

Original Article

Open Access

엉덩관절 펴기 시 무릎 굴곡 각도에 따른 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근수축 개시시간 특성

김용욱 · 송제현 · 정연우 · 이경석 · 국가영 · 윤성준†

전주대학교 물리치료학과, ¹원주세브란스기독병원 물리치료실

Muscle Contraction Onset Time Characteristics of Gluteus Maximus and Hamstring According to Knee Flexion Angles During Prone Hip Extension

Yong-Wook Kim, P.T., Ph.D. · Je-Hyun Song, P.T., B.S. · Yeon-Woo Jeong, P.T., B.S. ·
Kyeoung-Seok Lee, P.T., B.S. Ga-Yeong Guk, P.T., B.S. · Sung-Joon Yun, P.T., Ph.D.†

Department of Physical Therapy, Jeonju University

¹Department of Physical Therapy, Wonju Severance Christian Hospital

Received: August 7, 2020 / Revised: September 2, 2020 / Accepted: September 3, 2020

© 2020 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 was to investigate the muscle contraction onset time characteristics of the gluteus maximus, semitendinosus, and biceps femoris muscles at different knee flexion angles in individuals with shortened or over-lengthened hamstrings performing prone hip extension.

Methods: Twenty-six participants were divided into a hamstring shortened group (n = 12) and hamstring lengthened group (n = 14). Wireless surface electromyography was used to verify the muscle onset time of the gluteus maximus, semitendinosus, and biceps femoris when performing prone hip extension at different knee flexion angles.

Results: There were significant differences in the muscle onset times of the semitendinosus and biceps femoris between the hamstring shortened group and hamstring lengthened group ($p < 0.05$). In addition, there was a significant difference in the muscle contraction onset times among of the gluteus maximus, semitendinosus, and biceps femoris muscles when performing prone hip extension at a knee flexion of 90° in the hamstring shortened group ($p < 0.05$) and a knee flexion angle of 0° in the hamstring lengthened group ($p < 0.05$).

Conclusion: In all groups, there was no effect on the onset time of the gluteus maximus muscle according based on the knee angle. In addition, the knee flexion angles affected the onset time of the muscle contraction of the gluteus maximus muscle in the hamstring shortened group and hamstring lengthened group with an abnormal length of the hamstring muscle.

Key Words: Hip extensor, Muscle length, Onset time

†Corresponding Author : Sung-Joon Yun (yunsj0919@yonsei.ac.kr)

I. 서론

엉덩관절의 펴(extension)를 일으키는 주요 근육으로 큰볼기근(*gluteus maximus*)과 뒤넙다리근(*hamstring*) 등이 있다(Schuermans et al., 2017). 이 중 엉덩관절 펴에 가장 크게 기여하는 주동근으로서 큰볼기근은 보행 및 선 자세 유지, 골반의 안정성에 매우 중요한 역할을 한다(Jeon et al., 2016; Lee & Oh, 2018). 무릎 굴곡(*flexion*)의 주동근인 뒤넙다리근은 큰볼기근을 도와 엉덩관절의 강한 펴 시 협력근으로 작용할 수 있으며 상호 짝힘(*force couple*)을 형성한다(Sharmann, 2002).

큰볼기근의 약화와 관련된 근육의 길이 변화는 엉덩관절 주변부 근육의 보상 작용을 일으킬 수 있으며, 특히 뒤넙다리근의 비정상적인 활동을 불러온다고 알려져 있다(Kang et al., 2013; Lee & Oh, 2018). 엉덩관절의 펴이 필요한 다양한 일상생활 동작에서 큰볼기근의 근활성 지연은 허리부위 기능부전(*lumbar dysfunction*)을 일으킨다(Hungerford et al., 2003; Vogt et al., 2003). 많은 요통환자에서 큰볼기근의 지연된 활성 보상이 뒤넙다리근의 빠른 근활성 개시(*contraction onset*)와 긴장을 일으킨다고 보고되었다(Hossain & Nokes, 2005; Hungerford et al., 2003).

