

# Effects of Posterior Oblique Sling Activation on Gluteus Maximus Muscle Activity during Prone Hip Extension Exercises in Healthy Male Individuals

Byeong-Hun Hwang<sup>1</sup>, Sung-Dae Choung<sup>2</sup>, No-Yul Yang<sup>3</sup>, In-Cheol Jeon<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science, Hoseo University, Asan, Republic of Korea; <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University, Cheonan, Republic of Korea; <sup>3</sup>Department of Occupational Therapy, Chungnam State University, Cheongyang, Republic of Korea; <sup>4</sup>Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science, Hoseo University, Asan, Republic of Korea

**Purpose:** The purpose of this study was to investigate the effects of posterior oblique sling activation on the muscle activities of the gluteus maximus (GM), multifidus (MF), and biceps femoris (BF) during three different prone hip extension exercises in healthy male individuals.

**Methods:** Twenty healthy subjects participated in this study. An electromyography device was used to measure the muscle activities of the GM, MF, and BF. Each subject was asked to perform three different prone hip extensions as follows: [1) Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30°; PHE1, 2) Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125°; PHE2, 3) Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125° with 1kg loading; PHE3, in random order. A one-way repeated measures analysis of the variance and a Bonferroni post hoc test were used to analyze the results. The statistical significance was set at  $\alpha = 0.01$ .

**Results:** The muscle activity of the GM was significantly different between the three positions ( $P_{adj} < 0.01$ ). The muscle activity of the GM was significantly greater during PHE3 compared with PHE1 and PHE2 ( $P_{adj} < 0.01$ ). The BF muscle activity was significantly lower during PHE3 compared with PHE1 and PHE2 ( $P_{adj} < 0.01$ ). There was no significant difference in the muscle activity of the MF ( $P_{adj} < 0.01$ ). The ratio of the muscle activity (ratio = GM/BF) during PHE3 was significantly greater compared to PHE1 and PHE2 ( $P_{adj} < 0.01$ ).

**Conclusion:** The GM activity and GM/BF ratio during the PHE3 exercise were significantly greater compared to that during PHE1 and PHE2. Therefore, the PHE3 exercise could be recommended as a selectively effective GM activation exercise while decreasing the muscle activity of the BF.

**Keywords:** Prone hip extension, Posterior oblique sling muscle, Gluteus maximus, Multifidus, Biceps femoris

## 서론

엎드린 자세에서 엉덩관절 펴(prone hip extension, PHE)은 엉덩관절과 허리골반 부위에서 발생한 근육약화(muscle weakness)를 강화하기 위한 운동이다. 또한 여러 연구에서 PHE는 허리골반 부위의 안정성 측정과 허리-골반-엉덩관절(lumbo-pelvic-hip joint) 근육의 활성도를 향상시키기 위해 사용되어 왔다.<sup>2-4</sup> 뭇갈래근(multifidus)과 큰볼기근(gluteus maximus)의 충분한 근활성도는 PHE 수행 시 허리골반 부위에서 발생하는 보상작용을 나타내지 않게 하여 이상적인 중립을 유지하도록 기여한다.<sup>5</sup> 만약 허리골반 부위의 안정성을 유지하는 근

육의 불균형(muscle imbalance)과 근육약화가 발생한다면 허리골반의 불안정성과 더불어, PHE를 수행하면서 허리골반의 회전과 골반의 앞기울임과 같은 보상작용이 나타날 수 있다.<sup>2,6</sup> 그 중, 허리뼈의 과다 펴(hyperextension)은 돌기사이관절(facet joint)의 찢힘(impingement)과 허리통증을 야기시킬 수 있다.<sup>7</sup> 문헌에 따르면, 척추세움근(erector spinae)과 넓다리뒀근(hamstring)의 과활성화(over-activity)는 큰볼기근의 활성도를 감소시키는데, 이는 PHE를 수행하면서 요구되는 이상적인 활성화 패턴(activation pattern)이 바뀌게 되면서 발생하는 움직임 기능이상(movement dysfunction)이라고 보고되었다.<sup>2,3</sup>

PHE를 수행하면서 사용되는 엉덩관절 펴근은 큰볼기근과 넓다리

Received January 4, 2023 Revised February 8, 2023

Accepted February 17, 2023

Corresponding author In-Cheol Jeon

E-mail jeon6984@hoseo.edu

Copyright ©2023 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://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.

