

Effects of pressure biofeedback application location for subjects with lumbar instability on pelvic rotation and hip joint abductor muscle activity during the Clam exercise.

Yonggil Choi^a, Sangyeol Lee^b

^aDepartment of Physical Therapy, Graduate School, Kyungsoong University, Busan, Republic of Korea

^bDepartment of Physical Therapy, Kyungsoong University, Busan, Republic of Korea

Objective: The purpose of this study was to find out how the back instability during clam exercise (CE) causes changes in pelvic rotation and hip joint abductor muscle activity, and to find out the effects with different methods of application of pressure biofeedback.

Design: Comparative study using repeated measures.

Methods: Each subjects performed the clam exercise (CE) without pressure biofeedback, the clam exercise with pressure biofeedback applied to the back (CE-PBU to back), and the clam exercise with pressure biofeedback applied to the side (CE-PBU to side). The amount of pelvic rotation was measured using myomotion. And the muscle activity of the muscle gluteus medius and the tensor fasciae latae was measured using EMG device. One-way repeated measures ANOVA followed by the Bonferroni post test were used to compare the EMG activity in each muscle and pelvic rotation angle during the CE, CE-PBU to back, CE-PBU to side.

Results: The amounts of pelvic rotation was the lowest in CE-PBU to back ($p < 0.05$) and the ratio of muscle activity of the muscle gluteus / tensor fasciae latae was the highest in CE-PBU to back ($p < 0.05$).

Conclusions: It is thought that, in order to stabilize the waist-pelvis and increase hip joint muscle strength in subjects with back instability, applying clam exercise with pressure biofeedback applied to the lower back is effective in improving waist-pelvic movements and selectively strengthening the muscle gluteus medius.

Key Words: Clam exercise, Lumbar instability, Lumbo-pelvic movement, Pelvic rotation

서론

스트레스와 연관된 근골격계 질환 중 허리-골반 부위와 연관된 경우가 가장 빈번하다. 시대가 변화함에 따라 동적인 신체활동보다는 장시간 앉아서 생활하는 시간이 급격하게 증가하고 있으며[1], 지속적으로 허리에 가중된 부하는 척추와 추간판에 영향을 미친다[2]. 또한 골반의 비대칭적인 자세는 엉덩관절에 가해지는 압박을 증가시키게 되는데, 이는 엉덩관절 주변 근육의 약화와 직접적인 연관성을 가진다[3, 4].

잘못된 자세로 인해 발생된 엉덩관절의 기능적 문제는

앉았다 서기와 같은 일상생활 동작에 비정상적인 허리-골반의 움직임 발생시킨다[4]. 반복적인 허리-골반의 움직임은 허리분절의 과운동성과 진행요소로 허리통증과 관련된 많은 연구들이 임상적으로 밝혀져 왔다[5, 6]. Marshall 등 [7]의 연구에서 중간볼기근의 힘과 지구력 저하는 장기간 선 자세에서 발생하는 허리통증과 관련있다고 보고하였으며, Almedia 등 [8]은 과거에 허리통증 병력이 있는 대상자들에게서 엉덩관절 돌림 검사 시 엉덩관절 돌림 각도는 감소하고 골반 돌림 각도는 증가한다고 보고하였다. 따라서 사지의 움직임 시 허리-골반의 움직임을 최소화 시키고 엉덩관절을 안정화하는 것은 허리통증을 예방

Received: Apr 16, 2021 Revised: Apr 24, 2021 Accepted: Apr 25, 2021

Corresponding author: Sangyeol Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4428-9101>)

Department of Physical Therapy, Kyungsoong University

Busan Nam-gu Suyeong-ro 309, Kyungsoong University Hall No. 12 401 Republic of Korea

Tel:***-****-**** E-mail: sjslh486@ks.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2021 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

하는데 있어 중요한 요소이다[9, 10].

