KJSB Korean Journal of Sport Biomechanics 2020; 30(4): 311-319
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2020.30.4.311
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

The Study on Analysis of Muscle Activity during Sling Squat Exercise according to Rope Type

로프 타입에 따른 슬링을 이용한 스쿼트 운동 시 근육의 활성화 비교 분석

Hyun Ji Woo[1], Tae Kyu Kwon[2]

[1]Department of Healthcare Engineering, Jeonbuk National University, Jeonju, South Korea
[2]Division of Biomedical Engineering, Jeonbuk National University, Jeonju, South Korea

Received : 04 August 2020
Revised : 07 October 2020
Accepted : 27 October 2020

Corresponding Author
Tae Kyu Kwon
Division of Biomedical Engineering, Jeonbuk National University, 348Ho, 1 Building, 567, Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54896, South Korea
Tel : +82-63-270-4066
Fax : +82-63-270-4374
Email : kwon10@jbnu.ac.kr

Objective: The purpose of this study was to examine of this study is to study the effect of squat exercise on muscle activation in a sling device using various types of ropes and to propose an effective sling exercise method for strengthening the lower extremity strength.

Method: 20 adult male subjects (age: 25.2±2.4 yrs, height: 176.5±3.2 cm, weight: 77.2±4.5 kg) participated in this study. In the experiment, a total of four squats were conducted: squat [SE], sling squat using inelastic rope [IR], sling squat using elastic rope [ER], and sling squat using two elastic ropes [TER]. Squats were performed 5 times for each condition, and a 60-second break was given for each condition to minimize muscle fatigue. The activation of biceps brachii, rectus femoris, gastrocnemius, and tibialis anterior muscles was measured.

Results: It was found that the activation of all muscles was the lowest during the squat exercise [SE]. During the sling squat using inelastic rope [IR], the muscle activation of the biceps brachii was the highest. During the sling squat using elastic rope [ER], the activation of the rectus femoris, gastrocnemius, and tibialis anterior muscles was found to be the highest. In the sling squat using two elastic ropes [TER], most of the muscle activation was similar to that of the sling squat using inelastic rope [IR].

Conclusion: Our results of the experiment, it was found that sling squat exercise using elastic rope had a positive effect on the activation of all muscles. It is thought that performing a squat exercise under moderate weight load and unstable conditions, such as sling squat exercise using elastic rope, can increase the muscle activity of the lower limbs and perform more effective exercise effect than performing a conventional squat exercise under stable conditions. In the future, if research is conducted not only on adult men, but also on various ages and patients, it will be able to provide positive help in improving balance, stability and stamina through squat exercise.

Keywords: Sling exercise therapy, Squat, Elastic rope, CKC

INTRODUCTION

균형과 안정성은 스포츠 및 운동 수행을 비롯한 일상생활에 매우 중요한 부분으로(Cook, 2003) 최근 균형과 안정성 향상을 위한 효과적인 훈련도구로 불안정성을 제공하는 장치들이 인기를 끌고 있다(예: BOSU® Ball, Wobble Board®, RedCord, TRX) (Anderson & Behm, 2004; Behm, Anderson & Curnew, 2002; Kohler, Flanagan & Whiting, 2010; Marshall & Murphy, 2006). 불안정성을 제공하는 장치들은 운동역학적으로 운동의 부하를 증가시켜 더 높은 근육 활성화를 유도시킨다. 저항 강도 조절

Copyright © 2020 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.

을 통한 운동은 근위관절에 있는 안정화 근육들의 활성화를 조절하고 관절연골의 체액동역학(Fluid dynamics)을 증진시키는데 긍정적인 역할을 수행한다. 이 때 추가적으로 불안정성 제공 시 신경근 전달계(Neuromuscular system)를 자극하여 근육의 동시 수축을 증가시키며, 주동근과 길항근의 협력 수축을 통해 가동성과 안정성을 증대시킨다. 따라서 불안정성 제공을 통한 저항 강도 조절이 가능한 장치를 통한 운동은 약화되어 있는 근반사의 잠복시간을 개선하여 신경적 적응의 운동 단위 수 증가, 협력근과 안정근의 협응을 향상시켜준다(Behm et al., 2002; Verhagen et al., 2004). 불안정성을 제공하는 장치들 중 근래에 Sling, TRX와 같이 현수점의 원리를 이용하여 개인의 상태에 맞게 적절한 운동 강도 조절이 가능한 새로운 훈련 장비의 개발이 활발히 이루어지고 있다(Stray-Pedersen, Magnusen, Kuffel, Seiler & Katch, 2006; Seiler, Skaanes, Kirkesola & Katch, 2006; Dannelly, Otey et al., 2011).

슬링 운동 치료(Sling Exercise Therapy; S.E.T)는 1940년대 독일의 교수 톰슨(Thomson)이 근력이 약한 소아마비환자를 돕기 위한 치료방법으로 고안한 데에서 시작되었다. 그 후 1990년대 들어오며 북유럽의 노르웨이에서 현대과학이론과 기술을 통합하여 다양한 환자들이 이용할 수 있는 새로운 슬링 운동의 원리와 적용 기법이 개발되었다(Kirkesola, 2001). 슬링 운동 치료는 중력에 대한 저항 강도 훈련으로 불안정한 상태에서 두 개의 줄과 다양한 보조도구로 구성된 슬링 시스템을 이용한 체중에 따른 저항 운동이 가능하며(Eckstein, Hudelmaier & Putz, 2006) 지면과 중력에 대한 각도 저항 조절을 기본으로 하는 벡터 저항 원리, 지지면과 균형을 기본으로 하는 안정성 원리, 지렛대 원리를 기본으로 하는 진자의 원리 등 총 세 가지 원리를 기반으로 한다(Bettendorf, 2010).

