

앞십자인대 재건술 후 토구를 이용한 불안정한 표면에서 운동과 안정된 표면에서 운동 시 하지 근활성도와 균형의 비교

임 창 훈

강릉영동대학 물리치료과

Comparision of the Muscle Activity and Balance of Lower Extremities in Exercise Using TOGU on the Unstable Surface and Stable Surface after Reconstruction of the ACL

Chang-hun Lim, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Gangneung Yeongdong College

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study is to provide an efficient and basis for muscle activity of Quadriceps muscles and balance in anterior cruciate ligament reconstruction patients through unstable surface exercise and stable surface exercise.

Methods : This study included 30 anterior cruciate ligament reconstruction patients belonging to A hospital and D orthopedic surgery clinic of province who attended the program for 30 minutes at a time and three times a week for 4 weeks. Of these 15 attended the unstable surface exercise program and 15 the stable surface exercise program. To increase muscle activity (%MVIC) and balance (WPL), the unstable surface exercise.

Results : The %MVIC of lower extrmity muscle(RF, VL, VM) increased from before training to after training in the case of the participants who performed the unstable surface exercise, and the whole path length (WPL) decreased from before the training to after the training($p<.05$).

Conclusion : In conclusion, unstable surface exercise program helps to improve the balancing ability and muscle activity in a anterior cruciate ligament recunstruction patients who requires both muscle activity and balance than stable surface exercise program.

Key Words : Anterior cruciate ligament reconstruction, Unstable surface exercise, Stable surface exercise, Somatosensory Exercise.

I. 서 론

현대사회의 일반인들은 생활체육활동이나 교통사고로 인한 신체의 손상을 많이 경험한다. 다양한 신체의 손상 중에 무릎관절의 앞십자인대 파열은 흔하면서도 일상생활에 심각한 장애를 유발시키는 손상 중에 하나로 관절가동범위의 감소, 무릎관절의 불안정성, 넓다리근갈래 근육의 위축 및 근력약화를 초래하게 된다. 그리고 치료가 제대로 이루어지지 않으면 골관절염과 같은 이차적인 후유증을 유발시키게 된다(Anold 등, 1979; Haim 등, 2006; Frank, 1996).

무릎관절은 정적 및 동적 상황이 발생했을 때 몸통의 체중을 직접적으로 받으며 지면으로부터 발생하는 반발력에 대해 자세동요에 대해 골반과 발목을 준비시키는 관절이다(Aruin와 Latash, 1995). 다양한 상황에서 신체의 기능적 안정성을 유지하기 위해서는 허리와 무릎관절의 안정성이 우선되어야 하며, 약화가 있을 때는 강화시켜야 한다고 알려져 있다(Panjabi, 1992). 무릎관절의 안정성이란 중립지대(neutral zone)를 유지하는 안정화체계(stabilizing system)이며, 수동 하부체계(passive subsystem)과 능동 하부체계(active subsystem), 그리고 신경 하부체계(neural subsystem)가 서로 유기적인 상호작용에 의해 유지된다고 하였다(Marshall와 Murphy, 2005). 수동 하부체계는 대퇴골과, 반월판, 무릎관절, 관절낭, 인대들이며 이러한 조직은 관절가동범위의 끝에서 운동을 구조적으로 제한하여 손상방지를 한다. 능동 하부체계는 무릎관절 주위의 근육과 건의 활동으로 생리적인 안정성을 제공하고 관절에 부하되는 충격을 감소시키며 국소근육(local muscle)의 활동으로 관절가동범위 중간범위에서 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 신경 하부체계는 고유수용성 감각이 중추신경계로 정확한 정보를 전달되는 신경적 안정화(neural stabilization)이다. 무릎관절의 안정성은 세 가지의 요소가 서로 유기적으로 상호작용 되어 이루어진다고 할 수 있다. 그래서 이러한 요소가 균형과 협응 능력 그리고 근력에 영향을 미치므로 무릎관절 손상 시 충분한 치료가 이루어지지 않으면 이러한 상호작용의 균형이 무너져 기

