

Comparisons of Gluteus Maximus and Hamstring Muscle Activities according to Three Different Sling Locations during Bridge Exercise with Sling in Supine Position

Tae-Hyeong Kim¹, Su-Yeon Bae¹, In-Cheol Jeon^{1,2,3}

¹Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science, Hoseo University, Asan, Republic of Korea, ²Smart Healthcare Convergence Research Center, Hoseo University, Asan, Republic of Korea, ³Research Institute for Basic Sciences, Hoseo University, Asan, Republic of Korea

Purpose: The study was undertaken to investigate the electromyographic activities of the gluteus maximus (GM), hamstring (HAM), and multifidus (MF) in three different sling locations during bridge exercise in the supine position.

Methods: Twenty healthy male subjects participated. An electromyography device was used to measure the muscle activities of the GM, HAM, and MF muscles. Subjects were asked to perform bridge exercises with three different sling locations as follows: 1) Bridge exercise with an ankle sling; BEAS, 2) Bridge exercise with a calf sling; BECS, and 3) Bridge exercise with a knee sling; BEKS in random order. The analysis was conducted using one-way repeated ANOVA and the Bonferroni post hoc. Significance was set at $\alpha = 0.01$.

Results: HAM muscle activity was significantly different in the three conditions (BEAS, BECS, BEKS) (adjusted p-value [p_{adj}] < 0.01), and HAM muscle activity was significantly smaller during BEKS than during BEAS or BECS (p_{adj} < 0.01). Muscle activity ratio (GM/HAM) during BEKS was significantly greater than muscle activity ratios during BEAS or BECS (p_{adj} < 0.01).

Conclusion: BEKS is recommended to inhibit HAM muscle activity and improve the GM/HAM muscle activity ratio.

Keywords: Bridge exercise with sling, Gluteus maximus, Hamstring, Muscle activity

서론

볼기근육은 3가지로 큰볼기근, 중간볼기근, 작은볼기근으로 구성되며 큰볼기근은 넓은 사각형 형태를 가지고 있으며 비스듬하게 아래와 바깥의 근섬유 방향을 갖는다.¹ 큰볼기근은 꼬리뼈(Coccyx), 뒤엉덩뼈능선(Posterior iliac crest)과 엉치뼈 뒤가쪽(Posterolateral sacrum)에서 시작되어 엉덩정강근막띠(Iliotibial band)와 볼기근거친면(Gluteal tuberosity)까지 부착되며 엉덩관절 펴(Hip extension)이나 골반을 안정시키는 역할을 담당하는 근육이다.² 큰볼기근의 근섬유는 엉치뼈부터 넓다리뼈의 큰돌기(Femur greater trochanter)까지 아래와 바깥쪽으로 약 30°의 각을 형성한다.³ 큰볼기근은 엉치엉덩관절과 수직을 이루고 있고 체중 부하를 받을 때 엉치엉덩관절과 수직으로 압박하며 골반을 안정화시킨다.^{4,5} 이와 같은 보행이나 기능적 움직임 시 다리와 엉치엉덩관절에서 골반으로 힘을 전달하는 과정에 영향을 미치고, 골반 뒤기울임(Posterior tilt)과 엉덩관절의 가쪽돌림 움직임

을 가능하게 한다.⁶⁻⁸ 큰볼기근을 잘 사용하지 못하거나 약해질 경우 허리와 골반이 불안정해져 허리 통증이 발생한다는 연구결과도 있다.^{9,10} 이와 같은 통증이 발생하는 것은 큰볼기근이 적절하지 않게 수축하기 때문인데 허리통증이 있는 사람은 넓적다리뒤근의 근수축이 큰볼기근의 수축보다 빠르게 일어나고, 과도하게 활성화되는 원인이 된다.^{11,12} 또한 이러한 증상은 협응(Coordination)을 감소시켜, 기능 장애 같은 결과를 발생시킨다.¹³ 이러한 경우, 척추와 엉덩관절의 근력을 증가시켜 안정되어야 추후 기능적 장애를 예방하는 것에 도움이 된다고 나타났다.¹⁴ 달린-사슬 운동에서 관절에 압력을 주어 고유수용성 감각과 관절 안정성을 향상시켜 협응을 증가시킬 수 있다.¹⁵ 여러 선행 연구에서 큰볼기근의 불충분한 근활성도와 넓적다리뒤근의 우세화가 허리통증의 원인이 되고 기능장애를 야기시키기 때문에, 선택적 큰볼기근 활성화를 통해 큰볼기근과 넓적다리뒤근의 근활성도 비율을 개선시키기 위한 연구가 다양하게 수행되었다.^{16,17}

