

교각운동시 엉덩관절 초기 굽힘 각도에 따른 체간 및 하지의 근활성도 분석

김은영, 정영준, 송명환¹⁾

구미대학교 물리치료과, 유성선병원 물리치료실¹⁾

Analysis of the Muscle Activity of the Trunk and the Lower Extremities in Relation to the Initial Bending Angle of the Hip Joint During Bridge Exercise

Eun-young Kim, Young-june Jeong, Myung-hwan Song¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Gumi University

Dept. of Physical Therapy, Yuseong Sun General Hospital¹⁾

Key Words:

Bridge Exercise, Balance Training, Mat exercise

ABSTRACT

Background: The present study was conducted with 30 adult males in order to examine the muscle activity of the trunk and the lower extremities at diverse initial bending angles of the hip joint during bridge exercise on a stable surfaces and on an unstable surface that is widely performed for stabilization. **Methods:** The initial angles of the hip joint used were 0°, 45° and 90° and the subjects were divided into a matt experimental group and a balance training group. **Results:** In maximum values of muscle activity at different exercise methods and angles, the matt experimental group showed statistically significant differences in the muscle activity values of the rectus abdominis muscle, the erector spinae muscle, the rectus femoris muscle and the peroneus muscles between different angles while the balance training group showed significant differences only in the muscle activity values of the erector spinae muscle between different initial angles of the hip joint. The matt experimental group showed significant differences in muscle activity between initial angles 0° and 90°, between 45° and 90° in the rectus abdominis muscle, between 0° and 90° in the erector spinae muscle, between 45° and 90° in the rectus femoris muscle and between 0° and 90° in the peroneus muscles while the balance training group showed significant differences between 0° and 90° in the erector spinae muscle. **Conclusions:** Therefore, it is thought that bridge exercises should be applied to patients using diverse methods.

I. 서론

하지의 닫힌사슬 체중부하 운동(closed-chain weight bearing exercise)은 엉덩관절 근육에만 국한되는 것이 아니고 닫힌 사슬 안에 있는 모든 관절과 근육의 움직임을 포함한다. 닫힌 사슬 체중부하 운동에 속하는 교각운동(bridging exercise)은 요부와 체간의 안정화를 증진시키기 위하여 엉덩관절 펌근군(hip extensor) 즉, 큰 볼기근(gluteus maximus) 및 오금근육(hamstring)의 근

력을 증진시키기 위해 적용되어져 왔다(Kisner 등, 2002).

교각자세(bridging position)는 체중을 부하하며 무릎 서기 자세를 수행하는 중요한 동작으로 앉은 자세에서 서의 조절을 발달시키며, 보행의 입각기 준비를 위한 하부 척추와 엉덩관절 펌근을 강화시킨다. 또한 침대에 서의 가동성, 환자용 변기의 사용, 압력제거, 하지의 옷 입기, 앉기에서 서기까지 움직임 등 보행 시 요구되는 모든 골반동작에 관련된 예를 들어 골반 전면으로 움직임, 돌림, 가쪽이동은 교각자세에서 시작되거나 촉진될 수 있다(O'Sullivan과 Schumitz, 2001). 또한 교각운동은 체간안정화 프로그램으로 사용되고 있어, 요통환자들이

교신저자: 송명환(유성선병원, ptcom99@naver.com)
논문접수일: 2012.08.29, 논문수정일: 2012.10.25,
개재확정일: 2012.11.15

편안함을 느끼고 통증이 줄어드는 자세로, 대근육과 국소근육이 적절한 비율로 협응할 수 있도록 재훈련 시킬 수 있다고 하였다(Steven 등, 2007).

