

슬관절 각도에 따른 교각운동이 체간 근 활성화도에 미치는 영향

김경환 · 박래준¹ · 장준혁 · 이우형 · 기경일²

대구대학교 대학원 재활과학과, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과,
²보니파시오병원 재활센터

The Effect of Trunk Muscle Activity on Bridging Exercise According to the Knee Joint Angle

Kyung-hwan Kim, PT, MS, Rae-jun Park, PT, PhD¹, Jun-hyeok Jang, PT, MS²,
Woo-hyung Lee, PT, MS², Kyong-il Ki, PT, MS³

Major in Physical Therapy, Department of Rehabilitation Science, Graduate School of Daegu University,
¹*Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University*
²*Rehabilitation Center, Bonifacio Hospital*

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to assess the effects of the trunk muscle activity on bridging exercise according to the knee joint angle.

Methods : Twenty-five healthy adults volunteered to participate in this study. Subjects were required to complete following four bridging exercises; knee joint flexion 120°, 90°, 60°, 45°. Surface electromyography from selected trunk muscles was normalized to maximum voluntary isometric contraction. Muscle activity was measured by QEMG-4 system(LXM 3204, Laxtha Korea). A repeated measures of one-way ANOVA with post-hoc Bonferroni's correction was used to determine the influence of bridging exercise on muscle activity for each muscle and descriptive statistics was used to determine local/global muscle ratio.

Results : The internal oblique of bridging exercises 120°, 90° showed significantly($p < .05$). The erector spinae of all bridging exercises showed significant excepted between 60° and 45°($p < .05$). Median of internal oblique/rectus abdominis ratio of 120° was 4.41, 90° was 3.94, 60° was 3.58, 45° was 3.39. Median of internal oblique/external oblique ratio of 120° was 2.66, 90° was 2.43, 60° was 2.87, 45° was 2.64.

Conclusion : Angular motion decreasing with knee joint flexion made erector spinae activation increase. on the

other hand, as decreasing abdomen muscle activation, the more performing motor learning is required for abdomen muscle strength and co-contraction for the trunk stabilization.

Key Words : Bridging exercise, Knee joint angle, Trunk muscle activity, Electromyography

I. 서 론

척추의 안정은 요추 손상의 예방과 치료에 중요하다(O'Sullivan, 2000). 따라서 요통의 예방과 치료 그리고 자세조절을 위한 체간 및 요부의 안정화에 대한 많은 연구들이 다양한 운동 방법들을 통하여 적용되어지고 있다. 이러한 방법들에서 교각운동(bridging exercise)은 요부와 체간의 안정화(lumbar stabilization)를 증진시키기 위하여, 그리고 큰볼기근(gluteus maximus)과 넓다리뒤근육(hamstring)의 근력을 증진시키는 방법으로 많이 사용되고 있다(Kisner와 Colby, 2002). 교각자세(Bridging position)는 체중을 부하하며 무릎 서기 자세를 수행하는 중요한 동작이면서 앉은 자세에서 서는 조절을 발달 시키며, 보행의 입각기 준비를 위한 하부 척추와 고관절 신전근을 강화시킨다(O'Sullivan과 Schumitz, 2001). 또한 교각자세는 침대에서 가동성, 환자용 변기의 사용, 압력 제거, 하지의 옷 입기, 앉기에서 서기까지 움직임 등 보행 시 요구되는 관련된 골반 동작 예를 들어, 골반 전면으로 움직임, 회전, 외측 이동은 또한 이 자세에서 시작되거나 촉진될 수 있다(O'Sullivan과 Schumitz, 2001).

Hodges와 Gandevia(2000)는 신체의 균형을 유지하는 동작에서 요부의 안정화에 관여하는 많은 근육 가운데 뭇갈래근(multifidus)과 배가로근(transversus abdominis)은 다른 주변 근육보다 먼저 수축하여 안정성에 기여한다고 하였으며, 골반이 안정된 상태에서 체간에 미치는 힘은 고관절과 하지에 효율적으로 전달된다고 하였다(Neumann, 2002).

김택연(2004)은 정상인을 대상으로 교각운동이 근 활성화도에 미치는 영향을 알아본 결과 불안정한 지지면에서 실시한 운동에서 체간 근육의 근 활성화도가 증가함을 설명하였으며, 요통 환자에게 적용 시 안정된 바닥에서 시작하여 불안정한 바닥으로의

운동 변화가 요추부 근육의 안정성 향상과 균형유지에 상관관계가 있다고 하였다.