교각운동(Bridge exercise)은 매트에서 할 수 있는 운동 중 하나로

Received January 15, 2024 Revised February 8, 2024

Accepted February 27, 2024

Corresponding author In-Cheol Jeon

E-mail jeon6984@hoseo.edu

Copyright ©2024 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.

큰볼기근, 넓적다리뒤근 그리고 여러갈래근의 근활성도를 향상시킬 수 있는 효과적인 단련-사슬 운동이다.¹⁸ 교각운동은 골반 운동 능력을 향상시키고, 척추 주위 근육들의 상호작용을 원활하게 하여 척추에 가해지는 손상을 예방하는 연구결과가 있었다.¹⁹ 또한, 다리를 고정한 상태에서 운동을 수행해 관절의 안정성 발달 및 고유수용성 감각을 증가시키는 효과가 있다.¹⁵ 허리통증환자 30명을 대상으로 전통적 교각운동(Conventional bridge exercise), 슬링을 이용한 교각운동(Bridge exercise with sling), 공을 사용한 교각운동(Bridge exercise with ball)을 수행할 때 배속빗근, 배바깥빗근, 배곧은근, 척추세움근, 여러갈래근의 근활성도에 어떤 영향이 미치는지 실험한 결과, 슬링을 사용한 교각운동에서 위 근육들의 근활성도가 가장 증가되었다.²⁰ 교각운동에서 다른 슬링을 이용하여 밴드의 위치(무릎, 발목) 변화와 교각운동의 각도(15°, 30°, 45°)의 변화가 코어근육에 미치는 영향에 대해 연구한 결과 15°에서 무릎 발목에 슬링을 적용 시 넓적다리곧은근의 근활성도가 가장 높았고, 30°에서 무릎, 발목에 적용 시 넓적다리곧은근과 척추세움근, 그리고 허리부분에서 가장 활성도가 높았으며, 45°에서 무릎, 발목에 적용 시 넓적다리곧은근과 척추세움근 등부분에서 활성도가 가장 높았다.²¹

이전 선행연구에서 90°의 무릎굽힘 자세로 테이블에 기대어 수행한 PTHE (Prone table hip extension)운동은 무릎관절을 펴한 상태에서 시행한 PTHE운동보다 큰볼기근의 활성도가 증가하였고, 척추세움근, 넓적다리뒤근, 반힘줄근의 근활성도가 감소되었다.²² PHE (Prone hip extension) 운동을 할 때 무릎굽힘 90° 자세로 수행하면 넓적다리뒤근의 능동적 불충분으로 인해 큰볼기근의 선택적인 강화 운동이 가능했다.⁶⁷ 이외에도 테이블에 기대어 무릎관절을 0° 자세에서 수행한 PTHE (Prone table hip extension)와 테이블에 기대어 수행한 PHEKF (Prone hip extension with knee flexion)가 엉덩관절 벌림 각도에 따라 큰볼기근, 넓적다리뒤근의 근활성도와 근육 개시 시 시간에 미치는 영향을 비교했는데, 30°를 벌린 상태에서 PHEKF를 할 때 큰볼기근의 근활성도가 가장 높았다. 즉 큰볼기근의 근활성도는 큰볼기근이 향하는 근섬유의 방향과 동일하게 다리의 벌림 각도를 일치시켰을 때 근활성도 향상에 기여하는 것을 확인하였다.¹⁷