뒤근이 있다.<sup>8</sup> 큰볼기근은 엉덩뼈능선의 뒤쪽(posterior iliac crest), 엉치뼈의 뒤가쪽(posteriolateral sacrum), 꼬리뼈(coccyx)에서 시작해 엉덩정강근막띠(iliotibial band)와 넓다리뼈의 볼기근거친면(gluteal tuberosity of the femur)에서 끝나며, 엉덩관절 펌 동작과 더불어 넓다리와 골반을 안정화시킨다.<sup>9</sup> 이 근육은 근육섬유(muscle fiber)가 엉치엉덩관절(sacroiliac joint)과 수직으로 정렬되어 있기 때문에 수축 시 엉치엉덩관절의 접근(approximation)을 유발하여 안정적인 골반의 움직임이 이루어질 수 있도록 하는 특성을 갖고 있다.<sup>8</sup> 또한, 큰볼기근은 보행과 같은 기능적 활동 중 엉치엉덩관절을 통해 다리에서 골반으로의 힘 전달 과정에 기여를 하기 때문에,<sup>10</sup> 불충분한 큰볼기근의 근활성도는 보행 중 엉치엉덩관절의 충격 흡수(shock absorption) 작용을 약하게 만들어 엉치엉덩관절 및 엉덩관절의 손상을 야기시킬 수 있다.<sup>11</sup> 따라서 엉덩관절의 기능적인 작용과 골반을 안정화시키는 데 중요한 역할을 하는 큰볼기근은 충분한 근활성도가 필수적이다.<sup>9,12</sup> 여러 선행연구는 큰볼기근의 선택적인 활성화를 위해 다양한 조건(엉덩관절 벌림 각도 조절, 엉덩관절 펌 수행 시 무릎 굽힘 등)에서 운동을 수행하였다.<sup>13-15</sup>

선행연구는 테이블에 기대어 무릎 펌(무릎관절 0°) 상태에서 수행한 PTHE (prone table hip extension)와 테이블에 기대어 무릎 굽힘(무릎관절 90°) 상태에서 수행한 PTHE (prone table hip extension with knee flexion)에서 엉덩관절과 허리골반 부위 근활성도를 확인하였으며,<sup>14</sup> 연구의 결과는 무릎 굽힘 상태에서의 PTHE가 다른 운동과 비교하여 큰볼기근의 활성도가 통계학적으로 유의하게 증가하였고, 반면 척추세움근, 넓다리두갈래근(biceps femoris), 반힘줄근(semi-tendinosus)의 근활성도가 유의하게 감소되었다고 보고하였다.<sup>14</sup> 또 다른 선행연구는 무릎 굽힘 상태에서 수행하는 PHE (prone hip extension with knee flexion, PHEKF)가 엉덩관절 벌림 각도에 따라 큰볼기근, 넓다리뒤근의 근활성도와 근육개시시간(muscle onset time)에 미치는 영향을 비교하였다.<sup>15</sup> 이때 엉덩관절 30° 벌림한 상태에서 수행한 PHEKF가 큰볼기근의 근활성도가 가장 유의하게 높은 것을 확인할 수 있었다.<sup>15</sup> 이러한 관점으로 보았을 때 넓다리뒤근의 근활성도 감소는 무릎 굽힘에 의한 능동적 불충분에 영향을 받았을 뿐만 아니라 상대적으로 큰볼기근의 근활성도가 증가하면서 나타난 결과로 보여진다.<sup>15</sup> 따라서 넓다리두갈래근(biceps femoris)과 큰볼기근은 엉덩관절 펌을 수행하면서 서로 영향을 주고 받을 수 있는 협력근(synergist)으로써 엉덩관절 및 무릎관절 자세에 따라서 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.<sup>15</sup> 이러한 근활성도의 증감으로 인해 상대적 근육개시시간(큰볼기근 개시-넓다리뒤근 개시)이 변화한 것을 확인할 수 있었다. 상대적 근육개시시간은 엉덩관절 30° 벌림이 0° 벌림 상태보다 약 0.42ms 단축되었고, 15° 벌림 상태보다 약 0.21ms 단축되어 통계학적으로 유의한 차이를 보였다.<sup>15</sup> 따라서 선행연구에서 수행한 두 조건인

PHEKF와 엉덩관절 벌림 30°는 선택적인 큰볼기근 활성도 증가와 근육개시시간 단축에 효율적인 전략으로 사용될 수 있다.

