KJSB
Korean Journal of Sport Biomechanics 2021; 31(3): 214-219
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2021.31.3.214
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752
ORIGINAL

Effect of Swiss Ball Exercise on the Muscular Activity of Hamstring during Different Feet Position

양발의 위치에 따른 스위스 볼 운동이 뒤넙다리근 근활성도에 미치는 영향

Yujin Jang[1], Sukhoon Yoon[2]

[1]Graduate School of Sport and Leisure Studies, Korea National Sport University, Seoul, South Korea
[2]Department of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, South Korea

Received : 26 August 2021
Revised : 31 August 2021
Accepted : 31 August 2021

Corresponding Author
Sukhoon Yoon
Department of Community Sport,
Korea National Sport University,
1239 Yangjae, Songpa-gu, Seoul,
05541, South Korea
Email : sxy134@knsu.ac.kr

Objective: The aim of this study was to evaluate the differences in muscle activity of hamstring muscle depending on the position of the feet during Swiss ball hamstring curl exercise.

Method: Total of 15 male participants with no history of hamstring muscle injuries and musculoskeletal disorders in the past 6 months were participated in this study (Age: 29.27 ± 4.96 yrs, Height: 173.47 ± 5.18 cm, Body mass: 75.47 ± 12.50 kg). The muscle activation of semitendinosus and biceps femoris with four different feet positions including neutral stance, internal rotation, external rotation, and wide stance were measured during a Swiss ball hamstring curl exercise. For the analysis, the Swiss ball exercise movement comprised of 3 events (90°→ 0°→ 90°) based on the knee angle and 2 phases relative to the mechanism of muscle contraction (eccentric/concentric contraction). To pursue the study goal, an one-way ANOVA with repeated measures was performed with statistical significance as $\alpha = 0.05$.

Results: There was no statistically significant feet position effect found during the Swiss ball hamstring curl with eccentric contraction phase ($p>.05$). It is, however, semitendinosus showed an enhanced muscle activation in concentric contraction phase, displaying the highest muscle activity in wide stance and the lowest in external rotation ($p<.05$).

Conclusion: Our findings suggest that this exercise can be beneficial in selectively training the semitendinosus. In other words, Swiss ball hamstring curls performed in wide stance strengthens semitendinosus, which improves the stability of knee and are effective in preventing knee injuries and reinforces rehabilitation.

Keywords: Hamstring muscle, Semitendinosus, Biceps femoris, Feet position, Swiss ball hamstring curl

INTRODUCTION

현대 과학과 의료기술의 발달로 인간의 수명이 증가됨에 따라 현대인의 건강에 관한 관심이 증가되었고 이는 자연스럽게 생활체육 참여율을 증가시켰다(Ministry of Health and Welfare, 2019). 운동에 참여하는 인구수가 증가한 만큼, 운동으로 인한 부상의 비율도 높아진 것으로 보고되고 있는데, 최근 1년 이내 스포츠 활동 경험이 있는 사람 중 64.3%가 부상 경험이 있다고 응답하였으며, 이들의 손상의 주된 원인은 '무리한 동작' 이었다(Korea Sports Safety Foundation, 2019). 따라서 현대인들이 일상 생활보다 큰 관절의 가동범위(range of motion [ROM])과 높은 수준의 체력이 요구되는 생활 스포츠 활동을 안전하게 참여하기 위해서는 운동 중 발생할 수 있는 부상의 위험요인을 확인하고 이를 감소시켜야 할 필요가 있다고 생각되어진다.

현대인의 하루 평균 7.5시간 이상 일상화된 좌식 생활은 근육의 긴장도를 증가시키고 근육의 불균형적 변화와 관절의 움직임에 제한을 줄 수 있다고 보고되고 있다(Garn & Newton, 1988; Kendall, McCreary, Provance, Rodgers & Romani, 2005; Battaglia et al., 2014). 이러한 근육들 중 뒤넙다리근육(Hamstring muscle)은 좌식 생활로 인해 근육의 길이가 짧아지고 가동성이 저하되는 대표적인 근육 중 하나이다(Kisner, Colby & Borstad, 2012; Kendall et al., 2005). 해부학적으로 뒤넙다리근은 엉덩뼈, 넙다리뼈에서 시작하고 무릎관절을 지나 정지된 근육으로 엉덩이와 무릎관절의 움직임에 관여하는 다관절 근육이며, 내측에 위치하는 반막모양근(semimembranosus)과 반힘줄모양근(semitendinosus) 그리고 외측에 위치하는 넙다리두갈래근(biceps femoris)으로 구성되어 있다. 이러한 뒤넙다리근을 구성하고 있는 세 근육들은 공통적으로 무릎관절의 굽힘과 엉덩관절의 폄의 역할을 수행하지만, 내측 근육들과