중간볼기근은 엉덩관절 벌림의 주동근으로서 하지의 움직임 동안 골반의 안정화에 기여할 뿐만 아니라 넓적다리의 움직임을 조절한다[11]. 중간볼기근은 앞볼기근선의 위쪽인 엉덩뼈의 바깥면에서 시작되어 큰돌기의 가쪽면에 부착된다. 이러한 부착부위의 위치적 특성은 중간볼기근이 모든 벌림근 중에서도 가장 큰 모멘트 팔을 가질 수 있는 이유가 된다. 또한, 근육섬유는 전체 가로면적의 60%를 차지하고 있어 엉덩관절 벌림근 중에서도 가장 큰 근육으로 여겨진다[12]. Boren 등 [13]의 연구에서는 중간볼기근의 강화를 위한 운동으로 비체중지지와 체중지지 상태에서 실시하는 22가지의 운동법이 소개되었다. 그 중 비체중지지에서 실시하는 클램운동(Clam exercise, CE)은 중간볼기근의 선택적 수축을 이끌어낼 수 있는 대표적인 운동법이다. Jeong 등 [14]은 정상인에게 압력생체피드백 장치를 적용한 클램운동에서 허리네모근의 근활성도 감소와 중간볼기근의 수축을 더욱 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 또한 Willcox 등 [15]의 연구에서 무릎의 90° 굴곡을 적용한 클램운동은 넓다리근막긴장근의 근활성도를 상대적으로 줄이고 중간볼기근의 근활성도를 높일 수 있다고 제시하였다.

일반적으로 클램운동은 동작을 수행하는 동안 허리-골반의 움직임이 일어나지 않아야 하며 척추의 정렬이 일직선으로 유지되어야 한다[15]. 또한 정상적인 허리-골반의 움직임은 앞으로 누운 자세에서 엉덩관절 돌림 시 초기 50% 동안 움직임이 일어나지 않아야 한다[16]. 하지만 허리통증 환자의 경우 허리-골반리듬 초기(0°~30°) 단계에서 허리뼈의 굽힘이 엉덩관절에 비해 과도하게 일어나며[17], 엉덩관절 벌림 시 상대적으로 골반의 측면 굽힘이 일어난다[18]. 이러한 결과는 신경학적 관점에서 잘못된 움직임 패턴으로 중추신경계에 인식되어 운동 학습이 이루어진다. 잘못된 운동 학습은 고유수용성감각을 저하시키고 관절의 퇴행과 자세를 변화시켜 통증을 유발한다[19, 20]. Goodheart [21]는 수의적 조절을 받는 근육은 완전하게 수축할 수 있어야 하며 충분한 시간 동안 주어진 부하와 속도에 수축하는 것이 근력 강화에 효과적이라 하였다. 결과적으로 운동은 개인의 수행에 맞는 적절한 안정성과 가동성을 고려하여 훈련에 적용해야 한다[22].

클램운동의 특성상 자가 운동으로써 성공적인 운동의 수행을 위해서는 수동적인 도움 없이 환자 스스로 허리-골반 움직임을 조절할 수 있어야 한다. 치료사의 수기가 아닌 다른 방법으로 허리-골반의 움직임을 조절하기 위해서는 시각적피드백(Visual feedback), 구두지시(Verbal instruction), 압력생체피드백 장치(Pressure biofeedback)와 같은 방법들이 움직임을 조절하기 위한 선행적조절(Feedforward control)의 역할로 사용된다[23]. Koh 등

[24]의 연구에서는 허리통증 환자를 대상으로 클램운동 시 옆구리에 적용한 압력생체피드백 장치와 골반부의 촉각을 통한 시각적피드백을 적용한 결과 허리-골반 돌림은 감소하고 내외복사근과 큰볼기근의 근활성도가 향상되었다고 보고하였다. 비록 이전 연구에서는 시각과 촉각적피드백을 사용하여 골반 돌림과 하지의 근활성도를 알아보았지만, 압력생체피드백 장치를 이용한 적용 방법이 골반 돌림과 하지의 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 없는 실정이다. 이에 본 연구는 클램운동 시 압력바이오피드백의 적용 위치가 허리불안정성 환자의 골반 돌림 및 엉덩관절 벌림근 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

연구 방법

연구 대상

본 연구의 대상자는 부산에 거주하고 있는 20대의 남성들로 허리불안정성 환자 20명을 대상으로 시행하였다. 대상자 모집은 부산 W재활병원 계시판에 실험 참가자 모집 공고문을 부착하여, 자발적으로 지원한 W재활병원에 외래 치료 중인 20대 남성을 대상으로 모집하였다. 대상자 선정기준은 근무기간 2년 이상, 하루 6시간 이상 앉아서 근무하는 사람들 중 압력생체피드백 장치를 이용한 허리불안정성 검사를 통해 선별하였으며, 압력계의 수치가 40 mmHg를 기준으로 ± 5 mmHg의 범위를 벗어난 자들을 대상으로 하였다[25]. 대상자 선별 과정에서 지난 6개월간 허리통증을 겪은 자, 일상생활에 제한이 있는 정도의 척추부위나 골반부위, 엉덩관절에 손상이 있는 자, 신체질량지수(Body Mass Index)가 25 이상인 자, 척추옆굽음증 진단을 받거나 이와 관련된 수술 병력을 가진 자는 연구 대상에서 제외하였다.