근육군의 근육사슬(muscular chains)은 PHE와 같은 동작에서 함께 사용되거나 운동패턴에 동시에 영향을 준다.<sup>16,17</sup> 특히 근육사슬은 어깨관절 또는 엉덩관절과 같이 팔, 다리의 움직임이 발생했을 때 척추의 안정성을 향상시킨다.<sup>18</sup> 이때 국소근육(local muscle)과 겹근육(global muscle)을 안정된 상태로 만들기 위해서는 근육 간 조절된 공동작용이 필요하다.<sup>19</sup> 두 근육군의 동시 수축은 척추의 능동적인 움직임을 발생시켜 척추의 동적 안정성(dynamic stability)에 기여하며,<sup>20,21</sup> 척추의 안정성이 확보된 상태에서 이상적인 관절의 운동을 수행할 수 있다.<sup>20,21</sup> 뒤쪽사선사슬근육(posterior oblique sling muscle, POSM)은 넓은등근(latissimus dorsi), 등허리근막(thoracolumbar fascia), 못갈래근, 엉치뼈근막(sacral fascia), 큰볼기근, 넓다리두갈래근으로 구성되며, 동작 수행 시 국소근육과 함께 허리골반 안정화에 기여한다.<sup>16,18</sup> POSM을 구성하고 있는 근육 중 큰볼기근과 반대쪽 몸통근육(못갈래근, 척추세움근), 넓은등근은 등허리근막(thoracolumbar fascia)에 의해 해부학적으로 상호 연결되어 있으며 대각선 방향(팔에서 반대쪽 다리)으로 가는 힘 전달에 용이한 구조를 가지고 있으며,<sup>16,18</sup> 여러 선행연구는 PHE를 수행하는 동안에 넓은등근, 못갈래근, 큰볼기근의 근활성도 패턴을 조사하였다.<sup>18,22</sup>

지금까지의 연구동향은 PHE 운동을 수행하면서 무릎 굽힘 조절, 엉덩관절 벌림 각도 조절, POSM의 활성화가 허리골반 부위 근육의 근활성도에 어떠한 영향을 미치는 지 확인한 연구들이 많이 진행되어 왔다.<sup>14,15,18</sup> 세 가지 조건 모두 큰볼기근의 선택적인 근활성도 증가에 효과적인 것을 확인할 수 있었다.<sup>14,15,18</sup> 하지만 PHEKF 운동을 수행하면서 POSM 활성화에 따른 허리골반 부위 근육 및 큰볼기근의 근활성도를 비교한 연구는 진행되지 않았다. 따라서 본 연구의 목적은 세 가지 다른 PHE 운동 동안에 큰볼기근, 넓다리두갈래근, 못갈래근의 근활성도와 큰볼기근/넓다리두갈래근의 근활성도 비율(ratio)를 확인하고자 하였다. 연구의 가설은 PHE3 운동이 PHE1, PHE2 운동과 비교하여 큰볼기근의 근활성도가 유의하게 높을 것으로 설정하였다.

## 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 건강한 성인 남성 20명(24.8±2.4세, 67.3±14.3kg, 169.8±7.5cm)이 실험에 참여하였다. 대상자 제외조건은 1) 지난 1년 안에 허리와 엉치엉덩관절 또는 다리(lower limb)에 손상이 있었던 자, 2) 과거 또는 현재 신경학적, 근골격계적, 심호흡계적 질환이 있었던 자, 3) 넓다리근막장근(tensor fasciae latae) 길이 검사인 Ober's test 수행 시 양성인 자, 4) 엉덩관절 굽힘근 길이 검사인 Thomas test 수행 시 양성인

자, 5) 엉덩관절 모음근 구축검사(adduction contracture test)수행 시 양성인 자, 6) PHEKF 수행 시 허리나 엉덩관절에 통증이 있는 자로 하였다.<sup>15</sup> 모든 실험 대상자들은 연구방법에 대하여 충분한 설명을 제공 받았으며, 실험을 진행하기 전 자발적 참여 동의서에 서명하였다.

## 2. 측정도구 및 방법

운동 동안의 근활성도를 확인하기 위해 근전도 장비인 EMG-feedback (C) (wireless EMG System 1000, BTS, Italy)를 이용하였다. 근전도 측정을 위한 장비의 설정 값은 여과필터(60Hz), 대역 통과 필터(20-450Hz), 표본추출률(1,024Hz)로 하였으며, 수집된 값은 RMS (root-mean-square) data와 a moving window 50ms로 처리되었다. Ag/AgCl 표면전극을 피부 위에 부착하였으며, 측정 간 저항(impedance)을 줄이기 위해 면도 후 알코올 솜을 이용하여 피부표면을 정리하였다.<sup>23</sup> 근전도 부착부위는 선행연구의 방법을 참고하였으며,<sup>14,24,25</sup> 대상자의 우세측 큰볼기근의 가장 두꺼운 부분의 중앙부(midsection), 우세측 넙다리두갈래근의 아래가쪽(inferiolateral), 양쪽 못갈래근은 4-5번 허리척추의 가시돌기(spinous process of L4-L5) 가쪽 부위에 부착하였다.<sup>14,24,25</sup> 근전도 신호의 초기 1초와 끝 1초는 제거하였다.<sup>26</sup> 근활성도 값을 표준화하기 위해 각 근육(큰볼기근, 넙다리두갈래근, 양쪽 못갈래근)의 MVIC (maximal voluntary isometric contraction)을 측정하였으며 선행연구의 지침을 준수하여 측정하였다.<sup>27</sup> 대상자의 엉덩관절 벌림 30° 각도를 일정하게 유지시키기 위해 선행연구의 지침을 따라 각도가 그려진 널빤지를 사용하였다.<sup>15</sup> PHE2 운동과 PHE3 운동 동작 수행 시, 대상자들의 어깨관절 벌림 각도를 유지하기 위해 어깨뼈 봉우리를 축으로 하여 몸통을 기준으로 125° 벌림 각도가 그려진 널빤지를 제작하여 사용하였다. 모든 운동(PHE1, 2, 3)은 타겟바(target bar)를 사용하여 동작의 끝자세(end position)를 통제하였으며, 3회 측정하였다.

