

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2021. 12. Vol. 28, No.3, pp. 64-72

지지면 차이에 따른 월 스쿼트 운동이 몸통 근두께와 균형에 미치는 영향

정진규 · 박재철

전남과학대학교 물리치료학과

The effect of wall squat exercise according to the difference in the support surface on the muscle thickness and balance of the trunk

Jin Gyu Jeong, Ph.D., P.T. · Jae Cheol Park, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy Chunnam Techno University

Abstract

Background: The purpose of this study is to investigate the effect of wall squat exercise according to the difference in the support surface on the thickness change of external oblique, internal oblique and transverse abdominalis of the trunk muscles and the change in distance of center of pressure when the eyes are opened and closed.

Design: Randomized controlled trial.

Methods: The subjects were 26 healthy adults, 18 males and 8 females. The composition of each group using the single-blind method was 13 people in the unstable side wall squat exercise group and 13 people in the stable side wall squat exercise group. Experimental measurements were divided into before, 3 weeks, and 6 weeks after the experiment, and changes in muscle thickness and balance were confirmed. Muscle thickness was measured using ultrasonic, and static balance change was measured using Bio-rescue.

Results: There were significant differences in the thickness changes of external oblique, internal oblique and transverse abdominalis according to the wall

squat exercise method by period and in the interaction between the period and the group ($p<0.05$). As a result of the post-hoc analysis, there was a significant difference in the change between the two groups in external oblique muscle after 6 weeks. And there was a significant difference in the distance of the pressure center between eyes open and closed eyes ($p<0.05$).

Conclusion: In terms of instability, wall squat exercise was positive for changes in trunk muscle thickness. It suggests the possibility of using it for trunk muscle strengthening training in the future.

Key words: Balance, Thickness, Trunk muscle, Wall squat.

교신저자

박재철 교수
전남 곡성군 옥괴면 대학로 113
T: 061-360-5353 E: tldnjs74@naver.com

I. 서론

건강한 삶을 위해서는 적절한 신체 능력이 필요하며 신체 능력 유지는 독립적인 활동과 일상생활동작을 하는데 필요한 요소이다(Song과 Kim, 2002). 물리치료에서는 독립적인 활동을 위해 팔의 기능 훈련과 보행훈련, 몸통 근육의 강화를 위한 훈련을 이용하고 있다. 몸통에는 팔과 다리의 기능적 움직임과 몸통의 안정성을 유지하는 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근이 있다. 이러한 근육은 팔과 다리의 운동방향을 설정하는 동안 수축하여 자세를 제어하고 몸통의 안정성을 증가하여(Moreno-De-Luca 등, 2021) 부상위험을 감소시키고(Kato 등, 2019) 역동적인 움직임과 기능을 가능하게 한다(Standaert 등, 2008). 그러므로 독립적인 삶을 위해서라도 몸통 근육의 강화는 필요하다. 몸통 근육은 몸통의 안정성과 함께 팔과 다리의 움직임과 안정성에 관련되어(오재섭 등, 2003) 균형에 영향을 미친다. 균형을 위해서는 여러 기관의 능력이 필요하지만 몸통과 다리 근력도 필요하기 때문에 근육 강화를 위해 임상에서는 스쿼트와 같은 운동을 이용하고 있다. 스쿼트는 몸통과 다리 근육을 모두 사용하기 때문에 효과적으로 근육의 발달을 위한 운동으로(Lee 등, 2016) 넓다리네갈래근, 넓다리뒀근, 배곧은근, 척추세움근(Escamilla 등, 2001)의 근력을 증가 시켜 일상생활 능력을 가능하게 하며 삶의 질을 간접적으로 향상시킨다(Schoenfeld, 2010). 하지만 이러한 운동은 체중 지지 자세로 인해 불안정한 자세가 발생하고 허리와 무릎에 부담을 주며(Fry, 1993) 몸통 안정화와 관련된 근육 강화보다는 다리 근육 강화에 초점이 맞춰져 있어 한계점이 있어 사용이 제한적이다.

