

# 크램 운동 시 시각-촉진 되먹임이 큰볼기근 활성도와 골반 회전에 미치는 영향

고은경<sup>1</sup>, 정도영<sup>2</sup>

<sup>1</sup>마산대학교 물리치료과, <sup>2</sup>중부대학교 보건과학대학 물리치료학과

## Effect of Visual and Palpation Feedback on Muscle Activity of Gluteus Maximus and Motion of Pelvic Rotation during Clam Exercise

Eun-kyung Koh<sup>1</sup>, Do-Young Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Masan University, <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, College of Tourism & Health Science, Joongbu University

**Purpose:** This study was conducted in order to determine the effect of visual and tactile feedback on muscle activity of the gluteus maximus (Gmax) and abdominal muscles and the motion of pelvic rotation during performance of clam exercise (CE).

**Methods:** Thirteen subjects without low back pain were recruited for this study. Each subject was instructed to perform the CE without and with feedback. The subjects were instructed to keep pelvic from rotating backwards by palpating the ASIS and monitoring the pelvic movement by themselves during performance of CE with feedback. The electromyographic (EMG) activities of Gmax and abdominal muscles were collected using surface EMG. Angles of pelvic rotation were measured using a 3-dimensional motion-analysis system. Paired t-tests were used for comparison of EMG activities in each muscle and the angle of pelvic rotation.

**Results:** The EMG activities of all abdominal muscles were not significant between CM without and CM with feedback ( $p>0.05$ ). The EMG activity of Gmax was significantly greater in CM with feedback compared with CM without feedback (without vs. with feedback; 14.2% vs. 20.7% MVIC) ( $p<0.05$ ). The angle of pelvic rotation was significantly less in CM with feedback compared with CM without feedback (without vs. with feedback;  $15.3^\circ$  vs.  $10.8^\circ$ ) ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** Therefore, these findings suggest that CM with the visual and tactile feedback is effective in activation of the Gmax and correcting of the uncontrolled lumbopelvic rotation during CE.

**Key Words:** Clam Exercise, Low back pain, Lumbopelvic motion

### 1. 서론

일상생활 동작 시 대부분 사지 움직임(limb movement)이 일어난다. 사지 움직임이 허리골반 부위(lumbopelvic region)에 힘을 전달해 허리골반 부위의 움직임을 일으키기 때문에 요

통환자를 평가할 때 사지 움직임은 매우 중요하다. 사지 움직임에 따른 반복적인 허리골반 움직임은 허리골반 부위 조직들의 스트레스와 미세손상 축적에 기여하여 결국 요통으로 발전한다.<sup>1,2</sup> 특히, 사지 움직임 초기에서의 증가된 허리골반 움직임은 요통과 관련이 있다.<sup>3-5</sup> 요통환자를 대상으로 엎드린 자세에서 엉덩관절의 가쪽 회전 검사 시 요통 증상과 허리골반 움직임 패턴간의 관계에 대해 연구가 진행되었다. 특히, 엉덩관절 가쪽 회전 시 허리골반 움직임이 일찍 일어나는 것은 요통과 관련이 있으며, 요통환자군이 대조군에 비해 엉덩관절 가쪽 회전 시 더 빨리 그리고 더 많은 허리골반 움직임이 일어난다고 보고하였다.<sup>6,7</sup>

