

클램 운동 시 운동범위에 따른 엉덩관절 벌림근의 활성화도와 사용 비교

최용길 · 이상열¹ · 최수홍² · 윤성영³ · 김인균^{4†}

서울리더스 정형외과의원, ¹경성대학교 물리치료학과, ²부산대학교병원 재활의학팀,
³동주대학교 물리치료과 ⁴서울스카이 재활의학의원

Comparison of Activity and Use of Hip Abductor Muscle Group According to Range of Motion during the Clam Exercise

Yong-Gil Choi, P.T., M.S. · Sang-Yeol Lee, P.T., Ph.D.¹ · Su-Hong Choi, P.T., Ph.D.² ·
Sung-Young Yoon, P.T., M.S.³ · In-Gyun Kim, P.T., M.S.^{4†}

Seoul Leaders Orthopedic Hospital

¹Department of Physical Therapy, Kyungseong University

²Department of Rehabilitation Medicine, Busan National University Hospital

³Department of Physical Therapy, Dongju College

⁴Seoul Sky Rehabilitation Hospital

Received: September 01, 2022 / Revised: September 28, 2022 / Accepted: September 29, 2022

© 2022 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed 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.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study is to compare the muscle activity of the hip abductors and the ratio between the hip abductor muscle group according to the range of hip abduction during the clam exercise.

Methods: This study was conducted on 18 healthy men in their aged 20 to 29 who had not been diagnosed with spine-related diseases. The subjects performed a clam exercise without rotation of the pelvis in a state of 60° hip flexion and 90° knee joint flexion in the side-lying position. Using Myomotion equipment and EMG, the muscle activity of the hip abductor muscles and the activity ratio between the hip abductor muscle group were measured during the clam exercise by dividing the range into initial, mid-range, and terminal sections. Repeated measures analysis of variants was employed to compare the activity and use of hip abductor muscles according to range of motion during the clam exercise.

Results: Gluteus medius muscle activation was significantly increased in the comparison of muscle activity in the initial, mid-range, and terminal sections of hip abduction. Tensor fasciae latae muscle activation was significantly increased in the comparison of muscle activity in all range of motion sections as well. The gluteus medius-tensor fasciae latae muscle activation ratio was significantly increased in the terminal section compared to the initial section.

†Corresponding Author : In-Gyun Kim (kinvirus2552@naver.com)

Conclusion: The gluteus medius and tensor fasciae latae had higher muscle activities as they approached the terminal section during the clam exercise, and the hip abduction activity ratio of the gluteus medius and tensor fasciae latae was higher as the range of motion approached the terminal section.

Key Words: Clam exercise, Hip abductor muscle, Range of motion, Muscle activity

I. 서론

중간볼기근은 엉덩관절의 움직임 조절을 통해 몸통과 하지의 균형을 제공하는 근육으로서 중간볼기근의 강화와 근활성도 증가는 하지와 허리 부상의 재활 과정에서 임상가들의 주된 목표 중 하나이다(Boren et al., 2011; Sidorkewicz et al., 2014). 허리통증과 하지 기능장애 사이에 많은 연관성이 있다는 것을 근거로 엉덩관절의 기능 회복은 재활에서 중요한 부분을 차지하고 있으며, 특히 중간볼기근은 엉덩관절의 기능적 안정성을 제공한다는 점에서 다양한 연구가 진행되었다(Cooper et al., 2016; Ebert et al., 2017). 선행연구에서는 허리통증의 유무에 따라 보행 시 중간볼기근 근활성도의 차이를 확인하였고(Sadler et al., 2020), 하지의 정렬상태에 따른 중간볼기근의 근활성도 비교를 통해 개선된 하지 운동프로그램을 제시한 바 있다(Felicio et al., 2019). 이처럼 중간볼기근의 기능장애를 적절히 평가하고 치료하는 것은 허리 뿐만 아니라 엉덩관절과 하지 기능장애를 개선할 수 있음을 시사한다(Kameda et al., 2020).