본 실험을 수행하기 전 실험의 목적과 진행 과정에 대해 설명하고 서면동의를 받았으며, 연구 대상자의 기본정보들을 마련하기 위해 설문지를 통하여 연령, 신장, 체중, 근무기간, 앉아서 생활하는 시간 등 일반적인 특성을 조사하였다.

평가 방법 및 측정 도구

압력생체피드백 장치를 이용한 허리불안정성 검사

압력생체피드백 장치(Pressure biofeedback unit, Chattanooga Group Inc., USA)는 인체의 삼차원적인 동적 움직임을 조절 시 허리-골반 영역의 안정성을 평가하기 위해 고안된 장치이다[26]. 대상자는 옆으로 누운 자세에서 엉덩관절 60°, 무릎관절 90° 굴곡 자세로 양쪽 발의 뒤꿈치가 맞닿아 있는 상태에서 12번째 갈비뼈와 엉덩뼈

능선 사이에 압력생체피복임 장치를 위치하였다. 그 후 양쪽 뒤꿈치가 닿아 있는 상태를 유지하면서 무릎을 들어 올려 바의 위치에 도달한 후 제자리로 돌아오도록 하였다. 이때 압력계의 수치가 40 mmHg를 기준으로 ± 5 mmHg의 범위를 유지하면서 동작을 수행하도록 지시하였으며, 한 비트당 50템포, 3초 간격의 메트로놈 박자에 맞추어 총 3회 동작을 시행하였다. 압력계의 최대오차 범위 측정 은 대상자가 동작을 시행하는 동안 제2의 측정자가 기록 하였고, 그 값을 평균화시켜 반올림 한 다음 소숫점 둘째 자리까지 본 연구에 사용하였다. 측정된 평균값의 수치가 40 mmHg를 기준으로 ± 5 mmHg를 벗어난 경우 허리불 안정성이 있다고 판단하였다.

표면 근전도 시스템

옆으로누운 자세에서 클램운동 시 수행 측 중간볼기근과 넓다리근막긴장근의 근활성도를 보기 위해 표면 근전도 시스템(Telemyo™ 2400T Direct Transmission System, Noraxon, USA)을 사용하여 측정하였다. 측정된 결과는 근전도 분석 프로그램(Biomechanical analysis software MR 3.8, Noraxon, USA)을 사용하여 분석하였으며, 표면 전극은 Ag/AgCl전극(IWC-DTS, 9113A-DTS, Noraxon, USA)을 사용하였다. 전극을 부착하기 전 대상자의 전극 부착부위에 면도기를 이용하여 체모를 제거하고, 알콜솜을 이용하여 주변을 청결히 하였다. 그 후 최대 근육 수축이 가장 뚜렷하게 확인되는 근육을 찾은 다음, 근섬유 방향을 따라 활성전극과 기준전극을 수평으로 부착하고, 각 전극 중심사이 거리를 2 cm 이내로 부착하였다. 중간볼기근의 부착 부위는 큰돌기(Greater trochanter)와 엉덩뼈능선(Iliac crest) 사이의 1/3 지점에 부착하였고, 넓다리근막긴장근은 큰돌기로부터 위앞엉덩뼈가시의 30° 방향에 선을 따라 부착하였다[27].

근전도 신호의 표준화

본 연구는 실험 전 대상자들의 근활성도를 표준화하기 위해 최대 수의적 등척성수축(Maximal voluntary isometriccontraction, MVIC)을 측정하였으며, 측정 자세는 Kendall 등 [28]이 제시한 표준 도수근력 검사 자세로 시행하였다. 중간볼기근의 최대 수의적 등척성수축 측정 자세는, 대상자는 옆으로누운 자세에서 측정하고자 하는 반대쪽 다리는 바닥과의 안정성을 증가시키기 위하여 엉덩관절 45°, 무릎관절 90° 굴곡 상태로 둔다. 측정하고자 하는 다리는 옆으로누운 자세에서 대상자가 벌릴 수 있는 각도의 50% 정도 벌림을 유지하고 추가로 약간의 펴고 바깥 돌림을 한 상태로 측정한다. 저항 방향은 한손으로는 발목을 바닥면 방향으로 적용하고 다른 한손은 안정성을 위해 골반을 고정한다. 넓다리근막긴장근의 최대 수의

적 등척성수축 측정 자세는, 대상자는 바로누운 자세에서 엉덩관절을 가능한 최대로 안쪽 돌림 후 엉덩관절 굽힘, 무릎관절 펴 상태로 측정한다. 저항 방향은 엉덩관절의 펴 방향으로 적용한다. 근육의 최대 등척성 수축 값은 2회 측정하여 평균값을 구하였으며, 최대 수의적 등척성 수축 시 5초간 자료 값을 구한 후 처음과 끝의 각 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 정규화 과정을 위해 사용하였다. 대상자의 근피로를 방지하기 위해 측정 간 2분의 휴식시간을 취하도록 하였다.