선행연구를 통해 슬링을 이용한 교각운동 시 슬링의 높이 변화에 따라 큰볼기근과 여러갈래근의 근활성도가 10°, 20°, 30° 중 30°에서 가장 증가됨을 확인할 수 있었다. 바로 누운 자세에서 슬링을 무릎에 위치하고 10°, 20°, 30°의 세 가지 높이 변화를 주었을 때 30°에서 큰볼기근의 근활성도뿐 아니라 큰볼기근/넓적다리뒤근의 비율도 증가했음을 확인했다.²³ 슬링을 이용한 교각운동 시 30°의 슬링 높이가 선택적인 근육의 동원과 안정적인 자세가 될 수 있다.²³

하지만 지금까지 연구 동향을 보면 슬링을 이용한 교각 운동을 수행하면서 슬링의 적용 위치가다리의 발목 관절, 장딴지 그리고 무릎

관절에 따라 큰볼기근과 넓적다리뒤근의 근활성도와 근활성도 비율을 비교한 연구가 없었다. 따라서 본 연구에서는 바로 누워 슬링을 이용한 교각 운동을 수행하면서 세 가지 다른 슬링 적용 위치(무릎관절, 장딴지, 발목관절)를 독립변수로 설정하고 연구를 진행하였음에 의의가 있다. 본 연구의 목적은 바로 누워 슬링 교각 운동을 수행할 때 슬링의 어떤 위치가 선택적인 큰볼기근 활성화와 넓적다리뒤근 억제에 가장 효과적인지 알아보는 것이다. 본 연구는 바로 누운 자세에서 슬링이 발꿈치뼈에 위치하고 교각 운동을 수행하는 자세(Bridge Exercise with Ankle Sling, BEAS), 슬링이 장딴지에 위치하고 교각 운동을 수행하는 자세(Bridge Exercise with Calf Sling, BECS) 그리고 슬링이 무릎 관절에 위치하고 교각 운동을 수행하는 자세(Bridge Exercise with Knee Sling, BEKS) 중에서 큰볼기근 근활성도가 가장 높고 넓적다리뒤근의 근활성도가 가장 낮은 운동 방법을 찾고자 한다. 또한 세 가지 다른 위치의 슬링을 이용한 교각 운동 자세에서 큰볼기근과 넓적다리뒤근의 근활성도 비율이 가장 효과적인 운동을 찾고자 한다.

이 연구의 가설은 BEKS운동이 BEAS운동과 BECS운동보다 큰볼기근의 근활성도 비율이 가장 높고, 넓적다리뒤근의 근활성도의 비율이 가장 낮을 뿐만 아니라 큰볼기근/넓적다리뒤근의 근활성도 비율이 가장 높을 것으로 설정하였다.

연구 방법

1. 연구대상

건강한 20명의 남성이 연구를 위해 자발적으로 참여하였다. 실험대상자의 특성은 다음과 같다. 1) 평균나이 22±1.2세, 2) 평균체중 74.7±6.8kg, 3) 평균신장 173.6±12.6cm다.

참여 대상은 1) 무릎관절 및 엉덩관절에 특별한 질환이 없는 자, 2) 최근 12개월 이내에 질병이 없고 관절 통증이 없는 자를 대상으로 선정하였다. 연구대상자의 제외기준은 1) 6개월 이내에 허리, 골반, 다리 질환 경험이 있는 자, 2) 6개월 이내에 신경학적 질환이 있는 자, 3) 6개월 이내에 근골격계 질환이 있는 자, 4) 엉덩관절 앞쪽 미끄러짐 유형이 있는 자, 5) 다리를 움직일 때 엉덩관절에 통증이 발생하는 자, 6) 비정상적인 움직임 패턴(가쪽돌림, 안쪽돌림)이 있는 자, 7) 운동 시 통증이 있는 자로 설정하였다. 모든 실험 대상자는 연구 방법에 대하여 설명을 충분히 제공받았으며, 실험을 진행하기 전 자발적 참여 동의서에 서명하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구 및 방법

(1) 측정도구

EMG-feedback (TeleMyo 2,400T, Noraxon, USA)을 사용하여 60Hz 여

과필터, 20-450Hz 대역 통과 필터, 1,024Hz 표본추출률로 설정하였고, 근활성도는 root mean square로 처리했다. 표면 전극 부착 부위의 신호의 피부 저항 최소화를 위해 부착 전 배치 부위를 면도하였다. 그 후 알콜스왑을 사용하여 피부를 세척했다. 표면 전극의 방향은 근섬유 방향과 수평이 되도록 부착하였고, 전극 간 거리는 2cm로 하였다.