Received Sep 11, 2013 Revised Oct 13, 2013

Accepted Oct 15, 2013

Corresponding author Do-Young Jung, ptsports@joongbu.ac.kr

Copyright © 2013 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

사지 움직임 시 허리골반 움직임을 최소화하는 것은 요통 환자를 치료하는데 중요한 요소이다. 이전 연구들에서 엉덩관절의 가쪽 혹은 안쪽 회전과 같은 움직임 동안 요통 증상이 증가될 때 수기(manual)로 허리골반 움직임을 제한함으로써 대부분의 요통환자들의 증상을 호전시킬 수 있다고 보고하였다.<sup>8,9</sup> 비록 사지 움직임 동안 치료사의 수기에 의한 허리골반 움직임을 수정하는 것이 요통을 감소시키는데 효과적일지라도, 홈 프로그램(home program)으로써 성공적인 사지 움직임을 수행할 수 있기 위해서는 수동적인 도움 없이 환자 스스로 허리골반 움직임을 조절할 수 있어야 한다. 따라서 치료사의 수기가 아닌 다른 방법으로 사지 움직임 시 허리골반 움직임을 줄일 수 있어야 한다. 조절되지 않은 움직임을 훈련하기 위한 되먹임 방법으로 움직임을 보는 것과 같은 시각 되먹임(visual feedback), 이미지를 활용한 시각화(visualization), 손을 활용한 촉각 되먹임(tactile feedback), 접착 테이프와 피부의 장력을 활용한 운동감각 되먹임(kinaesthetic feedback), 구두 지시(verbal instruction)와 구두 수정(verbal correction) 그리고 압력 생체 되먹임(pressure biofeedback)과 같은 움직임을 모니터링하는 장비 사용 등 다양한 방법들이 있다.<sup>10</sup> Scholtes 등<sup>11</sup>은 요통환자를 대상으로 엎드린 자세(prone position)에서 허리골반 움직임을 수정하기 위해 복근 수축과 골반의 회전 움직임이 일어나지 않도록 치료사의 구두지시와 촉각정보를 제공한 결과, 허리골반 움직임 시점(onset)에서의 엉덩관절 가쪽 회전 각도가 더 커졌으며, 최대 허리골반 움직임이 감소했다고 보고하였다. 비록 이전 연구에서는 치료사의 구두지시와 촉진 되먹임을 활용하여 골반의 회전 정도를 알아보았지만, 아직까지 고관절의 회전 움직임 시 환자 스스로의 시각 되먹임과 촉각 되먹임이 골반 회전에 얼마나 영향을 미치는 지에 대한 연구는 없는 실정이다.

바로 누운 자세(supine position)에서 한쪽 다리 뒤꿈치 미끄러짐(single heel sliding), 구부린 무릎 밖으로 떨어뜨리기(bent knee fall out), 능동적 다리 올리기(active straight leg raising), 옆으로 누운 자세(side-lying position)에서 다리 밖으로 들어올리기(top leg turn out), 엎드린 자세에서 무릎 구부린 상태에서 한쪽 다리 회전과 한쪽다리 굴곡 움직임은 사지 움직임 시 허리골반 움직임을 평가 혹은 훈련하기 위한 다양한 방법들이다.<sup>10,12</sup> 이전 연구에서 엎드린 자세에서 무릎 구부린 상태에서 한쪽 다리 회전과 한쪽다리 굴곡 그리고 바로 누운 자세에서 능동적 다리 올리기 시 골반의 움직임을 알아 보았지만,<sup>3,6,7,13,14</sup> 아직까지 옆으로 누운 자세에서 다리

밖으로 들어올리기 시 골반의 움직임과 복근들과 큰볼기근(gluteus maximus)에 대한 근활성도를 알아본 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 옆으로 누운 자세에서 다리 밖으로 들어올리기, 즉, 임상에서 주로 엉덩관절의 가쪽회전근과 별립근의 강화를 위한 크램 운동 시 시각과 촉각 되먹임이 골반 회전과 복근들과 큰볼기근의 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 본 연구에서는 다음과 같은 가설을 설정하였다. 크램 운동 시 시각과 촉각 되먹임이 (1) 골반 회전 각은 감소, (2) 큰볼기근의 근활성도는 증가, 그리고 (3) 동측의 내복사근(internal oblique)과 반대측의 외복사근(external oblique)의 근활성도는 증가시킬 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 M대학교 남학생 13명의 건강한 성인 20대를 대상으로 하였다. 대상자의 평균 연령은 24.3세, 신장은 172.5 cm 그리고 체중은 68.4 kg이었다. 과거 혹은 현재 요통, 신경학적 문제 그리고 상지 혹은 하지의 통증 및 기능적 제한이 있는 대상자는 제외시켰다. 모든 대상자들에게 실험 전 실험 동의서의 내용을 알려주고 연구 참여에 동의를 얻은 후에 실시하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 측정도구

표면근전도 자료 수집을 위해 MP100WSW (BIOPAC System Inc, Camino Goleta CA, USA)를 사용하였다. 근전도 자료는 Acqknowledge 3.72 소프트웨어를 사용하여 분석하였다. 골반의 회전 움직임을 측정하기 위해 6대의 카메라를 지닌 3차원 동작분석기 시스템(BTS Smart-Dx, Milan, Italy)를 사용하였으며, 운동형상학적 자료는 동작분석기 소프트웨어(BTS SMART-Analyzer, Milan, Italy)를 활용하여 분석하였다.

