Journal of The Korean Society of Physical Medicine, 2013; 8(4): 647-653
http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2013.8.4.647
Online ISSN: 2287-7215
Print ISSN: 1975-311X

Research Article

Open Access

짐볼과 벽면을 이용한 스쿼트 운동이 하지근 활성도에 미치는 영향

오태영†
신라대학교 의생명과학대학 물리치료학과

The Effects of Squatting Exercise with Gym Ball and Wall on Lower Extremity Muscles Activation

Tae-Young, Oh, PT, Ph.D†
Department of Physical Therapy, Medical Life college, Silla University

Received: October 11, 2013 / Revised: October 31, 2013 / Accepted: November 8, 2013
ⓒ 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to compare the lower extremities muscle activation between squatting exercise with gym ball and wall for improving muscle strengthening in lower extremities.

METHODS: Participants were 21 university students (males 10, females 11) who didn't have any problem with orthopedic surgery. Participants performed squatting exercise with gym ball and wall. Squatting exercise with gym ball were performed using by gym ball behind back, and the gym ball were fixed in back and wall. We asked participants to push back the gym ball slightly to prevent fall of ball. Wall squatting exercise, we ask participants to contact their back in wall slightly in order to prevent trunk flexion during performed squatting exercise. Each squatting exercise had performed until knee joint were flexed at 60 degree, and maintained five seconds. We collected data from E.M.G of Biceps femoris, Gastrocnemius, Vastus medialis and lateralis, Tibialis anterior of lower extremity in isometric phase of knee joint angle 60 degree of each squatting exercise. We analysed data using by ANOVA and independent t-test of SPSS PC ver.20.0 in order to compare the muscle activation between squatting exercise with gym ball and wall.

RESULT: All of lower extremities muscle activation showed more higher value in squatting exercise with gym ball than squatting exercise with wall, especially there was significantly difference of muscle activation in vastus medialis, tibialis anterior between squatting exercise with gymball and with wall.

CONCLUSION: On comprehensively considering the results of the present study, we suggested that squatting exercise with gym ball was more effective method improving lower extremity muscle strengthening

Key Words: Squatting exercise, Gym ball, Muscle activation.

†Corresponding Author : ohtaeyoung@silla.ac.kr

Ⅰ. 서 론

오늘날 경제적 여건과 생활수준의 향상으로 건강에 대한 관심 및 욕구가 커지는 현실에 따라 사람들의 여가 스포츠 활동 및 운동에 대한 실천과 관심이 커지고 있다고 하였다(Jeong, 2006).

건강한 삶을 위한 체력 증진에는 심폐지구력, 근력,

근지구력과 같은 요소들이 포함되어야 하는데, 근력과 지구력을 증가시킬 수 있는 웨이트 트레이닝은 전반적인 체력증진에 주요한 역할을 한다고 하였다(Lee 등, 2004).

근육수행능력의 중요한 요소에는 근력, 일률, 지구력 등이 있으며, 저항운동은 근육이 빈약한 성인의 근력을 증가시킬 수 있는 안정적이고 효과 방법이라고 하였다(Peterson 등, 2010). 근력 증가를 위한 저항 운동은 자기 체중을 이용한 운동 방법과 중량기구를 이용한 운동방법을 통해 다양한 형태의 운동이 가능하다고 하였다(Kwon 등, 2012). 특히 체중 부하를 이용한 닫힌사슬 운동은 사지의 원위부는 고정되어 있는 상태에서 근위부와 원위부에서 저항을 동시에 적용할 때 일어나는 운동이며(Prince, 1999), 두 발 또는 두 손이 지면이나 기계 그리고 다른 운동 기구, 장비나 물체와 서로 고정되어 있는 상태에서 움직이는 관절 축이 여러 개이며 두 개 이상의 분절이 동시에 움직이고, 다관절, 다방향 운동으로 분절 간, 불절 내, 근육 간, 근육 내 협응 운동을 유발하여 운동을 기능적으로 할 수 있는 특징이 있다고 하였다(Kim, 2007).

