

엎드린 자세에서 엉덩관절 펴 운동 시 엉덩관절 벌림 각도에 따른 근활성도 비교

조윤호 · 이한숙^{1†} · 박선욱²

을지대학교 일반대학원, ¹을지대학교 물리치료학과, ²삼성의료원 물리치료실

Comparison of Muscle Activity According to Hip Abduction Angle during Hip Extension Exercise in Prone Position

Youn-Ho Cho, PT · Han-Suk Lee, PT, PhD^{1†} · Sun-Wook Park, PT, PhD²

Department of Physical Therapy, Graduate School of Eulji University

¹Department of Physical Therapy, Eulji University

²Department of Physical Therapy of Samsung Medical Center

Received: October 11, 2018 / Revised: October 11, 2018 / Accepted: October 27, 2018

© 2018 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study was conducted to investigate the influence of hip abduction angle on the muscle activity of the Gluteus Maximus (GM), Biceps Femoris (BF) and Tensor Fascia Lata (TFL) during Knee Flexed Prone Hip Extension exercise.

METHODS: The subjects of this study were 42 healthy individuals. All participant consented to participate in this study. Subjects performed exercise, using the Knee Flexed Prone Hip Extension exercise in three hip abduction position 0°, 15° and 30°. Subjects rested two minutes, between changing hip abduction position. Data were analyzed using a Noraxon MR-XP 1.08 Master Edition EMG to determine

average amplitude, for each angle and muscle. All data were processed by Multivariate analysis of variance (MANOVA). There were a total of three groups. the GM muscle, BF muscle, TFL muscle.

RESULTS: GM muscle activity was greatest in the 30° hip abduction position ($p < .05$), followed by 0°. Between 0° and 30° has significant difference in muscle activity. However, the BF and TFL amplitude were greatest at 0° hip abduction position followed by 30°. Moreover, the TFL differed significantly between 0° and 30°, but, BF did not ($p < .05$).

CONCLUSION: Hip abduction at 30° was found to be the most appropriate position for GM muscle activity.

Key Words: Electromyography, Hamstring muscles, Prone position

†Corresponding Author : Han-Suk Lee
leehansuk21@hanmail.net, <https://orcid.org/0000-0002-9336-0894>
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.

I. 서론

엉덩관절은 관절의 자유도가 높고 움직임의 범위가 넓어 다각도의 위험성이 존재하며, 엉덩관절 질환 발생

시 하지의 순환 문제, 가동범위의 제한, 통증의 발생 등 다양한 현상을 발생시킨다. 이와 같이 엉덩관절은 허리골반의 상호작용관계에 있어서 큰 영향을 미치며, 이러한 엉덩관절의 기능장애는 일반적으로 알려진 허리통증, 하지의 저림 및 약화증상을 나타낸다. 현재 고령화가 진행됨에 따라 엉덩관절의 퇴행성 질환 사례가 증가하고 있으며, 수술시행 또한 많아지고 있다 (Holzwarth and Cotogno, 2012).

엉덩관절 질환을 지닌 환자는 정상적인 사람에 비해 보행 시 50%에서 70% 가까이 더 에너지가 소모되고, 엉덩관절의 충돌 증후가 나타날 경우, 엉덩관절 굽힘근의 근력이 약화되기도 하며 (Malloy et al., 2017), 스쿼트(Squat), 한 발 스쿼트(Single Leg Squat) 등의 과제를 수행 시에도 기능이 감소한다 (Maristella et al., 1990).