이전의 연구들에서 교각운동은 일반적으로 안정된 지지면과 불안정한 지지면 즉 볼(ball)이나 여러 가지 도구를 적용한 환경과 자세에서 실시한 연구들이 많이 진행되어져 왔다(김명진, 2008; 이심철, 2009; 조혜영, 2006). Duncan(2009)은 안정된 지면에서 실시한 운동 보다 스위스 볼에서 수행되어진 운동이 상부 배곧은근 보다 하부 배곧은근에서 더 많은 복부 근육의 활성화가 나타난다고 하였다. 또한 중심 안정화(core stabilization)를 위한 스위스 볼의 적용 유무와 다양한 자세에서 실시한 교각운동이 체간 근육의 활성화와 대근육(global muscle)과 국소근육(local muscle)의 활동 비율(ratio) 변화에 미치는 영향을 연구한 사례는 많다(Arokoski 등, 2004; Marshall과 Murphy, 2005; Stevens 등, 2006). 이러한 근 활성화도와 복사근들의 비율 관계는 과제에 따라 달라질 수 있고 안정성을 위해 필요하며, 체간 근육 전체의 조화로운 협응이 중요하다고 하였다(Stevens 등, 2006). 김명진(2009)은 체간 안정화 운동 동안에 체간 근육들의 활성화 수준(muscle activity level)을 아는 것뿐만 아니라 대근육과 소근육의 활동 비율을 아는 것은 운동프로그램을 만들고 처방할 때 중요한 항목이라 하였다. 이처럼 교각운동은 다양한 환경과 과제에서 실시한 연구들은 많지만 실제 교각운동 그 자체에서의 슬관절 위치 즉 굴곡 각도는 일정한 기준 없이 다양하게 실시되어지고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 일반적으로 시행되고 있는 교각 운동에서 슬관절의 다양한 굴곡 각도에 따른 체간 근육의 활성화도와 대근육과 국소근육간의 활성화 비율을 알아보고, 효율적인 교각운동 자세를 제안해 보고자한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자 선정은 실험의 내용을 이해하고 동의하며, 이에 요구되는 운동을 수행할 수 있는 근력과 관절가동범위와 일정한 균형능력을 갖춘 20~30대 건강한 성인 남자 25명을 대상으로 실시하였다. 신경계와 심폐계에 이상이 있는 자, 체간과 하지의 근골격계 관련 정형외과적 이상이 있는 자 등은 제외하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 연구도구 및 측정방법

본 연구에서 교각운동 시 나타나는 체간 근육의 활성화를 측정하기 위하여 QEMG-4(LXM 3204, Laxtha, 한국) 근전도 system을 사용하였고, 수집된 자료를 분석하기 위해 근전도 소프트웨어 Telescan 2.89 (Laxtha, 한국)를 사용하였다. 근전도 전극(electrode)의 피부 저항을 줄이기 위해 부착부위의 털을 제거하고 알코올로 피부를 소독하였다.

전극은 Ag-AgCl 재질의 일회용 전극인 Electrode 2237(3M, 미국) 표면 전극을 사용하였으며, 전극과의 거리는 3cm 내에 위치하도록 하였고, 접지(ground) 전극은 우세 손 요골 경상돌기(radial styloid process) 부위에 부착하였다.

전극의 부착부위는 Cram 등(1998)의 방법을 이용하여 환자의 신체적 특성에 맞게 조절하여 부착하였으며, 실험 대상자의 우세 측 체간 근육에 4개를

Table 1. Characteristics of the subjects (N=25)

Sex	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)
Men	25.44±4.97	174.37±4.31	67.97±9.35

Mean±Standard deviation

Table 2. Electromyography position

Muscle	Position
rectus abdominis	2cm lateral to the umbilicus
internal oblique	half way between the anterior superior iliac spine of the pelvis and the midline, just superior to the inguinal ligament
external oblique	15cm lateral to the umbilicus
erector spinae	2cm lateral to the L2 spinous process