#### 2) 실험절차

크램 운동 시 근활성도를 측정하기 위해 복근들과 큰볼기근의 근전도 전극(Ag/AgCl) 부착부위를 미리 제모하고 알코올 솜으로 잘 닦은 후에 전극을 부착하였다. 전극간 거리는 2 cm로 하였으며 각각 근섬유 방향과 평행하게 부착하였다. 근전도 부착 부위는 양쪽 외복사근(external oblique: EO)은 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine: ASIS) 위

배꼽으로부터 외측 15 cm 지점에, 양쪽 내복사근(internal oblique: IO)은 전상장골극에서 2 cm 내측부위에, 큰볼기근은 큰돌기와 두번째 엉치뼈(S2)의 중간지점에 사선방향으로 부착하였다

크랩 운동 시 골반의 회전을 정의하기 위해 6개의 역반사 표식자(retro-reflective marker)를 대상자의 양쪽 위뒤 장골가시 (posterior superior iliac spine: PSIS), 엉덩뼈능선(iliac crest)의 가장 높은 위치, 넓적다리의 큰돌기(greater trochanter)와 위관절융기(epicondyle) 그리고 넓적 다리와 위관절융기 중간 지점에 부착하였다(Figure 1).

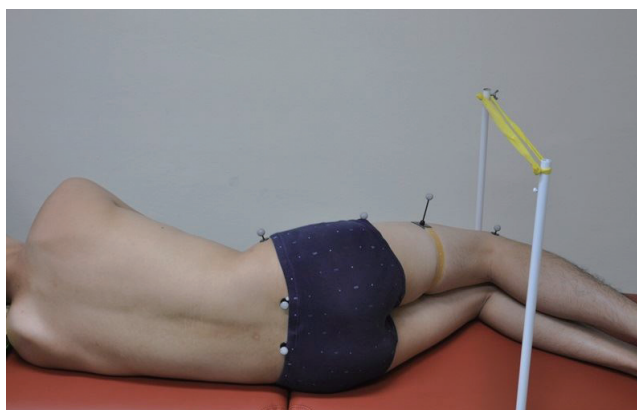


Figure 1. The location of six markers to measure the angle of pelvic rotation

크랩 운동 시 엉덩관절 45°, 무릎관절 90° 그리고 양쪽 다리의 뒤꿈치가 함께 놓여 지도록 옆으로 누운 자세를 취하였다. 이 자세에서 양쪽 뒤꿈치가 함께 놓여 지도록 유지하면서 무릎을 들어올리도록 하였다. 크랩 운동 시작 시 시각과 촉각 되먹임은 대상자 스스로 검지 손가락을 위앞엉덩뼈가시를 촉진하고 크랩 운동을 하는 동안 골반의 움직임이 일어나지 않도록 관찰하는 것이다. 각 운동 시 무릎의 높이를 일정하게 하기 위해 각 대상자가 엉덩관절의 벌림 각도가 20°가 되도록 무릎 위에 목표 막대(bar)를 설치하였다(Figure 2). 실험자는 대상자들에게 크랩 운동과 골반의 움직임을 통제하기 위한 시각과 촉각 되먹임을 하면서 운동 방법을 알려주었고, 대상자가 실험 전 이 운동에 익숙해지도록 15분 동안 각 조건에 따른 운동을 연습하였다. 대상자들에게 크랩 운동을 연습하는 동안 목표 막대에 닿기 전에 골반이 움직이거나 촉진한 손에서 위앞엉덩뼈가시가 떨어지게 되면 다시 하도록 지시하였다. 3번 연속하여 완벽하게 운동을 수행했을 경우 본 실험을 실시하였다. 각 운동 시 근활성도는 무릎이 목표 막대에 닿는 위치에서 5초동안 유지하여 3번 반복 측정하였으며, 근육의 피로를 예방하기 위해 각 조건마다 3분간의

휴식을 취하도록 하였다. 각 운동 시 처음 자세와 마지막 자세에서의 골반 회전 각의 차이를 측정하였다. 3번 반복 측정한 값들의 평균 골반 회전각을 분석을 하는데 사용하였다.