임상에서는 엉덩관절 별립근의 운동 조절 향상 또는 강화와 같은 방법들이 재활의 과정에서 권장되고 사용되지만(Presswood et al., 2008; Reiman et al., 2012), 실제 근활성도 수준을 확인하는 실험적 근거보다 해부학적 위치, 역학, 임상적 경험들에 의존하여 시행하는 경우들이 많다(Peixoto Leão Almeida et al., 2022; Xie et al., 2018; Yuenyongviwat et al., 2020). 엉덩관절의 복잡한 기능과 해부학적인 특성에 따라 엉덩관절 주변의 다양한 근육이 얼마나 위치 의존적인지(Johnson & Hoffman, 2010), 또한 움직임의 어느 시점

에서 가장 선택적 근활성을 이룰 수 있는지에 대한 연구들이 이루어 졌다(Cambridge et al., 2012). 하지만 다양한 동작과 범위에서 확인하기에는 여전히 부족하다.

중간볼기근과 넙다리근막긴장근은 열린사슬에서 이마면 움직임인 엉덩관절 벌림의 작용근으로 함께 작용하지만 시상면과 가로면에서는 작용이 상충된다(Jenkins, 2008). 따라서 선행연구들에서는 중간볼기근과 넙다리근막긴장근의 선택적 수축을 위한 다양한 방법들을 연구하였다(Baik et al., 2021; Distefano et al., 2009a; Selkowitz et al., 2013). 특히 클램운동으로 정의되는 엉덩관절의 벌림-뿔-바깥돌림 동작은 중간볼기근의 선택적 수축에 유리하고 동시에 넙다리근막긴장근의 억제에 효과적인 이유로(Neumann, 2010) 허리와 하지의 재활을 위한 엉덩관절 훈련에 빈번하게 사용되고 있다(Selkowitz et al., 2013). 또한 복부 근육의 활성화를 함께 적용함으로써 엉덩관절 근육 강화운동을 효과적으로 향상시킬 수 있어 임상에서 자주 사용한다(Chan et al., 2017).

하지만 다양한 형태의 클램운동 관련 연구에도 불구하고 운동 수행 범위에 따라 사용되는 근육의 활성도를 비교하거나 비율을 조사하는 연구는 없었다. 따라서 본 연구는 클램운동 수행 시 초기, 중간, 말기 범위에 따른 중간볼기근과 넙다리근막긴장근의 근활성도와 활성 비율을 분석하고 체계적인 운동 프로그램의 자료를 만드는데 그 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 부산에 거주 중인 건강한 20대의 남성 18명으로 실시하였다. 연구 참여자는 근무 2년 이상, 6시간 이상 앉아서 근무하지 않는 자, 압력 생체피막임 장치를 이용한 허리불안정성 검사상 압력계의 수치가 40mmHg를 기준으로 $\pm 5\text{mmHg}$ 의 범위 내에서 조절 가능한 자를 선정하였다. 또한 최근 6개월 이내에 요통 혹은 하지 통증을 경험한 자, 신체질량지수(Body Mass Index)가 25이상 인자, 척추에 특이 이상 진단을 받거나 이와 관련된 치료 및 수술 병력을 가진 자는 연구대상에서 제외하였다.

본 연구를 수행하기 전 실험 목적과 진행 과정에 대해 설명하였으며, 이에 자발적으로 동의한 대상자들이 본 연구에 참여하였다.

2. 측정방법 및 도구

1) 관절 동작 분석(Myomotion)

3차원적 동작 분석 장비(Myomotion research pro, Noraxon Inc., Germany)는 무선 캡처 장비로 관성 측정 장치(Inertial measurement unit, IMU) 센서를 이용하였다. 관성 측정 장치는 각속도, 지자기 센서의 정보를 조합하여 방향 정보를 제공한다(Saber-Sheikh et al., 2010). 관절의 각도 및 실시간 움직임 측정할 수 있고 사지와 몸통전체의 움직임까지 측정 가능하다. 기존 카메라 방식의 설치가 어려운 곳에서도 간단하게 센서만 부착하여 동작을 측정할 수 있다. 정적 정확도는 $\pm 0.4^\circ$, 동적 정확도는 $\pm 1.2^\circ$ 이고, 최대 20m 범위까지 측정할 수 있다.