엎드린 자세에서 다리를 편 상태의 엉덩관절 펴(*prone hip extension, PHE*)은 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근수축 활성화에 정상적이고 일관된 양상이 존재한다고 알려져 있다. 이러한 양상은 큰볼기근의 선행 수축 활성화 후 뒤넙다리근이 활성화되는 것이 이상적인 것으로 추천된다(Kim et al., 2014; Sahrmann, 2002). PHE 수행 시 정상적인 패턴에서 벗어난 뒤넙다리근의 조기 활성화 및 큰볼기근의 활성화 지연이 만성적으로 지속될 경우 근력 및 근육 길이 변화 등 근골격계통 변성의 원인이 될 수 있다(Cara & Sahrmann, 2009). 또한, 근육의 길이 변화는 수의적 수축에 필요한 운동단위의 동원력(*recruitment*)에 영향을 주어 근력 약화를 일으킨다(Nishimura et al., 2002). 기존에 큰볼기근의 근력과 뒤넙다리근의 길이 변화에 관한 많은 선행 연구가 보고되었다. 자세에 따른 큰볼기근과 뒤넙다리근

의 활성화를 보고한 연구(Lee & Oh, 2018), 허리뼈 과전만의 유무에 따른 PHE 운동 중 큰볼기근, 뒤넙다리근, 척추세움근의 근수축 개시시간에 미치는 영향을 비교한 선행연구(Kim et al., 2014) 등이 있었다. 그러나, 큰볼기근과 뒤넙다리근 사이의 근육 길이, 근력 및 근수축 개시시간의 상호 관계와 영향에 대한 기존 선행 연구는 근골격계의 변성이 없는 건강한 일반인을 대상으로 진행되어 실제 뒤넙다리근의 근육 길이 변성이 있는 대상자를 통한 근육 활성화 연구는 활발하지 못한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 뒤넙다리근의 단축과 과신장이 그룹에서 PHE 수행 시 근육의 길이 변성에 따른 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근수축 개시시간에 미치는 영향을 알아보고, 무릎의 굴곡 각도 조정을 통한 뒤넙다리근의 길이 변화를 주었을 때 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근수축 개시시간에 미치는 영향을 알아보는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 뒤넙다리근에 단축이 있는 14명과 과신장이 있는 12명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자의 선정조건은 비교적 건강상태가 양호한 성인으로 뒤넙다리근의 단축 대상자는 우세 측 다리의 수동적 다리 올림(*straight leg raise, SLR*) 검사에서 SLR 각도가 60°이하로 정의하였으며, 뒤넙다리근의 과신장 대상자는 SLR 각도가 100°이상일 때로 정하였다(Kendall et al., 2005). 연구대상자의 제외조건은 요통이나 하지 근골격계의 통증이 있는 자, 하지 근육의 길이 변화에 영향을 줄 수 있는 특정 자세에서 지속적 업무를 수행한 자, 최근 1년 이내 하지 및 골반부 근골격계 수술 경험자 및 엉덩관절 굴곡 구축이 있는 자로 하였다(Suehiro et al., 2014). 본 실험에 앞서 연구대상자에게 본 연구의 목적, 측정 및 실험 방법 등을 충분히 설명하

였고, 그 후 연구 참여 동의서에 자필 서명 후 실험을 진행하였다. 본 연구는 전주대학교 생명윤리위원회에 심의를 받았고, 심의 결과 최종 승인(jjIRB-180917-HR-2018-0911)을 얻어 진행하였다.