슬링 운동의 가장 큰 장점은 닫힌 사슬 운동(Closed Kinetic Chain: CKC)을 통해서 안정화 운동과 신경근 조절 운동에 쉽게 접근할 수 있다는 것이다. 닫힌 사슬 운동은(CKC) 사지의 말단부는 고정하고 원위부를 외부 저항에 접하여 움직이는 방법의 운동으로 최근 물리치료 분야에서 닫힌 사슬 운동이(CKC) 안정화 운동과 신경근 조절 운동 그리고 근력 강화 운동에 효과적이며 쉽게 수행할 수 있고, 체간 안정화에 기여한다는 다양한 연구가 보고되고 있다(Kwon, Cho, Park & Kim, 2002). 슬링을 이용한 닫힌 사슬 운동은 점진적으로 부하를 적용할 수 있어 고유 수용성 감각과 근력을 향상시키는데 효과적이다(Dannelly et al., 2011).

닫힌 사슬 운동의(CKC) 대표적인 예로 스쿼트 운동이 있다. 스쿼트 운동은 여러 관절을 동시에 사용하는 저항 운동으로 체중을 지지한 자세에서 수행되기 때문에 주동근과 길항근의 협력 수축과 동적 안정성을 증가시킨다(Kisner & Colby, 2007). 또한 체중을 지지한 자세에서의 운동은 하지의 근육 동원 패턴을 촉진시키고, 고유 수용성 감각을 자극하여 다양한 일상생활에서의 외부 환경에 대해 자세 유지 능력을 증가시키는데 효과적이다(Selseth, Dayton, Cordova, Ingersoll & Merrick, 2000). 스쿼트 운동의 효과를 증가시키기 위한 방법으로 여러 가지 다양한 동적 운동(Dynamic Exercise)들이 적용되고 있는데, 그 중 무게 부하가 하지 근육의 강화에 효과적인 것으로 보고되었다(Cormie, McGuigan & Newton, 2010; Hansen & Cronin, 2009). 스쿼트 운동 시 무게 부하의 증가는 근육과 신경의 협응력을 증가시키고 근육의 활성화를 증가시키는 중요한 요소가 될 수 있으며(Hamlyn, Behm & Young, 2007), 무게 부하 증가에 따른 외발 스쿼트 운동 시 근육의 활성화가 효과적으로 증가였다는 연구 결과가 보고되었다(McCaw & Melrose, 1999). 스쿼트 운동의 효과를 증가시키기 위한 또 다른 방법으로는 지지면의 불안정성이 적용되고 있다. 불안정성을 제공하는 기기들을 활용한 저항 운동은 안정면에서의 저항 운동보다 체간 근육의 활성화를 증가시키는데 효과적이며(Kohler et al., 2010), 자세 조절과 동적 균형 능력을 증가시켜 몸통과 관절의 안정성에 관여하는 근육들을 강화시키는 것으로 보고되었다(Franklin, Osu, Burdet, Kawato & Milner, 2003; Lear & Gross, 1998; Park et al., 2003).

이와 같이 슬링 운동은 다양한 도구를 활용하여 저항의 강도 조절을 통한 전신의 근육부위를 발달시키기 위한 효과적인 운동 방법임에도 불구하고 관련된 선행연구를 살펴보면 코어 근육과 관련된 연구 결과와 단일 저항 조건에서 수행된 연구가 대다수인 것으로 보고되고 있다. 또한 대부분 기본 슬링 로프를 이용한 슬링 운동 여부에 따른 근육의 활성화에 대한 상호분석 비교에 대한 연구만이 진행되고 있는 실정이다. 이러한 결과들은 슬링 장치 운동이 불안정성을 기반으로 실시되는 운동이기 때문에 배속빗근, 배곧은근, 척추세움근, 앞톱니근 등 단순히 체간 및 코어 근육과 관련된 근육의 활성화를 중심으로 운동효과를 연구한 것으로 사료된다(Choi & Kang, 2013; De Mey et al., 2014). 따라서 슬링 장치에 다양한 보조 기구(로프, 벨트, 스트랩 등)를 활용하여 운동할 때 근육의 활성화에 대한 연구는 미흡한 상태이다. 특히 슬링 로프 장치의 다양한 탄성력에 따른 불안정성 조건 제공 시 근육 활성화를 중심으로 한 연구는 아직까지 보고가 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 다양한 종류의 로프를 활용한 슬링 장치에서의 스쿼트 운동이 근육 활성화에 미치는 영향에 대해 연구하고 하지 근력 강화에 효과적인 슬링 운동 방법을 제시하고자 한다.