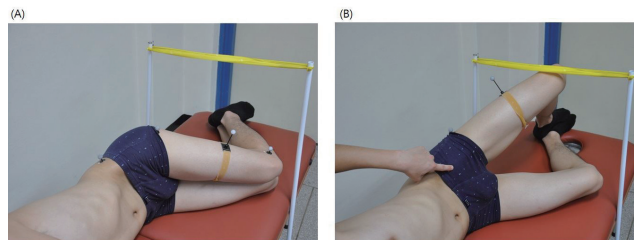


Figure 2. Clam exercise (A) Starting position (B) End position

### 3) 자료 처리 및 분석

근전도 신호의 표본 추출률은(sample rate)은 1000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 20~450 Hz로 정하였으며, 60 Hz 노치필터(notch filter)를 사용하였다. 각각의 운동을 하는 동안 각 근육의 근전도 신호를 제곱 평균 제곱근법(root mean square: RMS)으로 처리하였고 본 실험이 끝난 후 근전도 값을 정규화(normalization)하기 위해 도수근력검사 자세에서 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)을 실시하여 근활성도를 측정하였다. MVIC값의 측정은 각 자세에서 5초간 3회 반복 실시하여, 5초동안의 근전도 자료를 제곱근으로 처리하였고 처음과 마지막에 각 1초를 제외한 3초동안의 평균 근전도 신호량을 %MVIC로 정하여 사용하였다. 골반 회전에 대한 운동형상학적 자료의 표본 추출률은 100 Hz로 설정하였다. 골반의 회전은 골반 분절을 사용하여 연동되었다; 분절은 양쪽 위뒤장골가시와 엉덩뼈 능선 표면에 부착한 3개의 마커들을 연결한 면으로 정의하였다. 골반 회전 각은 골반 분절을 이루는 면과 수평면과의 사이 각으로 초기 자세에 대해 골반 분절의 각 변화로 계산되었다.

### 4) 통계방법

크랩 운동 시 시각과 촉각 되먹임 유무에 따른 각 근육의 근활성도와 골반 각도를 비교하기 위해 짝 비교 t-검정 (paired t-test)을 실시하였다. 통계 프로그램은 SPSS version 12.0 (SPSS Inc., Chicago IL, USA)을 이용하여 통계 처리하였다. 유의 수준은  $p < 0.05$ 에서 검증하였다.

## III. 결과

크랩 운동 시 시각과 촉각 되먹임 유무에 따른 복근의 근활

Table 1. EMG activity (%MVIC) of Gmax and abdominal muscles during CE without and with feedback (N=13)

Muscles	Without biofeedback	With biofeedback	t	p
Gmax	14.35 ± 6.09	20.93 ± 10.20	-2.74	0.02*
IEO	19.22 ± 16.76	27.15 ± 35.31	-0.81	0.43
CEO	8.64 ± 5.24	8.91 ± 3.69	-0.28	0.79
IIO	17.75 ± 10.06	20.74 ± 12.75	-1.86	0.09
CIO	8.55 ± 8.71	10.49 ± 8.38	-1.47	0.17

Note. \*significant difference between CE without feedback and CE with biofeedback, Standard deviation in parentheses. Gmax: gluteus maximus; IEO: ipsilateral external oblique; CEO: contralateral external oblique; IIO: ipsilateral internal oblique; CEO: contralateral internal oblique

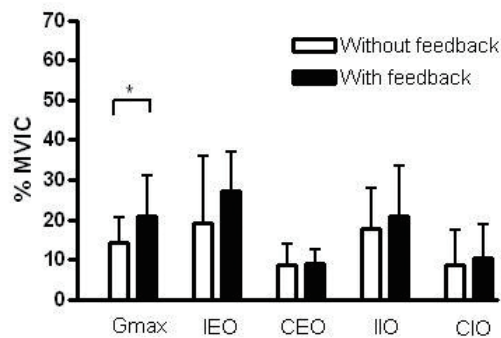


Figure 3. EMG activity of Gmax and abdominal muscles during CE with and without visual and palpation feedback. (\*significant difference at p<0.05)