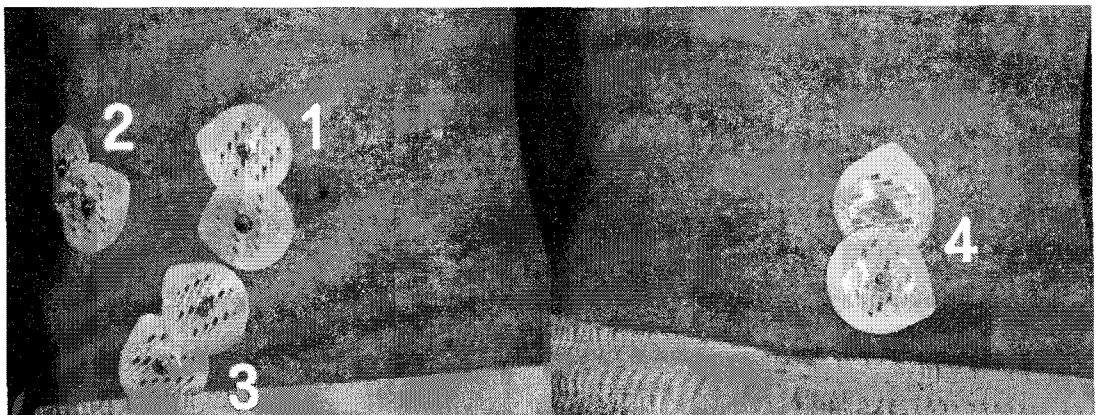


Fig 1. Electromyography position. 1: rectus abdominis, 2: external oblique, 3: internal oblique, 4: erector spinae.

부착하였다(Fig 1, Table 2).

표면 근전도 측정 시 표본 추출률(sampling rate)은 1024Hz였으며, 근전도 신호는 1785배로 증폭되었고, 대역통과(band-pass) 필터는 20~450Hz, 노치(notch) 필터는 60Hz로 처리하였다. 수집된 근 활성화 신호는 완파정류(full wave rectification) 후 제곱평균제곱근법(root mean square; RMS)으로 기록하였다.

측정된 각 근육의 활동전위를 표준화하기 위해 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 측정하였으며, 측정 자세는 Kendal 등(2005)이 제시하는 방법을 기준으로 실시하였다. 각 근육의 최대 수의적 등척성 수축 값은 5초간 3회 실시 후 초기와 후기 각 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균 신호량을 %최대 수의적 등척성 수축(%MVIC)으로 환산하여 표준화 하였다.

3. 실험방법

본 연구에서 사용된 교각운동은 슬관절 굴곡 각도 120°, 90°, 60°, 45° 4가지 형태의 운동이 실시되었다(Fig 2,3,4,5). 교각운동의 자세는 양손을 교차시켜 가슴 위에 올려놓고, 두 다리는 어깨 넓이만큼 벌리고, 체간과 하지가 일직선이 되는 고관절 굴곡 0° 높이까지 거상을 지시하였다.

교각운동 시 과도한 요추부 전만의 증가를 방지하기 위하여 골반 후방경사운동을 통하여 요추부 중립자세를 유지한 후 실시하였다. 모든 실험은 각 3회 반복 측정하였으며, 실험 순서는 난수표를 이용하여 무작위로 실시하였다.