2. 측정방법 및 도구

1) 표면 근전도 기기

큰볼기근과 뒤넙다리근의 근수축 개시시간의 측정을 위해 3채널 Trigno wireless surface electromyography (EMG) system (Delsys Inc., USA) 기기를 사용하였다. 각 근육에서 수집된 EMG 신호는 디지털 신호로 전환되어 메인 컴퓨터의 EMG 분석 Works Acquisition (Delsys Inc., USA) 소프트웨어를 통해 처리하였다. EMG 신호의 표본 추출율(sampling rate)은 2000Hz, 근전도 주파수 대역폭(bandwidth)은 20~500Hz로 하였다. 근육별 근활성도는 제곱근 평균제곱(root mean square, RMS)으로 처리하여 분석하였다. 뒤넙다리근의 단축과 과신장 여부를 검사하기 위한 SLR 각도 측정을 위해 전자측각기 Autogon II (JTech Corp., USA)를 사용하였다. PHE 동작 수행 시 일관된 엉덩관절 폼과 무릎각도의 유지를 위해 목표 설정 용 거치대를 사용하였다(Fig. 1). 청각 되먹임(auditory feedback) 방식을 통한 근수축 개시시간의 측정을 위해 스마트 폰 타이머 기능과 블루투스 이어폰 AirPods Pro (Apple Inc., USA)를 사용하였다.

2) 뒤넙다리근 길이 측정

뒤넙다리근 길이 측정을 위한 우세 측 다리의 선정은 대상자에게 축구공을 차게 하여 공을 차는 다리를 우세 측으로 결정하였다(Suehiro et al., 2014). 수동적 SLR 검사를 통한 최대 엉덩관절 굴곡 각도 측정은 전자측각기의 축(axis)을 엉덩관절의 큰돌기(greater trochanter)에 위치하고, 고정자(fixed arm)를 지면과 수평으로 유지한 상태에서 넙다리 측면 중앙부에 위치

한 가동자(moving arm)의 움직임 정도를 통해 측정하였다. 이 때 수동적 SLR 검사에 영향을 미칠 수 있는 허리척추뼈와 골반부의 움직임을 최소화하기 위하여 수건을 통한 허리 바닥받침과 골반부 고정 벨트를 적용하였다. SLR 검사의 수행은 대학병원에서 18년 이상 임상경력을 가진 물리치료사에 의해 수행되었다. SLR 각도의 측정은 3회 실시하였으며 그 평균값을 측정치로 사용하였다.

3) 근활성 개시시간 측정

근수축 개시시간 측정을 위한 표면전극의 부착하기 전, 근전도 신호의 피부저항을 최소화하기 위해 부착부위 털을 면도기로 제거하였으며, 알콜솜을 사용하여 피부표면을 깨끗이 하였다. 표면 전극의 부착 방향은 해당 근육의 근섬유 방향과 일치하였고, 각 근육의 표면 전극 부착 위치는 기존 추천문헌의 안내에 따라 시행하였다(Seniam, 2018). 큰볼기근의 근전도 전극의 부착부위는 천추(sacral vertebral)와 큰돌기 사이 1/2 지점에, 뒤넙다리근의 경우 근육 균을 2개로 나눠 넙다리두갈래근(biceps femoris) 전극을 공동뼈결절(ischial tuberosity)와 넙다리 외측상과(lateral epicondyle) 1/2 지점에 부착하였고, 반힘줄근(semi-tendinosus) 전극의 부착부위는 공동뼈결절과 내측상과(medial epicondyle) 1/2 지점으로 하였다(Seniam, 2018).

근활성 개시시간의 측정을 위해, 근활성 측정 시작 후 스마트 폰 3초 알람을 맞춘 후 알람 소리가 들리면 참여자가 엉덩관절 폼을 하도록 유도하였고 무릎 굴곡 0°와 90°에서 각각 PHE 수행 시 엉덩관절의 폼이 10°가 유지되도록 목표 거치대를 설정하였다(Sahrmann, 2002). 무릎 굴곡 0°에서 PHE 수행 시 목표 거치대는 발목 부위가 닿도록 위치 설정하였고, 무릎 굴곡 90°에서는 발꿈치 부위가 거치대에 닿도록 설정하였다. 근수축 개시시간의 측정은 EMG 자료 수집 후 RMS 처리하여 나타난 근활성도 값의 평균과 표준편차를 통하여 구하였다. 각 근육의 근활성도 평균값에서 2배 표준