삼차원적 동작 분석 장비

삼차원적 동작 분석 장비(Myomotionreseach pro 680, Noraxon, Germany)은 무선 캡처 장비로 관성측정장치(Inertial measurement unit, IMU) 센서를 이용한다. 관성 측정장치는 각속도, 자자기 센서의 정보를 조합하여 방향 정보를 제공한다[29]. 각각의 센서는 첫번째 엉치뼈와 넓적다리 전면 1/2 지점에 위치한 다음 클램동작을 시행하는 동안 골반 돌림 각도를 측정하였다.

측정 방법

클램운동 측정 자세

모든 대상자는 무의식적으로 공을 찾을 때 사용된 우세 측 하지를 동작 시 수행하였다. 클램운동의 시작 자세는 옆으로누운 자세에서 양측 하지의 엉덩관절 60°, 무릎관절 90° 굴곡 상태에서 척추의 일직선을 유지하였다[14]. 그 후 양쪽 뒤꿈치가 맞닿아 있는 상태를 유지하면서 무릎을 바에 위치까지 들어올린 후 제자리로 돌아오도록 하였다. 클램 동작의 수행범위의 일정한 피드백을 제공하기 위해 타겟 바를 제공하였으며, 바의 높이는 각 대상자의 클램운동 시 넓적다리에 위치한 관성측정장치 센서의 기울기를 이용하여, 수평면 상 시작 위치에서 엉덩관절 벌림 각도가 25°인 높이에 위치하였다(Figure 1)[24].



Figure 1. Clam exercise

압력생체피먹임 장치 적용에 따른 클램운동 측정

모든 대상자는 압력생체피먹임 장치를 적용하지 않은 일반적인 클램운동, 압력생체피먹임 장치를 허리 뒤쪽 부위에 적용한 클램운동, 압력생체피먹임 장치를 편측 옆구리에 적용한 클램운동, 총 3가지 조건에서 동작을 수행하였다. 실험절차는 정상인과 허리불안정성 환자를 대상으로 한 실험에서 시행한 동작과 동일한 방법으로 수행하였으며, 이때 순서는 무작위로 적용하였다.

압력생체피먹임 장치를 허리 뒤쪽 부위에 적용한 클램운동의 경우 적용위치는 벽에 붙은 상태로 L1~L5 허리 분절 뒤쪽에 위치하였다. “준비”의 구령에 복부 드로우-인을 하여 압력계의 수치가 40 mmHg를 기준으로 ±5 mmHg의 범위를 유지하도록 지시하였고, 동작을 수행하는 동안 골반의 과도한 기울기가 일어나지 않도록 주의하였다(Figure 2).

압력생체피먹임 장치를 편측 옆구리에 적용한 클램운동의 경우, 적용위치는 12번째 갈비뼈와 장골능 사이에 위치하였다[23]. “준비”의 구령에 복부 드로우-인을 하여 압력계의 수치가 40 mmHg를 기준으로 ±5 mmHg의 범위를 유지하도록 지시하였고, 동작을 수행하는 동안 골반의 과도한 측면 굽힘이 일어나지 않도록 주의하였다. 실험 전 모든 대상자들은 사전에 충분한 연습을 통해 동작을 숙지한 후 동일한 방법으로 수행할 수 있도록 교육하였다(Figure 3).