각각의 운동은 5초간 실시하였으며, 초기와 후기 각 1초를 제외한 중간 3초간의 근 활성화도 자료를

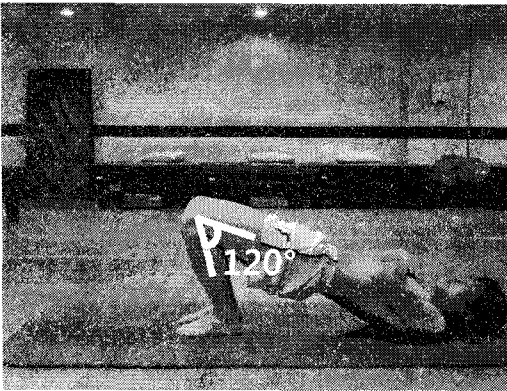


Fig 2. Knee joint 120° flexion

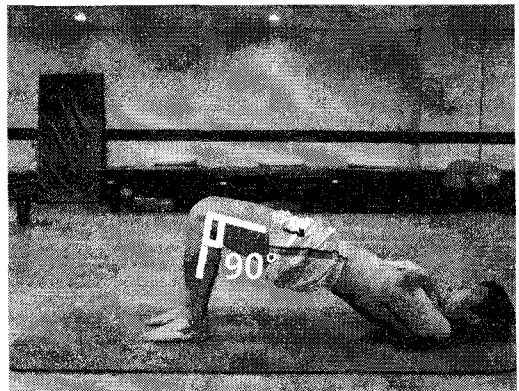


Fig 3. Knee joint 90° flexion

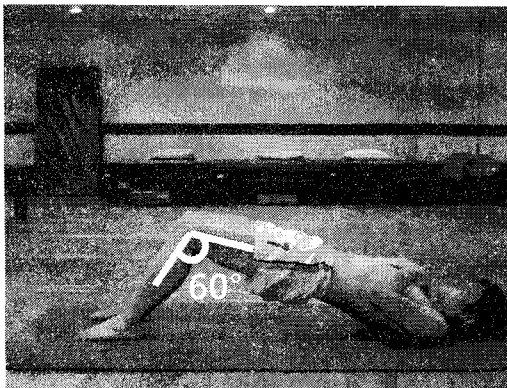


Fig 4. Knee joint 60° flexion

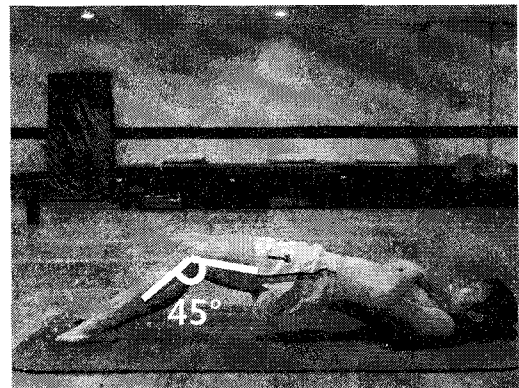


Fig 5. Knee joint 45° flexion

분석에 사용하였다. 운동 시 피로를 방지하기 위하여 각 5초간의 운동 후 1분간의 휴식을 취하였다.

(descriptive statistics)을 이용하였으며 중간값(median)을 사용하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha < .05$ 로 하였다.

4. 통계처리

본 연구에서 수집된 자료는 윈도우용 SPSS version 12.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 슬관절 각도에 따른 교각운동에서 각 근육들의 근 활성화 차이를 알아보기 위하여 반복 측정된 일요인 분산 분석(repeated one-way ANOVA)을 사용하였으며, 사후검정은 본페로니 수정법(Bonferroni's correction)을 사용하였다. 대상자의 일반적 특성과 근 활성화 비율(relative muscle activity ratio)은 기술통계량

III. 연구 결과

1. 슬관절 굴곡 각도에 따른 체간 근 활성화도 비교

슬관절 굴곡 각도에 따른 체간 근육들의 근 활성화도는 Table 3과 같으며, 슬관절 굴곡 각도의 변화에 따른 근전도 신호량의 변화를 보면 슬관절 굴곡 각도 120°에서 복부 근육의 최대 근 활성화도를 보였으며, 점차 각도가 감소함에 따라 근 활성화도가 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 척추

Table 3. Relative activity of the different trunk muscles during exercises(%MVIC)

Joint angle	rectus abdominis	internal oblique	external oblique	erector spinae
120°	6.25±6.24	32.65±40.11	16.86±12.56	52.99±9.92
90°	5.25±4.40	24.90±32.57	14.48±11.22	57.44±11.51
60°	3.92±2.41	23.36±27.21	13.86±10.29	62.44±11.79
45°	3.86±2.66	23.39±23.55	13.68±10.32	65.04±11.54