(2) 측정방법

전극 부착 부위는 Criswell의 가이드라인대로 부착하였다.²⁴ 큰볼기근은 엉치뼈 4, 5번과 큰돌기를 대각선으로 이은 선의 중심에 부착하였다. 넓적다리뒤근은 다리의 바깥면에서 2cm와 무릎 뒤쪽에서 큰돌기 사이의 3분의 2지점과 만나는 점에 부착하였다.²⁴ 수집된 근활성도도를 표준화하기 위해 최대 자발적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 측정하였다. 여러갈래근은 뒤위엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine)를 가로지르는 선상의 5번째 허리뼈 가시돌기에서 바깥으로 2cm 떨어진 지점 %MVIC는 큰볼기근, 넓적다리뒤근의 근수축을 표준화하기 위해 사용되었다. 큰볼기근, 넓

적다리뒤근 그리고 여러갈래근의 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)을 구하기 위한 실험의 절차는 다음과 같다. 큰볼기근의 %MVIC를 측정하기 위해 대상자는 높이 조절이 가능한 테이블에 엎드린 후 엉덩관절 벌림 30°와 무릎관절 굽힘 90°를 유지했다. 그 후 대상자는 우세 측 엉덩관절 펴름을 최대로 실시했다. 이때 실험자는 대상자의 뒤위 엉덩뼈가시를 고정하고 엉덩관절 굽힘 방향으로 무릎관절 뒷면에 최대의 저항을 줬다. 넓적다리뒤근의 %MVIC를 측정하기 위한 자세는 다음과 같다. 대상자는 높이 조절이 가능한 테이블에 엎드린 후, 무릎관절 굽힘 90°를 유지했다. 그 후 대상자는 우세 측 무릎관절 굽힘을 최대로 실시했다. 이때 실험자는 대상자의 뒤위엉덩뼈가시를 고정하고 무릎관절 펴름 방향으로 발목관절 뒷면에 최대의 저항을 줬다. 여러갈래근의 MVIC를 측정하기 위한 자세는 다음과 같다. 대상자는 높이 조절이 가능한 테이블에 엎드렸다. 그 후 대상자는 허리 펴름을 최대로 실시했다. 이때 실험자는 대상자의 뒤위엉덩뼈가시와 다리를 고정하고 어깨에 최대의 저항을 줬다.

모든 측정은 5초간 수행, 5초간 휴식하였으며 하나의 근육당 3회 반복측정 하였다. 측정의 처음과 마지막의 각각 1초를 제외하고, 2-4 초의 신호를 분석하였다.^{5,16} 근육 저항 방법은 Kendall의 가이드라인에 따라 측정하였다.³

2) 실험절차

측정자는 블라인드 상태에서 반복 측정 설계를 사용했다. 20명의 실험대상자는 Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, USA)을 사용하여 무작위 순서로 세 가지의 다른 위치에 있는 슬링을 이용한 교각 운동을 수행하였다. 실험대상자들은 슬링의 아래에 설치되어 있는 높이 조절이 가능한 테이블에 누워 다리에 슬링을 연결했다. 이때 슬링은 테이블에서 다리의 각도가 30°가 형성될 수 있도록 높이 조절용 테이블을 세팅하였다.²³ 그 후 대상자는 엉덩관절의 각도가 0°가 될 때까지 엉덩관절 펴름을 수행하였다. 엉덩관절 펴름 각도를 균일하게 하기 위



Figure 1. Bridge exercise with ankle sling



Figure 2. Bridge exercise with calf sling



Figure 3. Bridge exercise with knee sling

해서 고니오미터를 사용하였다. 세 가지의 슬링 교각 운동은 다음과 같다.