엉덩관절의 가동성은 운동활동과 일상생활에서 매우 중요한 요소로써 작용한다 (Jang and Kim, 2018). 엉덩관절의 가동성이 떨어지면 하지의 불안정성으로 이어지고, 그에 따라 발목, 무릎 에서의 움직임의 균형이 무너지며, 균형유지와 보행에 부정적인 결과를 나타낸다 (Lee et al., 2012). 배 근육과 큰 볼기근의 약화로 인해 골반이 앞으로 기울어지면, 하부 교차 증후군이 발생하게 된다. 큰 볼기근의 약화로 인하여 넙다리 두갈래근의 과도한 활성화는 정상적인 근 수축을 방해하고, 허리 및 다리의 통증을 유발한다고 하였다 (Janda, 1996). 이와 같은 증상을 개선하기 위해서는 하부 교차 증후군의 원인이 되는 약화된 큰 볼기근의 강화에 초점을 맞춰야 한다. 큰 볼기근은 엉덩뼈의 볼기면과 허리 근막, 엉치뼈, 엉치 결절인대를 이는 곳으로 두고, 넙다리뼈의 볼기근 거친면과 엉덩 정장 근막피에 정지하여 골반 움직임과 안정성에 관여한다 (Barker et al., 2014). Seo (2017)의 연구에서는 골반의 움직임을 기반으로 한 운동이 몸통의 안정성과 조절능력에 도움이 된다고 하였는데, 큰 볼기근은 골반 움직임에 관여하는 근육으로써 몸통의 안정성과 조절 능력을 높이기 위해 큰 볼기근의 훈련의 중요성이 부각되고 있다.

엉덩관절 펌 운동은 큰 볼기근 강화운동의 대표적인 운동이다. 엎드린 자세에서 무릎을 굽힌 상태로 엉덩관절 펌 운동을 실시하는 것은 엉덩관절 펌의 협력근인

넙다리 두갈래근의 활성을 낮추며 주동근인 큰 볼기근의 활성을 최대로 나타내는데 좋은 운동이다 (Sakamoto et al., 2009). Kang 등(2013)은 엎드린 자세에서 무릎을 굽힌 상태로 엉덩관절 펌 운동을 실시하여 엉덩관절 벌림 각도에 따라 큰 볼기근의 활성화도와 넙다리 두갈래근의 활성도를 측정하였는데, 엉덩관절을 30도 벌리고 엉덩관절 펌 운동을 실시하였을 때 큰 볼기근의 활성화도가 가장 높았다고 하였다.

엉덩관절에 질환이 있는 사람의 경우 정상인보다 넙다리 근막 긴장근의 근활성도가 크게 나타나기 때문에 (Grimaldi et al., 2009), 엉덩관절 질환의 지표로써 넙다리 근막 긴장근의 근활성도의 정도를 확인하는 것은 매우 중요하다. 넙다리 근막 긴장근(Tensor Fascia Lata, TFL)의 과 활성화는 큰 볼기근 강화 운동의 적용 시 부정적인 요인으로써 작용한다. Selkowitz 등(2013)은 11가지의 다양한 운동을 하는 동안 큰 볼기근과 중간 볼기근의 근 활성도를 측정하여 운동 방법에 따른 넙다리 근막 긴장근의 근 활성도의 감소를 비교하였는데, 11가지의 운동 중 큰 볼기근 근활성도 대비 넙다리 근막 긴장근의 근 활성도가 클램(Clam), 교각자세(Bridge), 네발기기자세(Quadruped) 운동에서 통계적으로 유의하게 낮아지는 결과를 나타났다고 보고하였다.

기존의 연구에서는 엎드린 자세에서 엉덩관절 펌 운동을 시행하였을 때, 주동근인 큰 볼기근과 협력근인 넙다리 두갈래근의 근 활성을 엉덩관절 벌림 각도에 따라 비교하였으나 (Kang et al., 2013) 큰 볼기근과 넙다리 근막 긴장근의 근 활성 연구는 진행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 엉덩관절 펌 운동을 실시하는 동안 엉덩관절 벌림 각도를 설정하여 큰 볼기근의 활성을 높게 유도하고, 넙다리 근막 긴장근과 넙다리 두갈래근의 활성을 낮춤으로써 허리통증 및 부상발생을 예방하는 효율적인 엉덩관절 펌 운동을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 경기도 성남시의 E대학에 재학하는 학생으로, 엉덩관절 펌 도수 근력 평가에서 4등급