## 3. 실험절차

모든 운동(PHE1, 2, 3)은 엎드린 자세에서 무릎관절 굽힘 90°를 기본

자세로 하였다. 대상자들은 견고하고 높이 조절이 가능한 테이블 위에서 운동을 수행하였으며, 어깨관절과 엉덩관절의 벌림 각도를 유지하기 위해 제작한 널빤지에 우세측 위앞엉덩뼈가시와 반대쪽 어깨뼈 봉우리가 축이 되도록 위치시켰다. PHE1운동은 엉덩관절 30° 벌림이 유지된 상태에서 어깨관절을 해부학적 자세로 위치시킨 상태에서 실시하였다. 엉덩관절의 끝자세가 폼 10°가 수행되도록 타겟바 높이를 수정하였다(Figure 1A). PHE2운동은 PHE1운동에서 어깨관절 벌림 125°를 추가하였다. 어깨관절의 끝자세가 몸통을 기준으로 하여 팔이 수평(어깨 굽힘 180°)인 상태가 수행되도록 검사자가 감독하였다(Figure 1B).<sup>17</sup> 해부학적 구조로 인하여 발생할 수 있는 관절가동 범위의 제한을 방지하기 위해 위팔뼈를 가쪽돌림 시켜 손바닥이 천장을 향하도록 하여 동작을 수행하였다. PHE3운동은 PHE2운동과 동일한 자세로 실시하며 손에 1kg의 부하를 추가하였다. 검사자는 부하로 인하여 발생하는 보상작용이 나타나지 않도록 감독하였다(Figure 1C). 세 가지 운동은 끝자세가 타겟바에 닿은 상태가 유지된 채로 5초 동안 큰볼기근, 넙다리두갈래근, 못갈래근의 근활성도를 측정하였다. 5초 뒤에는 원래 자세로 서서히 돌아오도록 하였다. 운동 수행 중 대상자들의 근피로도를 최소화하기 위해 동작 사이에 2분 동안 휴식을 제공하였다. 대상자들은 운동 동작에 따른 효과를 인지하지 못하게 하였고, 운동순서를 무작위화하였다.

## 4. 자료 분석

통계 분석은 Windows 소프트웨어용 SPSS ver.21.0 (SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였으며, 수집된 데이터가 정규분포 하는지 확인하기 위해 K-S 검사(Kolmogorov-smirnov test)로 검정하였다. 세가지 운동 동안 각 근육(큰볼기근, 넙다리두갈래근, 못갈래근)의 근활성도와 큰볼기근/넙다리두갈래근 근활성도비율을 비교하기 위해 일원배치 반복측정 분산분석(one-way repeated measured ANOVA)을 사용하였고, 운동 사이의 효과를 사후검정 하기 위해 본페로니 수정법을 통하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은  $\alpha = 0.01$ 로 설정하였다.



**Figure 1.** A: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30°, B: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125°, C: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125° with 1kg loading.

**Table 1.** Changes of muscle activity during three different prone hip extension exercises

Muscles	Mean±SD (%MVIC)			F	p
	PHE1	PHE2	PHE3		
MF	40.54±15.74	53.77±22.99	56.74±23.37	4.213	0.057
Non-MF	45.41±14.74	63.13±18.93	67.00±18.77	5.137	0.035
GM	17.22±8.17	22.37±9.68	36.92±10.75*	11.74	0.004*
BF	12.87±9.14	10.18±7.50	7.95±6.24*	10.62	0.005*

\*Significant difference between PHE1 and PHE3 and between PHE2 and PHE3 exercises ( $P_{adj} < 0.01$ ).