본 연구에서는 관절 동작 분석기를 첫번째 엉치뼈에 위치시키고, 다른 하나는 넓적다리 전면 1/2지점에 위치한 다음 엉치뼈에 부착한 관절 동작 분석기의 기울기를 측정하여 골반의 돌림 각도를 측정하였고, 넓

적다리에 부착한 관절 동작 분석기의 기울기를 측정하여 엉덩관절의 벌림, 바깥돌림 각도를 측정하였다.

2) 근활성도 측정

벌림 범위에 따른 중간볼기근과 넙다리근막긴장근 근활성도 및 근활성 비율을 측정하기 위해 근활성도는 무선 근전도(Telemyo DTS; Noraxon, USA)를 사용하여 수집되었고, 수집된 근활성도는 대역 통과 필터(band pass filter) 20-100Hz를 사용하여 노이즈를 필터링(filtering)하였으며, 신호치인 제곱평균제곱근(Root Mean Square, RMS)을 사용하여 정량화 하였다. 수집된 데이터는 표준화하기 위해 최대 수의적 등척성 근수축(MVIC)에 대한 백분율(%MVIC)을 산출하였다(Mickelborough et al., 2004). 근육의 최대 수의적 등척성 근수축(MVIC)값은 3회 측정하여 평균값을 구하였고, 5초간의 자료 값을 구한 후 처음과 끝 1초간을 제외한 3초 동안의 평균값의 근전도 신호량을 정규화 과정을 위해 사용하였다. 근활성 비율은 벌림 범위마다 측정된 중간볼기근 근활성도/넙다리근막긴장근 활성도 $\times 100$ 으로 비교하였다. 전극 패드는 선행연구를 참고하여 중간볼기근은 엉덩뼈능선 가장 높은 곳에서 2.5cm 아래쪽, 넙다리근막긴장근은 넙다리뼈의 큰 돌기 앞쪽손가락 2개 너비 앞에 부착하였다(Chaitow, 2007; Distefano et al., 2009b; Khayambashi et al., 2012).

3. 실험 절차

본 연구에 참여하는 대상자는 엉덩관절 벌림 시 우세측 다리에 클램 운동을 적용하였다. 클램운동은 옆으로 누운 자세에서 엉덩관절 60° 굽힘, 무릎관절 90° 굽힘 그리고 두 다리의 뒤꿈치가 맞닿아 있는 상태에서 올바른 척추 정렬을 유지하였다(Willcox & Burden, 2013). 대상자는 두 다리의 발꿈치뼈가 같이 붙어 있는 상태에서 엉덩관절을 벌림 끝 범위를 타켓 바(bar) 위치에 도달하게 한 후 다시 처음 자세로 돌아오게 하였다. 엉덩관절 벌림 범위 끝 범위 지정을 위해 타겟

바가 제공되었으며, 타겟 바의 높이는 각 대상자간 엉덩관절 벌림 운동시 넓적다리에 위치한 관절 동작 분석기 센서의 기울기를 이용하여 수평면상 검사 시작 위치에서 엉덩관절 벌림 범위가 25°인 높이에 위치하였다. 이때 허리뼈 돌림의 보상작용이 없는 클램 운동 각도를 측정하기 위하여 18명의 대상자들에게 사전검사를 실시하였다. 그 결과 허리뼈 돌림의 보상작용이 일어나는 구간은 엉덩관절 벌림 32.15±2.12°로 측정되었다. 본 연구는 허리뼈 돌림의 보상작용이 없는 엉덩관절 벌림 운동 범위에서 엉덩관절 벌림근 근활성도를 측정하였기에 벌림 측정 범위를 초기 0~10°범위, 중기 11~20°범위, 말기 21~30°범위로 설정하여 진행하였다.