(Good) 이상이며, 엉덩관절에 질환이 없으며, 엉덩관절 펌 동작 시에 통증이나 가동성 제한이 없는 20대 남성 42명을 대상으로 진행하였다. 본 연구의 표본 크기는 Kang 등(2013)의 연구를 근거로 연구에 필요한 표본을 산출하였다. G*power 3.1 (α -error: .05, power: .80)을 사용하여 대상자 수를 산출한 결과 효과크기(effect size) .5, 실제파워(actual power) .95, 필요한 대상자 수는 39명으로 나왔다. 탈락율을 20%로 감안하여 필요한 대상자 수를 42명으로 정하였다(Faul et al., 2007, 2009).

연구 대상자들에게 연구 목적과 연구 방법에 대한 설명을 충분히 하고, 자발적인 참여를 희망하는 사람들을 연구 대상으로 선별하였다. 제외 기준은 다음과 같았다. 허리, 천장관절이나 하지에 과거력이 있는 경우, 과거나 현재에 신경학적, 근골격계와 심혈관계에 이상이 있는 경우, 엉덩관절 굽힘 근의 단축이 있는 경우, 오버 테스트(Ober's test) 후 넙다리 근막 긴장근의 단축이 있는 경우(Magee, 2013), 모음근 수축 검사결과 단축이 있는 경우, 하지 직 거상 검사 및 수동 엉덩관절 굽힘과 모음 및 안쪽 돌림시 통증 발현되는 경우(Lewis and Sahrman, 2009), 엉덩관절 펌운동시 통증이 있는 경우는 모두 제외하였다(Kang et al., 2013).

2. 측정도구

대상자의 엉덩관절 펌 운동의 각도를 일정하게 통제하기 위하여, 특수 제작된 엉덩관절 벌림각도 고정도구(Abduction angle fixing tool, Wooridongnae, Korea)를 제작하였다. 50 cm × 50 cm의 발판 위에 두 개의 지지대를 설치하고, 뒤편으로 무릎의 펌을 방지해 줄 벽을 설치하였다. 거리조절과 두 지지대의 배치를 통해 각도고정이 가능하게 하였으며, 각도가 기입된 보드판을 배치하여 대상자의 엉덩관절 펌 운동을 객관화 하였다(Fig. 1).

3. 측정방법

본 연구는 20대 정상 성인 대상자(n=42)에게 엉덩관절 벌림 각도 각각 0도, 15도, 30도에 따른 엉덩관절 펌 운동자세에서의 펌 운동시 큰 볼기근, 넙다리 두갈래근, 넙다리 근막 긴장근의 근활성도를 반복 측정 설계(Repeated-measure design)방법으로 측정을 실시하였



Fig. 1. Abduction angle fixing tool

다. 근전도 측정 관찰 항목은 표면 근전도 장비(TeleMyo DTS, telemetry system, Noraxon, USA)를 이용하여 큰 볼기근, 넙다리 두갈래근, 넙다리 근막 긴장근 총 3개의 근육에 대한 근활성도를 측정하였다.

근전도(Electromyogram, EMG) 검사를 시행 시, 피부에 근전도 검사패드를 부착하기에 앞서 피부저항을 최소화 하기 위하여 면도를 실시하고 알코올 솜으로 소독을 실시하였다. 근전도 활성전극의 경우 Ag/AgCl (Noraxon, USA Inc) 재질의 일회용 접착식 전극을 사용하였으며, 전극 면적 4 cm × 2.2 cm, 전도면 직경 1 cm, 전극간 거리는 2 cm로 근섬유에 평행하게 표면에 부착했다(Hermens et al., 2000). 큰 볼기근의 표면전극은 넙다리뼈의 큰 돌기와 엉치뼈의 두 번째 척추뼈 사이의 중립지점에 부착하였다. 넙다리 두갈래근의 표면전극은 뒤 넙다리 영역의 수축방향과 평행한 가쪽으로 배치하며, 엉덩이 접합부와 무릎 뒤부위의 중간지점으로 부착하였다(Cram, 1998). 넙다리 근막 긴장근의 표면전극은 근육의 무릎 가까운 부분에서 앞위엉덩뼈가시(Anterior Superior Iliac Spine, ASIS)방향으로 가볍게 올려 부착하였다. 넙다리 근막 긴장근은 동작의 반복 및 수신기의 원활한 근활성을 위하여 Cram이 아닌 Selkowitz 등(2013)의 연구와 같은 부착부위를 적용하였다(Fig. 2). 근전도 데이터 검사 시 대상자는 5초간 운동동작을 수행하였고, 중간 3초가량 측정하여 평균값을 데이터로 분석하였다.