(1) Bridge Exercise with Ankle Sling (BEAS)

실험대상자들은 슬링의 아래에 설치되어 있는 높이 조절이 가능한 테이블에 Supine position으로 누웠다. 무릎을 편 후 발꿈치뼈(calcaneus)에 슬링을 연결했다. 그 후 대상자는 엉덩관절의 각도가 0°가 될 때까지 엉덩관절 펴기를 수행했다. 엉덩관절 펴기 각도를 균일하게 하기 위해서 고니오미터를 사용하였다(Figure 1).

(2) Bridge Exercise with Calf Sling (BECS)

BEAS 운동과 동일하게 수행하면서 슬링을 장딴지(Calf)의 중앙에 적용하였다(Figure 2).

(3) Bridge Exercise with Knee Sling (BEKS)

BEAS 운동과 동일하게 수행하면서 슬링을 다리 오금(Popliteal fossa)에 적용하였다(Figure 3). 추가적으로 교각운동 자세에서 엉덩관절 펴기를 수행하면서 중력방향으로 자연스럽게 경미한 무릎굽힘이 발생하는 것은 제한하지 않았다.

3) 자료분석

본 연구의 데이터는 모두 IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석되었다. 모든 변수가 정규 분포되었는지 확인하기 위하여 샤피로윌크 검정법이 사용되었다. BEAS, BECS, BEKS 세 가지 다른 위치의 슬링을 이용한 교각 운동을 수행할 때 큰

볼기근, 넓적다리뒤근, 그리고 여러갈래근의 근활성도를 비교하기 위하여 일원배치 반복측정 분산분석이 사용되었다. 유의수준을 0.01로 설정하였고, 본페로니 수정법을 사용하였다.

결 과

1. 근활성도

넓적다리뒤근의 근활성도에서 BEKS와 BEAS, BECS 간에 통계학적으로 유의한 차이가 확인되었다($p_{adj} < 0.01$)(Table 1). 세 가지 다른 위치의 슬링을 이용한 교각 운동에서 BEKS 상태에서 넓적다리뒤근의 근활성도는 BEAS 그리고 BECS에 비해서 가장 낮았다. 그러나, 큰볼기근의 근활성도에서 BEKS와 BEAS, BECS 간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p_{adj} > 0.01$)(Table 1).

2. 근활성도 비율

세 개의 서로 다른 위치의 슬링 교각 운동에서 큰볼기근과 넓적다리뒤근의 근활성도 비율을 비교하였을 때 세 개의 슬링 위치 간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p_{adj} < 0.01$)(Table 2). 큰볼기근/넓적다리뒤근의 근활성도 비율은 BEKS 상태에서 운동이 BEAS, BECS 상태에서 운동보다 통계학적으로 유의한 증가를 확인할 수 있었다($p_{adj} < 0.01$)(Table 2).

고 찰

본 연구에서는 BEAS, BECS, BEKS의 세 가지 다른 위치의 슬링 교각

Table 1. Changes in muscle activities during bridge exercises according to three different sling locations

Muscles	Mean ± SD (% MVIC)			F-value	p-value
	BEAS	BECS	BEKS		
Rt. HAM	42.85 ± 16.41	37.60 ± 7.52	19.91 ± 8.70**	20.996	0.001*
Rt. GM	23.39 ± 16.53	22.11 ± 7.30	21.00 ± 6.16	0.450	0.644
Rt. MF	59.32 ± 24.31	54.54 ± 20.56	42.90 ± 16.70**	28.281	0.001*
Lt. MF	61.81 ± 31.80	56.02 ± 26.47	44.73 ± 18.69**	8.60	0.002*

Values are presented as mean ± standard deviation. Statistical significance was set at $\alpha = 0.01$. MF: multifidus, GM: gluteus maximus, HAM: hamstring, SD: standard deviation. BEAS: Bridge Exercise with Ankle Sling, BECS: Bridge Exercise with Calf Sling, BEKS: Bridge Exercise with Knee Sling. *Significant difference among three different sling locations, **Significant difference between BEAS and BEKS, *Significant difference between BECS and BEKS.