Figure 2. CE-PBU applied to back

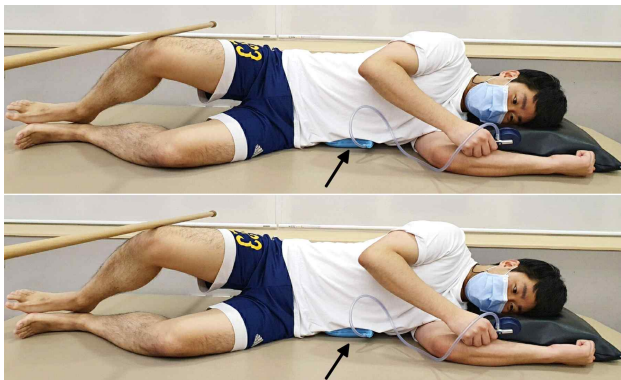


Figure 3. CE-PBU applied to side

자료 분석

본 연구의 연구 과정에서 수집된 자료는 통계프로그램 SPSS (ver. 25.0, IBM Co., USA)을 사용하여 분석 하였다. 모든 결과값은 평균화 한 다음 반올림하여 소숫점 둘째 자리까지 표기하였다. 압력생체피먹임 장치 적용위치에 따른 허리불안정성 환자의 골반 돌림과 엉덩관절 벌림근 근활성도 차이를 검정하기 위해 일요인분산 분석(One Way ANOVA)를 이용하였고, 추가적으로 본페로니(Bonferroni) 사후검정을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

연구 대상자들의 일반적인 특성

본 연구의 참여 대상자의 일반적 특성은 평균연령 28.55±0.6세, 신장 174.70±2.15 cm, 체중 72.90±2.18 kg, 신체질량지수 23.14±1.15 kg/m², 허리-골반 불안정성 검사 7.9±0.88 mmHg이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of Participants (n=20)

Variable	Mean±SD
Age (years)	28.55±0.63
Height (cm)	174.70±2.15
Weight (kg)	72.90±2.18
BMI (kg/m ²)	23.14±1.15
LPMC test (mmHg)	7.90±0.88

Values are presented as mean±standard deviation or number.

BMI: body mass index, LPMC: lumbo-pelvic motor control test.

압력생체피먹임 장치 적용위치에 따른 엉덩관절 벌림근 근활성도

압력생체피먹임 장치의 적용위치에 따른 효과를 비교하기 위한 사후검정 결과, 중간볼기근의 근활성도는 압력생체피먹임 장치를 허리 뒤쪽에 적용한 클램운동이 일반적인 클램운동과 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), 일반적인 클램운동과 옆구리에 적용하였을 때, 옆구리에 적용하였을 때와 허리 뒤쪽에 적용하였을 때는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 2).

넓다리근막긴장근의근활성도는 압력생체피먹임 장치를 허리 뒤쪽에 적용한 클램운동이 일반적인 클램운동과 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), 일반적인 클램운동과 옆구

리에 적용하였을 때, 옆구리에 적용하였을 때와 허리 뒤쪽에 적용하였을 때는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2).

중간볼기근/넓다리근막긴장근의 근활성도 비율은 압력생체피드백 장치를 허리 뒤쪽에 적용한 클램운동이 일반적인 클램운동과 옆구리에 적용하였을 때, 둘 다 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 일반적인 클램운동과 옆구리에 적용하였을 때는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2).

압력생체피드백 장치 적용위치에 따른 골반 돌림량

압력생체피드백 장치의 적용에 따른 효과를 비교하기 위한 사후검정 결과 골반 돌림량은 압력생체피드백 장치를 허리 뒤쪽에 적용한 클램운동이 일반적인 클램운동과 옆구리에 적용하였을 때, 둘 다 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 일반적인 클램운동과 옆구리에 적용한 클램운동은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

고찰

많은 작업 근로자들이 일과 중 75%를 앉은 상태로 업무를 보며, 이 밖에도 식사, 운전, TV 시청 등 휴식 시 많은 시간을 앉아서 보낸다[30]. 실제로 우리나라의 경우 작업 관련 허리 통증을 겪는 근로자가 2018년도를 기점으로 전년 동기대비 15.9%의 증감률을 보여주고 있으며, 25세~29세의 연령대에서 높은 발생비율을 보여주고 있다[31]. 앉은 자세는 자세의 형태에 따라 척추와 골반의 만곡에 영향을 미친다. 만곡이 증가된 상태로 앉은 자세가 장시간 지속될 경우 엉치엉덩관절에 가해지는 압박력은 증가하게 되는데, 이는 엉덩관절 주변 근육의 약증과

직접적인 연관을 가진다[2]. 잘못된 자세와 습관으로 발생한 엉덩관절의 기능적 문제는 골반과 척추의 힘의 분산에 비정상적인 스트레스를 증가시키며, 앉았다 서기와 같은 일상생활 동작에 반복적인 허리-골반의 움직임을 만들어낸다. 또한 이렇게 되풀이되는 허리-골반의 움직임이 허리 통증의 원인이라는 점은 여러 선행연구를 통해 조사된 바 있다[5, 6]. 따라서 장시간 앉은 자세로 인해 발생하는 허리 통증을 예방하기 위해 허리-골반의 안정화와 엉덩관절의 근력 강화 운동이 필요하다 생각되나 두 가지 요소를 포함하여 중재한 연구가 부족한 실정이다.