Copyright © 2021 Korean Journal of Sport Biomechanics
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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

외측 근육들은 각각 무릎관절과 엉덩관절의 내회전과 외회전의 기능을 추가적으로 수행한다(Cael, 2010). 결론적으로 뒤넙다리근육은 일상생활에서 엉덩관절과 무릎관절의 안정성에 중요한 영향을 미치지만, 현대인들의 일상적인 좌식 생활은 이 근육에 지속적으로 장력을 유발시켜 쉽게 긴장하게 만든다고 알려져 있다(Ji & Yoon, 2020; Medeiros, Cini, Sbruzzi & Lima, 2016). 이렇게 약화된 현대인들의 뒤넙다리근육은 급격한 무릎굽힘, 방향전환 등 생활스포츠에 포함되어 있는 많은 동작들이 수행될 때 항상 부상위험에 직면하고 있기 때문에 건강증진을 위하여 참여한 생활 스포츠 활동의 효과를 감소시킬 수 있다고 보고되고 있다(Kim & Yoon, 2021; Wild, Steele & Munro, 2013; Safran, Seaber & Garrettl, 1989).

스포츠 재활 현장에서는 뒤넙다리근의 기능을 회복하고 부상을 예방하기 위해 뒤넙다리근의 근력 강화를 강조해왔으며(Kim, 2013), 특히 3가지 근육의 복합근인 뒤넙다리근의 해부학적, 기능학적 특징을 고려해 각 근육의 개별적 강화를 위한 노력도 수행해 오고 있다. 지금까지 잘 알려진 뒤넙다리근의 대표적인 근력 운동은 노르딕 햄스트링 컬 운동, 스티프 레그 데드리프트, 스위스 볼 햄스트링 컬 등이 있으며(Monajati, Larumbe, Goss & Naclerio, 2017; Hwang, Moon, Park & 2019), 이중 노르딕 햄스트링 컬 운동은 뒤넙다리근의 신장성 수축을 강화하기 위한 운동으로 스포츠 선수들의 뒤넙다리근 좌상을 예방하고 좌상 등 상해를 당했을 때 재활하기 위한 방법으로 많이 사용되어 왔다(Arnason, Anderson, Holme, Engerbretsen & Bahrl, 2008; Schmit, Tim & McHugh, 2012; Cuthbert et al., 2020). 이 운동은 무릎을 90°로 굽히고 앉은 자세에서 장비를 이용하거나 보조자가 발목을 고정한 후에 상체를 앞으로 기울이는 방법으로 수행되는데, Bourne 등 (2018)은 노르딕 햄스트링 운동을 수행하는 동안 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근의 근활성도를 비교한 그들의 연구에서, 신장성 수축 구간에서 반힘줄모양근의 근활성도가 넙다리두갈래근보다 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 스티프 레그 데드리프트를 사용한 뒤넙다리근 강화에 관한 연구도 수행되었는데, Kawama, Takahashi와 Wakahara (2020)는 스티프 레그 데드리프트를 수행하는 동안 엉덩관절의 자세 차이에 따른 넙다리두갈래근과 반힘줄모양근, 반막모양근의 근활성도 차이를 관찰하였다. 그들은 엉덩관절을 외회전했을 때 넙다리두갈래근이 높게 나타났고 내회전했을 때 반막모양근의 근활성도가 높았고 벌림 자세에서 전체 뒤넙다리근의 근활성도가 높았다고 보고하였다.

그러나 선행연구들에 의하여 이러한 운동들이 뒤넙다리근육의 근력 강화를 위해 효율적 운동이라고 보고되고 있음에도 불구하고 이들에 대한 주의 또한 제기되고 있다. Cuthbert 등 (2020)은 효율적인 노르딕 햄스트링 운동을 수행하기 위해서는 뒤넙다리근의 최대 등척성, 신장성 수축이 요구되기 때문에 운동 중 뒤넙다리근의 과부하가 초래될 수 있고, 이러한 결과는 추가적인 근육에 손상을 유발할 수 있다고 보고하였다. 또한 스티프 레그 데드리프트의 경우 동작을 수행하기 위해서는 엉덩관절의 충분한 굽힘각도와 중량이 요구된다고 보고되고 있는데(Kawama et al., 2020), 장시간의 좌식 생활 때문에 뒤넙다리근이 긴장되고 길이가 짧아진 현대인에게는 이러한 운동이 부상 유발할 수 있을 것이라고 생각되어진다. 결론적으로 노르딕 햄스트링 운동과 스티프 레그리프트 운동의 경우 운동의 효과는 충분히 증명되었지만, 충분한 근력이 확보되지 않은 일반 생활 스포츠 활동자들에게 직접적으로 적용하기는 다소 어려울 것으로 생각되어진다.