능장애가 유발되는 것이다. 무릎관절의 앞십자인대 파열의 경우 나타나는 후유증은 무릎관절의 기능장애에 문제뿐만 아니라 무릎관절 주위에 있는 근육, 힘줄, 관절 수용기에서 오는 정보의 활동을 억제하여 근력이 회복된 이후에도 일상생활활동 시에 기능제한을 일으키는 원인 중 하나이다. 이는 무릎관절에 감각되먹임 감소를 유발하여 무릎관절 운동 시 협응 운동이 감소된 움직임으로 나타나게 된다(조종현과 박원하, 1999).

일반적으로 앞십자인대 재건술 후 근력강화를 위한 운동은 약화된 근력을 회복함으로써 일상생활에서 무릎관절 사용이 비교적 자유롭게 만들어 준다. 하지만 균형능력, 즉 고유수용기로부터 전달되는 감각정보는 부적절하여 재 손상의 확률이 많아지게 된다.

균형이란 기저면(base of support, BOS) 내에서 중력중심(center of gravity, COG)을 조절하고 유지하여 자세 안정성(postural stability)을 다양한 동작이나 운동 시에 지속적으로 유지하는 능력이다. 그리고 균형조절능력은 근골격계와 체성감각계로부터 정보를 말초신경과 중추신경계로의 전달로 적절한 상호작용이 필요하게 된다. 이러한 상호작용 관계는 선형적 자세조절로 다양한 스포츠 활동이나 의식하지 못하는 갑작스러운 자세변화에 균형능력을 유지할 수 있는 것이다. 대부분의 연구에서 앞십자인대 재건술 후 효과적인 근력강화를 위한 논의는 많았지만, 최근에 들어 고유수용감각에 대한 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 앞십자인대 파열 후 오랜 기간 동안 무릎관절을 고정하는 문제로 인하여 고유수용성 결핍이 존재한다고 보고하였으며(Barrack 등, 1990), 이러한 고유수용성 감각의 결여는 관절에 대해 직접적으로 근육반사의 안정성 전달의 중요한 신경적 되먹임이 제공되지 않는다고 하였다(Kennedy 등, 1982). 그래서 앞십자인대 재건술 후 근력을 회복한 환자들은 근력을 회복하여 일상생활은 비교적 가능하지만 신경적 안정화의 부족으로 스포츠 활동과 같은 갑작스러운 자세변화에서의 대처능력이 떨어진다.

이와 같은 이유로 앞십자인대 재건술 후 근력을 회복한 환자들을 대상으로 신경적 되먹임을 향상시

앞잡자인대 재건술 후 토구를 이용한 불안정한 표면에서 운동과 안정된 표면에서 운동 시 하지 근활성도와 균형의 비교

키고 체성감각 활성화를 위한 방법으로 비교적 물리치료실에서 사용하기 쉽고 가격도 저렴한 기구인 TOGU를 이용하여 불안정한 표면을 만들어 체성감각을 입력시키는 방법을 사용하였다. 그래서 불안정한 표면에서의 감각입력 근력운동이 체성감각을 고려하지 않은 고정된 표면에서 근력운동을 실시한 그룹과의 비교를 통해 하지근육 근활성도와 균형에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 듣고 자발적으로 실험에 동의한 강릉시 소재 A 병원과, D 정형외과에서 앞잡자인대 재건술 후 8주 경과한 환자들을 대상으로 하였으며, 60o/sec 각속도에서 Cybex (Lumex, 미국)로 측정된 근력이 정상쪽과 비교하여 80% 이상의 환자들로 하였고, 내·외과적 다른 질환이 없는 환자들을 대상으로 하였다. 불안정 표면 운동 그룹(실험군) 15명과 고정된 표면 운동 그룹(대조군) 15명을 무작위 선정 하였으며, 연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험 방법