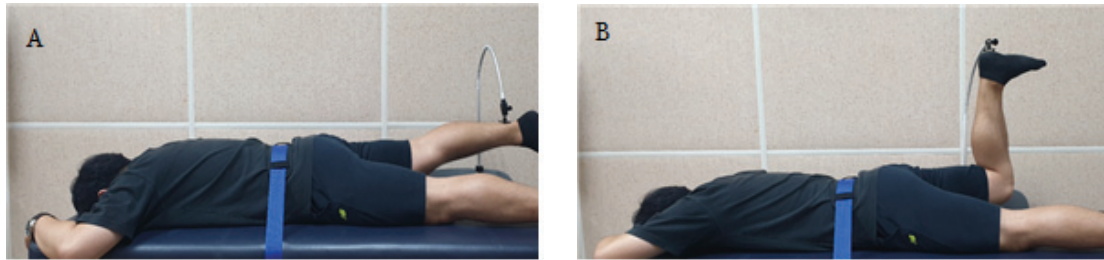


Fig. 1. Prone hip extension with knee flexion 0°(A) and knee flexion 90°(B).

편차 값 이상의 근활성도가 발생한 시점을 근수축의 개시시간으로 정하였다(Kim et al., 2014). 각 무릎 굴곡 자세에서 3회 PHE 동작을 수행하였으며 3회 평균 개시시간을 최종 분석에 사용하였다. 근 피로의 예방을 위해 각 PHE 수행 간 1분의 휴식 시간을 제공하였다.

3. 자료 분석

자료 분석을 위해 window용 SPSS 25.0 version 프로 그래를 사용하였다. 두 그룹 간 무릎 굴곡 각도 조건에 따른 근육 간 근수축 개시시간과 그룹 내 무릎관절 굴곡 각도에 따른 세 근육 간 근수축 개시시간을 비교 하기 위하여 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 분산분석 결과 유의한 차이가 있을 경우 사후 검정을 위해 본페로니(Bonferroni) 검정을 실시하였다. 유의수준은 0.05로 정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 뒤넙 다리근의 단축 그룹(hamstring shortened group, HSG)과 과신장 그룹(hamstring lengthened group, HLG)의 평균 연령, 신장, 체중은 각각 23.11±1.70세, 172.14±7.33cm, 71.57±1.53kg과 20.92±1.00세, 162.17±5.56cm, 56.17±7.90kg 이었다.

2. 그룹 및 무릎 굴곡 각도에 따른 각 근육의 근수축 개시시간 차이

그룹 및 무릎 굴곡 각도 조건에 따른 각 근육의 근수축 개시시간의 차이와 조건의 상호작용에 대한 분산분석 결과는 다음과 같다(Table 2). 큰볼기근의 근수축 개시시간은 그룹 조건 및 무릎 굴곡 각도 조건

Table 1. General characteristics of subjects (N=26)

Characteristics	HSG ^a (n=14)	HLG ^b (n=12)
Gender (male/female)	13/1	2/10
Age (year)	23.11±1.70	20.92±1.00
Height (cm)	172.14±7.33	162.17±5.56
Weight (kg)	71.57±1.53	56.17±7.90

^aHamstring shortend group, ^bHamstring lengthened group

Table 2. Two-way ANOVA comparing each muscle onset time according to different knee positions and groups

Muscles	Level	F	p
GM ^a	Groups	1.51	0.23
	Knee positions	0.14	0.72
	Interaction effects	0.62	0.69
BF ^b	Groups	3.81	0.04*
	Knee positions	0.96	0.34
	Interaction effects	1.51	0.23
ST ^c	Groups	4.25	0.03*
	Knee positions	2.63	0.08
	Interaction effects	2.55	0.09

^aGluteus Maximus, ^bBiceps femoris, ^cSemitendinosus, *p<0.05

Table 3. Comparison of each muscle onset time according to knee flexion angles

Group	KFA ^a	GM ^b (ms)	BF ^c (ms)	ST ^d (ms)	F	p
HSG ^e	0°	4.16±0.43	3.98±0.38	3.91±0.35	1.54	0.23
	90°	4.06±0.27	3.83±0.22	3.75±0.24	6.94	0.00*
HLG ^f	0°	3.91±0.27	3.72±0.19	3.66±0.11	5.37	0.01*
	90°	3.90±0.23	3.72±0.28	3.74±0.17	2.22	0.13