Table 2. Changes of GM/BF electromyography amplitude ratio during bridge exercises according to three different sling locations

Muscles	Mean ± SD (% MVIC)			F-value	p-value
	BEAS	BECS	BEKS		
GM/HAM	0.66 ± 0.53	0.61 ± 0.20	1.27 ± 0.71**	13.82	0.001*
GM/MF	0.41 ± 0.27	0.46 ± 0.23	0.56 ± 0.25	2.57	0.102

Values are presented as mean ± standard deviation. Statistical significance was set at $\alpha = 0.01$. MF: multifidus, GM: gluteus maximus, HAM: hamstring, SD: standard deviation. BEAS: Bridge Exercise with Ankle Sling, BECS: Bridge Exercise with Calf Sling, BEKS: Bridge Exercise with Knee Sling. *Significant difference among three different sling locations, **Significant difference between BEAS and BEKS, *Significant difference between BECS and BEKS.

운동에서 큰볼기근, 넓적다리뒤근 그리고 여러갈래근의 근활성도 변화와 넓적다리뒤근과 여러갈래근에 대한 큰볼기근의 근활성도 비율의 변화를 알아보려고 하였다.

BEKS운동이 BEAS, BECS 운동보다 넓적다리뒤근의 통계학적으로 유의한 근활성도 감소를 확인하였다(BEAS운동보다 53.54% 감소, BECS운동보다 47.05% 감소). 또한, 넓적다리뒤근에 대한 큰볼기근의 근활성도 비율은 BEKS운동이 BEAS, BECS 운동보다 통계학적으로 유의한 증가를 확인하였다(BEAS운동보다 92.42% 증가, BECS운동보다 108.1% 증가). 본 연구에서 BEAS, BECS, BEKS의 세 가지 다른 위치의 운동을 수행하는 동안 이러한 연구 결과가 나온 이유는 다음과 같다.

첫 번째로, 슬링 교각 운동을 수행하는 중에 발생하는 생체역학적으로 설명될 수 있다. 슬링을 발목에 걸었을 때 BEAS 운동에서 BEKS 운동에 비하여 넓적다리뒤근의 통계학적으로 유의한 증가를 확인할 수 있었다. 그 이유는 BEAS 운동의 경우 발목관절에 슬링이 부하로 적용되어, 무릎을 편 채 엉덩관절 펌을 수행해야 되기 때문에 큰볼기근뿐만 아니라 넓적다리뒤근의 협력 작용(Synergistic effect)이 증가된다. 또한, 발목관절에 슬링을 걸었기 때문에 넓적다리뒤근의 보상작용으로써 근육의 우세화(Muscle dominance)를 야기시킬 수 있는 자세라고 볼 수 있다. 따라서 무릎을 편 채로 슬링에서 엉덩관절 펌을 유지해야 되기 때문에 넓적다리뒤근의 과활성화(Over activity)가 발생한 것으로 사료된다.¹⁷ 엉덩관절 펌을 수행하면서 무릎을 편 채로 적용되는 부하가 슬링을 통해서 발목관절에 제공되는 경우, 과도한 운동 부하를 수행하기 위해 넓적다리뒤근의 과활성화 발생은 근육 간 불균형(Muscle imbalance)으로 인해서 큰볼기근/넓적다리뒤근의 비율도 감소된 것으로 확인할 수 있었다.