Mean±Standard deviation

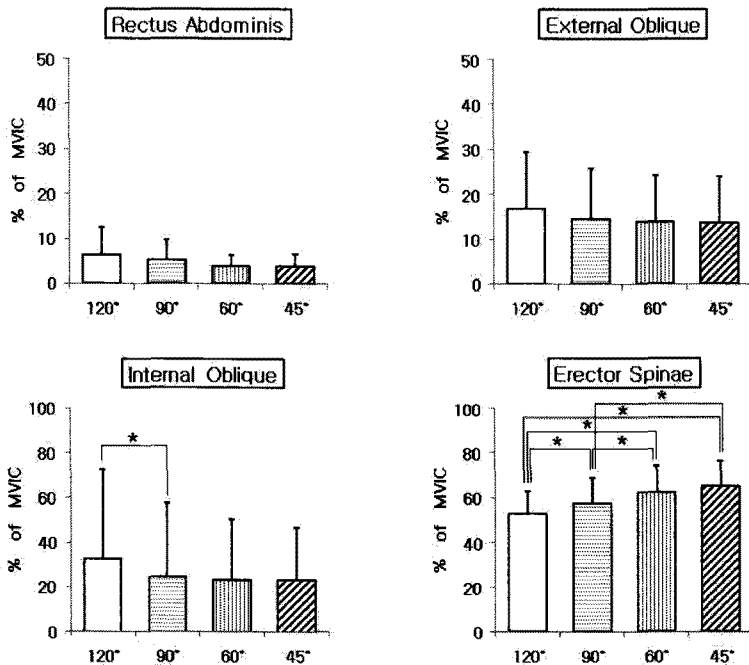


Fig 6. Relative activity of trunk muscles during exercises

Table 4. Relative activity ratio of local muscle to global muscle during exercises

Joint angle	internal oblique/rectus abdominis	internal oblique/external oblique
120°	4.41(1.78~10.72)	2.66(1.75~5.44)
90°	3.94(1.76~6.06)	2.43(1.63~4.48)
60°	3.58(2.14~8.36)	2.87(2.16~4.54)
45°	3.39(2.18~15.80)	2.64(2.05~4.93)

median(Inter-Quartile Range; IQR).

기립근에서는 슬관절 굴곡 각도 120°에서 최소 근 활성도를 보였으며, 점차 각도가 감소함에 따라 근 활성도가 증가하여 45°에서 최대 근 활성도를 보였으나 통계적 유의성은 없었다.

슬관절 굴곡 각도에 따른 근전도 신호량의 차이는 120°와 90°에서 배안쪽빗근의 유의한 차이를 보였으나(p<.05), 나머지 복부 근육에서는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 척추 기립근은 60°와 45°사이를 제외한 모든 각도에서 상호간의 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Fig 5.).

2. 슬관절 굴곡 각도에 따른 체간 근 활성화 비율

슬관절 굴곡 각도에 따른 체간 근 활성화 비율은 Table 4와 같이 나타났다. 배안쪽빗근/배곧은근의 근 활성화 비율의 중간값은 슬관절 굴곡 각도 120°에서 4.41, 90°에서 3.94, 60°에서 3.58, 45°에서 3.39이었다. 배안쪽빗근/배바깥빗근의 근 활성화 비율의 중간값은 슬관절 굴곡 각도 120°에서 2.66, 90°에서 2.43, 60°에서 2.87, 45°에서 2.64이었다.

IV. 고 찰

Akuthota와 Nadler(2004)는 본질적으로 기능적 안정성을 유지하기 위해 요추부 주위의 근육 조절이 필요하며, 요추와 근골격계의 다양한 손상에 대한 예방과 수행력 향상으로써 중심 강화(Core strengthening)를 강조하였다. 이러한 중심 강화는 안정성에서 시작되는데 중심 안정성(core stability)에 관여하는 근육은 크게 복부와 요추부 주위의 표면에 위치하여 전체적인 힘(torque)의 생성과 체간의 안정성에 기여하는 대근육과 복부와 요추부 심부에 직접

적으로 연결되어 척추의 미세한 조절과 척추 분절간의 안정성에 관여하는 국소근육으로 구분할 수 있다(Bergmark, 1989).

Hodges(1999)는 복부의 심부 근육 즉 국소근육의 높은 활동성이 요부와 골반의 안정성에 중요한 역할과 기능을 한다고 가정하였다. 또한 Shumway-Cook과 Woollacott(2001)는 불안정한 지면에서 균형을 유지하기 위해서는 신체 분절을 지나는 근육들의 공동수축(co-contraction)을 유발시켜야한다고 하였다. 또한 체간 안정화운동 동안 체간 근육들의 활성화 수준을 아는 것은 운동 프로그램을 만들고 처방할 때 운동 강도 조절을 위하여 중요하다고 하였다(김명진, 2009; Lehman 등, 2005).

교각운동은 국소근육의 분절 안정화와 대근육의 전체적인 힘 생성 사이의 적절한 비율에서 근육 협응 패턴의 재훈련에 중점되어 있으며, 다양한 자세에서 실시한 교각운동에서 배곧은근과 배안쪽빗근의 근 활동 비율에서 배안쪽빗근의 활동이 높게 측정되었는데 이는 배곧은근의 근 활성도가 매우 낮은 것에서 기인한다고 하였다(Stevens 등, 2007).