^aHKnee flexion angle, ^bGluteus Maximus, ^cBiceps femoris, ^dSemitendinosus, ^eHamstring shortened group,

^fHamstring lengthened group

*p<0.05

에서 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 넙다리두갈래근과 반힘줄근의 근수축 개시시간은 그룹 조건에서 유의한 차이가 있었으나(p<0.05), 무릎 굴곡 각도 조건에 따른 차이는 없었다(p>0.05). 모든 근육의 근수축 개시시간에서 그룹 및 무릎 굴곡 각도 조건의 상호작용은 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 사후 검증을 통한 동일 무릎 굴곡 각도 조건에서의 그룹간 근수축 개시시간의 차이 결과, 무릎 굴곡 각도 0°시 그룹 간 넙다리두갈래근과 반힘줄근의 개시시간에서 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

3. 그룹 내 세 근육 간 무릎관절 굴곡 각도에 따른 근수축 개시시간의 차이

HSG에서 무릎 굴곡 각도가 0°일 때 세 근육 간 개시시간에서는 유의한 차이가 없었으나(p>0.05), 무릎 굴곡 각도가 90°일 때는 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 3). HLG에서 무릎 굴곡 각도가 0°일 때 세 근육 간 개시시간은 유의한 차이가 있었고(p<0.05), 무릎 굴곡 각도가 90°일 때는 개시시간의 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 3). 사후 검정을 통한 그룹 내 무릎관절 굴곡 각도 0°와 90°사이 근수축 개시시간의 차이에서는 HSG에서 큰볼기근과 넙다리두갈래근에서 유의한 차이가 없었으나(p>0.05), 반힘줄근에서 유의한 차이가 있었다(p<0.05). HLG 그룹 내 무릎관절 굴곡 각도에서는 모든 근육에서 유의한 차이가 없었다(p>0.05)

IV. 고 찰

본 연구는 뒤넙다리근의 단축과 과신장이 있는 연구대상자로 PHE 수행 시 무릎 굴곡 각도에 따라 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근수축 개시시간에 미치는 영향을 검증하고자 실시하였다. 엉덩관절 폼에 필요한 큰볼기근의 지연된 근활성의 변화는 근력 변화에 부정적 영향을 미치며, 약화된 큰볼기근을 대체 보상하기 위한 뒤넙다리근의 보완적 과사용은 뒤넙다리근 단축과 긴장(tightness)을 일으켜 두 근육 간 협력적 효과를 발휘하지 못하게 된다(Friel et al., 2006; Hewett et al., 2006; Powers et al., 2003). 또한, 큰볼기근 활성화의 지연은 엉덩관절 폼에 필요한 주변 근육의 길이 변화와 요추 및 골반의 불안정성을 형성하여 보행 시 기계적 효율을 떨어뜨리고 요통을 일으키는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2014). 따라서 본 연구에서 시행한 PHE와 같은 움직임 수행 시 큰볼기근의 선행 활성화 후 뒤넙다리근이 활성화되는 일관된 엉덩관절 폼근의 활성화 순서는 임상적 평가로서 중요하다(Sharmann et al., 2017).

본 연구에서 근수축 개시시간이 대부분의 조건에서 반힘줄근, 넙다리두갈래근, 그리고 큰볼기근 순으로 나타났다. Sakamoto (2009)등의 보고에 의하면, 뒤넙다리근 다음 큰볼기근이 근수축 개시하였고, Kim (2014)등의 연구 또한 뒤넙다리근, 척추기립근, 그리고 큰볼기근 순서의 근수축을 보여 본 연구의 결과와 유사하였다. 본 연구는 뒤넙다리근 중에서도 내측의 반힘줄근이 넙다리두갈래근보다 먼저 근수축이 개시

되었는데, Sakamoto (2009) 등은 PHE 수행 시 초기 반힘줄근의 활성화 원인으로 근육의 길이-장력 관계(length-tension relationship)로 인해 반힘줄근이 큰볼기근보다 더 많은 동원력(recruitment)을 보이기 때문으로 설명하였다.