PHE1: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30°, PHE2: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125°, PHE3: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125° with 1kg loading, MF: Dominant side of multifidus, Non-MF: Non-Dominant side of multifidus, GM: Dominant side of gluteus maximus, BF: Dominant side of biceps femoris, SD: Standard deviation, MVIC: Maximum voluntary isometric contraction.

## 결 과

세가지 운동 동안 큰볼기근과 넙다리두갈래근의 근활성도가 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.01$ )(Table 1). PHE3 운동이 PHE1, PHE2 운동과 비교하여 큰볼기근의 근활성도는 유의하게 높았으며 ( $p < 0.01$ ), 넙다리두갈래근의 근활성도는 유의하게 낮았다( $p < 0.01$ )(Table 1). 반면 우세측, 비우세측 뭇갈래근의 근활성도는 PHE1, PHE2, PHE3 운동 간 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.01$ )(Table 1).

큰볼기근/넙다리두갈래근의 근활성도비율은 PHE2 운동이 PHE1과 비교하여 유의하게 높았으며( $p < 0.01$ ), PHE3 운동이 가장 높게 나와 PHE1과 PHE2 운동과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다( $p < 0.01$ )(Table 2).

## 고 찰

본 연구의 목적은 세 가지 다른 PHE 운동 동안, 큰볼기근, 넙다리두갈래근, 뭇갈래근의 근활성도 변화를 알아보고자 하였다. 연구의 결과는 큰볼기근의 근활성도는 PHE3 운동을 수행하면서 PHE1 운동보다 114% 높았고, PHE2 운동보다 64% 유의하게 높은 수치를 보였다 ( $p < 0.01$ ). 넙다리두갈래근의 근활성도는 PHE3 운동 동안에 PHE1 운동보다 38% 낮았고, PHE2 운동보다 21% 낮은 수치를 보여 통계학적으로 유의하였다( $p < 0.01$ ). 양쪽 뭇갈래근의 근활성도는 세 가지 운동 사이에 변화를 확인할 수 있었지만 통계학적인 차이를 보이지 않았다( $p > 0.01$ ). 큰볼기근/넙다리두갈래근 근활성도 비율은 PHE3 운동을 수행하면서 PHE1 운동보다 약 253% 높았고, PHE2 운동보다 109% 유의하게 높은 수치를 확인할 수 있었다( $p < 0.01$ ).

POSM 근육의 동시 활성화(co-activation)가 큰볼기근, 넙다리두갈래근의 근활성도에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. POSM 근육은 등

**Table 2.** Changes of GM/BF electromyography amplitude ratio during three different prone hip extension exercises

Muscles	Ratio			F	p
	PHE1	PHE2	PHE3		
GM/BF	1.34±0.89	2.20±1.29*	4.64±1.72*	12.21	0.004*

\*Significant difference between PHE1 and PHE2 and between PHE2 and PHE3 exercises ( $P_{adj} < 0.01$ ).

PHE1: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30°, PHE2: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125°, PHE3: Prone hip extension with knee flexion + hip abduction 30° and shoulder abduction 125° with 1kg loading, GM/BF: Muscle activity of gluteus maximus/biceps femoris.