METHOD

1. 연구대상자

본 연구는 근골격계, 신경계, 관절의 가동 범위가 모두 정상

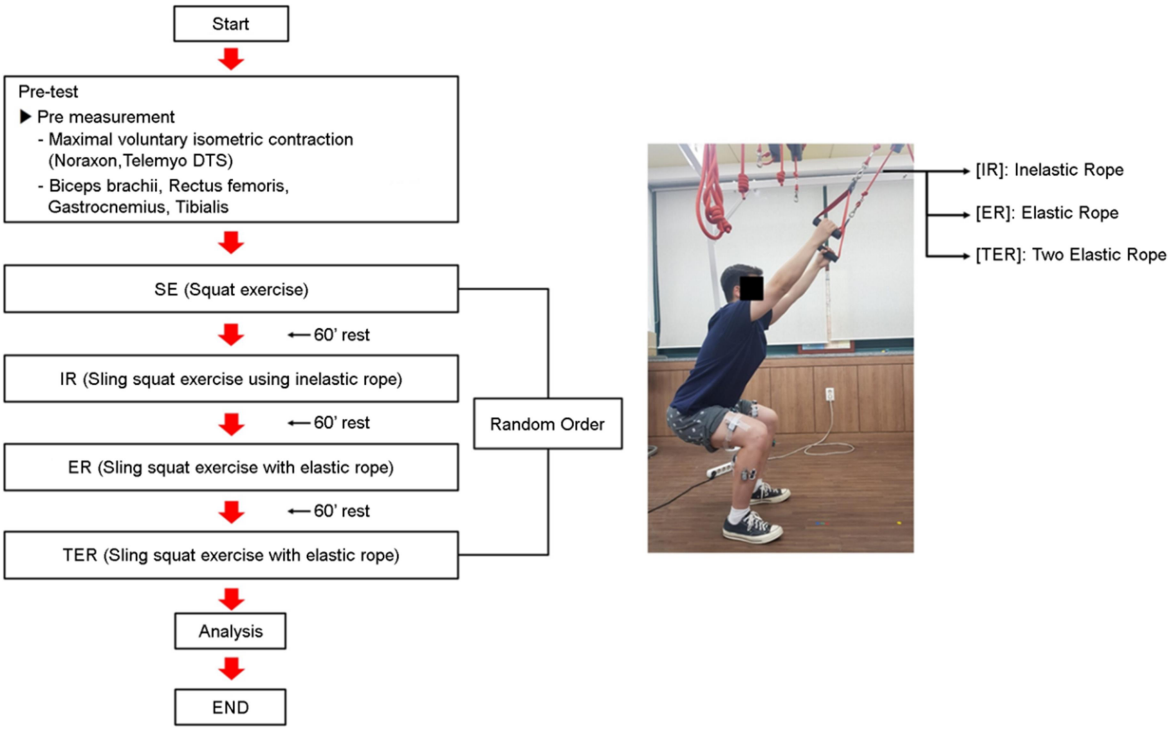

Figure 1. Diagram of the experimental procedure and procedure according to the rope conditions.

인 J시에 소재한 대학에 재학중인 건강한 성인 남성 20명으로 최근 1년간 근골격계 부상 경험이 없는 자를 대상(나이: 25.2±2.4세, 키: 176.5±3.2 cm, 몸무게: 77.2±4.5 kg)으로 실시하였다. 대상자들은 시험 전 24시간 동안 고강도 신체 활동을 자제한 후 실험에 참여하도록 요청 받았으며, 시험 전 3~4시간 동안 각성제(예: 카페인)를 섭취하지 않았다. 모든 대상자들은 연구의 목적과 실험의 전 과정에 대한 명확한 설명을 들은 후 자발적으로 서면 동의서에 서명한 후 실험에 참여하였다.

2. 실험절차

스쿼트 운동 시 슬링 장치(Newton 3D Sling, Easy Step Co., Korea)의 로프 종류에 따른 다양한 부하 조건에서 근육의 활성화를 비교하기 위해 실험이 수행되었다. 실험은 맨몸 스쿼트 운동(Squat exercise, [SE]), 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동(Sling squat exercise using inelastic rope, [IR]), 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동(Sling squat exercise using elastic rope, [ER]), 탄성 로프 2개를 이용한 슬링 스쿼트 운동(Sling squat exercise using two elastic ropes, [TER])으로 총 4가지 조건의 스쿼트 운동을 실시하였다. 4가지 조건에 따른 스쿼트 운동 순서는 순서에 따른 효과를 배제하기 위해서 무작위로 배정하였다. 스쿼트 운동은 다리를 어깨넓이의 1.5배로 벌린 후 무릎 각도가 90°가 되도록 하프 스쿼트를 수행했다. 이때 맨몸 스쿼트 운동은 양손을 앞으로 나란히 하고 수행하였고, 슬링 스쿼트 운동은 슬링의 로프가 느슨해지지 않도록 주의하여 핸들을 잡고 팔꿈치를 폈을 때 지면과 팔이 평행한 상태가 되도록 유지한 후 몸을 살짝 뒤로 눕혀 수행하였다. 스쿼트 운동은 2초 동안 내려가고 3초간 자세를 유지하고 2초 동안 올라오도록 메트로놈을 이용하여 속도를 일정하게 유지시켰다. 각 조건에 따라 스쿼트 운동은 총 5회씩 실시하였고, 근 피로를 최소화하기 위해서 매 조건마다 60초의 휴식시간을 부여하였다. 실험 동안 하지 근육의 활성화를 측정하기 위해 표면 근전도 검사(sEMG)가 사용되었으며, 위팔두갈래근(Biceps brachii), 넙다리곧은근(Rectus femoris), 장딴지근(Gastrocnemius), 앞정강근(Tibialis)에 각각 전극을 부착하였다(Figure 1).

3. 데이터 수집

표면 근전도는 무선근전도기(Telemyo DTS, Noraxon Co., USA)를 이용하여 측정하였으며, 위팔두갈래근(Biceps Brachii), 넙다리곧은근(Rectus Femoris), 장딴지근(Gastrocnemius), 앞정강근(Tibialis)에 각각 부착하였다. 측정 시 대상자의 피부저항으로 생기는 오차를 최소 범위로 줄이기 위해서 전극이 부착되는 표면을 알코올로 닦아내고 근섬유의 방향을 따라 도수 근력

검사 방법(Manual muscle test: MMT)을 이용하여 최대 근수축 유도 시 관찰되는 근육의 가장 중심에 부착하였다(Escamilla et al., 2009).