근전도 효과 평가 기준 및 데이터 처리 방법은 근전도 신호 추출 시 MR-XP 1.08 Master Edition (Noraxon,

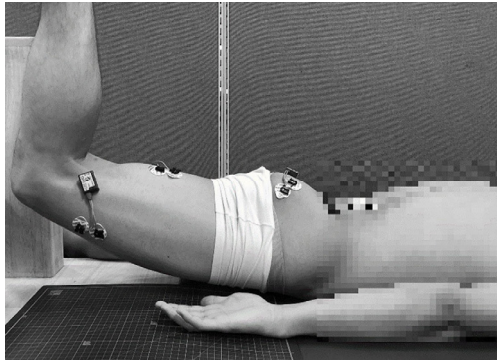


Fig. 2. Location of electromyogram (EMG) sensors

USA) 소프트웨어를 사용하였다. 추출된 데이터의 신호 획득률(sampling rate)은 1000Hz로 수집하였으며, 수집된 데이터의 잡음 제거를 위하여 20-250 Hz의 대역통과 필터(band pass filter)와 60 Hz의 켄기필터(reject filtering)를 사용하였다. 수집된 근전도 신호의 데이터는 평균 제곱근(Root Mean Square) 방법을 이용하여 200 ms로 처리하였다.

각 각도별 근 활성화도 비교를 위한 정규화는, 근전도 신호의 면적을 시간으로 나눈 값(EMG data=Muscle activity area of all periods/All Periods)으로 하였다 (Schmitz et al., 2009).

실험 측정 시 자세는 엎드려 누운 자세로서, 측정하려는 엉덩관절 펌 운동 시 무릎관절은 90° 굽힘 상태를 유지하도록 지도하였으며, 엉덩관절 최대 펌의 위치까지 수축하여 운동하도록 관찰하였다. 엉덩관절 벌림 각도가 각각 0°, 15°, 30°로 변할 때마다 휴식 간격은 2분으로 하였다. 운동동작의 표준화를 위해 양팔은 30 cm간격으로 전방 지지하며, 보드판과 지지대를 이용하여 0°, 15°, 30°를 설정하고, 지지대를 설치하여, 각도를 유지하며 엉덩관절 펌이 가능하도록 유도하였다.

4. 자료측정 및 분석

본 연구의 정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정을 실시하였다. 엉덩관절 벌림 각도에 따라 엉덩관절 펌 운동 시 큰 볼기근, 넙다리 두갈래근 및 넙다리 근막 긴장근의 근 활성화도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 먼저 근육 별 각도에 따른 상관분석을 실시하였다. 그 결과

근육간 근활성도에서는 서로 양의 상관이 있음을 확인하여, 다변량분산분석(MANOVA)을 실시하였다. 또한, 각 근육 별 벌림 각도에 따른 근활성도의 차이를 살펴보기 위해 사후검정은 Scheffe 방법을 실시하였다. 수집된 데이터와 자료는 SPSS 21.0을 이용하여 통계 분석 처리하였으며, 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 일반적 특성

본 연구는 남학생 42명이 참여하였고, 대상자의 평균 나이는 24.43±1.02세, 평균 신장은 174.88±3.31 cm, 평균 체중은 70.17±5.85 kg이었다.