본 연구는 실험기간 동안 실험군은 불안정한 표면에서 운동을 하였고, 대조군은 고정된 표면에서 운동을 중재하였다. 4주 동안 주 3회, 1회 운동 시 30분간 운동을 적용하였다. 본 연구에서 제공된 체성감각 훈련 프로그램은 채정병과 이문환(2010)이 제시한 Janda와 Va Vrova(1996)의 감각운동훈련 프로그램을 수정한 내용을 참고하여 사용하였으며, 실험군과 대조군에게 똑같이 적용하였지만 실험군의 경우에는 체성감각 입력은 다이내믹 에어쿠션(Dynairball cushion Senso, TOGU, 독일)을 이용하여 체성감각 입력을 제공하였다. 운동 프로그램은 정적 및 동적 그리고 기능적 단계에서의 자세 변화를 통해 기저면과 체중심의 변화를 제공하였다. Lewit(2007)는 운동계는 체성감각, 전정감각, 그리고 말초로부터의 시각적 구심성 자극에 의존해 이루어진다고 하였으며, 체성감각의 구심성 정보의 입력은 발바닥, 목, 그리고 요추부(골반 포함)의 환경에 의존한다고 하였다.

따라서 본 연구자는 첫 번째 단계인 정적단계에서는 안정된 표면과 불안정한 표면을 이용하여 선 자세에서 체중심의 이동을 유도하여 두 그룹을 비교하였다. 불안정한 표면에서 체성감각입력 운동의 원리는 원위부의 운동성을 위한 근위부 안정성의

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Cont. Group(n=15)	Exp. Group(n=15)	t	p
Age (Years)	25.62±.72 ^a	24.85±.42	.42	.53
Height (cm)	179.53±4.49	177.28±2.41	1.28	.39
Weight (kg)	75.43±3.01	72.253.61	2.48	.18

a: Mean±SE, p<.05

Table 2. Center of mass change exercise program

Stage	Surface	Exercise
Static stage	Cont. Group	Weight shift Exercise(Ant. Post. Lt. Rt)
	Exp. Group	
Dynamic Stage	Cont. Group	Upper extremity: Flex. Exten. Abd. Add. Lower extremity: Step
	Exp. Group	
Functional stage	Cont. Group	Gait, Squat, Trunk flexion
	Exp. Group	



Fig 1. Unstable surface exercise

원리이며, 이때 적절한 발의 위치, 골반 및 무릎, 목, 허리의 고유수용기들의 활성화를 유도할 수 있으며, 체중심의 이동과 흔들림은 자동 자세조절 반응을 이끌어 낼 수 있다(Table 2).

두 번째 단계인 동적단계에서는 안정된 표면과 불안정한 표면을 이용하여 선 자세에서 골반의 안정화를 유지한 상태로 상지와 하지의 전방 움직임을 통해 체중심의 이동을 유도하였으며, 하지 근육의 원심성 근 활동과 자세조절의 선행적 근 안정화 기능을 촉진하고자 하였다.

마지막으로 세 번째 단계인 기능적 단계에서는 걷기, 쪼그려 앉기, 체간의 전방 굴곡을 통한 하지의 체중심 이동을 통해 하지의 단련 사슬 운동을 제공하고자 하였다(Frank 1996)(Fig 1).