대상자들의 개인 근력의 차이로 인한 자료 분석 시 오류를 방지하기 위해서 최대 등척성 수축력(Maximal voluntary isometric contraction: MVIC)을 이용하여 정량화하였다. MVIC 측정은 Kendall의 도수 근력 검사 방법을 참고하였으며(Kendall, McCreary, Provance, Rodgers & Romani, 2005), 총 2분간 측정하였다. 위팔두갈래근의 MVIC 측정은 대상자의 위팔두갈래근의 수축 방향과 반대되는 부하를 아래팔에 가함으로써 측정되었으며, 넙다리곧은근의 MVIC 측정은 신전하는 넙다리곧은근의 방향과 반대되는 부하를 가함으로써 측정하였다. 장딴지근의 MVIC 측정은 앞발의 저측굴곡 방향과 반대되는 부하를 가함으로써 측정하였고, 앞정강근의 MVIC는 앞발의 배측굴곡 방향과 반대되는 부하를 가함으로써 측정하였다. MVIC 측정 전 사전 연습 충분히 수행하였으며, 측정 시 전극이 떨어지는 것을 방지하기 위해서 스폰지테이프(MWrap, Mueller, USA)를 사용하여 고정하였다.

4. 데이터 분석

측정된 모든 근전도 신호 데이터는 근전도 분석 프로그램(Noraxon MR3 3.14.52, Noraxon Co., USA)으로 분석하였으며 앉는 구간과 일어서는 구간을 포함한 전체 구간을 스쿼트 1회 동작으로 정의하였다. 분석은 총 5회 스쿼트 운동 수행 시 얻어진 자료에서 처음과 마지막 1회씩을 제외한 안정화된 3회의 근육의 활성화 분석하였다. MVIC 데이터(raw SWEMG)를 이용하여 필터링(FIR Filter, 20 Hz low frequency, 400 Hz high frequency)하고, 데이터 값을 정류(Rectification)한 다음, Smoothing (RMS algorithm, 200 ms window) 과정을 거쳐 진폭의 정규화(Amplitude nomarlization)를 통해서 저장하였다. 그리고 근전도 신호 데이터(raw EMG)를 MVIC와 동일한 과정으로 분석 후 진폭의 정규화(Amplitude nomarlization value from other records)를 하여 각각의 대상자들에 대한 EMG 신호 데이터의 평균값을 최대 등척성 수축(%MVC)으로 정규화 하여 표현하였다.

5. 통계 분석

통계 분석은 SPSS (Version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 각 조건에 따른 근육 활성화를 비교하기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 통계적 유의성이 검증 될 경우 사후 검정으로 Sheffe 방법을 이용하였으며, 통계적 유의수준은 α=.05로 하였다.

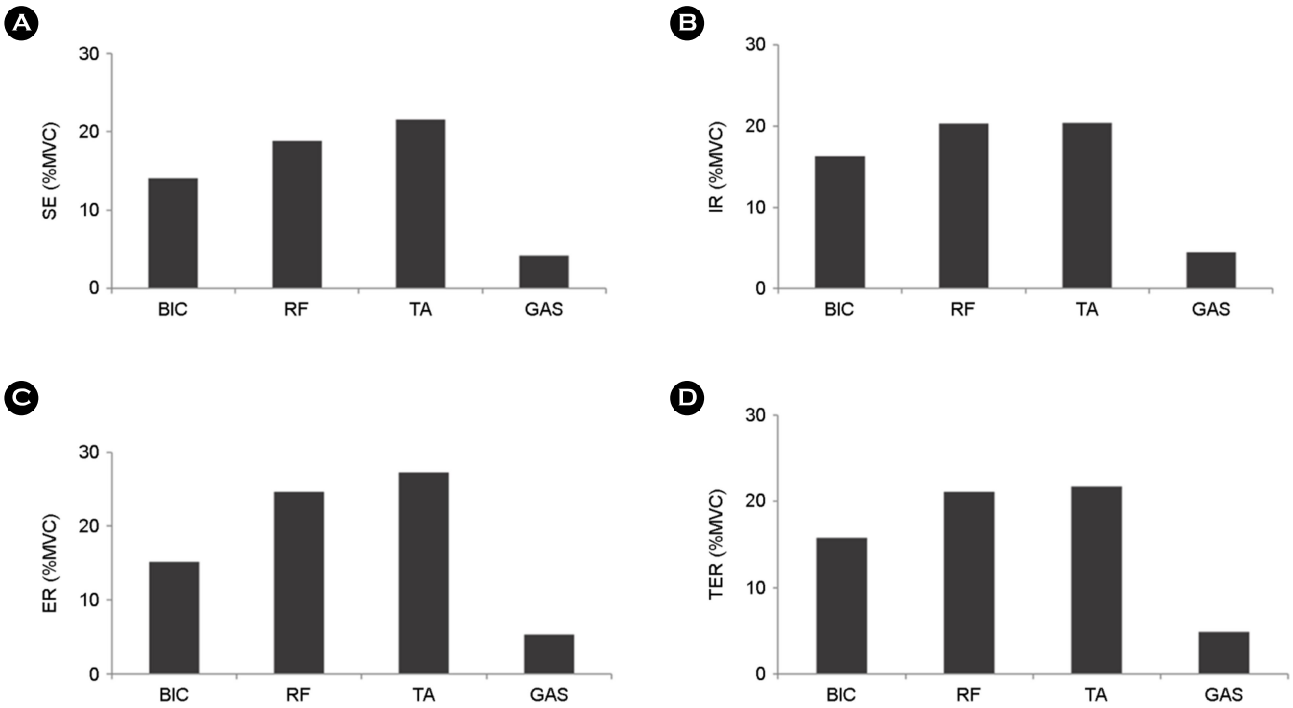

Figure 2. Comparative analysis of muscle activity by squat exercise according to conditions (A), SE: Squat exercise (B), IR: Sling squat exercise using inelastic rope (C) ER: Sling squat exercise using elastic rope (D), TER: Sling squat exercise using two elastic ropes.

