkins 등(1997)은 한쪽 전방십자인대가 결손된 환자들에서 슬관절을 30~60° 굴곡 시에 경골의 전방전위로 생긴 양측의 차이를 개방성 역동체인운동(isokinetic open kinetic chain exercise) 및 폐쇄성 역동체인운동(isokinetic close kinetic chain exercise)으로 측정하였으며, 그 결과 작은 각도의 슬관절 굴곡 위치의 개방성 역동체인 운동에서 전방 전단력이 증가하고 이것이 전방십자인대의 긴장을 증가시킨다고 보고하였다.

등척성 운동은 근육의 적절한 길이 변화나 눈에 보이는 관절의 움직임 없이 근육이 수축 할 때에 일어나는 정적인 운동의 한 형태이다(Davies, 1985). 근육에서 근력 및 근지구력 증가와 같은 적응성 변화가 일어난다면 적어도 6초 동안 등척성 수축이 저항에 대항해서 유지되어야 한다(Lehmkuhl와 Smith, 1983). Jurist와 Otis(1985)는 등속도 개방성 역동체인 운동장치의 저항패드의 위치를 변경함으로써, 전방 전단력과 경골의 전방전위를 조절할 수 있다고 하였다. 또한 Wilk와 Andrew(1993)는 낮은 속도의 등속(isokinetic speed)에서 경골의 전방전위가 있음을 발견하였다.

기능훈련을 통한 운동프로그램의 목적은 슬관절의 불안정성을 감소시켜 손상 이전의 활동을 할 수 있도록 하는 것임에는 변함이 없다. 전방십자인대 재건술 후 근력운동의 조기 허용은 이식건의 견고함과 주변구조물과의 적응에 따라 안정성이 이루어

졌을 때 실시되며, 관절 가동 범위확보와 점진적 체중부하 그리고 등척성 운동과 등속성 운동을 통한 슬관절 근력 강화 운동 등 근력운동 중심의 운동치료가 진행되는 것이 일반적인 원칙으로 알려져 있다(Zavetsky 등, 1994). 따라서 조기의 기능적 훈련 프로그램을 통하여 일반적인 보전적 치료보다 빠르게 손상전의 상태로 회복시켜 스포츠 활동 및 일상생활 활동에 도움을 주고자 한다(김려섭, 2007).

전방십자인대 재건술 후 운동 프로그램 참여 시기에 따른 2주와 8주 두 그룹의 슬관절 근 기능의 변화는 초기에 운동프로그램 참여가 후기 운동프로그램 그룹보다 근력의 증가를 보였다(김장규, 2009). 이에 따른 선행연구를 바탕으로 본 연구의 목적은 전방 십자인대 재건술을 받은 환자를 대상으로 운동프로그램 참여시기에 따라서 슬관절의 등척성 근 기능에 어떠한 차이가 있는지를 알아보는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 스포츠 손상이나 사고에 의해 전방십자인대 파열로 전방십자인대 재건술을 받고 G병원 스포츠 재활센터에서 운동치료를 하는 자를 대상으로 초기 운동프로그램군과 후기 운동프로그램군으로 나누었고 모든 피험자에게 자발적인 참여 여부를 확인하기 위하여 실험 동의서를 받았다. 피험자들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects

Group	(Mean±SD)	
	EEPG (n=7)	LEPG (n=7)
Gender	male : 4 female : 3	male : 3 female : 4
Age(yrs)	35.29±11.30	35.42±12.83
Height(cm)	168.57±4.41	174.71±4.11
Body weight(kg)	75.14±8.49	35.42±12.83
Body Mass Index (Kg/m ²)	24.01±2.21	24.63±1.74

EEPG: Early Exercise Program Group

LEPG: Late Exercise Program Group

연구 대상자의 일반적 특성에 대한 두 그룹 간 유의한 차이는 없었으며, 등분산성과 정규성을 만족하였다.