뒤넙다리근육을 강화시키는 운동 중 스위스 볼 햄스트링 컬 운동은 뒤넙다리근의 근력과 몸통의 안정성을 증진시킬 수 있는 교각 운동(Bridge movement)의 변형 운동으로서 노르딕 햄스트링 운동에 비하여 운동의 강도가 높지 않으며 스티프 레그 데드리프트와는 다르게 엉덩관절의 큰 가동범위 없이 뒤넙다리근을 강화시킬 수 있다고 알려져 있다(Kisner et al., 2012). 특히 스위스 볼 햄스트링 컬 운동은 스위스 볼 위에 양발을 올려놓고 수행되기 때문에 발의 지지면이 높아져서 일반적인 교각 운동보다 골반을 더 높은 위치로 들기 위한 뒤넙다리근의 강한 수축이 요구되며, 공을 몸의 중심에서 먼 쪽으로 밀었다가 몸쪽으로 당기는 동작을 통해서 무릎관절에 폄, 굽힘을 발생시켜 뒤넙다리근의 길이 변화가 일어나고 이때 엉덩관절의 폄을 유지하기 때문에 일반 교각 운동보다 더 큰 강도로 뒤넙다리근을 수축시킬 수 있고 보고되고 있다(Kisner et al., 2012; Monajati et al., 2017; Vera-Garcia, Grenier & McGill, 2000). 더불어 다른 뒤넙다리 강화 운동과 다르게 운동 중 스위스 볼 때문에 발생되는 신체의 불안정성을 극복해야 하기 때문에 이때 사용되는 체간 근육들을 강화시키는 이점도 가지고 있다고 알려져 있다(Kisner et al., 2012; Monajati et al., 2017; Vera-Garcia, Grenier & McGill, 2000). Monajati 등 (2017)은 스위스 볼 햄스트링 컬과 노르딕 햄스트링 운동을 수행하는 동안에 정해진 무릎각도에서 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근의 근활성도를 비교한 연구를 수행하였는데, 스위스 볼 햄스트링 컬 운동이 노르딕 햄스트링 운동보다 두 근육의 활성도가 비교적 낮았으며, 운동의 종류와 무릎각도차이 조건 모두에서 두 근육의 활성도 차이는 확인할 수 없었다고 보고하였다.

이렇듯 스위스 볼 햄스트링 컬 운동은 무거운 중량을 사용하지 않고 뒤넙다리근의 가동성을 비교적 요구하지 않으며 지연성 근육통이 나타날 만큼 강한 신장성 수축을 요구하지 않아 전문 운동 선수들의 뒤넙다리근육 재활 초기에 사용될 수 있을 뿐 아니라 근력이 강하지 않은 일반인들에게도 적용이 가능한 운동이다(Monajati et al., 2017). 이러한 스위스 볼 햄스트링 컬 운동은 물리치료, 스포츠 선수 컨디셔닝, 일반인 트레이닝 등 현장에서 많이 사용되고 있지만, 3가지 근육의 복합근인 뒤넙다리근의 해부학적, 기능학적 특징을 고려하지 않고 단일 근육으로 취급해 강화시키고 있는 실정이다. 그러나 뒤넙다리근은 각각의 특수한 해부학적 기능이 있기 때문에 부상 부위에 따른 뒤넙다리근을 선택적으로 활성화시키기 위한 운동 방법에 대한 연구가 필요하다고 생각되어진다. 따라서 본 연구의 목적은 스위스 볼 운동 시, 양발의 위치에 따른 뒤넙다리근의 근활성도 차이를 확인하여 뒤넙다리근을 선택적으로 강화할 수 있는 양발의 위치를 제시하는데 있다.

METHOD

1. 연구대상

본 연구의 참여 대상자는 뒤넙다리근의 좌상 경험이 없고 최근 6개월 이내에 근골격계에 이상이 없는 건강한 20~30대 일반인 남성 15명(age: 29.27±4.96 yrs; height: 173.47±5.18 cm; body mass: 75.47±12.50 kg, pelvic length: 29.00±2.00 cm; shoulder length: 43.73±2.52 cm)이 참여하였다. 대상자는 실험에 자발적으로 참여 의사를 밝힌 사람들로, 연구에 대한 충분한 설명과 함께 동의서를 작성한 후 실험에 참여하였다. 본 연구는 한국체육대학교 생명윤리위원회의 생명윤리 심의

에서 승인을 받은 후 진행되었다(KNSU 20201231-140).