클램운동은 중간볼기근의 활성도를 높이기 위해서는 효율적인 운동법이지만 척추의 정렬과 하지의 운동 역학적 변화에 따라 다른 결과값을 보여주었듯이 자세나 움직임의 형태에 관한 중요성이 강조된다[15]. 특히 허리-골반의 불안정성을 가진 환자들에게 동작의 형태는 정상인에 비해 더욱 중요하게 고려되어야 한다.

압력생체피드백 장치는 다양한 위치에서 하지의 움직임 시 허리-골반 영역의 움직임을 제어하는데 사용된다. 압력 게이지를 통한 자세 조절은 관절의 고유수용기를 증진시켜 중추신경계로 가는 구심성 정보의 질을 변화시키고, 몸통의 안정성을 증가시켜 주어진 부하와 속도에 유지할 수 있도록 제공한다[26]. 압력생체피드백 장치의 특성을 이용하여 척추의 안정화 근육에 발생하는 허리-골반의 안정성을 평가하기 위한 방법으로는 압력생체피드백 장치를 이용한 허리불안정성 검사가 있다[25]. 이 검사법은 압력생체피드백 장치를 허리 분절에 위치한 다음, 척추의 증가된 만곡을 감소시켜 점진적으로 평평하게 유지하는 것을 관찰하는 것이다. 본 연구에서 시행한 허리불안정성 검사 시 20명의 대상자의 평균 압력 수치는 7.60 ± 0.83 mmHg로 ± 5

Table 2. Comparison of hip abductor muscle activity according to pressure biofeedback location (n=20)

Variable	CE	CE-PBU to back	CE-PBU to side	F	p
Gmed (%MVIC)	16.93±4.08	24.15±7.04	20.68±6.98	7.156	0.002*
TFL (%MVIC)	11.22±5.63	7.26±2.76	8.85±3.65	4.520	0.120
Gmed/TFL (%MVIC)	1.91±1.11	3.81±1.63	2.61±1.03	11.042	0.001*

Values are presented as mean±standard deviation or number, * $p < 0.05$

CE: clam exercise, PBU: pressure biofeedback unit, Gmed: gluteus medius, TFL: tensor fasciae latae.

Table 3. Comparison of pelvic rotation angle according to pressure biofeedback location (n=20)

Variable	CE	CE-PBU to back	CE-PBU to side	F	p
Pelvic rotation angle (degree)	2.14±0.79	0.89±0.43	1.64±0.79	17.623	0.000*

Values are presented as mean±standard deviation or number, * $p < 0.05$

mmHg 이상의 평균 압력 수치를 보였다. 이러한 결과는 하지의 움직임을 수행하는 동안 척추의 중립 자세를 유지하는 시간이 매우 낮은 것으로 해석되며 허리-골반 움직임 역시 사지의 움직임에 대해 조절되지 않은 움직임이 나타난 것이라고 해석할 수 있다.

본 연구에서는 클램운동 시 압력생체되먹임 장치를 옆구리에 적용한 경우, 허리 뒤쪽에 적용한 경우에 대한 두 가지 적용 방법이 시행되었는데, 압력생체되먹임 장치를 옆구리에 적용하였을 때 보다 허리 뒤쪽에 적용하였을 때 가장 효율적인 골반 돌림량의 감소를 보였다. 이러한 결과의 원인은 엉덩관절의 운동형상학에 차이가 있다고 생각된다. 옆으로누운 자세에서 실시하는 엉덩관절의 벌림 동작은 이마면(Frontal plane) 상에서 일어나는 움직임으로 골반의 돌림보다 가쪽 기울임에 효과적이다[32]. 클램 동작은 엉덩관절의 벌림, 가쪽 돌림이 결합된 동작으로 가로면(Transverse plane) 상에서 일어나는 움직임이기 때문에 압력생체되먹임 장치를 옆구리에 적용한 것 보다 허리 뒤쪽에 적용한 것이 골반 돌림량을 조절하는데 효과적이었다 생각된다.