2. 실험방법

본 연구의 대상자들은 사전조사(일반적 특성, 슬관절 등척성 근력)를 실시한 후 초기 운동프로그램군(전방십자인대 재건술 후 2주부터 운동치료를 실시한 그룹: 7명)과 후기 운동프로그램군(전방십자인대 재건술 후 6주부터 운동 치료를 실시한 그룹: 7명)을 무선 배치하였다. 근력은 등척성수축(isometric contraction)으로 슬관절 30°에서 슬괵근(hamstring muscle) 근력 검사와 슬관절 70°에서 대퇴 사두근 근력 검사를 시행하였다. 1차 검사는 초기 운동프로그램군은 전방십자인대 재건술 2주 후, 후기 운동프로그램군은 6주 후에 실시하였다. 2차와 3차 검사는 초기 운동프로그램군은 전방십자인대 재건술 6, 10주 후, 후기 운동프로그램군은 10, 14주 후에 실시하였다.

1) 운동프로그램

운동프로그램은 D'Amato와 Bach, Wilk의 가속 기능적 훈련 프로그램과 의학적 훈련요법으로(MIT: Medical Training Therapy)으로 독일 및 유럽전역에서 사용하고 있는 운동 처방 시스템으로 사용하였고 운동프로그램은 총 4단계로 구성하였다. 운동프로그램은 8주 동안 주 3회 일일 1시간 실시하였다.

1단계 운동프로그램(0-2주)은 이식건의 고정과 염증을 조절하고 관절가동 범위는 완전 신전과 90°굴곡 각도를 유지한다. 체중부하는 초기에 2개의 목발로 체중 부하를 하고 7일 후 가능하면 목발 사용을 중지한다.

2단계 운동프로그램(3-4주)의 목표는 정상보행 회복, 완전운동범위 회복, 이식건의 고정보호, 기능적 활동을 준비하기 위한 근력, 지구력 고유수용성 감각기능 회복이다.

3단계 운동프로그램(5-8주)의 목표는 완전 관절운동 범위 회복, 하지근력 개선, 고유감각성 감각기능, 균형, 신경근육 조절향상이다.

4단계 운동프로그램(9-12주)의 목표는 하지 근력 강도의 정상화, 근력 및 근지구력 향상, 신경근육조절 개선, 선택적 스포츠 훈련 등이다.

2) 측정 도구 및 방법

등척성 근력 측정장비(Biodex system III, 미국)를 이용하여 무릎의 굴근력과 신전근을 측정하고, 측정 방법은 측정 하기 전 10분 정도의 준비운동을 실시한 후 등척성 근력 측정기기 의자에 앉아 슬관절과 Dynamometer tube 축에 90° 직각이 되도록 대퇴부위와 복부를 UBAX에 단단히 고정시킨 후 피험자의 운동범위를 결정하였다. 또한 하지의 무게가 슬



Fig. 1. Examined in 30° flexion



Fig. 2. Examined in 70° flexion

관절 최대우력에 영향을 주는 것을 막기 위해 중력토크 영향(gravity effect torque)을 측정하여 컴퓨터에 입력하였다. 검사 프로토콜은 30° 굴곡에서 슬관절 검사와 70° 굴곡에서 대퇴사두근 근력 검사로 총 3회 실시 하였다(Fig 1, 2). 각 세트마다 1분간의 휴식시간을 취하도록 하였다.

3. 자료 분석

모든 변인에 대한 평균과 표준편차를 산출하였다. 두 실험군의 등척성 근력에 대한 초기 검사, 2차와 3차 검사의 변화에 대해 알아보기 위해 반복측정 일원분산분석(repeated one-way ANOVA)을 이용하였다. 두 그룹 간의 비교를 위해 독립 표본 검정(independent t-test)을 실시하였고 시기의 차이는 대비검증을 하였다. 통계처리는 SPSS version 18.0을 사용하였으며, 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

III. 연구 결과

본 연구는 전방십자인대 재건술을 시행한 환자를 대상으로 운동프로그램 참여시기에 따라 초기 운동프로그램군(n=7), 후기 운동프로그램군(n=7)으로 나누어 8주간 운동프로그램 실시 후 슬관절 등척성근 기능에 미치는 효과를 알아보기 위한 것이며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 대퇴 사두근의 변화

초기 운동프로그램군(EEPG)과 후기 운동프로그램군(LEPG)의 운동프로그램 시기 및 그룹별 측정결과는 <Table 2>, <Table 3>와 같고 측정단위는 최대 등척성 근력치를 체중으로 나눈 값을 말한다 (peak torque/body weight).