본 연구의 결과, 두 그룹 간 무릎 굴곡 각도에 따른 근수축 개시시간 차이에서 큰볼기근의 경우 유의한 차이가 없었다. 이는 무릎 굴곡 각도의 변화가 뒤넙다리근의 길이 변화에는 관여하나 상대적으로 큰볼기근에는 영향이 없음을 암시한다. 반면에 뒤넙다리근의 경우 무릎 굴곡 각도가 0°일 때 두 그룹간 개시시간의 유의한 차이가 있었으나, 무릎 굴곡 각도 90°에서는 유의한 차이가 없었다. 무릎 각도의 변화에 따라 근수축 개시시간에 상대적으로 민감한 반응을 보인 그룹은 HSG 그룹이었으며, 뒤넙다리근이 상대적으로 길어진 무릎 굴곡 0°의 근수축 개시시간보다 무릎 굴곡 90°의 개시시간이 상대적으로 빨라진 것은 뒤넙다리근의 길이가 개선되었기 때문으로 생각된다. 사후검증을 통한 그룹 내 두 가지 무릎관절 굴곡 각도 사이의 근수축 개시시간 차이는 HSG의 반힘줄근에서 무릎 굴곡 각도 90°일 때 유의한 증가가 나타났고, 그 외 모든 변수에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 HSG 그룹에서 무릎 굴곡으로 짧아진 뒤넙다리근의 길이 수정을 통한 긴장 완화에 도움을 주었기 때문으로 사료되며 짧아진 근육의 긴장을 완화하는 신장운동(stretching exercise)의 필요성을 암시한다(Sahrmann et al., 2017).

그룹 내 세 근육 간 무릎관절 굴곡 각도에 따른 근수축 개시시간의 차이 결과, HSG에서 무릎 굴곡 각도가 90°일 때와 HLG에서는 무릎 굴곡 각도가 0°일 때 유의한 차이가 나타났으며, 사후분석결과 큰볼기근의 개시시간에 비해 각 뒤넙다리근 개시시간이 유의하게 빠른 것으로 나타났다. HSG 그룹에서 무릎 굴곡 각도가 0°일 때는 세 근육간 근수축 개시시간의 차이를 보이지 않았는데, 무릎 굴곡 각도를 90°로 하여 PHE 수행 시에는 상대적으로 긴장된 뒤넙다리근이 이완되어 근 활성화가 보다 용이했던 것으로 사료된

다. 반면, HLG 그룹에서는 무릎 굴곡 각도 90°일 때 세 근육간 개시시간의 차이가 없었으나, 무릎 굴곡 각도 0°에서 뒤넙다리근의 개시 시간이 큰볼기근 개시 시간 보다 유의하게 빠른 것으로 나타났다. 이는 뒤넙다리근이 신장된 경우 무릎 굴곡을 통해 적절한 수준으로 근 길이를 유지하면 상대적으로 큰볼기근의 개시시간의 빨라져 큰볼기근 활성화에 긍정적 역할을 한 것으로 근육의 길이와 근활성화의 상관성을 보고한 기존 연구의 결과 유사하였다(Jeon et al., 2016; Kim et al., 2014; Sakamoto et al., 2009).

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 연구대상자를 SLR 검사 상 100°이상인 자와 60°이하인 자로 선정하는 과정에서 대상자 선정의 어려움 등으로 대상자의 수가 적었으며, 그룹 간 성별의 유사성을 확보하지 못하였다. 본 연구대상자의 성별은 HSG의 경우 대부분의 대상자가 남성으로 구성되었고, 반면에 HLG의 경우는 여성이 대부분이었다. 최대한 두 그룹의 성비를 유사하게 맞추기 위해 노력했으나, 비정상적인 뒤넙다리근 길이를 가진 연구참여자가 남성의 경우 단축이, 여성의 경우는 과신장된 상태가 대부분이었다. 기존 보고에 의하면, 일상생활 중 성별에 따른 체간, 골반, 하지의 움직임 양상에서 남녀간 차이로 인해 남성의 경우 뒤넙다리근의 단축이 쉽게 발생하며 여성의 경우 이와 반대 양상을 보인다고 하였다(Kendall et al., 2005; Sahrmann, 2002). 또한, PHE 수행 시 하지관절의 내측 혹은 외측 회전에 대한 수동적 제한을 제공하지 못한 제한점이 있다. 따라서, 향후 연구에서는 엄격히 통제된 실험 환경에서 보다 많은 연구대상자를 통한 엉덩관절 펌근의 활성화 연구와 물리치료적 중재를 통한 비교 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 뒤넙다리근이 단축과 과신장을 보이는 26명을 대상으로 PHE 수행 시 무릎 굴곡 각도에 따른 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근수축 개시시간에 어떠한