체간 안정성과 더불어 신체분절의 움직임을 조절하는 하지 근력은 체간을 지지하며 보행에 주된 능동적 역할을 한다고 하였다(Bohannon, 1995). Sharp 와 Brouwer(1997)는 하지의 근력 강화 트레이닝을 통해 슬관절의 신전력이 증가되고 이러한 하지 근력의 증가는 보행 속도 증가와 밀접한 관련성을 가지므로 근력 강화운동이 중요하다고 주장하였다.

하지의 대표적인 근력운동으로 스쿼트 운동을 들 수 있는데, 이 운동은 내외측 광근, 대퇴이두근, 비복근 등의 근력에 많은 영향을 미친다고 하였다(Consitt 등, 2002). 스쿼트 운동은 대퇴 근육군 형성에 중요한 운동이며, 체중지지를 통한 대퇴사두근의 근력강화는 비체중지지운동 보다 많은 관절의 움직임이 요구되며, 근육동원의 기능적 패턴을 촉진시키고, 고유수용성감각을 자극하므로 보다 효율적이라고 하였다(Selseth 등, 2000).

스쿼트 운동은 닫힌 사슬 운동의 대표적인 예로서 발목관절 굴곡과 슬관절 굴곡, 고관절의 굴곡을 동시에 일으키고 관절 압박과 협력수축을 통하여 경대퇴관절의 전단력을 감소시킨다고 하였으며(Palmitier 등, 1991), 스쿼트 운동 시 슬관절의 굴곡 각도에 따라 서로 다른 효과를 제시하고 있으며(Grelsamer 와 Klein, 1998; Earl 등, 2001; Isear 등, 1997; Steinkamp 등, 1993; Tang 등, 2001), Cook 등(2001) 등은 다양한 경사면에서의 스쿼트 운동은 서로 다른 근활성도를 초래한다고 하였고, Yoo 등(2004)은 하퇴의 돌림정도와 슬관절 굴곡 각도에 따라 서로 다른 결과를 가져다 준다고 하였다.

Earl 등(2001)은 일반적인 스쿼트 운동과 스퀴즈 스쿼트(squeezing squat) 운동을 실시하여 하지의 근력 개선을 비교하였으며, Kim 과 Song(2010)은 스쿼트 운동 시 슬관절의 굴곡 각도와 하퇴의 회전 각도를 서로 다르게 함에 따라 하지 근활성도의 변화를 연구하였으며, Graci 등(2012)은 한쪽 다리 스쿼트 운동 시 성별에 따른 체간, 골반, 하지의 운동학적 분석을 연구하여 스쿼트 운동의 다양성에 따라 서로 다른 하지 근육의 활성도를 나타내고 있음을 보고 하였다.

특히 Kim(2012)은 다양한 스쿼트 운동 즉, 벽면을 이용한 스쿼트 운동, 두 무릎 사이에 짐볼을 끼운 상태의 스쿼트 운동, 슬관절의 굽힘 각도 변화 등의 변인을 제공하였을 때 하지 근활성도의 변화를 연구하였으며, 최근 Barton 등(2013)은 짐볼을 이용한 스쿼트 운동 시 대둔근과 중둔근에 미치는 영향에 대해서 연구한 결과에서 짐볼을 이용한 한쪽 다리 스쿼트 운동(single suqatting exercise with swiss ball)이 대둔근과 중둔근의 근활성도가 높아진 것으로 보고하였다.

따라서 스쿼트 운동은 단순하고 제한된 운동이 아니라 슬관절의 굴곡 각도, 하퇴의 회전각도, 하지의 벌림정도, 벽면에 기댄 상태, 한발 서기 스쿼트 등 다양하게 수정하여 실시할 수 있다는 것이다. 또한 다양한 스쿼트 운동은 서로 다른 근활성도를 나타냄으로서 목적한느 근육의 활성도를 개선하기 위해서 특정한 스쿼트 운동을 실시하는 것이 더욱 더 효율적이라는 것이 사실이다.