엉덩관절 벌림근 근활성도 측정을 위해 연구대상자에게 표면 근전도와 엉덩관절 벌림 범위 구분을 위해 관절 동작 분석기 센서를 부착한 후 실험을 실시하였다. 표면 근전도 측정을 위해 대상자는 옆으로 누운 자세에서 척추의 정렬을 유지하기 위해 머리와 연구리쪽에 적당한 높이의 받침을 제공하였으며, 연구 대상자가 편안한 자세에서 엉덩관절 벌림 운동을 실시하였다. “레디”, “고” 라는 구령과 함께 3초간 동작을 총 5회 실시하였고, 일정한 간격의 피드백을 제공하기 위해 동작이 시작되고 타겟 바의 위치에 도달하기까지 메트로놈을 이용하여 50템포(Tempo)의 속도에 맞추어 동작을 실시하였다. 자료수집은 1회와 5회 실험 데이터 제외한 중간 3회의 값을 평균값으로 사용하였으며, 동작을 수행하는 동안 관절 동작 분석기 장비를 이용해 엉덩관절 벌림 측정 초기, 중기, 후기 범위를 구분하여 중간볼기근, 넓다리근막긴장근의 근활성도를 측정하였다. 모든 대상자는 사전에 실험 동작을 정확히 숙지한 후 측정을 시작하였다.

4. 자료 분석

본 연구의 과정에서 수집된 자료는 통계 프로그램 SPSS 25.0(IBM SPSS INC. USA)을 사용하여 분석하였다. 모든 결과값은 평균화한 다음 반올림하여 소수점 둘째 자리까지 표기하였다. 연구 대상자들의 정규 분포를 알아보기 위해 샤피로-윌크(Shapiro Wilk) 검정을 실시하였으며, 클램 운동 시 엉덩관절 벌림 범위에서 따른 엉덩관절 벌림근의 활성도와 비율 비교의 검정하기 위해 반복측정 분산 분석(Repeated measures ANOVA)을 이용하였다. 사후검정을 위해 터키(tukey) 검사법을 시행하였다. 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 대상자의 평균 연령은 25.63±4.25세, 평균 체중은 65.28±6.35kg, 평균 신장은 172.32±6.32cm였다.

2. 엉덩관절 벌림 범위에 따른 엉덩관절 벌림근 활성도 비교

엉덩관절 벌림 범위에 따른 엉덩관절 벌림근의 근활성도는 다음과 같았다. 중간볼기근은 초기 범위0~10°에서 11.83±2.14, 중기 범위 11~20°에서는 31.98±5.40 측정되었으며, 말기 범위 21~30°에서는 54.51±5.08로 측정되었다(Table 1). 각 구간별 근활성도 비교에서도 유의하게 증가된 결과를 보였다(p<.05)(Fig. 1).

넓다리근막긴장근은 초기 범위 0~10°에서 4.05±

Table 1. Comparison of muscle activities by section

(unit: %MVIC)

Muscle	Initial section	Mid-range section	Terminal section	F	p
GM	11.83±2.14	31.98±5.40	54.51±5.08	412.41	0.00*
TFL	4.05±2.55	7.28±3.04	9.60±5.27	9.60	0.00*