2. 각도에 따른 근육 별 근활성도 분석

공분산 행렬에 대한 Box의 동일성 검정에서 공분산 행렬의 동일성 가정에 문제가 없음을 확인하였다 ($p=.865$). 다변량 검증에서 Wilks의 랏다, Pillai의 트레이스, Hotelling의 트레이스, Roy의 최대근을 포함한 모든 검증법에서 각도에 따라 근육별 근활성도는 모두 유의한 차이가 있었다($p<.05$). Levene의 검정표에서는 근육별 근활성도의 분산의 동질성에 대한 검증을 실시한 결과 세근육 모두 유의확률이 .05이상으로 등분산 가정에는 문제가 없었다($p<.05$).

개체-내 효과검증에서 각도에 따른 근육 별 근활성도를 비교한 결과 큰 볼기근과 넙다리 근막 긴장근은 엉덩관절의 벌림 각도에 따라 근활성도에 유의한 차이가 있었지만($p<.05$), 넙다리 두갈래근은 엉덩관절 벌림 각도에 따라 근활성도에 유의한 차이가 없었다($p<.05$)(Table 1). 각각의 구체적인 차이를 살펴보기 위한 사후 검증을 실시한 결과, 큰 볼기근에서는 0°와 15°, 15°와 30°에서는 유의한 차이가 없으나($p<.05$), 0°와 30°에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 넙다리 근막 긴장근에서는 0°와 15°, 15°와 30°에서는 유의한 차이가 없었으나($p<.05$), 0°와 30°에서는 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 넙다리 두갈래근에서는 엉덩관절 벌림 각도에 따른 유의한 차이는 없었다($p<.05$)(Table 2).

Table 1. Each muscles activation according to three hip abduction position

	0°	15°	30°	F	p
GM ^a	108.8444.23	122.1647.01	146.7553.52	6.63	.00*
BF ^b	37.8018.75	35.4221.20	33.9320.43	.40	.68
TFL ^c	15.186.45	13.576.09	10.966.62	4.66	.01*

*p<.05, MeanSD (Volume/sec)

^aGluteusMaximus, ^bBicepsFemoris, ^cTensorFasciaLata

Table 2. Scheffe post hoc test of each Muscles in three abduction position

Angle		GM ^a			TFL ^b		
α	β	MD	SE	p	MD	SE	p
0°	15°	-13.32	10.56	.45	1.61	1.39	.51
15°	30°	-24.59	10.56	.07	2.60	1.39	.18
30°	0°	37.91	10.56	.00*	-4.22	1.39	.01*

*MD=Mean Difference (α - β ; Volume/sec), SE=Standard Deviation Error (Volume/sec)

^aGluteusMaximus, ^bTensorFasciaLata

*p<.05

IV. 고찰

본 연구에서는 엉덩관절 폼 운동 시에 엉덩관절 벌림 각도 0°, 15°, 30°로 증가함에 따른 큰 볼기근, 넙다리 두갈래근, 넙다리 근막 긴장근의 근활성도를 비교함으로써, 큰 볼기근의 근활성도가 최대가 되고, 동시에 넙다리 두갈래근과 넙다리 근막 긴장근의 근활성도가 최소가 되는 각도를 알아보았다. 그 결과 큰 볼기근은 각도가 높아짐에 따라 근활성도 증가하여 엉덩관절 벌림각도 30°에서 가장 큰 근활성도를 나타냈고, 넙다리 두갈래근과 넙다리 근막 긴장근은 각도가 높아질수록 근활성도가 감소하고, 엉덩관절 벌림각도 30°에서 가장 낮은 근활성도를 나타냈다.