3. 측정 도구

1) 표면 근전도 시스템

하지의 근활성도를 측정하기 위해 MP100 표면 근전도 시스템(Biopack system Inc, 미국)을 사용하

였고 측정 시 전환된 디지털 신호는 노트북에서 Acgknowledge 3.91 소프트웨어를 사용하여 측정결과를 얻었다. 신호의 표본 추출률은 1,024 Hz로 설정하였으며 잡음을 최소화하기 위해 대역 여과 필터 60 Hz를 사용하였고 대역 통과 필터는 10~450 Hz를 사용하였다. 수집된 신호는 RMS (root mean square) 처리를 하였다. 각 근육들의 활동전위를 표준화하기 위해 맨손근력검사 자세에서 최대 등척성 수축 시의 근활성도를 측정하여 최대근력(maximal voluntary isometric contraction)를 측정 하였고 대상 근육들의 근활성도 측정을 위하여 5초동안 3번의 자료값을 측정한 후 초기와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 일반화 하여 사용하였다. 근활성도는 처음 운동 프로그램을 시작하기 전에 측정하였고, 4주 후 운동 프로그램을 마친 후 최대 등척성수축을 하는 동안 수집된 값으로 정량화한 %MVIC (percentage of maimal voluntary isometric contraction)로 기록하였다.

2) 전극 부착 부위

본 연구에 사용한 근전도 전극은 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리뒤근에 부착하여 근활성도를 측정하였다. 근전도 측정하기 전에 표면근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위하여 부착부위의 털을 제거하고 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거한 후, 소독용 알코올로 피부를 깨끗이 하였다. 전극의 부착부위는 각 근육에 따라 최대 저항을 줄 수 있는 자세를 취한 후 도수 저항을 적용하여 최대로 수축시켜 가장 활성화되는 부위인 근복(muscle belly)에 최종적으로 표시하여 양극전극을 부착하고 음극전극을 접지전극(ground electrode)은 손목에 부착하였다.

3) 균형 측정 시스템

측정시간 동안 신체 압력중심(center of pressure, COP)의 총 궤적거리(whole variation length)를 정밀하게 측정하기 위해 GAITVIEW PRO 1.0(알푸스, 한국)를 이용하여 시각을 이용한 균형을 최소화 하기위해 안대를 적용하여 30초 동안 한발서기로 정적 상태를 유지한 결과를 기록하였다. 3회 반복 측

앞십자인대 재건술 후 토구를 이용한 불안정한 표면에서 운동과 안정된 표면에서 운동 시 하지 근활성도와 균형의 비교

정하여 측정값을 평균으로 기록하였다.

4. 자료 분석

본 연구는 체성감각 운동군 15명과 대조군 15명을 대상으로 측정하였으며, 수집된 자료는 SPSS for windows(version 12.0)을 이용하여 통계 분석을 실시하였다. 대상자의 나이, 몸무게, 키는 기술적 통계 방법을 사용하였고, 실험군과 대조군의 실험 전, 후 유의성 검정은 대응표본 검정(paired t-test)를 하였고, 두 군 간 유의성 검정은 독립표본 t-검정(independent t-test)을 시행하였다. 통계적 유의수준은 .05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 불안정한 표면에서 운동 그룹과 고정된 표면에서 운동 그룹 간 근활성도 전·후 비교

그룹 간 운동 전·후 근활성도는 넵다리골근의 경우 실험군은 운동 전 33.54±5.47에서 운동 후 41.18±4.65로, 대조군은 운동 전 31.78±3.41에서 운동 후 36.72±4.53로 나타났으며, 실험군과 대조군 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 안쪽 넓은근의 근활성도는 실험군은 운동 전 22.77±4.96

에서 운동 후 36.419.54로 나타났으며, 대조군은 운동 전 21.16±5.78에서 운동 후 34.24±7.78로 나타났으며, 실험군과 대조군 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 그리고 가쪽넓은근의 근활성도는 실험군은 운동 전 28.44±3.61에서 운동 후 37.04±8.45로 나타났으며, 대조군은 운동 전 26.57±4.79에서 32.17±9.97로 나타났으며, 실험군과 대조군 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 하지만 넵다리뒤근의 경우에는 실험군의 근활성도가 운동 전 21.46±6.21에서 운동 후 28.78±6.39로 평균값이 증가하였고, 대조군은 운동전 20.47±4.28에서 24.49±2.45로 평균값이 증가하였지만 실험군과 대조군 모두 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05)(Table 3).