GM; Gluteus medius, TFL; Tensor Fasciae

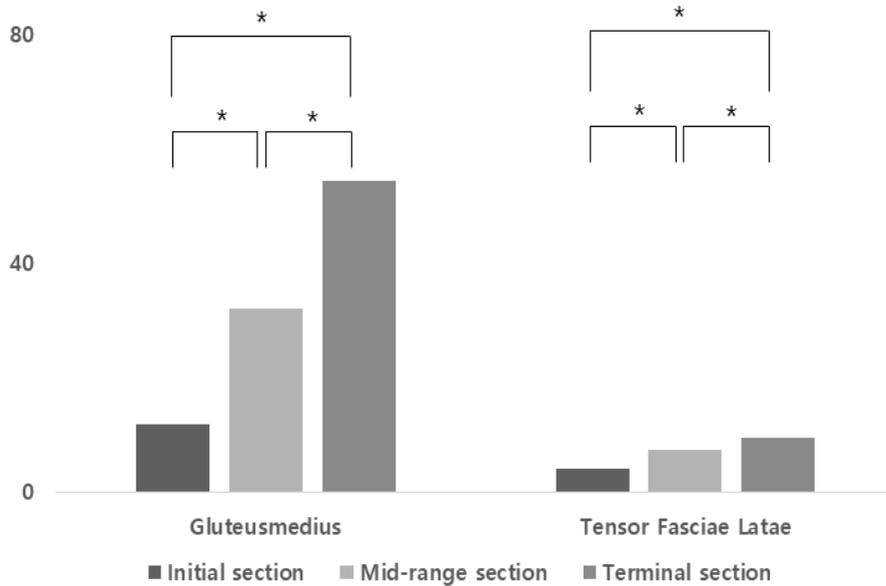


Fig. 1. Gluteus medius and Tensor fasciae latae muscle activity

2.55, 중기 범위 11~20°에서는 7.28±3.04 측정되었으며, 말기 범위 21~30°에서는 9.60±5.27로 측정되었다 (Table 1). 각 구간별 근활성도 비교에서도 유의하게 증가된 결과를 보였다(p<.05)(Fig. 1).

3. 엉덩관절 벌림 범위에 따른 엉덩관절 벌림근의 활성 비율 비교

엉덩관절 벌림 범위에 따른 중간볼기근과 넓다리근막긴장근의 활성 비율은 다음과 같았다. 초기 범위 0~10°에서 452.41±361.08, 중기 범위 11~20°에서는 528.78±254.67로 나왔으며, 말기 범위 21~30°에서는 748.08±431.69로 나타났다(Table 2). 중간볼기근과 넓다리근막긴장근의 활성비율은 초기 범위와 말기 범위 비교에서만 유의하게 증가된 결과를 보였다(p<.05) (Fig. 2).

IV. 고찰

임상적으로 클램운동은 엉덩관절 벌림근 활성을 증가시키기 위한 재활운동방법으로 빈번하게 사용되지만 더 효율적인 엉덩관절 벌림근 사용을 위해 동작의 범위를 구분하여 사용되는 근육의 활성 비율을 조사한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 허리뼈 돌림의 보상작용이 없는 클램운동 수행 시 엉덩관절 벌림 범위를 3구간으로 나누어 각 범위마다 작용하는 중간볼기근과 넓다리근막긴장근의 근활성도를 수집하고 비율을 분석하였다.

연구 결과 클램운동 수행 시 엉덩관절 벌림 범위에 따른 중간 볼기근과 넓다리근막긴장근 활성도는 초기 범위(0~10°) 보다 말기 범위(21~30°)에서 더 큰 활성도를 보였다. 또한 두 근육간의 활성 비율은 말기 범위로 갈수록 중간볼기근의 활성도가 더 높게 측정

Table 2. Comparison of muscle activities ratio by section

(unit:% MVIC)

	Initial section	Mid-range section	Terminal section	F	p
Ratio	452.41±361.08	528.78±254.67	748.08±431.69	3.33	0.04*