허리의 중요한 근육을 역학적 모델로 접근할 때 두 그룹으로 나누어지는데 전체적 운동근과 국소적 안정근으로 나뉘어진다. 전체적 운동근은 우리가 흔히 이야기하는 척추세움근, 배곧은근 등을 들 수 있는데 이러한 근육들은 등뼈와 골반 사이에 부하를 서로 전달해 주는 그런 역할을 하게 되고 국소적 안정근이라 불리는 뭇갈래근, 배가로근 등과 같은 근육은 추체에 직접적으로 부착하게 되어 허리뼈의 직접적인 활동에 관여하는 근육 조직이다. 기능적으로 본다면 전체적 운동근은 외력에 대해서 우리 인체의 균형을 잡아주는 역할을 하고 국소적 안정근은 척추 구조에 무게 부하기 있을 때 척추와 자세의 움직임 유지시켜 주는 힘을 조절하는 역할을 하게 된다(Standaert 등, 2008). 반면 하지는 골반과 넓다리뼈, 정강뼈, 종아리뼈 그리고 발뼈의 여러 관절들이 상호 작용하면서 상체에서 오는 하중을 지탱하고 유지하게 되며, 그중 골반은 인체에서 가장 중요한 구조로 인식되어 있고 그 이유는 골반의 골격구조는 상지와 하지를 연결시켜 함께 작용하며 인체의 중심이 되는 골간이기 때문이며, 뛰거나 구르거나, 점프와 같은 기능적인 요구에 대해 발생하는 힘을 직접적으로 수용하는 곳이어서 비과학적이고 비균형적인 동작은 골반의 변위를 일으켜 모든 신경과 골격들을 불균형 상태로 이르게 한다(이애덕과 이주립, 2004).

안정성 확보 위한 운동성은 인체의 한부분이 움직일 때 다른 부분은 안정할 수 있는 능력을 말하며(구봉오 등, 2009), 척추의 안정성을 유지하기 위하여 체간 안정화운동이 임상에서 많이 사용되고 있다(Marshall과 Murphy, 2005; Akuthota와 Nadler, 2004; 오재섭 등, 2003; 김선엽과 권재환, 2001). 체간 안정화의 목적은 기능적 자세와 움직임 동안 척추와 골반의 안정성을 증가시키고, 근력을 강화시키며 근육과 움직임의 조절 능력과 균형을 회복시키기 위한 것이며, 사람이 자신의 체간을 인식하고 교정하기 위해서는 정상적인 운동 감각이 반드시 필요하며, 이 운동감각은 피부나 근육 그리고 관절에 분포되어 있는 감각수용기로 부터의 감각 입력에 의해 크게 영향을 받는다(Richardson 등, 2002).

교각운동은 일반적으로 안정된 지지면과 불안정한 지지면 즉 볼이나 여러 가지 도구를 적용한 환경과 자세에서 실시한 연구들이 많이 진행되어져 왔으며(이심철, 2009; 김명진, 2008; 조혜영, 2006), Marshall 등(2005)에 의하면 스위스 볼과 같은 불안정한 물체위에서의 교각자세는 몸통과 스위스 볼의 거리가 멀어질수

록 복근군에 더 강한 자극을 주는 것으로 나타났다. 또한 근육이 관절의 안정성을 증가시키기 위해서는 관절의 각 방향에서 서로 대항하는 주동근과 대항근이 동시에 적절한 비율로 공동수축을 해야 한다(McGill 등, 2003)고 하였으며, 따라서 체간의 안정성을 증진시키기 위한 운동에는 배곧은근과 척추세움근들의 근력과 협응 능력을 증진시키는 것이 필수적이라고 하였다(김수정, 2007).

손상 후 관절회복을 촉진하는데 지속적인 운동방법이 사용되어지며 이러한 치료 형태는 회복 시간의 단축과 통증정도의 감소, 질적 치료의 향상을 가져오는 경향을 나타낸다. 또한 근육의 염증과 부종은 수동과 낮은 정도의 능동기술에 의해 감소되어 질 수 있다(Lederman, 2002)고 하였다. 대부분의 치료 시기는 수술 직후 보다는 어느 정도 지난 후부터 시작을 하게 된다. 본 연구의 목적은 손상 직 후나 수술 직 후부터 근골격계 재생과정을 촉진시키기 위한 운동으로 누운자세에서 안정적으로 실시 할 수 있는 교각운동을 적용하여 체간 및 하지에 길항적인 근수축 방법을 안정한 지지면과 불안정한 지지면으로 비교하여 실시하였으며 엉덩관절의 초기 굽힘 각도에 변화를 주어 그에 따른 체간과 하지의 근육의 활성도를 알아보고 실제 적용할 수 있는 효율적인 방법을 제시해 보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 실험참여에 자발적으로 동의한 G대학 학생들이 5월 21일부터 24일까지 4일간 실험에 참여하였다. 연구대상자들은 실험에 요구되는 운동을 수행할 수 있는 근력, 관절가동범위와 균형능력을 갖춘 건강한 성인 남자 30명을 무작위로 나누어 실시하였으며, 이전에 허리에 외과적, 신경학적 질환이나 최근 6개월 동안 허리에 통증을 경험하지 않는 자로 선정하였다. 연구대상자의 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of studied subjects