허리근막에 의하여, 교차로 배열된 큰볼기근과 반대쪽 몸통근육, 넓은등근을 해부학적으로 연결시킨다.<sup>16</sup> 이는 반대쪽 팔(upper limb)에 부하가 주어졌을 때 이 부하가 몸의 중심을 교차하여 다리로 전달되도록 한다.<sup>16</sup> 이러한 기전을 바탕으로 본 연구에서 수행한 운동을 비교해 보았을 때 PHE1 운동의 경우 어깨관절 중립자세를 유지한 상태에서 PHEKF 동작을 수행했기 때문에 POSM 근육의 동시 활성화가 적게 나타난 것으로 사료된다. 반면 PHE2 운동은 어깨관절을 125° 벌림하고 PHEKF 동작을 수행함과 더불어 어깨 굽힘을 하였다. 선행연구에 따르면 성인 남성의 한쪽 팔의 무게(위팔, 아래팔, 손)는 대략 체중의 4.8%로 보고되었다.<sup>28</sup> 이 연구에서 참여한 대상자의 평균체중은 67.3±14.3kg이었기 때문에 대상자의 팔의 무게는 대략 3.2kg으로 사료된다. 따라서 PHE2 운동 동안에 대상자들의 팔의 무게(3.22kg)는 부하로 작용되었고, PHE2 운동 자세에서 맞균형 힘(counterbalance force)을 더 많이 발생시키게 되어 POSM 근육의 활성화에 기여한 것으로 보여진다. 그 결과 큰볼기근의 근활성도가 PHE1과 비교하여 유의한 증가를 보인 것으로 사료된다. PHE3 운동은 PHE2 운동에서 손에 1kg의 부하를 추가하였다. 그로 인해 PHE3 운동을 수행하면서 대상자들에게 주어지는 부하는 팔의 무게와 더불어 1kg이 추가되었다. 증가된 부하에 의하여 POSM 내의 맞균형 힘이 더 크게 발생하면서 POSM 근육 활성화에 기여한 것으로 사료된다. 결과적으로 이러한 조건 때문에 큰볼기근의 근활성도는 PHE3이 PHE1, PHE2과 비교하여 유의한 증가를 보인 것으로 사료된다. 어깨관절 벌림 각도(0°, 90°, 125°)에 따른 PHE 시 큰볼기근의 근활성도를 비교한 이전연구는 어깨관절 125°에서 큰볼기근이 가장 높게 활성화되었다고 보고하였다.<sup>17</sup> 이는 어깨관절 125°에서 지레팔이 길어지면서 몸통과 골반의 부하가 증가하여 나타난 결과라고 설명하였다.<sup>17</sup> 또 다른 선행연구에서는 PHE 동작에서 어깨관절 펴를 수행할 때 부하가 없는 자세와 있는 자세 사이에 큰볼기근의 근활성도를 비교하였다.<sup>29</sup> 이때 부하를 추가한 상태에서 수행한 PHE 운동이 큰볼기근의 근활성도가 증가하였다고 보고하였다.<sup>29</sup> 이러한 선행연구들의 결과는 본 연구의 결과와 유사하였다.<sup>18,29</sup> 반면 뭇갈래근의 근활성도는 PHE3 운동이 PHE1, PHE2 운동과 비교하여 가장 높았지만 통계학적으로 유의한 차이를 보

지 않았다. 이는 PHE2, PHE3 운동을 수행하면서 추가된 부하인 팔의 무게(대략 3.22kg)와 1kg의 부하로 인한 영향보다 체중에 48.4%를 차지하는 몸통의 무게(대략 32.6kg)가 부하로 더 크게 작용한 것으로 보여진다.<sup>28</sup> 따라서 운동방법이 다르더라도, 못갈래근의 부하로써 몸통의 무게가 더 크게 작용된 만큼 천장효과(ceiling effect)로 인해 운동방법 사이에 못갈래근의 근활성도의 유의한 차이가 없었던 것으로 사료된다.

무릎관절 굽힘 자세와 엉덩관절 벌림 자세가 넙다리두갈래근의 근활성도와 큰볼기근의 근활성도에 영향을 미친 것으로 보여지는데, 넙다리두갈래근의 기능은 엉덩관절 펴고 무릎관절 굽힘이다. 무릎을 굽히지 않은 상태에서 수행하는 PHE에서 넙다리두갈래근은 큰볼기근과 함께 협동근으로 작용한다. 하지만 본 연구에서 실시한 PHE는 무릎관절 90° 굽힘을 기본 자세로 하였다. 이러한 무릎관절의 굽힘은 넙다리두갈래근의 시작점과 끝점을 가깝게 만들면서 엉덩관절 펴고 수행할 때 능동적 불충분을 일으켜 근활성도가 감소한 것으로 사료된다.<sup>14</sup> 선행연구는 무릎 펴고 상태에서 수행하는 PHE와 PHEKF 시 넙다리두갈래근의 근활성도를 확인하였는데, PHEKF에서 넙다리두갈래근의 근활성도가 유의하게 감소했다고 보고하였다.<sup>14</sup> 이 결과는 본 연구의 결과와 유사하였다. 이러한 넙다리두갈래근의 능동적 불충분으로 인해 넙다리두갈래근의 근활성도는 감소하였고, 엉덩관절 펴고 수행할 때 큰볼기근이 주동근으로써 더 많이 작용하게 되어 큰볼기근의 근활성도가 증가한 것으로 보여진다. 본 연구의 운동은 PHEKF를 수행하면서 엉덩관절 벌림 30° 자세를 유지하였다. 큰볼기근은 해부학적으로 방추형 근육이기 때문에 관절의 방향이 근육축에 영향을 미칠 수 있다. 선행연구에서는 엉덩관절 벌림 30° 상태에서 수행한 PHE 운동과 교각운동(bridge exercise)에서 큰볼기근의 근활성도가 증가한 것을 확인할 수 있었다.<sup>13,15</sup> 이처럼 넙다리두갈래근과 큰볼기근의 해부학적인 요소들이 각 근육의 근활성도에 영향을 미친 것으로 사료된다. 여러 연구에서 넙다리두갈래근의 능동적 불충분을 통해 선택적인 큰볼기근 활성도 증가 전략으로 사용되고 있으며,<sup>14,15</sup> PHE 시 넙다리두갈래근의 근활성도 감소로 인하여 큰볼기근의 근활성도가 증가하였다는 연구가 많이 보고되었다.<sup>13-15,17,29</sup>