대퇴 사두근의 경우 상호작용에서 유의한 차이를 나타내었다(F=8.782, p<.01). 그룹 간에는 유의한 차이는 없었지만, 시기에서는 유의한 차이를 나타내었다(F=49.814, p<.01). 초기 운동프로그램군의 시기별 차이는 첫 번째 측정과 두 번째 측정 간에는 96.67 ±42.02%에서 191.86±86.40%로 증가하였고, 두 번째

Table 2. Comparison of quadriceps femoris strength between groups and within intervention period on each group

Group	Mean±SD			p
	1st	2nd	3rd	
EEPG	96.67±42.02	191.86±86.40	239.26±98.82	a**
LEPG	171.74±30.55	199.72±31.70	233.62±32.69	b** c**

a: 1st vs 2nd ,b: 1st vs 3rd, c: 2nd vs 3rd **p<.01

Table 3. Results of within-subjects effect for quadriceps femoris

Source	SS	df	MS	F	p
Peroid	74187.699	2	37093.849	49.814	.000***
Group	2324.583	1	2324.583	.733	.409
Peroid× Group	13079.010	2	6539.505	8.782	.001***

***p<.001

측정간과 세 번째 측정 간에는 191.86±86.40%에서 239.26± 98.82%로 증가 하였고, 첫 번째 측정과 세 번째 측정 간에는 96.67±42.02%에서 239.26±98.82%로 증가하여 각 측정 간 유의한 차이를 나타내었다. 후기 운동프로그램군의 시기별 차이는 첫 번째 측정과 두 번째 측정 간에는 171.74±30.56%에서 199.72±31.70%로 증가하였고, 두 번째 측정간과 세 번째 측정 간에는 199.72±31.70%에서 233.69±32.69로 증가 하였고, 첫 번째 측정과 세 번째 측정 간에는 171.74±30.56%에서 233.69±32.69%로 증가하여 각 측정 간 유의한 차이를 나타내었다.

2. 슬괩근의 변화

초기 운동프로그램군(EEPG)과 후기 운동프로그램군(LEPG)의 운동프로그램 시기 및 그룹별 측정결과는 <Table 4>, <Table 5>와 같고 측정단위는 최대 등척성 근력치를 체중으로 나눈 값을 말한다 (peak torque/body weight).

슬괩근의 경우 상호작용과 그룹 간에는 유의한 차이는 없었지만 시기에서는 유의한 차이를 나타내었다(F=34.062, p<.01). 초기 운동프로그램군의 시기별 차이는 첫 번째 측정과 두 번째 측정 간에는

Table 4. Comparison of hamstring muscle strength between groups and within intervention period on each group

Group	Mean±SD			p
	1st	2nd	3rd	
EEPG	51.54±20.69	89.02±25.18	120.11±19.81	a**
LEPG	87.44±15.43	113.2±24.81	125.21±24.58	b** c*

a: 1st vs 2nd ,b: 1st vs 3rd, c: 2nd vs 3rd *p<.05, **p<.01

Table 5. Results of within-subjects effect for hamstring muscle

Source	SS	df	MS	F	p
Peroid	20028.429	2	10014.215	34.062	.000***
Group	1653.182	1	1653.182	5.708	.324
Peroid× Group	1692.063	2	846.032	2.878	.076

***p<.001

51.54±20.69%에서 89.02±25.18%로 증가하였고, 두 번째 측정간과 세 번째 측정 간에는 89.02±25.18%에서 120.11±19.81%로 증가 하였고, 첫 번째 측정과 세 번째 측정 간에는 51.54±20.69%에서 120.11±19.81%로 증가하여 각 측정간 유의한 차이를 나타내었다. 후기 운동프로그램군의 시기별 차이는 첫 번째 측정과 두 번째 측정 간에는 87.44±15.43%에서 113.22±24.81%로 증가하였고, 두 번째 측정간과 세 번째 측정 간에는 113.22±24.81%에서 125.21±24.58%로 증가하였고, 첫 번째 측정과 세 번째 측정 간에는 87.44±15.43%에서 125.21± 24.58%로 증가하여 각 측정간 유의한 차이를 나타내었다.