2. 불안정한 표면에서 운동 그룹과 고정된 표면에서 운동 그룹 간 총 궤적길이 전·후 비교

그룹 간의 운동 전·후 정적 균형능력 비교는 눈을 감고 앞십자인대 재건술을 시행한 쪽의 한발 서기에서 실험군의 총 궤적길이(WPL)는 운동 전 2733.41±441.21mm에서 운동 후 1938.14±351.42mm로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 대조군의 경우는 총 궤적길이(WPL)는 운동 전 2547.25±486.64mm에서 운동 후 2354.14±449.52mm로 평균값은 줄었지만 통계적으로 유의하지 않

Table 3. Comparison of muscle activity of each group

(Unit: %MVIC)

Muscle	Cont. Group		t	p	Exp. Group		t	p
	Pre-test	post-test			Pre-test	post-test		
RF	31.78±3.41a	36.72±4.53	7.68	.02	33.54±5.47	41.18±4.65	9.49	.01
VM	21.16±5.78	34.24±7.78	4.87	.04	22.77±4.96	36.4±19.54	5.21	.04
VL	26.57±4.79	32.17±9.97	5.94	.02	28.44±3.61	37.04±8.45	8.64	.02
HS	20.47±4.28	24.49±2.45	1.15	.21	21.46±6.21	28.78±6.39	2.03	.17

RF: rectus femoris, VM: vastus medialis, VL: vastus lateralis, HS: hamstring, a: Mean±SE, p<.05

Table 4. Comparison of whole variation length of each group

(Unit: mm)

	Cont. Group		t	p	Exp. Group		t	p
	Pre-test	post-test			Pre-test	post-test		
WPL	2547.25±486.64 ^a	2354.14±449.52	2.25	.12	2733.41±441.21	1938.14±351.42	6.52	.02

a: Mean±SE

p<.05

았다(Table 4).

IV. 고 찰

본 연구에서는 4주간의 체성감각 운동이 기존의 근력운동과 비교했을 때 하지 근활성도와 균형에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

앞집자인대 재건술 후 슬관절의 기능적 안정성을 증가시키기 위한 많은 연구가 진행되었다. 초기의 치료로는 석고고정으로 무릎관절을 고정시키는 치료에서 기능성 보조기의 사용, 물리치료와 여러 가지 운동치료 프로그램의 많은 도입이 되어왔다.

본 연구는 앞집자인대 재건술을 실시한 환자의 재활과정에서 운동을 실시할 때 기존의 고정된 표면에서의 근력강화운동을 불안정한 표면에서 운동하였을 때 하지에서의 근활성도와 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. Majors과 Woodfin (1996)은 앞집자인대 재건술 후 근력운동을 조기에 실시해야만 이식근의 견고함과 주변 구조물과의 적응에 따른 해부학적 안정성이 조속히 이루어지고 점진적 체중부하, 등속성 근력운동을 단계적으로 실시해야 한다고 보고하였다. 조우신 등(2005)도 복합적인 4단계의 운동치료 프로그램을 통해 넙다리내갈래근의 근력향상에 우수한 결과를 보았다고 하였다. 그리고 Insall(1984)은 무릎관절 운동 시 열린운동시슬 운동보다 저항을 정강뼈 거친면 상부 저항하에 시행하면서 닫힌열린사슬 운동을 강조하여 넙다리내갈래근과 넙다리뒤근의 동시수축을 유발하여 앞집자인대에 가해지는 부하를 줄이는 운동을 제한하였다. 본 연구에서도 점진적 체중부하 운동 후 두 그룹 모두 근활성도의 증가를 나타내어 선행연구의 결과와 일치하였다. 하지만 본 연구에서는 실험기간이 짧아 %MVIC 값의 향상 정도가 적게 나타났다. 이렇듯 앞집자인대 재건술 후 대부분의 운동이 근력강화를 위한 운동방법에 대한 연구는 많이 있었다. 하지만 Barrack 등(1990)의 연구에 의하면 앞집자인대 파열 후 재건술 시행 후에 오랜 기간 동안 무릎관절을 고정하는 문제로 인하여 고유수용성 결핍이 존재한다고 보고하였으며, 근육반사의 안정성 전달의 중요한 신경적 되먹임이 제공되지 않는다고