본 연구의 결과는 POSM의 동시 활성화와 부하로 인하여 큰볼기근의 근활성도가 증가하였다. 반면 넙다리두갈래근은 무릎굽힘 자세에 영향을 받아 능동적 불충분이 발생하여 근활성도의 감소를 확인할 수 있었다. PHE 운동을 수행하면서 큰볼기근과 넙다리두갈래근의 근활성도를 조사한 연구는,<sup>14,15,17,18,30</sup> 엉덩관절 펴고 수행할 때 넙다리두갈래근 작용이 적어지면서 근활성도가 감소하였고, 큰볼기근의 작용이 주동근으로써 역할을 더 많이 수행함에 따라, 근활성도 증가를 확인할 수 있었다.<sup>14,15,17,18,30</sup> 본 연구에서 실시한 운동자세를 비교해보면, PHE1 운동을 수행하면서 무릎관절 굽힘 90°, 엉덩관절 벌

림 30°를 수행했음에도 불구하고 PHE2보다 큰볼기근 근활성도가 낮았다. 그 이유는 PHE1의 경우 다리(lower limb)만 이용하여 운동을 수행한 반면, PHE2는 반대쪽 팔의 움직임을 병행하면서 그만큼 부하가 증가했기 때문에 큰볼기근 근활성도 향상에 기여한 것으로 보여진다. PHE3 운동을 수행했을 때는 반대쪽 팔의 먼 쪽 부위에 추가적인 부하가 적용된 만큼 큰볼기근 근활성도에 더 큰 향상을 불러온 것으로 사료된다. PHE3 운동이 PHE1 운동과 PHE2 운동과 비교하여 증가된 부하로 인해 POSM의 동시 활성화가 큰볼기근 근활성도 증가에 영향을 주었고, 반대로 넙다리두갈래근의 근활성도는 감소한 결과를 확인할 수 있었다. 따라서 큰볼기근/넙다리두갈래근의 근활성도 비율은 PHE3 운동에서 가장 높게 나왔다.

결론적으로 큰볼기근의 근활성도 증가와 넙다리두갈래근의 근활성도 감소는 POSM이 가장 많이 활성화된 어깨관절 125° 벌림 상태에서 부하를 추가한 PHE3 운동에서 확인할 수 있었고 큰볼기근/넙다리두갈래근의 근활성도 비율 또한 PHE3 운동에서 증가하였다. 그러므로 PHE3 운동은 큰볼기근의 선택적인 근활성도 증가를 위해 추천될 수 있다. 임상적으로 넙다리뼈 앞쪽 미끄러짐(femoral anterior gliding)은 앞쪽 구조물인 엉덩허리근과 뒤쪽 구조물인 큰볼기근의 약화로 발생할 수 있는데, 이때 효과적인 운동으로써 사용될 수 있다. 또한 엉덩관절 불안정성(instability)을 개선하기 위한 큰볼기근 강화운동으로도 적용되어질 수 있다.<sup>31</sup> 본 연구에는 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫 번째, 본 연구는 건강한 성인 남성을 대상으로 운동을 수행했기 때문에 성별과 환자군에 일반화하기 어렵다. 추후 진행되는 연구는 다양한 성별과 환자군에서 본 연구방법의 엉덩관절 펴고 운동을 수행했을 때의 효과를 확인하는 것이 필요하다. 두 번째, 큰볼기근, 넙다리두갈래근, 못갈래근을 제외한 엉덩관절 펴고 시 사용되는 다른 POSM의 근활성도를 확인하지 못하였다. 세 번째, 표면 근전도를 사용하여 근활성도를 측정하였기 때문에 주변 근육에서의 cross-talk가 발생했을 가능성이 있으며, 피부표면의 저항을 최소화하기 위해 조치를 취했지만 저항으로 인해 근전도 측정에 오차가 발생할 가능성이 있다. 마지막으로 본 연구는 단면적 연구로 실시하였기 때문에 장기간 운동을 했을 때의 효과를 확인할 수 없다. 추후연구에서는 운동 수행을 장기간 실시하여 운동의 효과를 확인하는 것이 필요하다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was funded by the University Innovation Support Project of Hoseo University in 2022.