IV. 고 찰

전방십자인대 재건술의 일차적인 목적은 슬관절의 안정성을 확보하여 일상생활에 조기복귀가 가능하게 하는 것과 고강도의 스포츠 활동으로의 조기 복귀 여부가 중요시 되고 있다 (조우신 등, 2005; Kvist, 2004). 전방십자인대의 역할은 대퇴골에 대한 경골의 전방전위를 막고 대퇴골에 대한 경골의 내측회전과 경골의 과 신전을 제어하는 기능을 한다 (Odenstein 등, 1985).

전방십자인대 재건술 후 초기 불안정한 슬관절 상태에 따른 일정기간 보조기의 사용은 근육이 손실되어 근 위축을 초래하게 되는데 장시간 고정과 불 유동성은 대퇴부 근 혈류량을 떨어뜨리게 되고 고정부위의 저산소증을 유발 하게 되어 낮은 혈류량과 함께, 저항에 현저한 변화를 일으키게 된다 (Blomstrand 등, 1997). 염운석(2007)등의 연구에서도 전방십자인대 재건술 후 근력의 회복에서 수술 후 1년째 굴곡 근은 60°/sec에서 47.9%, 180°/sec에서 38.0%의 근력결손을 보였다.

Bilko 등(1986)은 1980년과 1984년에 이루어졌던 전방십자인대 연구들을 대상으로 수술 후 고정(immobilization)시간과 체중 부하시기, 대퇴 사두근 훈련과 같은 변인들을 비교한 결과 1984년의 기능 훈련이 1980년의 기능훈련에 비해서 고정기간이 줄어들었다. 근력운동 또한 1984년 기능훈련 프로그램에 등척성 운동이 빈번히 사용된 것을 알 수 있다.

장용우 등(1997)은 전방십자인대 재건 술을 실시했던 환자들을 대상으로 8주간의 기능훈련을 실시한 결과 2주째부터 88.8%의 근력향상을 보였다고 제시하였다. 이는 수술적 요법을 실시한 후 운동프로그램을 통해서 근력향상을 시킬 수 있다고 본다. 정현(2006)의 전방십자인대 재건술 후 12주간 기능훈련 프로그램이 각속도 60°/sec에서 측정된 최대근력 건축, 환축, 신전근, 굴근과 각속도 180°/sec에서 측정된 근 파워, 각속도 360°/sec에서 측정된 근지구력 모두 통계적으로 유의하게 높았다고 보고 하였고, 결손율 또한 환축 32.2%, 건축 4.11%로 수술 전과 비슷한 수준을 보였다고 하였다.

위의 선행연구와 같이 전방십자 재건술 후 초기 운동프로그램군과 후기 운동프로그램군 모두 그룹 간에는 유의한 차이는 없었으나 상호작용과 두 시기별로 근력에 유의한 차이가 나타났다. 이러한 유의한 차이는 초기운동프로그램군이나 후기 운동프로그램군의 기능훈련의 효과라 보이며, 비록 6주간 오랜 고정을 하였더라도 체계적인 운동을 통하여 슬관절 근력에 영향을 줄 것이라 사료된다. 또한 그룹 간 유의한 차이가 없는 것은 초기 운동프로그램군이나 후기 운동프로그램군 모두 물리치료와 기본적인 운동치료를 실시함으로써 기본적인 근력운동이 실시됨으로서 근력 증강 효과로 각 그룹간의 근력의 유의한 차이는 없는 것으로 생각되어진다.