하였다(Kennedy 등, 1982). 고유수용성 감각의 결손은 스포츠 활동과 같은 갑작스러운 상황에서 관절의 적절한 위치, 근육의 적절한 긴장도와 길이조절의 능력이 줄어드는 것이다(Laurie, 2008).

체성감각 정보는 경사지나 불안정한 면에서 있을 때 또는 걸을 때 증가한다. 그래서 본 연구의 운동 프로그램도 이와 같은 조건을 만들어 시행하였다. 발바닥 접촉면의 변화는 발에 있는 피부의 기계적 수용기 뿐만 아니라 관절수용기, 근육수용기로의 감각입력을 변화시키고 이러한 수용기에 의해 자세반응이 유도되며 신경과 근육의 활성화에도 영향을 미친다고 하였다(배영숙 등, 2009). 최근 체성감각 운동훈련으로 유발되는 자세의 중심조절과 신경 적응성은 비 침습적 전기 생리학과 뇌 이미징 기술을 이용하여 확인되었다(Schubert 등, 2008). 또한 체성감각 운동훈련이 운동선수뿐만 아니라 환자와 성인과 어린이의 자세조절 향상에 유익하다고 밝혀졌다(Myer 등, 2006). 그래서 본 연구에서는 실험군과 대조군의 근활성도를 알아보기 위해 MP100 표면근전도 시스템으로 정밀하게 측정된 결과 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 경우 불안정한 표면에서 운동한 그룹이 고정된 표면에서의 그룹보다 평균값이 높았으며, 통계적으로도 유의하게 높게 나타났다. 총궤적길이의 결과에서 유의하게 나타나 균형능력도 향상되었음을 알 수 있었다. 그래서 앞집자인대 재건술 후 근활성도와 균형능력을 향상시키기 위해서는 체성감각을 활성화하기 위해 불안정한 표면에서 운동하는 것이 보다 효과적인 운동이 된다고 확인할 수 있었다. 넙다리뒤근의 경우는 통계적으로 유의하지 않았다. 하지만 무릎관절에서 체중부하 시 넙다리뒤근의 역할은 정강뼈가 앞으로 나가는 전방 전단력을 막는 역할을 하는 근육이다. 이와 같은 결과로 볼 때 넙다리뒤근의 근활성도가 낮게 나타나는 것이 무릎관절의 안정성을 유지하는데 있어 앞집자인대의 부하를 줄여주는 것이라 생각되어 유의하지 않은 결과가 무릎관절에서는 좋은 영향을 주는 것이라 생각된다.

균형에 관한 정보와 균형을 조절하는데 주로 선택하는 감각입력은 기저면에 접촉한 발바닥으로부터의 체성감각 정보이다(Shumway-Cook과 Horak,

1986). 그래서 본 연구의 실험도 발바닥으로부터 오는 감각의 변화를 유발하여 체성감각을 활성화하는 방법으로 실험하였다.

이러한 결과를 바탕으로 본 연구에서는 앞십자인대 재건술 시행 후 결여된 고유수용성 감각을 활성화 하기 위해 TOGU를 이용하여 발바닥으로부터 전달되는 체성감각의 변화를 유도하여 불안정한 표면에서 운동한 실험군에서 고정된 표면에서 운동한 대조군과 비교하여 총제적거리(WVL)에서 유의한 결과를 얻었다. 이러한 결과는 운동 바닥의 변화가 주어지고 체성감각 운동이 고유수용성을 활성화 시켜 자세조절의 재획득과 안정성을 증가시키는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 불안정한 표면에서의 체성감각 운동이 무릎관절 안정성에 관여하는 근육의 활성화로 인한 선행적 자세조절이 이루어짐으로써 자세동요가 감소하는 것으로 연구의 결과를 통해 알 수 있었다. 그래서 본 실험의 결과로 미루어 볼 때 불안정한 표면에서의 운동이 고유수용성 감각의 활성화에 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다.