RESULTS

1. 조건에 따른 스쿼트 운동별 근육 활성화 비교 분석

슬링 스쿼트 운동 시 슬링 장치의 로프 조건에 따른 근육의 활성화 평균의 차이에 대해 알아보았다(Figure 1). 맨몸 스쿼트 운동 시 근육 활성화 결과, 위팔두갈래근은 13.03±2.21 (%MVC)으로, 넙다리곧은근은 18.82±8.64 (%MVC), 앞정강근은 21.55±462 (%MVC), 장딴지근은 4.16±2.12 (%MVC)으로 나타났다. 맨몸 스쿼트 운동 시 다른 조건과 비교하여 모든 근육의 활성화가 가장 낮은 것으로 나타났다(Figure 2-A).

비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 근육 활성화 결과, 위팔두갈래근은 17.19±5.17 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동을 할 때 보다 15.39% 증가하였으며 4가지 조건에서의 운동 중 가장 큰 것으로 나타났다. 넙다리곧은근은 20.30±7.58 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동을 할 때 보다 7.86% 증가한 것으로 나타났다. 앞정강근은 20.35±4.75 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동을 할 때 보다 5.57% 감소하였으며 4가지 조건에서의 운동 중 가장 작은 것으로 나타났다. 장딴지근은 4.47±2.03 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트와 비슷한 것으로 나타났다(Figure 2-B).

탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 근육 활성화 결과, 위팔두갈래근은 15.18±6.45 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트와 비슷한 것으로 나타났다. 넙다리곧은근은 24.67±7.77 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동을 할 때 보다 31.10% 증가하였으며 4가지 조건에서의 운동 중 가장 큰 것으로 나타났다. 앞정강근은 27.24±8.43 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동을 할 때 보다 26.40% 증가한 것으로 나타났으며 4가지 조건에서의 운동 중 가장 큰 것으로 나타났다. 장딴지근은 5.36±2.03 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동을 할 때 보다 28.85% 증가한 것으로 나타났으며 4가지 조건에서의 운동 중 가장 큰 것으로 나타났다(Figure 2-C).

탄성 로프 2개를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 근육의 활성화 결과, 위팔두갈래근은 15.76±3.58 (%MVC)으로 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동과 비슷한 것으로 나타났다. 넙다리곧은근은 21.10±6.76 (%MVC)으로 슬링 스쿼트 운동과 비슷한 것으로 나타났다. 앞정강근은 21.72±8.33 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동과 비슷한 것으로 나타났다. 장딴지근은 4.90±2.24 (%MVC)으로 맨몸 스쿼트 운동을 할 때 보다 17.61% 증가한 것으로 나타났다(Figure 2-D).

2. 근육별 조건에 따른 스쿼트 운동 시 근육 활성화 비교 분석

각 근육별 조건에 따른 스쿼트 운동에 따른 근육의 활성화 평균의 차이가 있는지 알아보기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다(Table 1).

Table 1. Comparison of muscle activation according to muscle condition during squat exercise (unit: %MVC)

		M	SD	*F*	*p*
BIC	SE	13.03	2.21	0.70	0.55
	IR	17.94	7.03		
	ER	15.18	8.88		
	TER	15.76	4.93		
RF	SE	18.82	8.65	1.26	0.30
	IR	20.30	10.44		
	ER	24.67	10.71		
	TER	21.10	9.31		
GAS	SE	4.17	2.12	0.40	0.75
	IR	4.47	2.80		
	ER	5.36	2.80		
	TER	4.90	3.10		
TA	SE	21.55	4.63	1.13	0.35
	IR	20.35	6.54		
	ER	27.24	11.63		
	TER	21.71	11.48		

SE: Squat exercise, IR: Sling squat exercise using inelastic rope, ER: Sling squat exercise using elastic rope, TER: Sling squat exercise using two elastic ropes, BIC: Biceps brachii, RF: Rectus femoris, GAS: Gastrocnemius, TA: Tibialis Anterior

위팔두갈래근에서는 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 가장 높게 활성화 되었고 다른 조건에서는 비슷한 활성화를 나타냈다. 그러나 $F=0.70$, $p=0.55$로 유의수준이 0.05보다 크게 나타나면서 유의미한 차이는 나타나지 않았다(Figure 3-A).

넙다리곧은근에서는 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 가장 눈에 띄게 활성화 되었고 탄성 로프를 이용한 스쿼트 운동과 탄성 로프 2개를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 활성화가 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 $F=1.26$, $p=0.36$으로 유의수준이 0.005보다 크게 나타나면서 유의미한 차이는 나타나지 않았다(Figure 3-B).

장딴지근에서는 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 다른 조건에서의 스쿼트 운동 시 보다 약간 높게 활성화 되었고, 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동과 탄성 로프 2개를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 활성화가 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 $F=0.40$, $p=0.75$로 유의수준이 0.05보다 크게 나