대부분의 슬관절 전방십자인대 재건술 후 기능훈련 프로그램의 주제로 한 연구에서 수술 후 6개월째에 대퇴 사두근 근력은 19-44%의 저하를 보이고 슬괘근 근력은 10%미만의 저하를 보인다. 하지만 수술 후 1년째에 대퇴사두근의 근력은 약간 저하되어 있지만, 슬괘근의 근력은 정상화되고 있음을 보고 하였다(Keays 등, 2003; Henriksson 등, 2002; Wojtys 와 Huston, 1994; Risberg 등, 2001; Muellner 등, 1998). 김장규(2009)는 전방십자인대 재건술 후 기능훈련 프로그램이 참여시기에 따른 슬관절 근 기능 비교에서 후기 운동프로그램군과 같이 비록 재건술 후 운동프로그램 참여시기가 같진 않지만 8주 후부터 운동 프로그램에 참여한 경우 각 속도에서 측정된 최대근력 결과에서는 유의한 차이는 없었지만 1차 측정시보다 2차 측정 시에 증가하는 경향을

보였다. 위의 연구와 같이 초기 운동프로그램군의 각 시기별 근력 검사 시 많은 증가를 보였고, 후기 운동프로그램군 또한 시기별 근력 증가를 보였다.

본 연구의 제한점으로는 실험군의 운동프로그램 이외의 신체적 활동을 통제하지 못하였고 피험자의 생리, 심리적 요인을 동일하게 통제하지 못하였다. 그리고 U시에 위치한 G병원에서 전방십자 재건술을 시행한 환자만을 대상으로 선정하여 일반화하는데 제한점이 있었다. 따라서 슬관절의 등척성 근기능의 향후 연구에서는 이러한 점들을 착안하여 좀 더 슬관절의 다양한 질환과 변인 그리고 많은 대상자의 수를 실험하여 보다 더 객관적이고 과학적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

운동프로그램 참여 시기에 따른 슬관절의 등척성 근기능의 비교를 알아보고 운동 후 집단간 및 집단내에 상호 작용, 그룹간, 시기별 차이를 알아 보기 위한 본 연구의 결과를 토대로 한 결론은 다음과 같다.

첫째, 운동프로그램 참여시기에 따른 대퇴사두근의 결과에서는 상호작용($p < .001$)과 시기별($p < .001$)로 유의한 차이가 나타났고, 그룹간에는 유의한 차이가 없었다.

둘째, 운동프로그램 참여시기에 따른 슬괵근의 결과에서는 상호작용과 그룹에서 유의한 차이는 없었고, 시기별 근력에서 유의한 차이를 보였다($p < .000$).