이후 본 연구를 바탕으로 보행패턴과의 상관관계와 근 지구력과의 상관관계에 대한 연구가 필요할 것이라 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 앞십자인대 재건술 후 재활을 위한 운동적 치료를 받고 있는 환자를 대상으로 불안정한 표면에서의 실험군과 고정된 표면에서의 대조군 간 하지의 근활성도와 균형능력에 미치는 영향을 알아보았다. 두 그룹간의 근활성도 비교에서 실험군과 대조군의 근활성도가 모두 유의하게 높게 나타났지만 실험군의 근활성도가 평균적으로 더 높게 나타났으며, 균형능력의 경우에는 실험군은 통계적으로 유의하게 나타났지만 대조군은 유의하지 않았다. 이와 같은 결과로 볼 때 앞십자인대 재건술 후 무릎관절 안정성 증진을 위한 운동 시 고정된 표면에서의 운동보다 불안정한 표면에서의 운동을 실시하는 것이 효과적인 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 배영숙, 엄기매, 김난수. 발목관절의 고유수용성 운동이 여성노인의 자세정렬에 미치는 영향. 대한물리치료학회. 2009;21(3):53-9.
- 조중현, 박원하. 전방십자인대 재건술후 슬관절 등속성 변인의 특성. 대한스포츠학회지. 1999;17(1):176-87.
- 조우신, 설의상, 김민영 등. 전방십자인대 재건술 후 스포츠 재활 운동의 효과. 대한스포츠학회지. 2005;23(3):241-5.
- 채정병, 이문환. 체성감각 훈련이 뇌졸중 환자의 시공간적 보행요소 및 균형에 미치는 효과. 대한물리학회지. 2010;5(4):587-96.
- Arnold JA, Coker TP, Heaton LM et al. Natural history of anterior cruciate tears. Am J Sports Med. 1979;7(6):305-13.
- Aruin AS, Latash ML. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. Exp Brain Res. 1995;103(2):323-32.
- Barrack RL, Buckley SL, Bruckner JD et al. Partial versus complete acute anterior cruciate ligament tears. The results of nonoperative treatment. J Bone Joint Surg Br. 1990;72(4):622-4.
- Frank C. Natural history of untreated anterior cruciate tears. Clin J Sport Med. 1996;6(2):138.
- Haim A, Pritsch T, Yosepov L et al. Anterior cruciate ligament injuries. Harefuah. 2006;145(3):208-14, 244-5.
- Insall JN. Anatomy of the Knee. In Sursury of the Knee. P.I. Edited by Insall, J.N. 1984.
- Janda V, Va Vrova M. Sensory motor stimulation. In: Liebensohn, C.(ed.), Rehabilitation of the Spine. Baltimore. Williams & Wilkins. 1996:319-28.
- Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. Am J Sports Med. 1982;10(6):329-35.
- Laurie LE. Neuroscience fundamentals for rehabilitation. 3th ed. New York. Elsevier Inc. 2008.

- Lewit K. Disturbed balance due to lesions of the cranio-cervical junction. *J Orthop Med.* 2007;29(3):91-4.
- Majors RA, Woodfin B. Achieving full range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1996;24(3)350-5.
- Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2)242-9.
- Myer GD, Ford KR, Brent JL et al. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):345-53.
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4)383-9; discussion 397.
- Schubert M, Beck S, Taube W et al. Balance training and ballistic strength training are associated with task-specific corticospinal adaptations. *Eur J Neurosci.* 2008;27(8):2007-18.
- Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. *Phys Ther.* 1986;66(10):1548-50.