(N=30)			
Sex(M)	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)
Experimental (n=15)	25.33±3.77 ^a	174.56±4.97	80.44±13.88
Control (n=15)	23.60±0.55	168.20±3.27	75.20±7.46

^aMean±SD

2. 측정장비 및 방법

각각의 운동 동안에 체간 및 하지의 굽힘근 및 펌근의 활성화를 알아보기 위하여 무선 8채널 표면근전도 검사기(TeleMyo TM, 2400T G2, Noraxon, USA)를 이용하였다. 근전도 검사기와 컴퓨터를 연결하고 근전도 분석 프로그램(Noraxon MyoResearch XP Master Edition 1.06.64)을 이용하여 분석하였으며, 신호의 표본 추출율은 1000Hz로 정하였고, 주파수 대역통과필터는 60~500 Hz, 노치필터는 60Hz 조건에서 수집된 신호를 정량화하고 실효치를 수집하였다(Hung와 Gross, 1999).

근전도 전극의 피부저항을 줄이기 위하여 전극 부착 부위에 털을 면도기로 제거하고 가는 사포로 4회 정도 문지른 후, 알코올로 피부를 소독하였다. Ag-AgCl 표면 전극 사이 거리는 2cm내에 위치하도록 하였고, 접지전극(ground electrode)은 C7가시돌기에 부착하였다. 표면 전극은 오른쪽 6개의 체간 및 하지의 굽힘근 및 펌근의 근복 부위에 부착하였다.

배곧은근(rectus abdominis)은 배꼽과 두덩뼈(pubis) 사이 근뿔대부(muscle belly)의 중간지점에 부착하였고(Vezina와 Hubley-Kozey, 2000), 척추세움근(elector spine)은 첫번째 허리뼈(L1)의 가시돌기와 체간의 가쪽면의 중간 지점에 부착하였다(Stevens 등, 2007). 넓다리곧은근(rectus femoris)의 전극은 대퇴의 앞쪽, 무릎뼈(patella) 상연과 위앞엉덩뼈가시의 중간 지점에 부착하였고, 오금근육 가쪽갈래(hamstring lateral)의 전극은 대퇴의 뒷쪽, 궁둥뼈결절(ischial tuberosity)과 종아리뼈머리(fibular head)의 중간 지점에 부착하였다. 앞정강근(tibialis anterior)은 무릎관절 가쪽위관절융기(lateral condyle)와 발목관절 가쪽복사(lateral malleolus)를 연결한 선의 상위 75% 부위에 부착하였고 종아리근 가쪽갈래(lateral head of gastrocnemius)는 무릎관절 가쪽위관절융기와 발꿈치뼈를 연결한 선의 상위 30% 부위에 부착하였다(Cram 등, 1998)

3. 운동방법

본 연구에서는 3개의 운동방법을 매트실험군(안정군)과 균형훈련군(불안정군)으로 나누어 실시하였다. 각 운동방법은 다음과 같다.

운동 1 : 실험대상자는 양 팔을 가슴에 모으고 바닥에 똑바로 누워 침대 밖으로 무릎을 90도 유지 초기 엉덩관절을 0도로 맞추어 교각 운동을 실시하였다.

운동 2 : 실험대상자는 양팔을 가슴에 모으고 바닥에 누워 초기 엉덩관절을 45도 유지한 상태에서 교각운동을 실시하였다.

운동 3 : 대상자는 양 팔을 가슴에 모으고 바닥에 누워 초기 엉덩관절을 90도 무릎관절을 90도 유지한 상태 즉 벽에 양발을 지지하고 교각운동을 실시하였다.