이와 같은 결과로 미루어 볼 때, 초기 운동프로그램군과 후기 운동프로그램군이 같은 효과라면 후기 운동그룹과 같이 장시간 고정기간을 두지 말고 조기에 운동치료를 함으로서 대퇴부근력을 빠르게 회복시켜 슬관절 통증 경감, 슬관절 굴곡 구축 방지, 이식건의 인대화 촉진, 관절 연골 예방 등을 할 수 있다고 판단된다. 수술 후 조기에 보다 빠르게 기능적 운동치료를 함으로서 근력증강과 무릎의 안정성을 줄 수 있고 시간적, 경제적으로 도움을 줄 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 김려섭. 슬관절. 서울. 최신의학사. 2007.
- 김장규. 전방십자인대 재건술 후 재활운동프로그램 참여시기에 따른 슬관절 근기능의 비교. 국민대학교 대학원 석사학위 논문. 2009.
- 민기식. 전방십자인대 손상환자에 있어서 가정재활 운동의 효과. 서울대학교 대학원. 석사학위 논문. 2004.
- 이재식. 대한 축구선수의 슬 관절 굴신에 대한 등속성 근력분석. 한국체육학회지. 1994;33(3) 3368-74.
- 염운석, 조우선, 황지효 등. 전방십자인대 재 건술 후 근력의 회복. 한국체육학회지. 2007; 25(1):106-10.
- 조우신, 설의상, 김민영 등. 전방십자인대 재건술 후 스포츠 재활 운동의 효과. 대한스포츠의학회지. 2005;15(2):241-5.
- 조용진, 최충혁, 김중현 등. 퇴행성 슬관절염 환자에서 전방십자인대 기능 보존 여부에 따른 내측 경골 고평부의 관절 연골 마모양상. 대한 정형외과 학회. 2007;42(2):340-4.
- 장용우, 권양기, 김유섭. 전방십자인대 상해 환자의 근 기능 개선을 위한 등속성운동의 효과. 대한스포츠의학회지. 1997;15(2):235-45.
- 정현. 전방십자인대 재건 술 후 초기재활운동프로그램이 슬관절 근 기능에 미치는 영향. 경기대학교 대학원 석사학위논문. 2006.
- Bilko TE, Paulos LE, Feagin JA. Current trends in repair and rehabilitation of complete(acute) anterior cruciate ligament injures: Analysis of questionnaire completed by ACL study group. Am J Sports Med. 1986;14(2):143-7.
- Blomstrand E, Radegran G, Saltin B. Maximum rate of oxygen uptake by human skeletal muscle in relation to maximum activities of enzymes in the Krebs cycle. J Physiol. 1997;501(2):455-60.
- Clancy WG, Ray JM, Zoltan DJ. Acute tears of the anterior cruciate ligament: Surgical versus conservative treatment. J Bone Joint Surg. 1988;70(10): 1483-8.
- Davies GJ. A Compendium of isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Technique. 2nd ed. La

- Crosse, WI. S & S Publishing. 1985.
- Duthon VB, Barea C, Adrassart S et al. Anatomy of the Anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):204-13.
- Henrikson 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. *Scand J Med Sci Sports.* 2002;12(2): 73-80.
- Jenkins WL, Munns SW, Jayaraman G et al. A measurement of anterior tibial displacement in the closed and open kinetic chain. *J Ortho Sports Phys Ther.* 1997;25(1):49-56.
- Jurist KA, Otis JC. Anteriorposterior tibio- femoral displacements during isometric extension efforts. The roles of external load and knee flexion angle. *Am J Sports Med.* 1985;13(4):254-8.
- Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe P et al. The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res.* 2003;21(2): 231-7.
- Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury. Current recommendations for sports participation. *Sports Med.* 2004;34(4):269-80.
- Lehmkuhl LD, Smith LK. *Brunnstrom's Clinical Kinesiology.* 4th ed. Philadelphia. FA Davis. 1983.
- Muellner T, Alacamlioglu Y, Nikolic A et al. No benefit of bracing on the early outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6(2):88-92.
- Odenstein M, Lysholm J, Gillquist J. The course of partial anterior cruciate ligament ruptures. *Am J Sports Med.* 1985; 13(3):183-6.
- Risberg MA, Mork M, Jenssen HK et al. Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001; 31 (11):620-31.
- Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstrucion. *Am J Sports Med,* 1990;18(3):292-9.
- Shen W, Jorda S. Review article: Anatomic double bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res.* 2007;15(2): 216-21.
- Spencer JD, Hayes KC, Alexander IJ. Knee joint effusion and quadriceps reflex inhibition in man. *Arch Phys Med Rehabil.* 1984;65(4):171-7.
- Wilk KE, Andrews JR. The efforts of pad placement and angular velocity on tibial displacement during isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;17(1):24-30.
- Wojtys EM, Huston LJ. Neuromuscular performance in normal and anterior cruciate ligament deficient lower extremities. *Am J Sports Med.* 1994;22 (1):89-104.
- Zavetsky AB, Beard DJ, O'Conner JJ. Cruciate ligament loading during isometric muscle contractions. *Am J Sports Med.* 1994;22(3):418-23.