2. 실험절차 및 자료처리

본 연구의 목적을 원활히 수행하기 위하여 총 두 번의 연구대상들의 실험실을 방문이 이루어졌다. 첫 번째 방문 시 연구대상자들의 신체질량 및 신장 같은 신체적 특성이 측정되었으며, 또한 연구대상자 간 발 위치의 표준화를 위한 골반너비 및 어깨너비가 추가적으로 측정되었다. 본 연구에서 사용된 양발의 위치는 기본(basic position), 내회전(20° internal rotation), 외회전(40° external rotation), 그리고 넓은 간격(wide position)이었다. 양발의 기본 간격과 넓은 간격은 각각 대상자의 골반너비와 어깨너비로 설정하였으며, 내회전과 외회전의 양발 간격은 선행연구에서 사용하였던 기본 간격에서 각각 -20°와 40°로 설정하였다(Kawama et al., 2020). 본 연구에서 사용한 골반너비와 어깨너비는 각각 골반의 전상장골극 간의 거리와 어깨뼈의 견봉 간의 거리로 정의하였다.

두 번째 방문인 실험당일 본 실험 전 측정된 피험자들의 개인별 양발의 위치를 스위스 볼에 테이프를 이용해 표시하였으며(Figure 1), 충분한 warm-up 시간 제공 후 실험대상자 간의 근활성도를 표준화하기 위하여 측정 근육들의 최대 자의적 근수축(Maximum voluntary isometric contractions, MVIC)이 실시되었다. 측정 대상 근육은 넙다리두갈래근과 반힘줄모양근이었으며 표면 전극의 부착 위치는 SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles)에서 권장하는 부착 위치를 참고하여 넙다리두갈래근은 종아리뼈의 머리와 궁둥뼈 결절의 가운데에 부착하였고 반힘줄모양근은 궁둥뼈 결절과 정강뼈 안쪽 융기의 가운데에 부착하였다(Figure 2). 측정 시 대상자의 뒤넙다리근 근력을 최대한 발휘시키기 위하여 엎드려 누운 자세에서 무릎관절을 45° 굽힘을 시킨 후 등척성 수축력을 측정하였다.

본 실험 시 각 연구대상자는 각각의 발 위치에서 총 3회의 햄스트링 컬 동작을 수행하였으며 각 동작 수행 시 발생하는 근육의 피로를 최소화하기 위해서 대상자에게 2분간 휴식이 제공되었다. 본 연구에

Figure 1. Feet position

Figure 2. Surface electrode attachment position

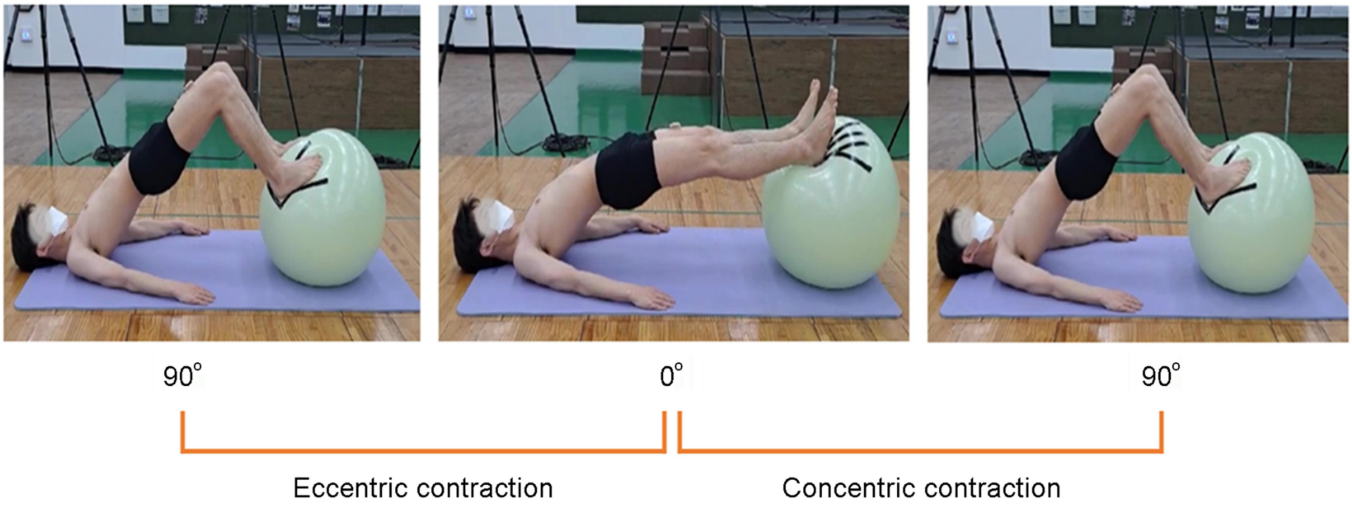

Figure 3. Swiss ball hamstring curl phase

서 사용한 햄스트링 컬 동작은 90°의 무릎각도 자세로 시작하여 무릎을 최대한 신전하고 다시 무릎각도 90°로 되돌아오는 동작이었다(Figure 3). 따라서 동작의 시작과 마침 순간을 확인할 필요가 있었으며 무릎관절의 90°를 확인하기 위하여 발목, 무릎, 골반에 지름 2 cm의 반사마커를 부착하여 자료 분석 시 무릎의 각도가 90°인 동작 1회를 분석에 사용하였다.