Ratio = GM activities / TFL activities × 100

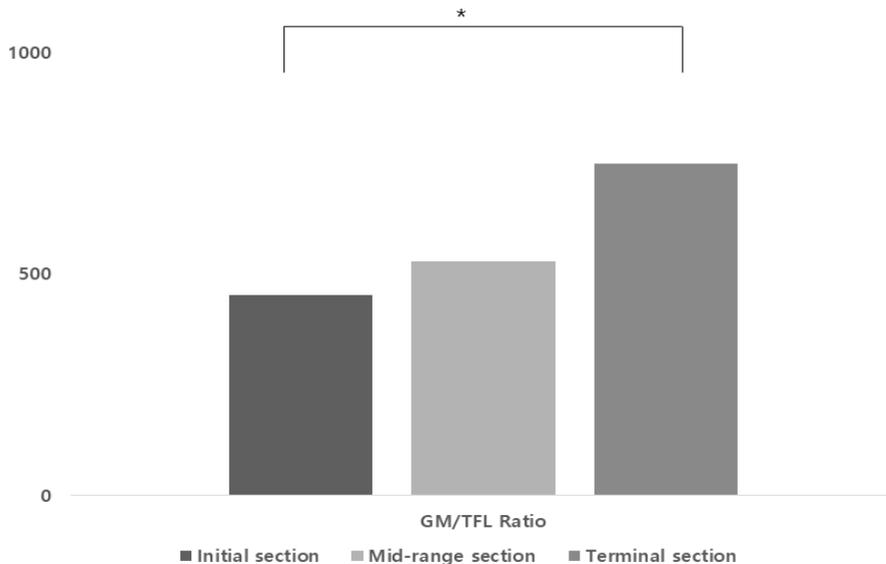


Fig. 2. Gluteus medius/Tensor fasciae latae muscle ratio

되었다.

근육 섬유는 액틴 섬유와 마이오신 섬유의 교차결합으로 능동장력을 형성하며, 액틴 섬유와 마이오신 섬유의 적절한 교차는 근육 섬유의 더 큰 장력을 발생시킨다. 하지만 과도한 교차 혹은 교차가 제대로 이루어지지 않을 경우 장력은 줄어든다(Fox, 2015). 본 연구에서 클램 운동 말기 범위(21~30°)는 정상적인 엉덩관절 벌림 범위의 중간 정도 되는 범위이며, 선행연구의 결과로 유추해 보았을 때 액틴 섬유와 마이오신 섬유가 가장 많은 교차다리를 형성할 수 있었을 것이라 생각된다. 따라서 클램운동이 주동근으로 사용되는 중간볼기근의 활성도가 높아졌을 것이라 판단된다.

중간볼기근의 주작용은 엉덩관절 벌림이지만 내, 외측회전과 펌 시에도 작용을 하며(Al-Hayani, 2009), 이는 동시에 큰볼기근의 주작용이다. 선행 연구에서도 클램 운동 시 큰볼기근 위쪽 섬유와 아래쪽 섬유가 중간볼기근 만큼 사용되었다(Shin et al., 2021). 클램 운동 시 중간볼기근과 큰볼기근은 비슷한 작용을 하며, 두 근육의 활성도가 가장 높게 측정되었던 자세는 엉덩관절 벌림 30°상태로서, 이는 해부학 구조에서 중간볼기근과 큰볼기근의 근육의 주행각도와 관련이

깊고(Barker et al., 2014), 주행각도와 운동성 방향의 일치로 인해 장력을 내기에도 적합하며 근활성도의 증가에도 영향을 미쳤다고 사료된다. 따라서 본 연구의 결과처럼 엉덩관절 벌림 말기범위 30°에서 중간볼기근의 큰 활성도를 보였을 것이라 판단된다.