위에서 살펴본 것처럼 다양한 스쿼트 운동의 효과를 알아보기 위해 본 연구에서는 벽면을 이용한 스쿼트 운동과 벽면과 요추부 사이에 짐볼을 적용한 스쿼트 운동의 차이를 하지 근활성도를 변화를 통하여 알아보고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상 및 연구 기간

본 연구에서는 부산의 S대학의 20대 정상 성인 남자 11명, 여자 11명이 참여하였다. 대상자들은 정상적인 운동이나 보행에 영향을 미칠 수 있는 요소가 전혀 없는 자들로, 선정 조건은 상지와 하지에 근골격계 질환이 없고 다리나 발의 구조적인 이상이 없는 자로 하였다. 본 연구는 2012년 11월부터 2013년 2월까지 수행되었다.

2. 실험방법

1) 측정방법

본 연구에서는 짐볼을 이용한 스쿼트 운동과 벽면을 이용한 스쿼트 운동 시 하지근활성도를 측정하기 위해 Keypoint(MedTronic, USA) 표면근전도 기기를 이용하였다. 각 운동별로 우측 하지의 대퇴이두근, 내외측 비복근, 내외측 대퇴광근, 전경골근 등에 표면전극을 부착하였으며, 접지전극은 우측 족관절의 양쪽 복사뼈에 부착하였다. 6채널을 이용하였으며, 샘플링 주파수는 200Hz로 설정하였다. 스쿼트 동작 후 슬관절이 60도가 되는 위치에서 5초간 정적 수축 시간을 가지게 하였으며, 이 때 정적 수축 근전도 값을 3초간 측정하였다.

2) 스쿼트 운동 방법

본 연구에서는 운동 실시 전 대상자들에게 앞으로 실시하게 될 운동 방법에 대해 사전에 설명과 시연을 보여 준 후 대상자들에게 숙지케 한 후 실시하였으며, 운동 시작 전 약 5분 간 준비 운동을 실시하였다.

스쿼트 운동은 양발의 뒤꿈치가 지면에 닿게 한 후 어깨 넓이로 양발을 벌리고 편안하게 벽, 볼에 기대어 선 자세에서 안정이 되면 구령에 맞춰 체간을 똑바로 세우고 팔은 체간을 안 듯이 붙인 상태에서 관절 각도계를 이용하여 슬관절을 60도에 이를 때 까지 굽히고 5초를 유지한 다음 다시 일어서게 하였다(Fig 1).

Fig 1.

Fig 2.

벽면 스쿼트 운동은 대상자의 등과 벽이 1~2cm 정도 간격을 두도록 자세를 설정하였으며, 체간이 앞으로 구부려지지 않도록 하였다. 짐볼 스쿼트 운동은 대상자가 짐볼을 가볍게 밀도록 하여 벽과 등 사이에서 떨어지지 않도록 한 상태에서 실시하였으며, 상지는 벽면 운동과 마찬가지로 체간을 안 듯이 붙인 상태에서 실시하였다(Fig 2).

각각의 스쿼트 운동에서 무릎이 벌어지지 않고 직선으로 굽혀지도록 대상자에게 주의하도록 하였으며, 4~5차례의 사전 연습을 실시하였으며, 근전도 측정 시에는 1회 운동 후 30초의 휴식 시간을 갖고 한 번 더 측정하여 총 2회 운동을 실시하였으며, 짐볼 운동과 벽면 운동 사이에 충분한 휴식 시간을 제공하였다.

3. 자료 분석

수집된 자료는 SPSS ver. 20.0 을 이용하여 각 운동의 하지근활성도를 일원배치분산분석과 Duccan 사후검정을 통하여 알아 보았으며, 벽면 스쿼트 운동과 짐볼 스쿼트 운동의 차이를 비교하기 위해 독립 검정 t-검정을 실시하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 정상 성인 남자 10명, 여자 11명이 참여하였고, 평균 연령은 20.90±0.30세, 신장은 평균 169.09±8.61cm 이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

N	Sex	Age (years) (Mean±SD)	Height (cm) (Mean±SD)
21	male 10 female 11	25.04±3.76	175.54±6.05

2. 스쿼트 운동 방법에 따른 근활성도 차이

본 연구는 벽면과 짐볼을 이용한 스쿼트운동의 차이를 하지 근활성도를 통해 알아보았다. 벽면 스쿼트 운동 시 각 근육의 활성도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으나($p<.05$), 짐볼 스쿼트 운동 시에는 각 근육의 근활성도의 차이를 나타내지 않았다<Table 2>.