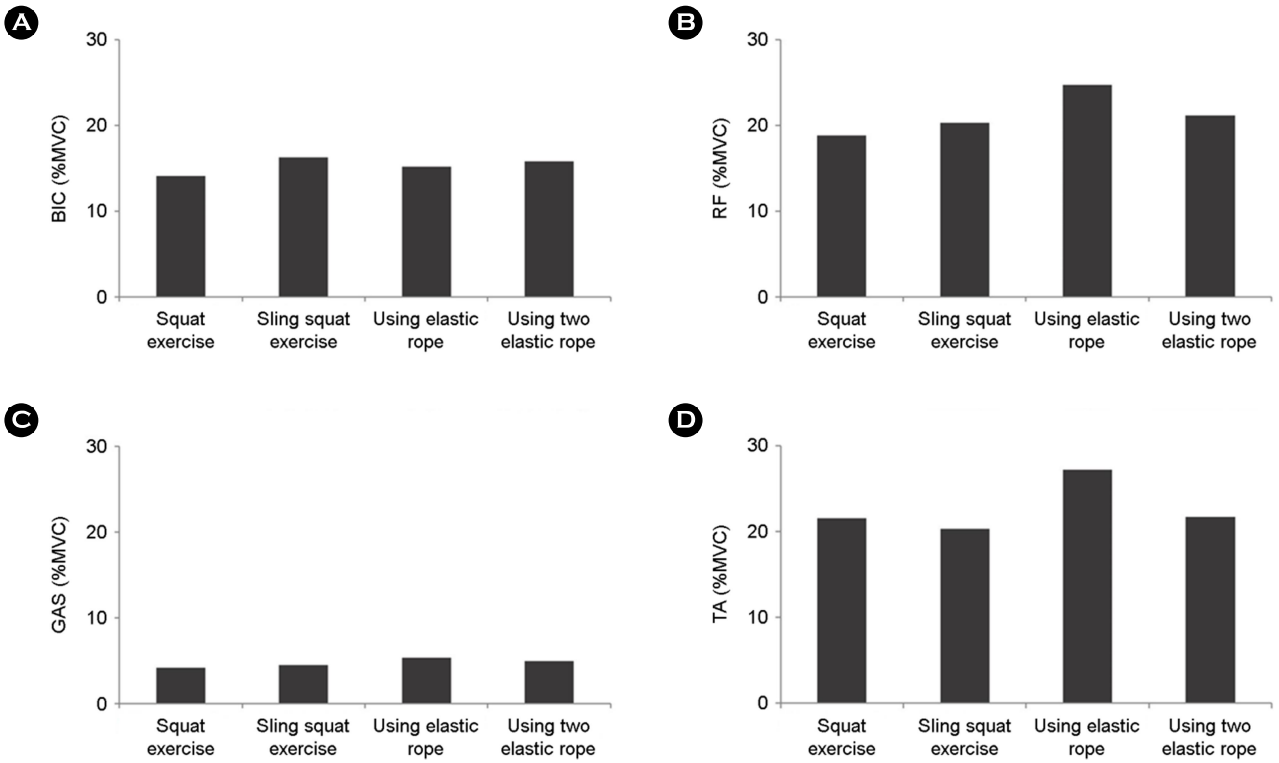

Figure 3. Comparative analysis according to conditions during squat exercise by muscle (A), BIC: Biceps brachii (B), RF: Rectus femoris (C), GAS: Gastrocnemius (D), TA: Tibialis anterior Statistical significance effects to the interaction were calculated using one-way ANOVA. Asterisk indicates a statistical difference between groups.

타나면서 유의미한 차이는 나타나지 않았다(Figure 3-C).

앞정강근에서는 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 가장 눈에 띄게 활성화 되었다. 전통적인 스쿼트 운동 시 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동과 탄성 로프 2개를 이용한 스쿼트 운동을 할 때 높게 활성화 되었다. 그러나 F=1.13, p=0.35로 유의수준이 0.05보다 크게 나타나면서 유의미한 차이는 나타나지 않았다(Figure 3-D).

DISCUSSION

본 연구는 전통적인 스쿼트 운동과 3가지 종류의 슬링 로프를 이용한 스쿼트 운동 시 근육 활성화의 비교 분석을 통해 효과적인 슬링 운동 방법을 제시하고자 실시되었다. 3가지 종류의 슬링 로프를 이용한 스쿼트 운동을 실시하여 전통적인 맨몸 스쿼트 운동과의 하지 근육 활성화를 비교한 결과, 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동에서 넙다리곧은근과 장딴지근, 앞정강근의 활성화에서 가장 높은 경향이 나타났다. 그 이유는 탄성 로프가 제공하는 불안정한 조건에서 스쿼트 자세를 유지하려면 신체의 동요를 증가시켜 균형을 유지하기 위한 보상으로 넙다리곧은근, 앞정강근의 활성화가 높은 경향을 나타난 것으로 사료된다. 또한 불안정한 조건에서의 스쿼트 운동 시 무릎에서의 관절각이 변화될 때 넙다리곧은근에서 중력에 수직으로 저항하는 힘을 생성하기 때문에 활성화가 높은 경향을 나타난 것으로 사료된다. 이러한 결과는 불안정한 조건에서의 스쿼트 운동은 고유 수용기와 대뇌의 운동기관을 자극하여 균형을 유지하려고 하는 능력을 극대화 시켜 코어 근육과 하지 근육의 활성화를 가져 온다고 한 선행연구와 같은 결과를 보였다(Saeterbakken, Tillaar & Fimland, 2011; Wilk et al., 1996). 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 근육의 활성화가 증가하는 경향이 나타났지만 유의미한 증가는 나타나지 않았는데, 이는 슬링 운동의 경우 대체적으로 상지의 저항을 이용함으로써 저항력의 변화가 크지 않아 일부 하지 근육에서 유의미한 증가가 나타나지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 운동의 유형과 조건에 따라 유의미한 효과를 나타내는 근육이 다르게 나타나므로, 모든 관절에서 유의미한 효과를 얻을 수 있도록 다양한 조건에서의 연구가 추가 진행되어야 한다고 본다.

또한 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동에서의 넙다리곧은근은 전통적인 스쿼트 운동과 비교하여 31.08% 증가하였고, 비탄성 로프를 이용한 스쿼트 운동과 비교하여 21.53% 증가

하였다. 앞정강근은 전통적인 스쿼트 운동과 비교하여 26.4% 증가하였고, 비탄성 로프를 이용한 스쿼트 운동과 비교하여 33.86% 증가하였다. 이는 보수볼 위에서 스쿼트 운동 수행 시 대퇴사두근과 대퇴이두근의 활성화 보다 앞정강근의 활성화가 더 증가하였다고 한 선행연구 결과(Behm, Leonard, Young, Bonsey & MacKinnon, 2005)를 참고할 때 불안정한 조건에서의 스쿼트 운동 시 주동근인 대둔근보다 발목과 하퇴 근육을 이용하여 자세를 유지하려는 것으로 생각된다.