본 연구에서는 스위스 볼 햄스트링 컬 동작 시 측정된 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근의 근육 활성도는 아래의 공식을 이용하여 표준화하였다. 스위스 볼 햄스트링 컬의 동작 분석 시 취득된 모든 근전도 신호는 차단 주파수는 20~400 Hz인 대역통과필터(band-pass filter)를 사용하여 실험 오차를 줄였으며, 그 후, RMS (root mean square) 값으로 정량화하여 분석에 사용하였다.

$$\text{근활성도} = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{MVIC}} \times 100(\%)$$

EMG_{raw} = 동작시 근활성도 RMS 값

EMG_{MVIC} = 최대 수의적 등척성 수축시 근활성도 RMS 평균값

3. 통계처리

양발의 위치에 따른 스위스 볼 햄스트링 컬 동작 수행 시, 뒤넙다리근의 근활성도의 차이를 검증하기 위해 반복측정 일원분산분석(one-way ANOVA with repeated measure)을 실시하였고, Bonferroni 사후검정을 실시하였다. 이때, 유의 수준은 α=.05로 설정하였다.

RESULTS

본 연구는 스위스 볼을 이용한 뒤넙다리근 강화 운동 시, 양발의 위치에 따라 달라지는 뒤넙다리근의 근활성도 차이를 분석하고자 수행되었다. 양발의 위치는 기본 간격, 내회전, 외회전, 넓은 간격의 총 4가지 방법으로 나누어 수행하였다. 동작을 수행하는 동안 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근의 근활성도 값을 신장성 수축 구간, 단축성 수축 구간으로 나누어 측정하였으며 결과는 다음과 같다.

1. 신장성 수축 구간에서 양발의 위치에 따른 뒤넙다리근의 근활성도

본 연구 수행 결과 양발의 위치에 따른 스위스 볼 햄스트링 컬 동작 수행 시 신장성 수축 구간에서 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근의 모두 양발의 4가지 위치에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05, Table 1).

2. 단축성 수축 구간에서 양발의 위치에 따른 뒤넙다리근 근활성도

양발의 위치에 따른 스위스 볼 햄스트링 컬 동작 수행 시 단축성 수축 구간에서 나타난 각 근육의 근활성도는 (Table 2)에 제시되어 있다. 연구 결과 반힘줄모양근에서 양발의 4가지 위치에 따른 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며(F=9.573, p<.05) 사후검증 결과 내회전과 넓은 간격으로 수행한 스위스 볼 햄스트링 컬 동작이 외회전으로 수행한 동작보다 통계적으로 유의하게 높은 근활성도를 나타내었다.

DISCUSSION

현대인들의 오랜 좌식 생활로 인한 뒤넙다리근의 근력 약화는 건강을 목적으로 참여하는 스포츠 생활 및 체육 활동 시 부상의 위험을 증가시킬 수 있다. 특히 반힘줄모양근의 약화는 무릎의 동적 안정성 기능을 감소시켜 앞십자인대의 위험요인이 될 수 있기 때문에 뒤넙다리근 중에서도 반힘줄모양근의 강화가 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 무거운 중량을 사용하지 않고 비교적 한 근육을 편향적으로 활성화시키지 않아 현대인에게 적절한 강도로 뒤넙다리근을 효과적으로 트레이닝 시킬 수 있는 방법으로 알려져 있는 스위스 볼 햄스트링 컬 운동 수행 시 양발의 위치의 변화가 효과적으로 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근을 활성화시킬 수 있는지 알아보기 위해 본 연구를 실시하였다.

본 연구 결과 스위스 볼 햄스트링 컬 동작의 신장성 수축 구간에서

Table 1. Mean ± SD of hamstring muscle activation in different feet position at eccentric contraction phase

	A	B	C	D	F	p
Semitendinosus (% MVIC)	51±24	60±30	53±21	56±26	1.46	0.24
Biceps femoris (% MVIC)	48±21	44±17	50±27	49±15	0.65	0.52

A: basic position, B: 20° internal rotation, C: 40° external rotation, D: wide position

Table 2. Mean ± SD of hamstring muscle activation in different feet position at concentric contraction phase

	A	B	C	D	F	p	post-hoc
Semitendinosus (% MVIC)	42±17	47±21	38±17	51±20	9.57	0.00*	C<B & D
Biceps femoris (% MVIC)	37±16	38±21	38±19	41±17	1.07	0.37	