벽면 운동에서는 외측광근이 가장 높았으며, 전경골근과 내측 비복근이 가장 낮게 나타나 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으나, 짐볼 운동 군에서는 모든 근육의 활성도가 벽면 운동 시 보다 높게 나타나 근육간의 차이를 나타내지 않았다.

또한 벽면 운동과 짐볼 운동의 근활성도 차이를 알아본 결과 짐볼 운동군의 모든 근 활성도가 벽면 운동군보다 더 높게 나타났으며, 특히 전경골근의 근활성도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)<Tabel 2>.

Table 2. The comparison of muscle activation of lower extremities

	Wall	Gym ball	t-value	p
	Mean±SE	Mean±SE		
Vastus lateralis	112.29±108.72[b]	140.67±112.06	-.83	.41
Vastus medialis	89.00±48.75	164.71±160.05	-2.07	.05
Tibialis anterior	50.90±42.37[a]	131.86±114.06	-3.05	.00*
Biceps femoris	81.81±68.72	87.10±68.14	-.25	.80
Gastrocnemius lateralis	54.95±39.46[a]	94.05±156.54	-1.11	.28
Gastrocnemius medialis	96.19±78.90	95.90±79.96	.01	.99
F	2.92	1.56		
p	.02	.18		

*p<.05
a, b = Duncan

Ⅳ. 고 찰

하지 근력 운동은 많은 하지 근육의 손상을 예방하거나 치료하기 위해 매우 중요한 중재방법이라고 하였다(Powers, 2010). 현재 시행되고 있는 무릎 재활훈련이나 하지 근력 강화 운동은 대개 열린 사슬운동이 많으며, 이에 반해 닫힌 사슬 운동은 슬관절의 압박력을 감소시켜 여러관절의 움직임에 의한 기능적인 근동원 패턴을 제공할 수 있다고 하였다(Grelsamer 와 Klein, 1998).

특히 하지의 대표적인 닫힌 사슬운동으로 근력강화를 목표로 할 수 있는 운동으로 스쿼트 운동이 있는데 이 운동은 내측광근, 외측광근, 대퇴이두근, 장딴지근의 근력에 많은 영향을 미친다고 하였다(Consitt 등, 2002).

본 연구에서도 벽면을 이용한 스쿼트 운동과 짐볼을 이용한 스쿼트 운동이 하지 근활성도에 미치는 영향을 알아보기 위해 내외측 광근, 대퇴이두근, 내외측 비복근, 전경골근 등 6개의 하지 근의 활성도를 측정하였다. 이는 스쿼트 운동으로 근력 개선이 가능한 근육을 알맞게 지정한 것으로 사료되며, 이들 근육의 분석이 본 연구의 목적과 일치한다고 할 수 있다.

Lee(2008)는 웨이트 트레이닝을 위한 스쿼트 운동 시 스쿼트의 앉는 깊이에 따라 하프 스쿼트(haflf squat), 패러럴 스쿼트(parallel squat), 풀스쿼트(full squat)로 구분된다고 하였으며, Escamilla 등(2001)은 스쿼트 운동은 슬관절 40도(semisquatting), 70-100도(half squatting), 100도 이상(deep squatting)으로 구분될 수 있으며, 지속적으로 반복하는 것이라고 하였다. Yoo 등(2004)은 스쿼트 운동 시 5개의 하지 복합 자세에 따라 내외측 광근의 근활성도에 미치는 영향을 연구한 보고에서 슬관절의 굴곡 자세를 45도로 설정하였으며, Barton 등(2013)은 스쿼트 운동 시 스위스 볼 사용 유무에 따른 둔근의 근활성도 연구에서 슬관절을 90도 굴곡에서 연구하였다.

본 연구에서는 슬관절을 60도 굴곡으로 설정하여 연구를 진행하였으며, 이는 하프 스쿼트 운동으로 이해될 수 있으며, 정적으로 슬관절을 60도 굴곡으로 유지하였을 때 근활성도를 측정하였다.