스쿼트 운동 시 근육 활성화에 관한 연구는 자세변화에 따른 차이(Donnelly, Berg & Fiske, 2006), 저항 기구에 따른 차이(Lee et al., 2011), 저항 운동 시 소도구 종류에 따른 차이(Shin, Hong, Hong & Shin, 2013) 등 다양한 연구가 진행되었으나, 슬링 장치의 로프의 탄성 여부에 따른 근육 활성화 비교 분석에 대한 선행연구는 아직까지 진행되지 않았다. 따라서 본 연구에서 슬링 장치의 로프 종류에 따른 스쿼트 운동 시 위팔두갈래근에 미치는 영향에 대해 자세한 원인을 알기에는 한계가 있다. 스쿼트 하강 동작 시 부하가 있는 경우에 하지 근육 활성화가 유의하게 증가하였다는 선행연구 결과(McBride, Cormie & Deane, 2006; Anderson & Behm, 2004)를 바탕으로 부하가 가장 큰 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 조건에서 부하에 저항하는 힘이 위팔두갈래근에 작용하여 가장 큰 근육 활성화가 나타난 것으로 사료된다. 또한 위팔두갈래근은 어깨를 굴곡시키는 앞으로 나란히 동작을 수행하는데 보조적인 역할을 하는 근육으로 양손을 앞으로 뻗은 채로 수행한 맨몸 스쿼트 운동 시에도 약간 활성화 되어 다른 조건과 비교하였을 때 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 판단되었다.

본 연구에서 슬링 로프에 따른 스쿼트 운동 시 나타나는 근육의 활성화를 비교 분석한 결과, 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동이 전통적인 스쿼트 운동과 슬링 스쿼트 운동보다 근육의 활성화가 높은 경향을 나타났다. 특히 넙다리곧은근과 앞정강근에서 가장 많이 증가하였는데, 이는 불안정한 조건에서의 운동이 주동근과 길항근의 협력을 촉진하여 관절 복합체를 빠르게 강화하고 보호하기 위해 근육의 활성화가 높아진 것으로 사료된다. 그러나 계속적인 길항작용은 의도된 운동 방향에 반대하여 근력의 발달에 부정적인 영향을 줄 수 있다는 선행연구(Behm et al., 2002; Drinkwater, Pritchett & Behm, 2007)에 따라 탄력 로프를 이용한 스쿼트 운동이 스포츠 컨디션이 프로그램에 효과적이기 보다는 선택적인 근육의 강화를 위한 훈련 재활 프로그램에 유용할 것이라고 판단된다.

CONCLUSION

본 연구는 다양한 종류의 로프를 활용한 슬링 장치에서의 스쿼트 운동 시 위팔두갈래근, 넙다리곧은근, 장딴지근, 앞정강근의 근육 활성화에 어떤 영향을 주는지 알아보고자 젊은 성인 남성 20명을 대상으로 전통적인 스쿼트 운동, 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동, 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동, 탄성 로프 2개를 이용한 슬링 스쿼트 운동을 수행하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 위팔두갈래근을 제외한 모든 근육에서 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 활성화가 증가하는 경향이 나타났다. 특히 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동에서 넙다리곧은근과 앞정강근이 가장 많이 증가하는 경향이 나타났지만 이는 유의미하지 않은 것으로 나타났다.
2. 위팔두갈래근에서는 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동 시 활성화가 증가하는 경향이 나타났지만 나타났지만 이는 유의미하지 않은 것으로 나타났다.
3. 모든 근육에서 비탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동과 탄성 로프 2개를 이용한 슬링 스쿼트 운동에서 비슷한 활성화를 보였다.

따라서 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동이 모든 근육의 활성화에 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. 탄성 로프를 이용한 슬링 스쿼트 운동처럼 적당한 무게 부하와 불안정 조건에서 스쿼트 운동을 실시하는 것이 안정적인 조건에서 전통적인 스쿼트 운동을 실시하는 것보다 하지의 근육 활성화를 증가시켜 더 효과적인 운동 효과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다. 향후 성인 남성뿐만 아니라 다양한 연령, 환자들을 대상으로 연구가 수행된다면 스쿼트 운동을 통한 균형 및 안정성 능력 향상, 체력 향상 등에 긍정적인 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다. 본 연구의 제한점으로는 연구의 대상자가 건강한 성인 남성을 대상으로 이루어져 슬링 치료를 이용하는 환자들에게 일반화하기 어렵다는 점과, 스쿼트 운동 시 영향을 받을 것으로 생각되는 체간 근육 및 대둔근 등 다양한 하지 근육에 대한 활성화 측정이 수행되지 못했다는 점이 있다. 따라서 추후 연구에서 다양한 근육의 활성화와 저항 각도 제공을 통해 효과적인 슬링 운동 방법을 제공하는 연구가 필요할 것으로 사료되며, 상승국면과 하강국면으로 나누어서 분석하는 등 추가적인 분석 방법 이용 시 동작에 따른 근육의 활성화에 대한 보다 세밀한 근거를 제공 할 수 있을 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Public Institution-linked Regional Industry Promotion Project through the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) (P0004793, Establishing Open LAB ecosystem to solve social problems connected with local community).

REFERENCES

Anderson, K. G. & Behm, D. G. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(3), 637-640.

Behm, D. G., Anderson, K. & Curnew, R. S. (2002). Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *16*(3), 416-422.

Behm, D. G., Leonard, A. M., Young, W. B., Bonsey, W. A. C. & MacKinnon, S. N. (2005). Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(1), 193-201.