본 연구에서는 엉덩관절 벌림 30°에서 큰 볼기근의 활성도가 가장 높았다. 이러한 결과는 근육섬유의 해부학적 방향 때문일 것으로 여겨진다. Barker 등(2014)은 큰 볼기근의 근육 섬유를 피부 절개를 통해 직접 관찰한 결과, 중둔근, 엉덩뼈, 등허리근막, 엉치 엉덩관절인대, 엉치뼈, 엉치결절인대, 꼬리뼈로부터의 사선의 각도, 근육의 길이, 근육의 면적, 엉덩관절 폼의 힘 크기를 평가하였는데, 그 중 각도는 꼬리뼈의 사선각도(45°)를 제외하

고 모두 30°로 측정되었다. 따라서, 표면 근 중 가장 큰 영역을 차지하는 큰 볼기근은 근 섬유 방향과 비슷한 30도 벌림 각도에서 가장 크게 활동을 한다고 할 수 있다.

큰 볼기근의 대표적인 움직임은 엉덩관절 폼과 엉덩관절 바깥 돌림이며, 이에 대한 길항작용인 엉덩관절 안쪽 돌림과 엉덩관절 굽힘에 작용하는 근육으로써 넙다리 근막 긴장근이 대표적이다. Selkowitz 등(2009)은 큰 볼기근의 근활성도가 높아질수록 넙다리 근막 긴장근의 근활성도가 낮아진다고 하였다. 본 연구에서는 엉덩관절의 벌림 각도가 0°에서 30°로 증가할수록 큰 볼기근의 근활성도가 높아짐을 발견했는데, 넙다리 근막 긴장근의 근활성도 역시 엉덩관절 벌림각도가 0°에서 30°도로 증가할수록 근활성도가 낮아졌다. 결과적으로, Selkowitz 등(2009)의 연구와 같이 큰 볼기근의 근활성도가 높아질수록 넙다리 근막 긴장근의 근활성도가 낮아지는 결과이다.

Fujisawa 등(2014)은 넙다리 근막 긴장근의 근활성도를 엉덩관절 벌림이 아닌 엉덩관절 굽힘 각도에서 등척성 수축력을 이용하여 측정하였다. 엉덩관절 굽힘의 각도가 0°, 20°, 40°, 60°, 80°에서의 근활성도를 측정하였는데, 굽힘 각도가 증가할수록 넙다리 근막 긴장근의

근활성도가 떨어졌으며, 결과적으로 엉덩관절 펌자세에서의 운동이 넓다리 근막 긴장근의 높은 근활성에 효율적인 것으로 보고했다. 이와 같은 연구결과에 더해 본 연구결과를 결합한다면 엉덩관절 벌림각도를 조절함에 따라서, 넓다리 근막 긴장근을 선택적으로 강화할 수 있는 운동방법을 제시할 수 있다.

Kang 등(2013)의 연구에서 엉덩관절 벌림 각도가 증가함에 따라, 넓다리 두갈래근의 근활성도가 유의하게 감소하였다. 본 연구에서는 각도에 따른 근활성도의 변화는 감소하는 경향을 나타냈지만, 유의한 결과를 얻지는 못했다.

이러한 결과의 원인은 연구대상자의 성별 때문일 것으로 여겨진다. Blackburn 등(2009)의 연구에서는 남성의 넓다리 두갈래근의 경직이 여성 넓다리 두갈래근에 비하여 높다고 하였는데, 본 연구에서는 42명의 남학생을 대상으로 실험한 만큼 성별의 다양성을 포함시키지 못한 것이 이와 같은 결과에 대한 원인으로 생각한다.

큰 볼기근, 넓다리 두갈래근, 넓다리 근막 긴장근의 측정에 있어서 엉덩관절 펌 운동은, 일상적으로 수행되지 않는 동작이라는 어려운 분석이 있다. 각 대상자는 척추의 만곡, 체간 안정성, 근력차이, 하지의 길이 등의 환경적, 인원적 요인의 차이 또한 문제로 제기될 수 있다. 또한, 연구대상자가 남성이고, 대상자수가 적기 때문에 일반화의 어려움이 있다. 따라서, 추후에는 더 많고 다양한 대상자 연구가 필요할 것이며, 대상자의 환경적 요인을 고려하여 근활성도의 차이를 비교하는 연구를 실시하여야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 허리통증 및 부상을 예방하는 방법으로 큰 볼기근의 적절한 강화운동을 제시하고자 연구를 실시하였다. 엉덩관절 펌 운동을 엉덩관절 벌림각도 0°, 15°, 30°로 변화를 주어 측정한 결과, 큰 볼기근의 근활성도를 최대화하고 넓다리 두갈래근과 넓다리 근막 긴장근의 근활성도를 낮추기 위해서는, 엉덩관절 벌림각도를 30°로 유지하여 실시하는 것이 가장 좋은 자세인 것으로 나타났다. 이같은 결과는 임상의 치료사들이