넙다리근막긴장근의 엉덩관절 벌림 범위에 따른 근활성도는 말기 범위로 갈수록 계속 증가 되었지만 각 범위별 비교에서 증가 된 근활성도 편차 비교에서는 말기범위로 갈수록 가장 적게 증가되었다. 근육의 기능적측면에서 중간볼기근의 작용은 엉덩관절 벌림-뽀-바깥돌림이며, 넙다리근막긴장근의 작용은 엉덩관절 벌림-굽힘-안쪽돌림이다(Sinnatamby, 2011). 본 연구에 사용된 클램운동은 엉덩관절 벌림-뽀-바깥돌림이 동반되는 운동으로서 주된 작용을 하는 중간볼기근의 근활성도는 말기 범위로 갈수록 증가 된 편차가 가장 높게하였지만 엉덩관절 굽힘-안쪽돌림이 주된 작용인 넙다리근막긴장근은 말기 범위로 갈수록 근활성도의 증가폭이 줄어드는 결과가 나타난 것으로 보인다. 이러한 결과를 토대로 중간볼기근과 넙다리근막긴장근의 근활성 비율은 초기 범위에서 보다 말기 범위에서 증가한 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 클램 운동시 사용되는 중간볼 기근의 섬유는 중간섬유와 뒤쪽섬유가 있지만 본 실험에서는 두 가지 섬유를 완전히 분리하여 근전도 평가를 하지 못하였다. 또한 일반인을 대상으로 한 연구 이기에 하지 및 허리 문제가 있는 엉덩관절이상 환자들에게 일반화하기에는 어려울 수 있다. 하지만 이 연구의 결과는 클램운동을 통해 엉덩관절의 훈련을 하는 동안 목적에 따라 중간볼기근과 넙다리근막긴장근의 활성화도를 선택적으로 조절하기 위한 근거자료로 사용될 수 있을 것이라 생각된다. 임상적으로 엉덩관절 재활 시 엉덩벌림근의 작용이 중요하며, 특히 엉덩관절 벌림 시 중간볼기근의 참여도가 높을수록 허리 및 하지의 부상 예방에 효과적이다. 이에따라 많은 임상가들은 중간볼기근의 참여는 최대화하면서 넙다리근막긴장근의 참여는 최소화시키기 위한 재활운동을 고민하고 있다. 본 연구의 결과는 클램운동 수행 시 벌림 범위에 따른 근활성도 및 비율 조절은 효과적인 하지 및 허리 부상 예방을 위한 엉덩관절 재활운동의 설계에 있어서 설득력 있는 기초자료가 될 것이라고 판단된다.

V. 결론

본 연구는 클램 운동 시 엉덩관절 벌림 범위에 따른 엉덩관절 벌림근의 활성화도와 활성화비율을 알아보기 위해 실시하였다. 연구 결과 중간볼기근은 말기 범위인 30°에 갈수록 근활성도가 증가하였고, 넙다리근막긴장근도 말기 범위 30°에 갈수록 근활성도가 증가하였다. 또한 중간볼기근과 넙다리근막긴장근의 활성화 비율 비교는 초기 범위에서 보다 말기 범위로 갈수록 높게 나타났다.

본 연구의 결과는 임상에서 엉덩관절 재활 운동 프로그램 수립을 위한 기초자료로 사용될 수 있는 자료가 될 수 있을 것이라 생각한다.

References

- Al-Hayani A. The functional anatomy of hip abductors. *Folia morphologica*. 2009;68(2):98-103.
- Baik SM, Cynn HS, Shim JH, et al. Effects of log-rolling position on hip-abductor muscle activation during side-lying hip-abduction exercise in participants with gluteus medius weakness. *Journal of Athletic Training*. 2021;56(9):945-951.
- Barker PJ, Hapuarachchi KS, Ross JA, et al. Anatomy and biomechanics of gluteus maximus and the thoracolumbar fascia at the sacroiliac joint. *Clinical Anatomy*. 2014;27(2):234-240.
- Boren K, Conrey C, Le Coguic J, et al. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2011;6(3):206-223.
- Cambridge ED, Sidorkevich N, Ikeda DM, et al. Progressive hip rehabilitation: the effects of resistance band placement on gluteal activation during two common exercises. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2012;27(7):719-724.
- Chaitow L. Positional release techniques e-book Elsevier health sciences. 2007.
- Chan MK, Chow KW, Lai AY, et al. The effects of therapeutic hip exercise with abdominal core activation on recruitment of the hip muscles. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2017;18(1):313.
- Cooper NA, Scavo KM, Strickland KJ, et al. Prevalence of gluteus medius weakness in people with chronic low back pain compared to healthy controls. *European Spine Journal*. 2016;25(4):1258-1265.
- Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, et al. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009a;39(7):532-540.
- Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, et al. Gluteal muscle