두 번째로 슬링을 이용한 교각 운동 수행 중 BEAS 위치에서 넓적다리뒤근의 근활성도 비율이 높았던 이유는 다음과 같다. 슬링이 발목 부분에 제공되었을 때는 엉덩관절을 기준으로 해서 레버암이 긴 만큼 먼 쪽에 부하가 형성된 것이기 때문에 과도한 엉덩관절 펌 근육들의 활성도가 동반되게 된다. 또한, 무릎관절 역시 편 채로 엉덩관절 펌을 수행하기 때문에 넓적다리뒤근의 활성도 역시 가장 높게 야기되었다. 넓적다리뒤근의 근활성화 억제가 동반되어 큰볼기근/넓적다리뒤근의 근활성도 비율이 증가되는 것이 선택적인 큰볼기근 활성화를 위해서 필수적이다. 비록 교각 운동 수행 중 BEAS 위치에서 큰볼기근의 활성도가 증가되었기 때문에 큰볼기근의 강화목적으로만 본다면 효과적일지 모르나, 넓적다리뒤근의 동반 수축이 발생되기 때문에, 큰볼기근을 선택적으로 활성화시키기 위해서는 BEAS는 적절하지 않은 것으로 사료된다. 따라서 초기 재활을 위한 큰볼기근 재활 운동 단계에서는 BEKS 운동에서 선택적으로 큰볼기근의 활성화를 일으킬 수 있는 것이 효율적일 수 있다. 큰볼기근의 선택적인 활성화를 통해서 충분한 근력 강화가 일어난 이후, 후기 재활을 위한 다리의

기능적 재활운동단계에서 장딴지 슬링, 발목 슬링을 제공하여 큰볼기근뿐만 아니라 넓적다리뒤근의 전체적인 근력강화 훈련이 이어져야 할 것이다.

세 번째로, BEKS운동이 BECS, BEAS 운동보다 큰볼기근/넓적다리뒤근의 비율이 높은 이유는 다음과 같다. 슬링의 적용부위가 몸의 근위부에 위치할수록 엉덩관절 펌을 수행하기 위해서 주동근인 큰볼기근의 기여가 가장 중요하다.¹⁶ 엉덩관절에서 펌 각도를 수행하기 위해 주동근인 큰볼기근의 기여가 가장 커질수록 넓적다리뒤근은 협력근으로써 역할을 수행하게 된다. 또는 넓적다리뒤근의 우세화를 감소시켜야 큰볼기근의 선택적인 활성화가 가능하게 되고, 이것이 큰볼기근/넓적다리뒤근의 비율의 증가로 기여할 수 있게 된다. 선행 연구에 따르면, 건강한 대상자에게 엉덩관절 펌 운동을 수행했을 때 큰볼기근이 넓적다리뒤근보다 근활성도 비율이 더 높았을 뿐만 아니라 근육 수축 개시시간(Muscle onset time)이 빠르다는 것을 확인할 수 있었다.²⁵ 반대로 비특이성 허리통증 환자나 엉덩관절 움직임에 손상이 있는 대상자의 경우 엉덩관절 펌 운동을 수행했을 때 큰볼기근보다 넓적다리뒤근의 근활성도가 우세하였으며 근수축 개시 시간에서도 넓적다리뒤근이 빨랐다. 따라서 슬링을 이용한 엉덩관절 펌 운동을 수행할 때 재활초기 단계에서는 슬링의 위치가 몸의 중심부에 가까워질수록 적절한 운동부하가 제공된 것으로 추천될 수 있다. 본 연구에서는 슬링을 이용한 교각 운동 수행 중 슬링의 위치에 변화를 적용하였을 때 큰볼기근과 넓적다리뒤근의 근활성도 비율을 비교 분석하여 BEKS운동에서 BEAS, BECS 운동보다 통계학적으로 넓적다리뒤근의 유의한 감소뿐만 아니라 큰볼기근/넓적다리뒤근의 비율에서도 유의한 증가를 확인하였다. 따라서 큰볼기근을 선택적으로 활성화시키기 위해 재활초기 단계에서는 슬링을 무릎에 위치한 상태에서 BEKS운동에서 수행하는 것이 큰볼기근/넓적다리뒤근의 선택적인 운동으로 제안될 수 있다. 임상적으로 재활초기 단계에서는 BEKS운동을 통해 선택적인 큰볼기근의 근활성도와 큰볼기근과 넓적다리뒤근의 근활성도 비율을 향상시키는 것이 필요할 것이다. 재활후기 단계에서는 BEAS운동을 통해 큰볼기근, 넓적다리뒤근, 그리고 여러갈래근의 근활성도가 동시 수축하여 기능적 근력 강화를 시키는 것이 임상적으로 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 결과는 모든 실험대상자가 건강한 젊은 남성이었기 때문에 노인과 여성에게 일반화될 수 없다. 따라서 추후 연구에서는 다양한 성별과 연령 및 통환자를 대상으로 조사할 필요가 있다. 둘째, 세 가지 다른 위치의 슬링을 이용한 교각 운동을 수행하면서 큰볼기근, 넓적다리뒤근 그리고 여러갈래근을 제외한 엉덩관절 주위 근육의 근활성도를 측정하지 않았다. 따라서 추후 연구에서는 측정하지 않은 엉덩관절 주위 근육의 근활성도를 측정할 필요가 있다. 셋째, 근활성도를 확인하기 위해