동일한 운동방법으로 바닥에 균형 훈련 기구를 대고 불안정한 지지면을 만든 상태에서 실시하였다. 균형 훈련으로 사용한 기구로는 토구(TOGU, DYN AIR BAIKISSEN, 독일)이며 지름 33cm의 둥근 형태를 사용하였다. 대상자들은 실험 방법의 설명을 듣고 숙지하였으며, 각각의 자세 순서는 무작위로 시행하였다. 자세는 10초간 실시하였고 얻어진 근전도 신호 중 앞과 뒤의 각 2초를 제외한 후 6초의 신호를 수집하였으며, 피로를 고려하여 각각의 운동 사이 1분 간 휴식을 취하였다. 각각의 운동은 3번 측정하여 평균값으로 나타내었다.

4. 분석방법

통계분석을 위하여 윈도우용 SPSS 13.0 프로그램을 사용하였으며 기술적 통계학(descriptive statistics)을 사용하여 근활성도를 알아보았다. 매트훈련군과 균형훈련군의 엉덩관절 초기 관절각도에 따른 유의수준을 보기 위하여 이원 분산분석(two-way ANOVA)를 사용하였다. 사후검정은 Tukey HSD를 사용하였으며, 유의수준 α 는 .05로 정하였다.

III. 결 과

1. 운동방법 및 운동각도에 따른 근활성도

운동방법 및 운동각도에 따른 각 근육의 활성도는 Table 3과 같다. 운동방법별 각 근육마다 근전도 신호량의 최대값의 차이를 알아본 결과, 매트훈련군(안정군)의 배곧은근(0도에서 2.66 ± 1.39 , 45도에서 2.16 ± 0.99 , 90도에서 5.13 ± 3.70), 척추세움근(0도에서 11.85 ± 12.45 , 45도에서 19.84 ± 10.12 , 90도에서 23.43 ± 13.71), 넓다리곧은근(0도에서 3.30 ± 2.68 , 45도에서 2.52 ± 0.77 , 90도에서 5.67 ± 4.05), 종아리근(0도에서 3.11 ± 3.21 , 45도에서 11.22 ± 8.71 , 90도 13.71 ± 13.18)에서 엉덩관절의 각도 변화에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으나, 균형훈련군(불안정군)에는 척추세움근(0도에서 10.66 ± 11.85 , 45도에서 18.64 ± 10.70 , 90도에서 23.61 ± 14.07)에서만 엉덩관절의 초기 각도 변화에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$).

Table 3. The muscular activity which follows in kinetic method and kinetic angle

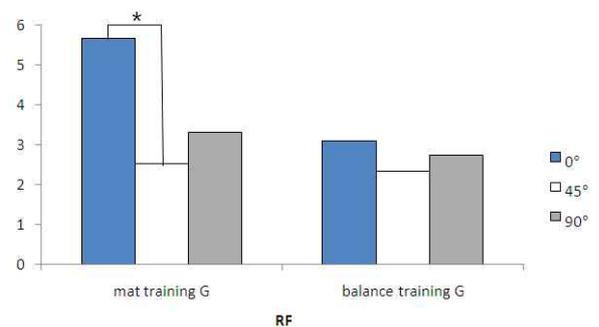
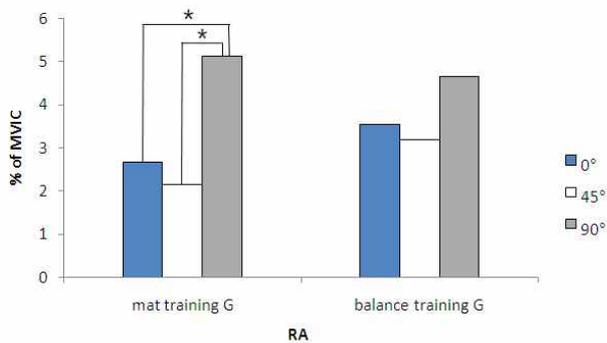
Muscles	Groups	0°	45°	90°	F	p
Rectus Abdominis	mat training G	2.66±1.39	2.16±.99	5.13±3.70	6.430	.004
	balance training G	3.54±2.85	3.20±2.57	4.66±3.49	.912	.410
Erector Spine	mat training G	11.85±12.45	19.84±10.12	23.43±13.71	3.065	.047
	balance training G	10.66±11.85	18.64±10.70	23.61±14.07	3.959	.027
Rectus Femoris	mat training G	3.30±2.68	2.52±.77	5.67±4.05	4.679	.015
	balance training G	3.09±10.50	2.33±.45	2.73±1.69	1.458	.245
Hamstring	mat training G	18.56±16.88	25.08±11.84	15.11±12.89	1.819	.176
	balance training G	28.07±18.70	29.80±16.91	17.44±16.24	2.091	.137
Tibialis Anterior	mat training G	13.42±13.37	14.44±13.86	16.27±36.42	.051	.950
	balance training G	10.24±11.70	13.72±11.61	13.90±19.94	.268	.767
Gastrocnemius	mat training G	3.11±3.21	11.22± 8.71	13.71±13.18	4.967	.012
	balance training G	18.57±16.87	22.73±17.02	14.25±8.61	1.165	.323