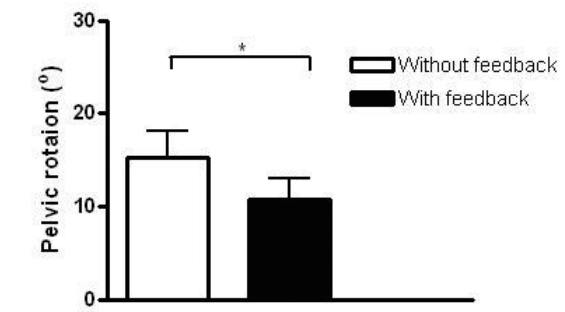


Figure 4. Amount of pelvic rotation during CE with and without visual and palpation feedback. (\*significant difference at p<0.05)

성도는 유의한 차이가 없었으나(p>0.05), 큰 볼기근의 근활성도는 시각과 촉진 되먹임을 하면서 크랩 운동이 되먹임 없이 하는 크랩 운동보다 유의하게 컸다(p<0.05)(Table 1, Figure 3). 또한 골반의 회전 각은 시각과 촉진 되먹임을 하면서 크랩 운동이 되먹임 없이 하는 크랩 운동보다 유의하게 작았다(p<0.05)(Table 1, Figure 4).

#### IV. 고찰

본 연구에서는 옆으로 누운 자세에서 다리 밖으로 들어올리기, 즉, 임상에서 주로 엉덩관절의 가쪽회전근과 벌림근 강화를 위한 크랩 운동 시 시각과 촉각 되먹임이 골반의 움직임과 복근들과 큰볼기근의 근활성도에 영향을 끼치는지 알아보려고 하였다. (1) 골반 회전 각은 감소, (2) 큰볼기근의 근활성도는 증가, 그리고 (3) 동측의 내복사근과 반대측의 외복사근의 근활성도는 증가할 것이라고 본 연구에서 가설을 설정하였다.

본 연구 결과, 크랩 운동 시 시각과 촉각 되먹임이 골반 회전 각도를 유의하게 감소시켰다. 몇몇 연구자들은 치료사의 구두와 촉진 되먹임을 주어 사지 움직임 시 허리골반 움

직임을 정량적으로 연구하였다.<sup>11,13</sup> Shotes 등<sup>11</sup>의 연구에서는 엎드린 자세에서 엉덩관절을 가쪽회전 동안 정상군과 요통군의 허리골반 최대 회전각이 각각 8.1°와 8.0°였지만 허리골반 움직임을 최소화하기 위해 치료사의 지시에 의한 되먹임을 적용했을 때 정상군과 요통군의 허리골반 최대 회전각이 각각 3.8°와 5.3°로 감소하였다. 본 연구에서는 시각과 촉각 되먹임 유무에 따라 각각 15.3°와 10.8°로 감소하였다. 정상군의 경우 이전 연구와 본 연구 모두 되먹임 유무에 따른 허리골반 각도가 약 5° 정도 차이가 난다. 비록 이전 연구와 본 연구의 운동 자세와 되먹임 종류가 다르기 때문에 직접 비교할 수 없지만, 이전 연구와 마찬가지로 본 연구에서 시각과 촉각 되먹임이 허리골반 각도를 감소시켰다. 본 연구는 이전 연구에 비해 허리골반 회전 각도가 더 큰 이유는 이전 연구에서는 한쪽 무릎을 구부린 채 엎드린 자세에서 엉덩관절을 가쪽 회전 시켰기 때문에 중력에 영향을 받아 허리골반 각도가 작았다고 사료된다. 따라서 요통환자에게 사지 움직임 시 허리골반의 움직임을 조절하는 훈련을 할 때 점진(progression) 운동으로 옆으로 누운자세에서 시작하여 점차 엎드린 자세로 실시하는 것을 추천한다.