엉덩관절 펌 운동을 적용함에 있어서, 대상의 범위를 넓혀 적용할 수 있을 것이다.

Reference

- 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):234-40.
- Blackburn JT, Bell DR, Norcross MF, et al. Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clin Biomech*. 2009;24(1):65-70.
- Cram JR. *Introduction to Surface Electromyography*. Aspen Publishers. 1998.
- Faul F, Erdfelder, E, Buchner A, et al. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41(4):1149-60.
- Faul F, Erdfelder, E, Lang AG, et al. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39(2):175-91.
- Fujisawa H, Suzuki H, Yamaguchi E, et al. Hip muscle activity during isometric contraction of hip abduction. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(2):187-90.
- Grimaldi A, Richardson C, Durbridge G, et al. The association between degenerative hip joint pathology and size of the gluteus maximus and tensor fascia lata muscles. *Manual Therapy*. 2009;14(6):611-7.
- Hermens HJB, Freriks C, Disselhorst-Klug G, et al. "Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10(5):361-74.
- Holzwarth U, Cotogno G. *Total hip arthroplasty*. Brussels: European Commission. 2012.
- Janda V, Frank C, Liebenson C. Evaluation of muscular imbalance. *Rehabilitation of the spine: a practitioner's manual*. 1996;6:97-112.
- Jang SH, Kim SY. Immediate Effect of Hip Joint Exercise

- Program on Low Back Pain and Performance Level in Amateur Golfers with Chronic Low Back Pain. *J Korean Soc Phys Med.* 2018;13(1):49-62.
- 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. *Manual therapy.* 2013;18(4):303-7.
- Lee SW, Lee JH, Lee YW. The Effect of Dual Motor Task Training while Sitting on Trunk Control Ability and Balance of Patients with Chronic Stroke. *J Spec Educ Rehabil Sci.* 2012;51(2):301-18.
- Lewis CL, Sahrman SA. Muscle activation and movement patterns during prone hip extension exercise in women. *J Athl Train.* 2009;44(3):238-48.
- Magee DJ. *Orthopedic Physical Assessment.* Elsevier Health Sciences. 2013.
- Malloy, P, Neumann, DA, Starsky A. Hip Joint Function in People with Femoroacetabular Impingement Syndrome. Doctor's Degree. Dept. of Clinical and Translational Rehabilitation Health Science. Marquette University. 2017.
- Maristella G, Vittoria M, Roberto V, et al. Energy Cost of Walking with Hip Joint Impairment. *Physical Therapy.* 1990;70(5):295-301.
- Sakamoto ACL, Teixeira-Salmela LF, Rodrigues P, et al. Gluteus maximus and semitendinosus activation during active prone hip extension exercises. *Rev Bras Fisioter.* 2009;13(4):335-42.
- Schmitz A, Silder A, Heiderscheid B, et al. Differences in lower-extremity muscular activation during walking between healthy older and young adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(6):1085-91.
- Selkowitz DM, Beneck GJ, Powers CM, et al. Which Exercises Target the Gluteal Muscles While Minimizing Activation of the Tensor Fascia Lata? Electromyographic Assessment Using Fine-Wire Electrodes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(2):54-64.
- Seo HJ. The Effects of Pelvic Movements-based Training on Trunk Stability and Balance during Sitting in Children with Spastic Cerebral Palsy. *J Korean Soc Phys Med.* 2017;12(2):103-11.