본 연구에서도 모든 슬관절 굴곡 각도에서 배안쪽빗근의 높은 활성도를 보였으며, 상대적으로 배곧은근의 활성도가 낮게 나타나서 유사한 결과를 얻었으나 통계적 유의성은 없었다.

Richardson과 Jull(1995)은 교각운동 시 심부 근육의 동시수축(deep muscle co-contraction)이 먼저 수행되지 않으면 과도한 대상작용으로 인한 요부 전만(lumbar lordosis)이 증가한다고 하였다.

Stevens 등(2007)은 요추를 중립자세(Lumbar neutral spine position)로 유지하고 실시한 교각운동은 중립자세를 유지하지 않고 실시한 교각운동보다 배안쪽빗근과 배곧은근의 근활성도가 증가했으나 배바깥

빗근은 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 이러한 중립자세는 척추에 가해지는 부하에 대하여 가장 잘 적응을 할 수 있게 척추 뼈들이 배열된 자세를 의미하며, 대부분의 사람들에서 가장 편안함을 느끼는 요추의 안정된 자세(resting position)를 의미한다(김선엽, 1998). 따라서 요부의 안정화 운동에서 체간의 안정성에 기여하는 일차적 적용으로 복부근육의 안정적 수축을 통한 중립자세를 유도하기 위한 방법으로 골반 후방경사운동, 복부근 드레이싱, 복부 드로우-인 방법 등이 적용되고 있다(김은옥, 2008; 이심철, 2009; Stevens 등, 2006; Stevens 등, 2007). 본 연구에서도 교각운동 시 과도한 요추부 전만의 증가를 방지하기 위하여 골반 후방경사운동을 통한 요추부 중립자세를 유지한 후 실시하였다.

본 연구에서는 슬관절 굴곡 각도 120°에서 최대 근 활성도를 보였으나, 유의한 차이를 보이지 않았으며, 120°와 90°에서 배안쪽빗근의 유의한 차이를 보였으나($p < .05$), 나머지 복부 근육에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 슬관절 굴곡 각도가 점차 감소함에 따라 120° 이후 척추 기립근의 활성화 증가에 비해 복부 근육의 근 활성도가 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 배안쪽빗근/배곧은근과 배안쪽빗근/배바깥빗근의 근 활성화 비율은 배곧은근 보다 배안쪽빗근이 3~4 배 높게 측정되었는데, 이는 일반적인 교각운동에서 엉덩이 들기 시 좌우측 배안쪽빗근과 배바깥빗근이 균형유지를 위해 가장 많이 수축한다고 하였다(김택연, 2004). 또한 배바깥빗근 보다 배안쪽빗근이 2 배 이상 높게 측정되었는데, 지지면의 불안정성과 운동의 난이도에 따라 좌우측 배안쪽빗근과 배바깥빗근의 기여도가 서로 다름에도 불구하고 본 논문에서는 편측만 측정된 제한점이 있다. 하지만 이러한 비율의 의미는 움직임의 변화에 따라 작용하는 근육의 기여도를 분석하여 약화된 근육을 확인하고 강화시켜야하는 수준의 근거를 제시할 수 있을 것이라 사료 된다. 또한 120° 이후 90°~45°까지의 중간값이 비교적 일정한 근 활성도를 보였는데, 이는 자세유지를 위한 심부 근육의 동시수축이 낮았지만 부분적으로 수행되어진 결과라 추측되어진다. 그러나 척추 기립근의 근 활성화는 배안쪽빗근을 포함

한 복부 근육보다 모든 각도에서 높게 측정되었는데, 이는 교각운동이 체간과 고관절 신전근들이 강하게 작용하는 점을 감안하고, 지지면의 불안정한 상태나 운동의 난이도가 높아질수록 체간 안정화를 위해 복부 근육의 동시 수축을 위한 더 많은 운동 학습이 필요하다고 사료되어진다. 또한 본 연구에서는 슬관절 굴곡 각도의 변화에 따른 체간 근육의 활성화도만 연구하였으나, 이에 따른 하지 근육의 근 활성화도 변화량을 측정하여 체간과 하지의 동시분석이 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 슬관절의 굴곡 각도에 따른 교각운동이 체간 근육의 활성화와 대근육과 국소 근육간의 활성화 비율을 연구하여 효율적인 교각운동 자세를 알아보려고 하였다.