Bettendorf, B. (2010). TRX suspension training bodyweight exercises: scientific foundations and practical applications. *San Francisco: Fitness Anywhere Inc.*

Choi, Y. & Kang, H. (2013). The effects of sling exercise using vibration on trunk muscle activities of healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science*, *25*(10), 1291-1294.

Cook, G. (2003). *Athletic body in balance*. Human kinetics.

Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*, 1582-1598.

Dannelly, B. D., Otey, S. C., Croy, T., Harrison, B., Rynders, C., Hertel, J. & Weltman, A. (2011). Effectiveness of Traditional and Sling Exercise Strength Training in Novice Women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*, S81-S82.

Dannelly, B. D., Otey, S. C., Croy, T., Harrison, B., Rynders, C. A., Hertel, J. N. & Weltman, A. (2011). The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(2), 464-471.

De Mey, K., Danneels, L., Cagnie, B., Borms, D., T'Jonck, Z., Van Damme, E. & Cools, A. M. (2014). Shoulder muscle activation levels during four closed kinetic chain exercises with and without Redcord slings. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(6), 1626-1635.

Donnelly, D. V., Berg, W. P. & Fiske, D. M. (2006). The effect of the back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *16*(3), 428-432.

Drinkwater, E. J., Pritchett, E. J. & Behm, D. G. (2007). Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *2*(4), 400-413.

Eckstein, F., Hudelmaier, M. & Putz, R. (2006). The effects of exercise on human articular cartilage. *Journal of Anatomy*, *208*(4), 491-512.

Escamilla, R. F., Lewis, C., Bell, D., Bramblet, G., Daffron, J., Lambert, S. & Andrews, J. R. (2009). Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *40*(5), 265-276.

Franklin, D. W., Osu, R., Burdet, E., Kawato, M. & Milner, T. E. (2003). Adaptation to Stable and Unstable Dynamics Achieved By Combined Impedance Control and Inverse Dynamics Model. *Journal of Neurophysiology*, *90*(5), 3270-3282.

Hamlyn, N., Behm, D. G. & Young, W. B. (2007). Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*, 18-1112.

Hansen, K. & Cronin, J. (2009). Training loads for the development of lower body power during squatting movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*, 17-33.

Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P. G., Rodgers, M. & Romani, W. A. (2005). Muscles, testing and function: with posture and pain. Lippincott Williams & Wilkins Publication.

Kisner, C. & Colby, L. A. (2007). *Therapeutic Exercise Foundations and Techniques 5th ed.* FA Davis Company.

Kohler, J. M., Flanagan, S. P. & Whiting, W. C. (2010). Muscle activation patterns while lifting stable and unstable loads on stable and unstable surfaces. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(2), 313-321.

Kirkesola, G. (2001). Sling exercise therapy (SET): a total concept for exercise and active treatment of musculoskeletal disorders. *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy*, *7*(1), 87-106.

Kwon, J. H., Cho, M. J., Park, M. C. & Kim, S. Y. (2002). Cervical stabilization exercise using the sling system. *The Journal of Korean Academy of Orthopecic Manual Therapy*, *8*(2), 57-71.

Lear, L. J. & Gross, M. T. (1998). An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, *28*(3), 146-157.

Lee, S. D., Lee, J. H., Park, E. J., Lee, K. K., Son, J. H., Ryu, J. J. ... & Kim, S. B. (2011). Kinematic, Kinetic and EMG pattern during Squat Exercise in Smith Machine with Different Loads. *Korean Journal of Sport Science*, *22*(2), 1884-1893.

Marshall, P. W. & Murphy, B. A. (2006). Increased deltoid and abdominal muscle activity during Swiss ball bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *20*(4), 745-750.

McBride, J. M., Cormie, P. & Deane, R. (2006). Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(4), 915.

McCaw, S. T. & Melrose, D. R. (1999). Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *31*(3), 428-436.

Park, J. S., Joo, Y. S., Choi, Y. S., Cheong, M. A., Ha, H. K., Jung, I. S. ... & Choi, Y. K. (2003). Frequency of vertebral compression fractures in spinal osteoarthritis parients I relation to bone mineral density. *Journal of Rheumatic Diseases*, *10*(1), 45-52.

Saeterbakken, A. H., Tillaar, R. & Fimland, M. S. (2011). A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements. *Journal of Sports Sciences*, *29*(5), 533-538.

Seiler, S., Skaanes, P. T., Kirkesola, G. & Katch, F. I. (2006). Effects of Sling Exercise Training on Maximal Clubhead Velocity in Junior Golfers: 1781Board# 154 2:00 PM-3:00 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *38*(5), S286.

Selseth, A., Dayton, M., Cordova, M. L., Ingersoll, C. D. & Merrick, M. A. (2000). Quadriceps concentric EMG activity is greater than eccentric EMG activity during the lateral step-up exercise. *Journal of Sport Rehabilitation*, *9*(2), 124-134.

Shin, Y. A., Hong, S. M., Hong, A. L. & Shin, U. S. (2013). The Comparison of Upper and Lower Muscle Activity according to Different Resistances: Barbell, Elastic Tubing and Gym Stick. *Journal of Coaching Development*, *15*(2), 105-113.

Stray-Pedersen, J. I., Magnusen, R., Kuffel, E., Seiler, S. & Katch, F. I. (2006). Sling Exercise Training Improves Balance, Kicking Velocity, and Torso Stabilisation Strength in Elite Soccer Players: 1611Board# 250 9:30 AM-10:30 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *38*(5), S243.

Verhagen, E., Van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R. & Van Mechelen, W. (2004). The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, *32*(6), 1385-1393.

Wilk, K. E., Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Andrews, J. R. & Boyd, M. L. (1996). A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *The American Journal of Sports Medicine*, *24*(4), 518-527.