*: indicate significant differences among feet position (p<.05), A: basic position, B: 20° internal rotation, C: 40° external rotation, D: wide position

양발의 위치 변화에 따른 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근들의 근활성도는 통계적으로 유의한 결과를 나타내지 않았다(p>.05, Table 1). 일반적으로 근육의 신장성 수축은 단축성 수축보다 장력에 의해 근육에 더 큰 부하를 요구된다(Yoon & Lee, 2005). Beuchat와 Maffiuletti (2019)는 앞십자인대를 재건술 한 환자를 대상자로 엎드린 자세에서 수행되는 레그 컬(leg curl)을 분석하였는데, 반힘줄모양근이 발을 기본 정렬로 수행했을 때와 비교하여 외회전 시 낮은 근활성도가 나타났고 내회전 시 높은 근활성도가 나타났으며 뒤넙다리두갈래근은 반대 결과가 나타났다고 보고했다. 본 연구에서는 선행연구와 달리 두 근육의 차이가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 동작의 미세한 차이에 기인한다고 생각되어진다. 즉, 선행연구의 레그 컬은 기계로 엉덩관절의 움직임을 제한하여 무릎관절의 굽힘에만 집중할 수 있었지만, 본 연구에서 수행한 스위스 볼 햄스트링 컬 동작은 엉덩관절의 폄을 본인이 조절하며 무릎관절의 굽힘을 수행하는 동작이었기 때문에 때문에 동작의 수행 시 발의 위치에 따른 영향을 적게 받은 것으로 생각되어진다. 또한 스위스 볼 햄스트링 컬의 신장성 수축 구간에서는 무릎을 폄할 때 불안정한 스위스 볼을 놓치지 않기 위해 스위스 볼을 당기며(무릎신전에 저항하며) 천천히 무릎을 폄으로써 뒤넙다리근에 큰 부하가 요구되어 양발의 위치에 따른 주 효과가 나타나지 않은 것으로 생각되어진다.

본 연구의 수행 결과 단축성 수축 구간에서 내회전과 넓은 간격으로 스위스 볼 햄스트링 컬 동작을 수행했을 때가 외회전하여 수행했을 때보다 통계적으로 유의하게 높은 반힘줄모양근의 근활성도를 나타내었다(p<.05, Table 2). 반면에 넙다리두갈래근의 근활성도에는 통계적으로 유의한 결과가 나타나지 않았다(p>.05, Table 2).

뒤넙다리근 중 반힘줄모양근은 무릎의 내회전에 추가로 작용하는 근육이며, 따라서 양발의 내회전 위치가 양발의 외회전 위치에서 보다 근육의 활성도가 크게 나타난 것은 매우 당연한 현상이라고 생각되어진다. 즉, 양발의 외회전 위치에서는 해부학적 기전에 따라 반힘줄모양근이 충분한 근력을 발휘할 수 없는 환경이 만들어져서 결과적으로 양발의 내회전 위치에서의 근활성도보다 통계적으로 유의하게 작게 나타난 것으로 생각되어진다. 또한 이러한 결과는 엎드린 자세에서 레그 컬을 이용한 선행연구에서 단축성 수축 구간에서 양발을 외회전하여 수행했을 때 내측 뒤넙다리근의 근활성도가 낮게 나타난 것과 일치하였다(Beuchat & Maffiuletti, 2019).

그러나 본 연구의 결과에서 나타난 양발의 넓은 간격 위치에서 반힘줄모양근의 근활성도가 가장 높게 나타난 것은 예상하지 못한 결과이다. 이러한 결과는 엉덩관절의 위치에 따른 뒤넙다리근의 근활성도를 비교한 선행연구에서 그 의미를 찾을 수 있다고 생각된다. Kawama 등 (2020)은 엉덩관절의 넓은 간격과 기본 간격에서 스티프 레그 데드리프트를 수행했을 때 반힘줄모양근의 근활성도는 넓은 간격에서 높게 나타났다고 밝혔다. 그들은 그들의 연구 결과에 대하여 두 다리를 넓게 벌렸을 때 바벨을 들기 위해서는 기본 정렬에서 수행한 것과 같은 엉덩관절 폄 토크를 생산해야만 바벨을 들 수 있는데, 넓은 간격에서는 각 뒤넙다리근의 힘의 방향이 분산되어 있기 때문에 바벨을 들기 위해서는 엉덩관절 폄 토크에 기여하는 더 높은 뒤넙다리근의 활성화가 요구된다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 수행된 스위스 볼 햄스트링 컬 동작의 경우 단축성 수축 시 엉덩관절은 폄 상태를 유지하고 있기 때문에 이 상태를 유지하기 위해서는 양발의 넓은 위치에서 반힘줄모양근의 가장 큰 활성이 필요하였던 것으로 생각되어진다.