요통은 엉덩관절의 벌림근과 가쪽회전근의 근력약화와



관련있다.<sup>15</sup> 임상 혹은 스포츠 분야에서 크램 운동은 엉덩 관절의 벌림근과 가쪽 회전근의 근력강화를 위해 수행된다.<sup>16</sup> 이전 연구에서 크램 운동 시 큰볼기근과 벌림근의 근활성도를 알아보았다.<sup>17-19</sup> Boren 등<sup>17</sup>과 Distefan 등<sup>18</sup>의 연구에서는 큰볼기근의 근활성도가 각각 53%와 34%였다. 이전 연구와 비교했을 때 본 연구가 큰볼기근의 근활성도가 더 작은 이유는 본 연구에서는 크램 운동 시 엉덩관절이 20° 벌림한 상태에서 근활성도를 측정된 반면에 이전 연구에서는 최대한의 엉덩관절 벌림과 가쪽 회전한 상태에서 측정했기 때문이라 사료된다. 본 연구에서 크램 운동 시 시각과 촉각 되먹임 유무에 따라 큰볼기근의 근활성도가 각각 14.2% MVIC와 20.7% MVIC로 유의한 차이가 있었다. 비록 본 연구에서는 엉덩관절의 가쪽회전 각도를 측정하지 않았지만, 크램 운동 시 시각과 촉각 되먹임이 허리골반 각도를 감소함에 따라 엉덩관절의 가쪽회전의 증가로 큰볼기근의 근활성도가 유의하게 증가했을 것으로 사료된다. 따라서 크램 운동 시 큰볼기근의 근활성도를 증가시키기 위해서는 다양한 되먹임을 활용하여 허리골반 움직임을 제한하는 것을 추천한다.

크램 운동 시 한쪽 혹은 비대칭적인 하지의 하중이 가해지면서 회전력이 허리골반 부위로 전달되게 된다. 결국, 이러한 허리골반의 회전 스트레스는 허리골반 안정화를 시키는 근육들에 의해서 조절될 수 있다. Comerford와 Mottram<sup>10</sup>은 옆으로 누운 자세에서 다리 밖으로 들어올리기 시 조절이 안된 허리골반 움직임은 특히 빗근들(oblique muscles)과 같은 체간 안정화 근육들의 비효율(inefficiency)과 관련이 있다고 하였다. 본 연구에서는 크램 운동 시 시각과 촉각 되먹임이 동측의 내복사근과 반대측의 외복사근의 근활성도가 증가할 것이라고 본 연구에서 가설로 설정하였지만, 연구결과 모든 복근들에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 따라서, 시각과 촉각 되먹임으로 허리골반의 움직임은 감소되었으나, 복근의 근활성도는 유의하게 증가하지 않았다. Comerford와 Mottram<sup>10</sup>은 옆으로 누운 자세에서 다리 밖으로 들어올리기 시 동측의 내 복사근과 반대측의 외복사근을 독립적으로 수축시킴으로써 허리골반 움직임을 더 효과적으로 조절할 수 있다고 하였다. 따라서 허리골반 움직임을 조절할 수 있는 특정 복근 즉, 내·외복사근들의 수축을 촉진함으로써 더 많은 허리골반 움직임의 조절이 가능하다고 판단된다. 향후 연구에서는 다양한 되먹임과 함께 내·외복사근들의 분리된 수축이 얼마나 허리골반 움직임을 줄일 수 있는지 알아볼 필요가 있다.

본 연구의 제한점으로 몇 가지가 있다. 첫째, 시각적 그리고 촉각적 되먹임 각각의 효과를 알아보지 못했다는 것이다. 따라서 시각적 되먹임과 촉각적 되먹임이 구분된 반복측정된 연구설계 방법으로 설계된 향후 연구가 필요할 것이다. 둘째, 정상인을 대상으로 실험을 진행하였기 때문에 모든 대상자에게 일반화 할 수 없다는 것이다. 하지만, 본 연구를 통해 요통 발생률이 높은 골프와 테니스와 같은 엉덩관절의 회전을 요하는 스포츠 종목을 즐기는 일반인들에게 요통을 예방할 수 있는 운동방법을 제시할 수 있었다. 마지막으로 본 연구에서는 허리골반 움직임이 어느 시기에 시작되는지 알아보지 못했다. 하지 움직임을 통해 요통을 예방 및 치료를 하기 위한 운동들은 허리골반의 최대 움직임의 양도 중요하다. 하지만, 허리골반 회전의 시작 시점도 중요하기 때문이다.