표면 근전도를 이용하였지만 주변 근육에서의 Cross-talk이 발생하였을 가능성이 있다.

REFERENCES

1. Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundation for rehabilitation. 3rd ed. Missouri, Mosby, 2017:488-509.
2. 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.
3. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Muscles testing and function. 5th ed. Baltimore, Wilkins, 2005:433-46.
4. Gottschalk F, Kourosh S, Leveau B. The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *J Anat.* 1989;166:179.
5. Jung DY. Effect of hamstring stretching on pelvic angle and biofeedback pressure during passive straight leg raising. *J Musculoskelet Sci Technol.* 2021;5(2):47-53.
6. Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: foundations and techniques. Philadelphia, FA Davis Company, 2012:764-6.
7. Sahrmann SA. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. 1st ed. Missouri, Mosby, 2002:220-49.
8. Lieberman DE, Raichlen DA, Pontzer H et al. The human gluteus maximus and its role in running. *J Exp Biol.* 2006;209(11):2143-55.
9. O'Sullivan PB, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain. radiologic diagnosis of spondylosis or spondylolisthesis. *Spine.* 1997;22(24):2959-67.
10. Kachanathu SJ, Alenazi AM, Seif HE et al. Comparison between kinesio taping and a traditional physical therapy program in treatment of non-specific low back pain. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(8):1185-8.
11. Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine.* 2003; 28(14):1593-600.
12. Hossain M, Nokes LDM. A model of dynamic sacro-iliac joint instability from malrecruitment of gluteus maximus and biceps femoris muscles resulting in low back pain. *Med Hypotheses.* 2005;65(2):278-81.
13. Hasenbring MI, Hallner D, Rusu AC. Fear-avoidance- and endurance-related responses to pain: development and validation of the avoidance-endurance questionnaire (AEQ). *Eur J Pain* 2009;13(6):620-8.
14. Luoto S, Aalto H, Taimela S et al. One footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects: a controlled study with follow-up. *Spine.* 1989; 23(19):2081-9.
15. Bae J. The effect of bridging exercises featuring various knee-joint angles on balance and muscle activity. Cheonan, Nam-seoul University, Dissertation of Master's Degree. 2014.
16. 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. *Phys Ther Korea.* 2022;29(1):11-8.
17. 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.
18. Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise foundations and techniques. 4th ed. Philadelphia, PA, F.A. Davis, 2002:497-500, 657-9.
19. Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys ther.* 2007;37(12):754-62.
20. Kang H, Jung J, Yu J. Comparison of trunk muscle activity during bridging exercise using a sling in patients with low backpain. *J Sports Sci Med.* 2012;11:510-5.
21. Kim SB, Quetae Park. Effects of various bridge exercises using the sling on the core muscle activation. *Asian J Kinesiol.* 2016;18(4):63-9.
22. 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.
23. Kim KS, Shin HK. The effect of the sling strap height on trunk and hip muscle activation during the bridging exercise with sling. *J Kor Phys Ther.* 2016;28(1):59-63.
24. Criswell E. Cram's introduction to surface electromyography. 2nd ed. Sudbury (MA): Jones & Bartlett Publishers, 2010.
25. Jeon IC. Activation and onset time of the gluteus maximus muscle during three different prone table hip extension exercises. *J Kor Phys Ther.* 2020;32(5):295-301.