^aMean±SD

2. 초기 운동각도에 따른 근 활성화도 비교

매트훈련군(안정군)의 운동각도에 따른 각각의 근육에 대한 근활성도를 비교한 결과 배곧은근에서 0도와 90도, 45도와 90도, 척추세움근에서 0도와 90도, 넓다리곧은근에서 45도와 90도, 종아리근에서 0도와 90도 간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$).

균형훈련군(불안정군)의 운동각도에 따른 각 근육의 근활성도를 비교한 결과 척추세움근에서 0도와 90도간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$)(Fig 1).



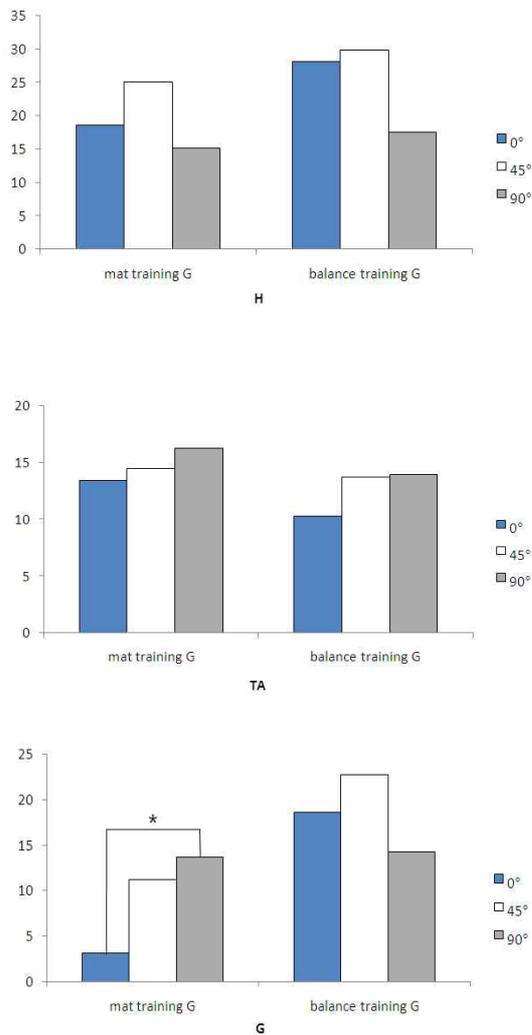


Fig 1. The muscular activity comparison which follows initially in kinetic angle

IV. 고 찰

교각운동은 단한-사슬 체중 부하 운동으로 엉덩관절 펌근군의 근력을 증진시키며, 체간 안정화를 증진시키는 운동이다(Richardson 등, 1999). 안정화 운동을 통한 근육들의 근력강화와 촉진은 근골격계 질환의 치료와 예방, 운동능력을 강화하는 목적으로 사용되고 있으며(Akuthota와 Nadler, 2004), 활성화 정도는 운동 프로그램을 만들고 처방할 때 운동강도 조절을 위하여 중요하다(Lehman 등, 2005)고 하였다.