## REFERENCES

1. Tateuchi H, Taniguchi M, Mori N et al. Balance of hip and trunk muscle activity is associated with increased anterior pelvic tilt during prone hip extension. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(3):391-7
2. Sahrman S, Azevedo DC, Dillen LV. Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. *Braz J Phys Ther.* 2017;21(6):391-9.
3. Janda V, Frank C, Liebenson C. Rehabilitation of spine a practitioner's manual. 2nd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 1996:97-112.
4. Ebrall PS. Assessment of the spine. London, Elsevier Health Sciences, 2004:85.
5. Comerford M, Sarah M. Kinetic control: the management of uncontrolled movement. Sydney, Churchill Livingstone, 2012:186-7.
6. Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003; 13(4):361-70.
7. Kerrigan DC, Ehrental SR. A maladaptive gait abnormality in patients with lumbar spinal stenosis. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 1996;7(1):53-7.
8. Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. 3rd ed. Philadelphia, Mosby, 2016:479-521.
9. Wilson J, Ferris E, Heckler A et al. A structured review of the role of gluteus maximus in rehabilitation. *NZL J Physiother.* 2005;33(3):95-100.
10. Perry J, Davids JR. Gait analysis: normal and pathological function. *J Pediatric Orthopaedics.* 1992;12(6):815.
11. Gussoni M, Margonato V, Ventura R et al. Energy cost of walking with hip joint impairment. *Phys Ther.* 1990;70(5):295-301.
12. Kuzewski M, Gnat R, Saulicz E. Stability training of the lumbo-pelvo-hip complex influence stiffness of the hamstrings: a preliminary study. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19(2):260-6.
13. Choi JS, Jang TJ, Jeon IC. Comparison of gluteus maximus, hamstring and multifidus muscle activities during bridge exercises according to three different hip abduction angles. *PTK.* 2022;29(1):11-8.
14. Jeon IC, Hwang UJ, Jung SH et al. Comparison of gluteus maximus and hamstring electromyographic activity and lumbopelvic motion during three different prone hip extension exercises in healthy volunteers. *Phys Ther Sport.* 2016;22:35-40.
15. Kang SY, Jeon HS, Kwon O et al. Activation of the gluteus maximus and hamstring muscles during prone hip extension with knee flexion in three hip abduction positions. *Man Ther.* 2013;18(4):303-7.
16. Myers TW. Anatomy trains: myofascial meridians for manual and movement therapists. 4th ed. New York, Elsevier Churchill Livingstone, 2014: 137-44.
17. Ha SM, Jeon IC. Comparison of the electromyographic recruitment of the posterior oblique sling muscles during prone hip extension among three different shoulder positions. *Physiother Theory Pract.* 2021;37(9): 1043-50.
18. Jeon IC, Hwang UJ, Kim HS et al. Comparison of EMG activity of the posterior oblique sling muscles and pelvic rotation during prone hip extension with and without lower trapezius pre-activation. *PTK.* 2016; 23(1):80-6.
19. Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):242-49.
20. Bergmark A. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1989;60(230):1-54.
21. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):383-97.
22. Kim JW, Han JY, Kang MH et al. Comparison of posterior oblique sling activity during hip extension in the prone position on the floor and on a round foam roll. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(8):977-9.
23. Choi JH, Oh JS, Kim MH. The effect of pelvic compression belt on the strength of hip muscle and EMG activity in individuals with sacroiliac joint pain during prone hip extension. *J Musculoskelet Sci Technol* 2019;3(1):14-21.
24. Criswell E, Jeffrey RC. Cram's introduction to surface electromyography. 2nd ed. Massachusetts, Jones and Bartlett, 2011:107-13.
25. Jung EJ, An DH, Yoo WG et al. Comparison of pelvic rotation angle and electromyography activity of the trunk and gluteus maximus muscles during four pilates exercises. *J Musculoskelet Sci Technol,* 2022;6(1):32-7.
26. Soderberg GL, Loretta MK. A guide for use and interpretation of kinesiology electromyographic data. *Phys Ther.* 2000;80(5):485-98.
27. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG et al. Muscles testing and function with posture and pain. 5th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2005:419-36.
28. Dempster WT, Gaughran GR. Properties of body segments based on size and weight. *Am J Anat.* 1967;120(1):33-54.
29. Kang DK, Hwang YI. Comparison of muscle activities of the posterior oblique sling muscles among three prone hip extension exercises with and without contraction of the latissimus dorsi. *J Kor Soci of Phys Med.* 2019;14(3):39-45.
30. Jeon IC, Jang JH. Comparison of prone hip extension exercise and prone hip extension exercise after iliopsoas stretching on lumbopelvic control and gluteus maximus activity in subjects with short iliopsoas. *J Musculoskelet Sci Technol.* 2017;1(1):19-25.
31. Kwon OY, Kang MH, Kim MH et al. KEMA approach for analysis & management of movement impairment. Seoul, Hakjisa Medical. 2022: 205-88.