본 연구는 시각과 촉각 되먹임이 크램 운동 시 큰볼기근과 복근들의 근활성도와 골반 회전 움직임에 영향을 미치는지 알아보았다. 연구결과, 큰 볼기근의 근활성도는 시각과 촉각 되먹임과 함께 한 크램 운동이 되먹임 없이 하는 크램 운동보다 유의하게 컸고 골반의 회전 각은 유의하게 작았다. 따라서, 크램 운동 시 시각과 촉각 되먹임이 허리골반 움직임을 최소화시키고 큰볼기근을 활성화 시키는데 효과적인 방법이라고 추천한다.

## 참고문헌

1. Chae YW, The Effect of Center of Pressure Displacement and Muscle Activation Onset during Expected and Unexpected Sudden Upper Limb Loading in Subjects with Low Back Pain and Healthy Subjects, *J Korean Soc Phy Ther*; 2006;18(4):51-60.
2. McGill SM, The biomechanics of low back injury: Implications on current practice in industry and the clinic, *J Biomech*, 1997;30(5):465-75.
3. Luomajoki H, Kool J, de Bruin ED et al. Movement control tests of the low back; evaluation of the difference between patients with low back pain and healthy controls, *BMC Musculoskelet Disord*, 2008;9:170.
4. Roussel NA, Nijs J, Mottram S et al. Altered lumbopelvic movement control but not generalized joint hypermobility is associated with increased injury in dancers. A prospective study, *Man Ther*. 2009;14(6):630-5.
5. Shum GL, Crosbie J, Lee RY. Symptomatic and asymptomatic movement coordination of the lumbar spine and hip during an everyday activity, *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005;30(23):E697-702.
6. Gombatto SP, Collins DR, Sahrman SA et al. Gender differences in pattern of hip and lumbopelvic rotation in people

- with low back pain, *Clin Biomech* (Bristol, Avon), 2006;21(3):263-71.
7. Scholtes SA, Van Dillen LR. Gender-related differences in prevalence of lumbopelvic region movement impairments in people with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007;37(12):744-53.
  8. Van Dillen LR, Maluf KS, Sahrman SA. Further examination of modifying patient-preferred movement and alignment strategies in patients with low back pain during symptomatic tests. *Man Ther*. 2009;14(1):52-60.
  9. Van Dillen LR, Sahrman SA, Norton BJ et al. The effect of modifying patient-preferred spinal movement and alignment during symptom testing in patients with low back pain: A preliminary report. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(3):313-22.
  10. Comerford M, Mottram S. *Kinetic Control: The Management of Uncontrolled Movement*, 1st ed. Chatswood, Churchill Livingstone, 2012:67-175.
  11. Scholtes SA, Norton BJ, Lang CE et al. The effect of within-session instruction on lumbopelvic motion during a lower limb movement in people with and people without low back pain. *Man Ther*. 2010;15(5):496-501.
  12. Sahrman S. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes* 1st ed. New York, Mosby, 2001:445.
  13. Park KH, Ha SM, Kim SJ et al. Effects of the pelvic rotatory control method on abdominal muscle activity and the pelvic rotation during active straight leg raising. *Man Ther*. 2013;18(3):220-4.
  14. Scholtes SA, Gombatto SP, Van Dillen LR. Differences in lumbopelvic motion between people with and people without low back pain during two lower limb movement tests. *Clin Biomech* (Bristol, Avon). 2009;24(1):7-12.
  15. Seo JK, Kim SY. The Relationship between Hip Abductor Muscle Strength and Lumbar Instability in Patients with Chronic Low Back Pain. *J Korean Soc Phy Ther*. 2011; 23(4):15-22.
  16. Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*, 6 ed. Philadelphia, F.A. Davis Company, 2012:752-3
  17. Boren K, Conrey C, Le Coguic J et al. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6(3):206-23.
  18. Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW et al. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39(7):532-40.
  19. McBeth JM, Earl-Boehm JE, Cobb SC et al. Hip muscle activity during 3 side-lying hip-strengthening exercises in distance runners. *J Athl Train*. 2012;47(1):15-23.