본 연구에서 클램운동 시 허리불안정성 환자에게 적용한 압력생체되먹임 장치 중재는 허리 뒤쪽에 위치한 클램운동이 일반적인 클램운동과 옆구리에 적용한 클램운동 보다 중간볼기근/넙다리근막긴장근의 높은 근활성도 비율을 보였다. Willcox와 Burden [15]은 클램운동 시 중립적인 골반 위치가 35° 돌림된 상태의 골반 위치 보다 높은 중간볼기근의 근활성도를 나타내었다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 연구 결과와 유사한 결과값으로 클램운동 시 허리-골반 안정성에 중요성을 나타낸다. 운동을 적용할 때 효율적인 움직임을 적용하기 위해서는 예측(Predictive)과 반응(Reactive), 긴장(Tonic) 세가지 전략이 상황에 맞게 사용되어야 한다. 부하에 반응하기 전 중추신경계는 선행적조절을 일으키기도 하며, 부하에 반응하여 근활성화가 일어나고 상황에 맞게 일정 근육의 긴장도를 지속적으로 유지한다[33, 34]. 압력생체되먹임 장치를 통한 시각적 되먹임은 배근육의 단독수축으로 인한 허리-골반 영역의 안정성을 제공하며, 동작을 수행하는 동안 일정근육의 긴장도를 지속적으로 유지할 수 있었다고 생각된다. 또한 앞선 연구 결과에서 제시된 골반 돌림 변화에서 압력생체되먹임 장치를 허리 뒤쪽에 적용하였을 때 골반 돌림 통제가 가장 잘 이루어졌고 조절된 엉덩관절의 분리적 움직임이 중간볼기근의 근수축을 효과적으로 증가시켰기 때문에, 클램운동 시 압력생체되먹임 장치를 허리 뒤쪽에 적용하는 것이 허리-골반 움직임을 개선시키고 중간볼기근의 선택적 근수축에 효과적이라 생각된다.

본 연구에서는 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫째, 실험에 참가한 대상자는 20명으로, 허리불안정성에 대한 판별을 압력생체되먹임 장치를 이용한 검사를 통해 판단하였다. 20명의 적은 대상자 수로 압력생체되먹임 장치의 적용 효과를 일반화시키기에는 부족함이 있다. 또한 허리불안정성은 다양한 환경에 의해 발병원인이 발생할 수 있으나, 본 연구에서는 근무시간과 평가 방법으로만 분류하였기 때문에 대상자를 세부적으로 분류하지 않은 점에서 제한점을 가진다. 둘째, 본 연구의 모든 대상자는 남성으로, 성별에 따라 골반의 크기, 엉덩관절의 운동형상학은 차이가 있으며 클램운동 시에서 동작의 형태가 다르게 나타날 것이라고 사료되기 때문에 추후 연구에서는 성별에 따른 차이도 연구가 이루어져야 할 것이다.

결론

허리불안정성을 가진 대상자에게 허리-골반의 안정화와 엉덩관절의 근기능 향상을 위해서는 클램운동 시 허리-골반의 움직임을 제어한 상태에서 운동을 적용하는 것이 필요하며, 이에 대한 방안으로 압력생체되먹임을 허리 뒤쪽에 적용한 상태에서 클램운동을 시행하는 것을 권장한다.

참고문헌

1. Jun D. A Longitudinal Investigation of the Moderating Effect of Social Support on Job Strain Developing Non-Specific Neck Pain in Office Workers. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2019;31:254-9.
2. Jeon I-C. Comparison of Multifidus Muscle Activity and Pelvic Tilting Angle During Typing in Nonspecific Lower Back Pain Subjects with and without Visual Biofeedback. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2021;33:47-52.
3. Kang SY, Kim SH, Ahn SJ, KIM YH, Jeon HS. A comparison of pelvic, spine angle and buttock pressure in various cross-legged sitting postures. *J Exerc Rehabil*. 2012;19:1-9.
4. Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: a review of core concepts and current literature, part 2. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*. 2007;86:72-80.
5. Sahrman SA. Does postural assessment contribute to patient care?: *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002; 32(8):376-379
6. Zhao F, Pollintine P, Hole BD, Dolan P, Adams