교각운동을 이용한 선행연구로는 Stevens 등(2007)의 건강한 대상자에서 허리뼈의 중립자세를 유지하며 교각운동 시 중립자세로 유지하지 않고 교각운동을 할 때보다 배속빚근과 배곧은근의 근 활성도는 증가하였고 배

바깥근은 유의하지 않다고 보고하였으며, Kavcic 등(2004)은 건강한 성인을 대상으로 실시한 등척성 지지를 하는 측면 교각운동과 교각운동 자세에서의 하지 들기 시 교각운동이 배곧은근의 근활성도와 매우 높은 연관성을 나타낸다고 보고하였다. 이렇듯 교각운동은 안정화를 목적으로 널리 시행되고 있으며 본 연구에서도 안정한 지지면과 불안정한 지지면을 바탕으로 엉덩관절의 초기 굴곡각도에 따라 체간과 하지의 근육의 활성도를 알아보려고 하였다.

본 연구의 결과로 안정한 지지면에서 배곧은근, 척추세움근, 넓다리곧은근, 종아리근의 활성도가 엉덩관절의 각도에 따라 차이가 있으며, 불안정한 지지면에서는 척추세움근만이 엉덩관절의 각도에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다.

안정화 운동 시 불안정한 상태를 만들기 위해 사용하는 볼의 체간근 활성화에 미치는 영향은 논란이 되고 있다. Vera-Garcia 등(2000)은 윗몸 일으키기 시 볼 유무에 따른 체간근 근활성도 변화를 알아보았으며 그 결과 볼 사용 시 더 높은 체간근 근활성도를 나타내었다. 그러나 Marshall과 Murphy(2005)는 4가지 운동방법에서 볼 사용 유무에 따라 근활성도 차이를 조사하였으며 그 결과 대부분의 근육에서 유의한 차이를 나타내지 않았다고 보고하였으며, 다른 연구에서도 안정화운동에서 볼 사용이 체간근의 활성화에 변화가 없다고 보고하였다(Lehman 등, 2005). 이는 본 연구에서와 마찬가지로 불안정한 지지면보다 안정한 지지면에서의 근활성도가 더 많이 나타났으며 그중 안정한 지지면에서 배곧은근과 장딴지근의 활성도는 엉덩관절 초기 각도가 90도인 상태에서 운동이 가장 높았고, 넓다리곧은근은 엉덩관절의 초기 각도가 0도인 상태에서 활성도가 가장 높았다. 또한 척추세움근은 안정한 지지면과 불안정한 지지면 두 자세 모두 엉덩관절 초기 각도 0도에서 활성도가 가장 크게 나타났다. 이는 중심점이 높을수록 체간의 안정화를 위해 체간근의 활성도가 증가되었을 거라 생각되며, 신체분절을 지나는 근육들의 공동수축(co-contraction)을 발생하는데 체간을 들어 올리는데 필요한 척추세움근은 각도가 작을수록 대항근으로 작용하는 복부근보다 활성도가 크게 나타나는 것으로 생각된다.

본 연구에서는 중심안정화를 위한 여러 효율적 자세 중 한 방법인 교각자세가 체간의 안정성을 유지하면서 하지의 선택적인 근활성도를 증가시킬 수 있는 운동방법의 하나이며, 또한 안정한 지지면에서의 근 활성도가 불안정한 지지면에서의 근 활성도보다 여러 근육이 사용 되어졌다. 이는 실제로 건강한 사람이 아닌 자세조

결과 하지 안정성을 필요로 하는 환자를 대상으로 같은 효과가 있는지를 알아보는 연구가 필요할 것으로 생각된다. 연구의 제한점으로는 실험 시 움직임으로 인하여 근전도 신호 수집에 있어서 지장을 주는 요소들을 제거하기 위해 노력하였으나 완전히 배제할 수 없었으며, 체간의 분절적인 안정화에 작용하는 심부근들에 대한 측정 및 각도별 근육의 개시시간정도 측정이 없었다는 점이다. 이에 후속 연구에서는 안정화 운동을 필요로 하는 환자를 대상으로 충분한 기간 동안의 훈련을 통해 국소근육과 대근육을 비교하는 연구와 개시시간에 대한 연구가 필요하다고 생각되어진다.