Dionisio 등(2008)은 스쿼트 운동 시 체중이 부하되면서 내려가는 동안 근전도 패턴을 측정한 연구에서 슬관

절을 40도와 70도 굴곡으로 구분하여 실시하였으며, 하지 근활성도는 슬관절 각도에 상관없이 각각의 목표 각도에 다다를 때 내측광근, 외측광근, 대퇴직근의 순으로 근활성도가 높았다고 하였다.

본 연구에서는 슬관절 60도 굴곡에서 벽면 스쿼트 운동군에서는 외측 광근, 짐볼 운동군에서 내측광근이 가장 높은 근활성도를 보였으며, 두 번째 높은 근활성도를 나타낸 근육이 벽면 운동에서는 내측 비복근, 짐볼 운동군에서는 외측 광근으로 나타나 Dionisio 등(2008)이 대학원생(평균연령 21.8세) 8명(남4, 여4)을 대상으로 한 연구와는 일치하지 않는 결과를 나타내고 있다. 이는 대상자의 수, 남녀의 비율 등의 차이라고 할 수 있다.

Jeon(2006)의 스쿼트, 레그 프레스, 레그 익스텐션 운동 시 하지근의 근전도 비교 분석연구에서 레그 익스텐션, 레그 프레스, 스쿼트 세 가지 운동 결과 대퇴직근, 내외측 광근의 근육활동이 전체적으로 높게 나타났으며, 평균 및 최대적분 근전도 값도 다른 근육에 비해 훨씬 높게 나타났다고 하였으며, Lee(2010)의 스쿼트 운동 시 중량이 하지근육 활동에 미치는 영향에서 내측광근과 외측광근이 다른 근육활동보다 현저하게 높게 나타났다고 보고하였다.

본 연구에서도 벽면 스쿼트 운동과 짐볼 스쿼트 운동에서 내외측 광근의 근활성도가 매우 높았던 것으로 보아 위의 선행 연구와 일부 일치하는 면이 있으며, 본 연구에서는 대퇴 직근의 근활성도는 측정지 않아 연구의 서로 다른 면을 보이고 있는 것으로 사료된다.

스쿼트 운동은 닫힌사슬 운동으로 체중이 부하되며, 하지의 근육이 보다 기능적으로 움직이여야 함으로 신체적 조건이나, 질병, 스쿼트 운동 방법 등에 따라 다양한 결과가 나타날 수 있을 것으로 사료된다.

Mu 등(2011)이 스쿼트 운동 시 슬관절의 정적, 동적 운동학을 비교한 결과 발의 위치에 따라 슬관절의 운동학에 작은 차이를 나타내는 것으로 보고하였으며, 이는 대퇴가 외측 회전을 하는 동안 상대적으로 경골은 내측으로 모멘트를 가져야 하기 때문인 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 벽면 스쿼트 운동과 짐볼 스쿼트 운동을 시행하면서 정적 하지근활성도의 변화를 알아보았다.

Kim 과 Song(2010)의 연구에서 슬관절의 굴곡 각도와 경골의 회전이 내측광근과 외측광근의 근활성도에 미치는 영향에 대해 연구한 결과에서 내외측 광근은 슬관절 굴곡각도가 커지고, 경골의 회전 각도가 커질수록 근활성도가 통계학적으로 유의하게 높아졌다고 보고하였다.

본 연구에서는 벽면과 짐볼을 이용한 스쿼트 운동 시 짐볼을 이용한 경우 내측광근, 전경골근의 근활성도가 통계학적으로 높아졌으며, 외측 광근의 평균값은 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

Kim(2012)은 20대 대학생들을 대상으로 전통적인 쪼그려 앉기, 피트니스 공에 대항해 허리를 똑바로 세운 쪼그려 앉기, 불안정한 바닥에서 스쿼트 운동, 벽면 쪼그려 앉기 등 다양한 스쿼트 운동 방법에 따른 하지 근활성도를 연구한 결과에서 내측광근과 대퇴직근이 통계학적으로 유의한 차이를 보인 것으로 나타나, 스쿼트 운동의 수정에 따라 내측광근이 민감하게 반응한 것으로 나타났다.