- activation during common therapeutic exercises. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2009b;39(7):532-540.
- Ebert JR, Edwards PK, Fick DP, et al. A systematic review of rehabilitation exercises to progressively load the gluteus medius. *Journal Sport Rehabilitation*. 2017; 26(5):418-436.
- Felicio LR, de Carvalho CAM, Dias C, et al. Electromyographic activity of the quadriceps and gluteus medius muscles during/different straight leg raise and squat exercises in women with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2019;48: 17-23.
- Fox S. Human physiology. McGraw-Hill Education. 2015.
- Jenkins DB. Hollinshead's functional anatomy of the limbs and back-e-book. Elsevier Health Sciences. 2008.
- Johnson S, Hoffman M. Isometric hip-rotator torque production at varying degrees of hip flexion. *Journal Sport Rehabilitation*. 2010;19(1):12-20.
- Kameda M, Tanimae H, Kihara A, et al. Does low back pain or leg pain in gluteus medius syndrome contribute to lumbar degenerative disease and hip osteoarthritis and vice versa? a literature review. *Journal Physical Therapy Science*. 2020;32(2):173-191.
- Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, et al. The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012;42(1):22-29.
- Mickelborough J, Van Der Linden M, Tallis R, et al. Muscle activity during gait initiation in normal elderly people. *Gait & Posture*. 2004;19(1):50-57.
- Neumann DA. Kinesiology of the hip: A focus on muscular actions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;40(2):82-94.
- Peixoto Leão Almeida G, Oliveira Monteiro I, Larissa Azevedo Tavares M, et al. Hip abductor versus adductor strengthening for clinical outcomes in knee symptomatic osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2022;61:102575.
- Presswood L, Cronin J, Keogh JW, et al. Gluteus medius: applied anatomy, dysfunction, assessment, and progressive strengthening. *Strength and Conditioning Journal*. 2008;30(5):41-53.
- Reiman MP, Bolgla LA, Loudon JK. A literature review of studies evaluating gluteus maximus and gluteus medius activation during rehabilitation exercises. *Physiotherapy Theory Practice*. 2012;28(4):257-268.
- Saber-Sheikh K, Bryant EC, Glazzard C, et al. Feasibility of using inertial sensors to assess human movement. *Manual therapy*. 2010;15(1):122-125.
- Sadler S, Spink M, Chuter V. Reliability of surface electromyography for the gluteus medius muscle during gait in people with and without chronic nonspecific low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2020;54:102457.
- Selkowitz DM, Beneck GJ, Powers CM. Which exercises target the gluteal muscles while minimizing activation of the tensor fascia lata? electromyographic assessment using fine-wire electrodes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2013;43(2):54-64.
- Sidorkewicz N, Cambridge ED, McGill SM. Examining the effects of altering hip orientation on gluteus medius and tensor fasciae latae interplay during common non-weight-bearing hip rehabilitation exercises. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2014;29(9): 971-976.
- Sinnatamby CS. Last's anatomy e-book: Regional and applied. Elsevier Health Sciences. 2011.
- Shin SH, Shin HJ, Cho HY. Effect of lower extremity alignment during gluteus medius strengthening exercise on hip abductor muscle activity and muscle recruitment

- pattern. *The Journal of Korean Society for Neurotherapy*. 2021;25(3):51-58.
- 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. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2013;43(5):325-331.
- Xie Y, Zhang C, Jiang W, et al. Quadriceps combined with hip abductor strengthening versus quadriceps strengthening in treating knee osteoarthritis: a study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2018;19(1):147.
- Yuenyongviwat V, Duangmanee S, Iamthanaporn K, et al. Effect of hip abductor strengthening exercises in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2020;21(1):284.