또한 Kim & Hwang (2013)은 교각 운동 시 양발을 벌림과 모음하여 수행하였을 때 반힘줄모양근에서 유의한 차이는 나타나지 않았다고 보고하여 본 연구와는 미세하게 다른 결과를 주장하였는데, 이러한 결과는 교각 운동이 스위스 볼 햄스트링 컬과 유사한 형태의 운동이지만 등척성 수축을 수행하기 때문에 운동 중 근육의 길이 변화가 비교적 적었기 때문으로 생각되어진다. 즉, 스위스 볼 햄스트링 컬 운동은 무릎관절의 폄과 굽힘을 통해 근육의 길이 변화가 나타나기 때문에 양발의 위치에 변화에 따라 유의한 결과가 나타난 것으로 생각되어진다. 더불어 본 연구의 결과는 이러한 결과는 스위스 볼 위에 양발을 넓은 간격으로 위치했을 때 기본 간격보다 비교적 불안정한 지지면으로 인해 양발이 공을 놓치지 않도록 공을 밖에서 안으로 누르는 힘과 양발을 내회전하는 힘이 발생하여 각 뒤넙다리근 중 내측에 위치한 반힘줄모양근의 근활성도가 증가한 것으로 사료된다.

그러나 넙다리두갈래근의 결과는 다소 의외라고 생각되어진다. 본 연구자는 연구 수행 전 무릎의 외회전에 작용되는 넙다리두갈래근이 양발의 외회전 자세에서 가장 큰 근활성도를 보일 것으로 예상하였다. 그러나 반힘줄모양근의 결과(내회전 위치>외회전 위치)와 다르게 넙다리두갈래근은 양발의 내회전과 외회전 위치에서 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 넙다리두갈래근의 형태학적 특성 때문이라고 생각되어진다. 즉, 넙다리두갈래근은 반깃근육 형태로 비교적 무릎 굽힘의 모멘트암이 짧지만, 엉덩관절의 폄에 중요한 역할을 한다(Hirose & Tsuruike, 2018; Bourne et al., 2018). 본 연구의 실험 동작에서는 연구대상자들에게 엉덩관절의 폄을 유지한 상태로 동작을 수행하라고 요구하였고, 따라서 동작 중 엉덩관절의 폄을 유지하기 위하여 넙다리두갈래 근육이 최대로 사용되었으며 이러한 결과는 무릎의 움직임에 제공할 수 있는 근력을 제한시켜 넙다리두갈래근이 양발의 위치에 따른 활성도 변화를 보이는데 어려움을 나타낸 것으로 생각되어진다.

CONCLUSION

본 연구에서는 스위스 볼 햄스트링 컬 운동 수행 시 양발의 위치의 변화가 효과적으로 반힘줄모양근과 넙다리두갈래근을 활성화시킬 수 있는지 알아보기 위해 본 연구를 실시하였다. 본 연구 수행 결과 양발을 내측회전과 넓은 간격에 위치하여 스위스 볼 햄스트링 컬 동작을 수행했을 때 반힘줄모양근의 근활성도가 높게 나타났으며 이러한 운동 방법이 반힘줄모양근을 선택적으로 트레이닝 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

또한 본 연구는 스포츠 현장과 트레이닝 현장에 뒤넙다리근을 선택적으로 강화할 수 있는 방법을 제시하는데 그 목적이 있었다. 본 연구를 수행한 결과 반힘줄모양근을 선택적으로 강화할 수 있는 방법은 확인하였으나, 현장에서 가장 부상이 빈번하게 발생하는 넙다리두갈래근의 선택적 강화 방법은 확인하지 못하였다. 이러한 결과는 실험 설계에서 넙다리두갈래근이 무릎관절의 굽힘보다는 엉덩관절의 폄에 더 영향을 미친다는 것을 간과한 연구자의 책임이 크다고 생각되어진다. 본 실험에서 연구자는 피험자들에게 동작을 수행하는 동안 엉덩관절의 폄을 유지하도록 지시하였고 유지되지 않았을 경우 실험 결과 분석에서 제외하였다. 그러나 스위스 볼 햄스트링 컬 동작의 단축성 수축 구간에서 엉덩관절의 굽힘과 폄을 추가하였다면 발의 위치에 따

른 넙다리두갈래근의 근활성도의 차이를 확인할 수 있었을 것이라고 생각되어진다. 따라서 추후 연구에는 이러한 미비점을 추가하여 연구를 수행할 필요가 있다고 생각되어진다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study is extracted from Yujin Jang's Master Thesis.

REFERENCES

Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *18*(1), 40-48.