본 연구에서 짐볼을 이용한 스쿼트 운동 시 내측광근의 근활성도 평균값이 증가한 것을 볼 때 일부 일치하는 면이 있는 것으로 사료되며, 전경골근의 근활성도가 통계학적으로 유의한 차이를 나타낸 것은 서로 다른 결과를 나타낸 것이라고 할 수 있다. Kim(2012)의 연구에서는 내측광근과 대퇴직근의 활성도를 알아보았으나 본 연구에서는 전경골근을 대상으로 하지 않아 정확한 비교가 어려운 실정이다.

그러나 많은 선행 연구에서 내외측 광근의 활성도가 스쿼트 운동의 수정에 따라 많은 변화를 가져다 준 것은 본 연구와 일부 일치하는 면이 있어 짐볼을 이용한 스쿼트 운동이 내측광근의 근력 증가에 효율적이라고 할 수 있을 것이며, 짐볼을 이용한 스쿼트 운동 시 전경골근의 근활성도가 통계학적으로 증가한 것은 매우 의미있는 결과라고 할 수 있을 것이다. 이는 대상자가 후방 벽쪽으로 짐볼을 가볍게 밀면서 짐볼을 바닥에 떨어뜨리지 않도록 하기 위해서 전경골근의 활성도가 높아진 것으로 사료된다.

따라서 스쿼트 운동의 긍정적인 면을 살펴볼 때 보다 다양한 방법의 스쿼트 운동이 개발되어야 할 것으로

사료되며, 스쿼트 운동 목표에 따라 다양한 변인을 조절할 수 있는 근거를 마련하기 위해 슬관절 굴곡 각도의 수정, 정적 및 동적 근활성도, 짐볼의 다양한 이용, 비틀림 스쿼트 등의 연구가 활발하게 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결론적으로 벽면을 이용한 스쿼트 운동 시 하지 근활성도는 외측 광근이 가장 높게 나타났으며 외측 비복근의 근활성도가 가장 낮게 나타나 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 짐볼을 이용한 스쿼트 운동 시 전경근의 근활성도가 벽면 스쿼트 운동 시 보다 통계학적으로 유의한 증가를 보였으며, 내측광근과 외측광근의 평균값 역시 크게 증가하였다.

또한 벽면과 짐볼 스쿼트 운동 방법에 따른 하지 근활성도의 상관관계는 나타나지 않아 서로 다른 운동군으로 해석해야 할 것으로 사료된다.

그러나 본 연구에서는 연구 대상자의 수가 적고, 20대 정상 성인을 대상으로 하여 그 결과를 확대 해석하기 어려운 것이 제한점으로 나타나고 있으며, 짐볼의 크기나 벽면의 상태, 슬관절의 굴곡 각도의 고정 등을 철저하게 통제 하지 않은 제한점이 있다고 사료된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구의 결과를 종합해 보면, 짐볼 스쿼트 운동 시 내외측 광근, 내외측 비복근, 대퇴이두근, 전경골근 등의 근활성도가 벽면 스쿼트 운동 보다 높게 나타났으며, 전경골근은 통계학적으로 유의하게 높은 것으로 나타나 짐볼 스쿼트 운동이 벽면 스쿼트 운동 보다 더 효율적인 것으로 사료된다.

향후 하지 근력 강화를 위한 스쿼트 운동 시 짐볼 스쿼트 운동을 권장할 수 있을 것으로 사료되며, 보다 다양한 스쿼트 운동 방법에 따른 연구가 진행되어 목적에 맞는 스쿼트 운동을 선택적으로 처방할 수 있는 근거를 마련해야 할 것으로 사료된다.

References

Barton CJ, Kennedy A, Twycross-Lewis R, et al. Gluteal muscle activation during the isometric phase of squatting exercises with and without a swiss ball. Phys Thera Sport 2013;1-8.

Bohannon RW. Recovery and correlates of trunk muscle strength after stroke. Int J Rehabil Res. 1995;18(2):162-7.