부록 1. 단계별 운동프로그램 내용

1. 1단계 운동프로그램

준비 운동	
1) 상체 자전거운동	10분
2) 스트레칭	15초/2세트
3) 관절 가동술 (무릎의 최대신전 개선과 90° 굴곡 개선)	능동적 : 벽 미끄러지기 수동적 : 경골 전방구름개선 슬개골 구름 개선 경골 후방구름개선
본 운동	
1) 밸런스 운동	1분/2세트
2) 대퇴부 근력 등척성 운동	6초유지/10번/2-3세트
3) 하지직거상운동-대퇴사두근	2초유지/25-30회/2-3세트
4) 하지직거상운동-내측광근	2초유지/25-30회/2-3세트
5) 하지직거상운동-슬괵근	2초유지/25-30회/2-3세트
6) 하지직거상운동-외측광근	2초유지/25-30회/2-3세트
7) 복근 운동	2초유지/25-30회/2-3세트
8) 척추기립근운동	2초유지/25-30회/2-3세트
마무리 운동	
1) 상체 자전거운동	5분
2) 스트레칭	15초유지/1세트
3) 아이싱	10분

2. 2단계 운동프로그램

준비운동	
1) 자전거 운동	10분
2) 스트레칭	15초/2세트
3) 관절가동술 무릎의 최대신전과 90°-125° 굴곡 개선	능동적 : 벽 미끄러지기 수동적 : 경골 전방구름개선 슬개골 구름 개선 경골 후방구름개선
본 운동	
1) 밸런스 패드운동	20-50회/2세트
2) 밸런스 보드운동	2분/2세트
3) 췌기에서 밸런스 운동(대퇴사두근과 슬괵근)	1-3kg/30-35회/2세트
4) 카프 레이즈운동	2초/20-30회/2-3세트
5) 토우 레이즈운동	2초/20-30회/2-3세트
6) 어딕터 운동	kg/15회-20회/2-3세트
7) 복근운동	2초/20회-30회/2-3세트
8) 배근 운동	2초/20회-30회/2-3세트
9) 미니스쿼트 운동	kg/20회/2-3세트
마무리 운동	
1) 스텝퍼	5분
2) 스트레칭	15초/1세트
3) 아이싱	10분

3. 3단계 운동프로그램

준비 운동	
1) 자전거 운동	10분
2) 스트레칭	15초/1세트
본 운동	
1) 밸런스 패드운동	20-50회/2세트
2) 밸런스 보드 스쿼트운동	2분/2세트
3) 췌기에서 밸런스 운동	1-3kg/35회/2세트
4) 한발 카프레이즈 운동	2초/20-30회/3-4세트
5) 토크레이즈 운동	2초/20-30회/3-4세트
6) 어덕터 운동	kg/15-20회/3-4세트
7) 복근 운동	2초/20-30회/3-4세트
8) 배근 운동	kg/15-20회/3-4세트
9) 런지 운동	kg/25-20회/3-4세트
10) 레그컬 운동	kg/10-15회/3-4세트
11) 레그익스텐션 운동 각도범위 90°-60°	kg/10-15회/3-4세트
12) 앞옆 계단 오르기	2분/1세트
마무리 운동	
1) 스텝퍼 운동	5분
2) 스트레칭	15초/1세트
3) 아이싱	10분

4. 4단계 운동프로그램

준비 운동	
1) 트레이드 밀	10분
2) 스트레칭	15초/1세트
본 운동	
1) 밸런스 운동	50회/2set
2) 밸런스 보드에서 스쿼트운동	20회/2세트
3) 트랜폴린 한발 점핑운동	100회/2세트
4) 런지 운동	1-4kg/20회/3-4세트
5) 어덕터 운동	kg/20회/3-4세트
6) 복근 운동	2초/20-30회/3-4세트
7) 배근 운동	2초/20-30회/3-4세트
8) 레그프레스 운동(한발)	kg/15회/3-4세트
9) 사이드 스텝운동	2분/2세트
10) 사다리 운동	2분/2세트
11) 랫 풀 다운운동	kg/12회/3-4세트
마무리 운동	
1) 스텝퍼 운동	5분
2) 스트레칭	15초/1세트
3) 아이싱	10분