Battaglia, G., Bellafiore, M., Caramazza, G., Paoli, A., Bianco, A. & Palma, A. (2014). Changes in spinal range of motion after a flexibility training program in elderly women. *Clinical Interventions in Aging*, *9*, 653-660.

Beuchat, A. & Maffiuletti, N. A. (2019). Foot rotation influences the activity of medial and lateral hamstrings during conventional rehabilitation exercises in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical Therapy in Sport*, *39*, 69-75.

Bourne, M. N., Timmins, R. G., Opar, D. A., Pizzari, T., Ruddy, J. D., Sims, C. & Shield, A. J. (2018). An evidence-based framework for strengthening exercises to prevent hamstring injury. *Sports Medicine*, *48*(2), 251-267.

Cael, C. (2010). *Functional anatomy. Musculoskletal Anatomy, Kinesiology and Palpation for Manual Therapists*. Logan: Jenson Books Inc.

Cuthbert, M., Ripley, N., McMahon, J. J., Evans, M., Haff, G. G. & Comfort, P. (2020). The effect of Nordic Hamstring Exercise intervention volume on eccentric strength and muscle architecture adaptations: a systematic review and meta-analyses. *Sports Medicine*, *50*(1), 83-99.

Garn, S. N. & Newton, R. A. (1988). Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Physical Therapy*, *68*(11), 1667-1671.

Hirose, N. & Tsuruike, M. (2018). Differences in the electromyographic activity of the hamstring, gluteus maximus, and erector spinae muscles in a variety of kinetic changes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(12), 3357-3363.

Hwang, Y. I., Moon, S. J. & Park, D. J. (2019). Electromyographic Analysis of Quadriceps and Hamstrings Co-activation during Hamstring Strengthening Exercises. *PNF and Movement*, *17*(3), 441-450.

Ji, Y. S. & Yoon, S. H. (2020). The Effect of Hip Flexor Flexibility on Performing the Conventional Deadlift, *Korea Journal of Sport Biomechanics*, *30*(3), 275-283.

Kawama, R., Takahashi, K. & Wakahara, T. (2020). Effect of Hip Joint Position on Electromyographic Activity of the Individual Hamstring Muscles During Stiff-Leg Deadlift. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*, S38-S43.

Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P. G., Rodgers, M. M. & Romani, W. A. (2005). Comparison of Hip Internal Rotation Angle in Chronic Low Back Pain Patients According to the Gender, Seoul: Hanmi Medical Publishing Co.

Kim, J. W. & Hwang, B. J. (2013). Comparison of Muscle Activity of Lower Limbs in Bridging Exercise according to Thigh Adduction-Abduction and Tibia Internal-External Rotation. *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy*, *19*(2), 61-66.

Kim, Y. W. (2013). Effects of Unilateral and Bilateral Movement on Muscle Strength and Activity During Maximum Contraction. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, *23*(2), 149-157.

Kim, J. H. & Yoon, S. H. (2021). Overhand Grip or Underhand Grip, which One is more effective on Conventional Deadlift., *Korea Journal of Sport Biomechanics*, *31*(2), 133-139.

Kisner, C., Colby, L. A. & Borstad, J. (2012). *Therapeutic exercise: foundations and techniques 7th Eds*. Philadelphia: Fa Davis.

Korea Sports Safety Foundation (2019). Investigation of Sports Safety Accidents in 2019. Retrieved from https://www.sportsafety.or.kr/front/main.do.

Medeiros, D. M., Cini, A., Sbruzzi, G. & Lima, C. S. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy Theory and Practice*, *32*(6), 438-445.

Ministry of Health and Welfare. (2019). Health statistics in 2019. Retrieved from https://www.sports.re.kr/front/board/bs/boardList.do?board_seq=74&menu_seq=865.

Monajati, A., Larumbe-Zabala, E., Goss-Sampson, M. & Naclerio, F. (2017). Analysis of the hamstring muscle activation during two injury prevention exercises. *Journal of Human Kinetics*, *60*, 29.

Safran, M. R., Seaber, A. V. & Garrett, W. E. (1989). Warm-up and muscular injury prevention an update. *Sports Medicine*, *8*(4), 239-249.

Schmitt, B., Tim, T. & McHugh, M. (2012). Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *7*(3), 333.

Vera-Garcia, F. J., Grenier, S. G. & McGill, S. M. (2000). Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, *80*(6), 564-569.

Wild, C. Y., Steele, J. R. & Munro, B. J. (2013). Insufficient hamstring strength compromises landing technique in adolescent girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *45*(3), 497-505.

Yoon, J. K. & Lee, J. H. (2005). Prevention and Treatment of Muscle Damage Induced by Eccentric Muscle Contraction. *Journal of Coaching Development*, *7*(4), 35-45.