Consitt LA, Copeland JL, Tremblay MS. Endogenous anabolic responses to endurance versus resistance exercise and training in woman. Sports Med. 2002;32(1):1-22

Cook JL, Khan KM, Purdam CR. Conservative treatment of patellar tendinopathy. Phys Sports Med. 2001;28(6)31-46

Dionisio VC, Almeida GL, Duarte M, et al. Kinematic, kinetic and EMG patterns during downward squatting. J Electromyogr kinesiol. 2008;18(1):134-43

Earl JE, Schmitz RJ, Arnold BL. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. J Electromyogr Kinesiol 2001;11(6):381-6

Escamilla RF, Fleising GS, Lowy TM, et al. Three-dimensional biomechanicical analisis of the squat during varying stance width. Med Sci Sport Exer. 2001;33(6):984-98

Graci V, Van Dillen LR, Salsich GB. Gender differences in trunk, pelvis and lower limb kinematics during a single leg squt. Gait Posture. 2012;36(3):461-6

Grelsamer R, Klenin J. The biomechanics of the patellofemoral joint. J Orthop Sports Phys Ther. 1998;28(5):286-97

Isear JA, Erickson JC, Worrell TW. EMG analysis of lower-extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. Med Sci Sport Exerc. 1997;29(4):532-9

Jeon HJ. Cmopare and analyze the effect of three types of resistance exercise-squats, leg flexes and leg extensions-on muscular activity. Dept. of Physical Education. Graduate School of Education. Kyungpook National University. Master's thesis. 2006.

Jeong HK. Electromyographic analyses of the effects of three different plates under heel during squat. Dept. of

Physical Education. Graduate School of Education. Kyungpook National University. Master's thesis. 2006

Kim BJ. Comparison of quadriceps femoris muscle activation during wall slide squats. Korean soc phys med. 2012;7(4):541-50

Kim HH, Song CH. Effects of knee and foot position on EMG activity and ratio of the vastus medialis obilique and vastus lateralis during suqat exercise. J Muscle Joint Health. 2010;17(2):142-50.

Kim YJ. The effects of closed kinetic chain exercise on the stability of the knee joints of patients with anterior curciate ligament reconstruction. Dept. of Physical Therapy. Graduate School of Rehabilitation Science. Daegu University. Master's thesis. 2007

Kwon YJ, Park SJ, Kim K. The effect of open and closed chain exercise on lower extremity muscle activity in adults. Korean soc phys med. 2012;7(2):173-82

Lee HT, Um SH, Cho DY. Effects of regular exercise on health-related physical fitness and physical self-concept. Korean Journal of Sport Psychology. 2004;15(2):115-28

Lee SD. Effect of weights on lower extremity muscular activity during squat exercise. Dept. of Physical Education. Graduate School of Education. Kookmin University. Master's thesis. 2010.

Lee SW. The kinematic difference and distribution of joint loads according to squat type. Dept. of Physical Education. Graduate School. Seoul National University. Master's thesis. 2008.

Mu S, Moro-Oka T, Johal P, et al. Comparison of static and dynamic knee kinematics during squatting. Clin Biomech. 2011;26(1):106-8

Palmitier RA, An KN, Scott SG, et al. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. Sports Med. 1991;11(6):402-13.

Peterson MD, Rhea MR, Sen A, et al. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. Ageing Res Rev. 2010;9(3):226-37.

Prince WE. Rehabilitation technique in sports medicine. 3rd ed. USA. McGraw-Hill. 1999.

Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2010;40(2): 42-51

Selseth A, Dayton M, Cordova ML, et al. Quadriceps concentric EMG activity is greater than eccentric EMG activity during the lateral step-up exercise. J Sport Rehabil. 2000;9(2):124-34.

Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee. Arch of Phys Med Rehabil. 1997;78(11):1231-6

Steinkamp LA, Dillingham MF, Markel MD, et al. Biomechanical consideration on in patellofemoral joint rehabilitation. Am J Sports Med. 1993;21(3):438-44

Tang SF, Chen CK, Hsu R, et al. Vastus medialis obliquis and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercise in patients with patellofemoral pain syndrome. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(10):1441-5

Yoo WG, Yi CH, Lee HJ. Effects of a combined posture of the lower extremity on activity of the vastus medialis oblique muscle and vastus lateralis muscle during static squat exercise. KAUTPT. 2004;11(3), 1-9