그 결과 슬관절 굴곡 각도 120°에서 배곧은근, 배안쪽빗근, 배바깥빗근의 최대 근 활성도를 보였으며, 척추 기립근에서는 최소의 근 활성도가 나타났으나 통계적 유의성은 없었다. 그리고 슬관절 굴곡 각도가 감소함에 따라 45°에서는 배곧은근, 배안쪽빗근, 배바깥빗근이 최소 근 활성도를 보였으며, 척추 기립근에서는 최대의 근 활성도가 나타났으나 통계적 유의성은 없었다. 근전도 신호량의 차이는 120°와 90°에서 배안쪽빗근의 유의한 차이를 보였으나($p < .05$), 나머지 복부 근육에서는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 척추 기립근은 60°와 45°사이를 제외한 모든 각도에서 상호간의 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 또한 배안쪽빗근/배곧은근과 배안쪽빗근/배바깥빗근의 근 활성화 비율은 배곧은근 보다 배안쪽빗근이 3~4배 높게 측정되었으며, 배바깥빗근 보다 배안쪽빗근이 2배 이상 높게 측정되었다.

이상의 결과는 교각운동 시 슬관절 굴곡 각도 120°와 90°까지는 배안쪽빗근이 균형을 유지하기 위해 유의성 있는 활동을 하지만, 90° 이하에서는 척추 기립근의 활동성이 증가함에 따른 복부 근육의 활동성이 상대적으로 감소하게 되므로 체간의 안정화와 균형유지를 위한 더 많은 복부 근력 강화와 동시 수축의 운동학습이 수행되어야 할 것으로 사료

된다.

참 고 문 헌

- 김명진. 교각안정화 운동 시 스케이트보드와 공 적용이 체간근육 활동에 미치는 영향. 연세대학교 대학원. 박사학위 논문. 2008.
- 김명진. 교각운동 시 공 적용이 체간근 활동에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2009;16(1):18-24.
- 김선엽. 요통의 요골반부 안정화 접근법. 대한정형 물리치료학회지. 1998;7-19
- 김은옥. 교각운동 시 복부 드로잉-인 방법이 요부 전만과 체간 및 하지의 근 활성도에 미치는 영향. 한서대학교 대학원. 석사학위 논문. 2008.
- 김택연. 내,외 복사근과 요방형근에 브리지 운동이 미치는 효과. 용인대학교 체육과학대학원. 석사학위 논문. 2004.
- 이심철. 중심 안정성 운동을 적용한 교각운동 시 지지면 불안정성이 체간 및 하지의 근 활성도에 미치는 영향. 한서대학교 대학원. 석사학위 논문. 2009.
- 조혜영. 치료용 볼과 고정된 지면에서의 중심안정성 운동에 따른 요통환자 요부근육의 근 활성도 비교. 단국대학교 특수교육대학원. 석사학위 논문. 2006.
- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(1):86-92.
- Arokoski JP, Valta T, Kankaanpää M et al. Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(5):823-832.
- Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthop Scand suppl. 1989;230:1-54.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Maryland Aspe. 1998;360-374.
- Duncan M. Muscle activity of the upper and lower rectus abdominis during exercises performed on and off a Swiss ball. J Body Move Ther. 2009; 13(4):364-7.
- Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? Man Ther. 1999;4(2): 74-86.
- Hodges PW, Gandevia SC. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. 2000; 522(1):165-175.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Muscles: testing and function with posture and pain. 5th ed. Baltimore. Williams & Wilkins. 2005.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise foundations and techniques. 4th ed. Philadelphia (PA)F.A. Davis Company. 2002.
- Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. 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):242-9.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation. Elisabeth E. Rowan. 2002.
- O'Sullivan SB. Lumbar segmental instability; clinical presentation and specific stabilizing exercise management. Man Ther. 2000;5(1):2-12.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ. Physical Rehabilitation: Assesment and treatment. 4th ed. Philadelphia F.A. Davis Company. 2001.
- Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain control: What exercises would you prescribe? Man Ther. 1995;1:2-10.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: Theory and practical approach. 2nd ed. Philadelphia. Lippincott Williams and Wilkins. 2001.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahiru NN et al. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. BMC Musculoskelet Disord. 2006;7:75.
- 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):271-9.