V. 결론

본 연구는 안정화를 목적으로 널리 시행되고 있는 교각운동을 통해 안정한 지지면과 불안정한 지지면을 바탕으로 엉덩관절의 다양한 초기 굽힘 각도에 따른 체간과 하지의 근육의 활성도를 알아보기 위해 성인남자 30명을 대상으로 실시하였다. 엉덩관절의 초기각도를 0도, 45도, 90도로 나누었으며, 매트훈련군과 균형훈련군으로 분류하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 운동방법 및 각도차이에 따른 근활성도의 최대값은 매트훈련군에서 배곧은근, 척추세움근, 넓다리곧은근, 종아리근의 각도별 변화값이 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으나 균형훈련군에서는 척추세움근만이 엉덩관절 초기 각도 변화에 따라 유의한 차이를 나타내었다.

2. 각각의 운동군 초기 운동각도에 따른 근 활성도 변화는 배곧은근에서 0도와 90도, 45도와 90도, 척추세움근에서 0도와 90도, 넓다리곧은근에서 45도와 90도, 종아리근에서 0도와 90도간에 유의한 차이를 나타냈으며, 균형훈련군은 척추세움근에서 0도와 90도간에 유의한 차이를 나타내었다.

본 연구의 결과로 중심안정화를 위한 교각운동 적용 시 균형훈련보다도 매트운동에서 체간과 하지의 근활성도가 나타남을 확인하였으며 엉덩관절 초기 굽힘각도에 따라 근육의 활성도가 다르다는 것을 확인하였다. 이에 환자 적용 시 다양한 방법을 이용한 교각운동 적용이 필요하리라 사료된다.

참고문헌

구봉오, 권미지, 김경태 등. 고유수용성신경근축진법. 대학서림. 2009.

김명진. 교각안정화 운동 시 스케이트보드와 공 적용이 체간근육 활동에 미치는 영향. 연세대학교 대학원. 박사학위논문. 2008.

김선엽, 권재학. 슬링시스템을 이용한 요부안정화 운동, 대한정형치료학회지. 2001;7(2):1-15.

김수정. 바닥과 폼롤러에 누워서 한쪽 다리들기 운동 시 복근의 근활성도. 연세대학교 석사학위논문. 2007.

이심철. 중심 안정성 운동을 적용한 교각운동 시 지지면 불안정성이 체간 및 하지의 근 활성도에 미치는 영향. 한서대학교 대학원. 석사학위논문. 2009.

이애덕, 이주립. 무용전공 여대생과 일반 전공 여대생의 골반 변위 비교. 한국체육학회지. 2004;43(1):485-493.

오재섭, 김선엽, 권오윤. 슬링과 고정된 지지면에서의 팔 굽혀 펴기 동작 시 근 활성도 비교. 한국전문물리치료학회지. 2003;10(3):29-40.

조혜영. 치료용 볼과 고정된 지면에서의 중심안정성 운동에 따른 요통환자 요부근육의 근 활성도 비교. 단국대학교 특수교육대학원. 석사학위논문. 2006.

Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(3):86-92.

Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Maryland, Aspen Pub, 1998.

Hung YJ, Gross MT. Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during lower-extremity weight bearing activities. J Orthop sports Phys Ther. 1999;29(2):93-102.

Kavic N, Grenier S, McGill SM. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. Spine. 2004;29(20):2319-2329.

Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise Foundations and Techniques. 4th ed. Philadelphia, Davis. 2002;497-500.

Lederman E. Fundamentals of Manual Therapy Physiology Neurology and Psychology. Yeong Mun Publishing Company. 2002;51-54.

Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. Chiropra Osteopat. 2005;13:14.

- Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):242-249.
- McGill SM, Grenier S, Kavcic N, et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):353-359.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment.* 4th ed. Philadelphia. Davis Company. 2001.
- Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, et al. The relation between the transversus abdominis muscle, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine.* 2002;27(4):399-405.
- Richardson C, Jull G, Hodges P, et al. Therapeutic Exercises for Spinal Segmental Stabilization in Low Back Pain: Scientific basis and clinical approach. London. Churchill Livingstone. 1999.
- Standaert CJ, Weinstein SM, Rumpeltes J. Evidence informed management of chronic low back pain with lumbar stabilization exercise. *The Spine J.* 2008;(1):114-120.
- Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG, et al. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. *Man Ther.* 2007;12(3):271-279.
- Vera-Garcia FJ, Grenier SG, Mc Gill SM. Abdominal muscle response during curl-up on both stable and labile surfaces. *Phys Ther.* 2000;80(6):564-569.
- Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(10):1370-1379.