영향이 있는지 검증하였다. 연구 결과, 모든 그룹에서 무릎 굴곡 각도의 변화에 따른 큰볼기근의 근수축 개시시간에는 영향이 없었다. HSG 그룹에서 무릎 굴곡 각도가 90°일 때 큰볼기근과 반힘줄근에서 유의한 차이를 보였고, 0°일 때 세 근육 사이 근수축 개시에 차이가 없어 뒤넓다리근의 단축이 있는 경우 무릎 굴곡 각도가 영덩관절 펴기근의 근수축 개시시간에 영향을 주었다. HLG 그룹에서도 무릎 굴곡 각도에 변화에 따라 세 근육 간 개시시간에 차이가 나타나 근육의 길이 변화가 근수축 개시와 같은 근활성화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 근육의 단축 혹은 과신장이 존재하는 연구대상으로 이를 치료하는 다양한 중재에 대한 효과를 검증하는 것이 필요하다.

Acknowledgement

This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT (No. 2018R1C1B5042645).

References

- Cara L, Sahrman SA. Muscle activation and movement patterns during prone hip extension exercise in women. *Journal of Athletic Training*. 2009;44(3):238-248.
- Friel K, McLean N, Myers C, et al. Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. *Journal of Athletic Training*. 2006;41(1):74-78.
- Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006;34(2):299-311.
- 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. *Medical Hypotheses*. 2005;65(2):278-281.
- Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(14):1593-1600.
- 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. *Physical Therapy in Sport*. 2016;22:35-40.
- Kendall FP, McCreay EK, Provance PG, et al. Muscles testing and function with posture and pain, 5th ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2005.
- Kim TW, Woo YK, Kim YW. Effect of abdominal drawing-in maneuver during hip extension on the muscle onset time of gluteus maximus, hamstring, and lumbar erector spinae in subjects with hyperlordotic lumbar angle. *Journal of Physiological Anthropology*. 2014;33:34.
- Lee DK, Oh JS. Relationship between hamstring length and gluteus maximus strength with and without normalization. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018;30(1):116-118.
- Powers CM, Ward SR, Fredericson M, et al. Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2003;33(11):677-685.
- Sahrman S. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. London. Mosby. 2002.
- Sahrman S, Azevedo DC, Dillena LV. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2017;21(6):391-399.
- Sakamoto AC, Teixeira-Salmela LF, de Paula-Goulart FR, et al. Muscular activation patterns during active prone

- hip extension exercises. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009;19(1):105–112.
- Schuemans J, Van Tiggelen D, Witvrouw E. Prone hip extension muscle recruitment is associated with hamstring injury risk in amateur soccer. *International Journal of Sports Medicine*. 2017;38(9):696-706.
- Seniam. <http://www.seniam.org/>. 2018.
- Suehiro T, Mizutani M, Watanabe S, et al. Comparison of spine motion and trunk muscle activity between abdominal hollowing and abdominal bracing maneuvers during prone hip extension. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2014;18(3): 482-488.
- Vogt L, Pfeifer K, Banzer W. Neuromuscular control of walking with chronic low-back pain. *Manual Therapy*. 2003;8(1):21-28.
- Nishimura Y, Nakajima Y. Effect of muscle length on the recruitment property of single motor units in humans. *Neuroscience letters*. 2002;332(1):49-52.