- MA. Discogenic origins of spinal instability. *Spine*. 2005;30:2621-30.
7. Marshall PW, Patel H, Callaghan JP. Gluteus medius strength, endurance, and co-activation in the development of low back pain during prolonged standing. *Hum Mov Sci*. 2011;30:63-73.
 8. Almeida GPL, de Souza VL, Sano SS, Saccol MF, Cohen M. Comparison of hip rotation range of motion in judo athletes with and without history of low back pain. *Man Ther*. 2012;17:231-5.
 9. Kim Y-H, Jung J-H. Effects of the PNF stabilization technique for the hip joint and the bridging exercise on the trunk stabilizer muscles in healthy adults. *PNF & Mov*. 2017;15:51-6.
 10. Koumantakis GA, Watson PJ, Oldham JA. Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Phys Ther*. 2005;85:209-25.
 11. Dalstra M, Huiskes R. Load transfer across the pelvic bone. *J Biomech*. 1995;28:715-24.
 12. Clark JM, Haynor DR. Anatomy of the abductor muscles of the hip as studied by computed tomography. *J Bone Surg Am*. 1987;69:1021-31.
 13. Boren K, Conrey C, Le Coguic J, Paprocki L, Voight M, Robinson TK. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6:206.
 14. Jeong S-G, Cynn H-S, Lee J-H, Choi S, Kim D. Effect of Modified Clamshell Exercise on Gluteus Medius, Quadratus Lumborum and Anterior Hip Flexor in Participants with Gluteus Medius Weakness. *J Korean Soc Phys Med*. 2019;14:9-19.
 15. Willcox EL, Burden AM. The influence of varying hip angle and pelvis position on muscle recruitment patterns of the hip abductor muscles during the clam exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43:325-31.
 16. 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*. 2009;24:7-12.
 17. Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*. 1996;21:71-8.
 18. Sorensen CJ, Johnson MB, Norton BJ, Callaghan JP, Van Dillen LR. Asymmetry of lumbopelvic movement patterns during active hip abduction is a risk factor for low back pain development during standing. *Hum Mov Sci*. 2016;50:38-46.
 19. Ervilha UF, Farina D, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T. Experimental muscle pain changes motor control strategies in dynamic contractions. *Exp Brain Res*. 2005;164:215-24.
 20. Kim B-R, Kang T-W. Effectiveness of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation of Chronic Low Back Pain-A Systematic Review and Meta-analysis of Studies in Korea. *PNF & Mov*. 2019;17:157-66.
 21. Goodheart GJ. *Applied kinesiology: Nutri Dyn*; 1964.
 22. Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthop Clin*. 2003;34:245-54.
 23. Comerford M, Mottram S. *Kinetic control-e-book: The management of uncontrolled movement: Elsevier Health Sciences*; 2012.
 24. Koh E-k, Park K-n, Jung D-y. Effect of feedback techniques for lower back pain on gluteus maximus and oblique abdominal muscle activity and angle of pelvic rotation during the clam exercise. *Phys Ther Sport*. 2016;22:6-10.
 25. Solana-Tramunt M, Ortegón A, Morales J, Nieto A, Nishishinya MB, Villafañe JH. Diagnostic accuracy of lumbopelvic motor control tests using pressure biofeedback unit in professional swimmers: A cross-sectional study. *J Orthop*. 2019;16:590-5.
 26. Richardson C, Jull G, Toppenberg R, Comerford M. Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: a pilot study. *Aust J Physiother*. 1992;38:105-12.
 27. Lee SW. *The Effects of Modified hip abductor strengthening exercise on Back Pain Level and Hip Joint function for Chronic Low Back Pain patients with Gluteus Medius Weakness*. Daejeon: Daejeon University; 2015.
 28. Kendall FP, McCreary EK, Provance P, Rodgers M, Romani W. *Muscles: Testing and function, with posture and pain (Kendall, Muscles)*. LWW. 2005.
 29. Saber-Sheikh K, Bryant EC, Glazzard C, Hamel A, Lee RY. Feasibility of using inertial sensors to assess human movement. *Man Ther*. 2010;15:122-5.

30. Moon GS. The study for the spinal columns movement and muscle activities in the sitting and standing positions. *JSAS*. 2017;26(4):1167-1180.
31. Industrial Accident Analysis. Ministry of Employment and Labor. 2018.
32. Cynn H-S, Oh J-S, Kwon O-Y, Yi C-H. Effects of lumbar stabilization using a pressure biofeedback unit on muscle activity and lateral pelvic tilt during hip abduction in sidelying. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87:1454-8.
33. Urquhart DM, Hodges PW, Story IH. Postural activity of the abdominal muscles varies between regions of these muscles and between body positions. *Gait Posture*. 2005;22:295-301.
34. Dae-Hyun K, P.T, Ph.D, amp, Jin P, P.T, et al. Effects of the Pelvic Control Method on Abdominal Muscle Activity and Lumbopelvic Rotation Angle during Active Straight Leg Raising in Patients with Chronic Low Back Pain. *PNF & Mov*. 2020;18:223-31.