근년에 들어 이런 단점을 보완한 운동 방법이 소개되고 있는데 이는 벽에 등을 기대어 실시하는 월 스쿼트(wall squat) 운동이다. 이 운동은 벽에 기대어 운동을 하기 때문에 허리나 무릎에 무리가 적어 누구나 쉽게 할 수 있다(Cho, 2013). 관련 연구를 보면 Qiao 등(2021)은 월 스쿼트 운동은 넓다리곧은근과 안쪽넓은근의 근활성도를 증가시킨다고 하였고, Jung 등(2017)는 월 스쿼트 운동은 무릎과 엉덩관절 펴근의 근력을 증가 시킬 수 있다고 보고하였다. Cho(2013)은 안정면에서 월 스쿼트 운동은 배속빗근과 배가로근의 두께를 증가 시킨다고 보고하였고, Lee(2015)는 불안정면에서 월 스쿼트 운동은 몸통 불균형과 골반 비틀림에 영향을 주어 자세 교정을 위한 방법으로 언급하여 그 효과를 확인할 수 있었다. 또한, 벽을 보면서 하는 월 슬라이드 운동도 확인할 수 있었는데, Uysal 등(2021)는 역방향으로 실시하는 월 슬라이드 운동과 함께 도구를 이용하여 특정 근육을 강화 할 수 있다고 하여, 다양한 자세변화나 불안정 도구를 사용하는 방법이 균형과 관련된 자세 유지나 근육을 강화할 수 있음을 알 수 있었다. 하지만 초음파를 통해 근육의 구조적 특성과 균형에 대한 변화는 아직까지 없고 부족하여 불안정면에서 월 스쿼트 운동이 어떤 효과가 있는지 검증이 필요하다.

그러므로 본 연구는 불안정면에서 월 스쿼트 운동과 안정면에서 월 스쿼트 운동이 몸통 안정성에 관여하는 몸통 근육 두께 변화와 눈 뜨고, 눈감고 양발 압력 중심 이동 거리에 미치는 영향을 확인하고자 하며 임상에서 몸통 안정화 운동의 기초 자료와 활용 가능성을 제시한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구 대상자는 전남에 소재하고 있는 A 대학 20대 재학생들로 남성 18명, 여성 8명, 총 26명을 대상으로 하였다. 대상자에게 본 연구의 목적과 운동 방법 등을 설명하고 본 연구에 참여 의사를 희망한 자를 대상으로

동의서를 작성한 후에 연구에 참여하였다. 대상자 분류는 단일 맹검법(single-blind test)을 이용한 제비뽑기 방식을 선택하여 불안정면 월 스쿼트 운동군(unstable with wall squat exercise group; UWEG) 13명, 안정면 월 스쿼트 운동군(stable with wall squat exercise group, SWEG) 13명으로 분류하였다. 표본 크기는 선행연구(Moon 등, 2014)를 근거로 G*power3.1(Heinrich Heine University Dusseldorf, Germany)(Faul 등, 2009)를 이용해 효과 크기($d=0.8$), 유의수준($\alpha=0.05$), 검정력($1-\beta=0.90$)로 설정하였고 총 24명이 선정되었고 탈락률 10%를 고려하여 각 그룹당 13명씩 총 24명을 모집하였다. 대상자 제외기준은 1) 6개월 이상 정기적으로 운동을 실시한 자 2) 운동에 있어 방해되는 근·뼈대계 질환이 있는 자로 하였고 헬싱키 선언의 원칙을 근거로 하여 합법적 절차를 따라 실시하였다.

2. 연구방법 및 운동방법

1) 운동방법

불안정면 월 스쿼트 운동을 위해 양쪽 발바닥에 도구(Togu, Dynamic air cushion DEKO, Germany)를 위치시켜 운동을 하였고 안정면 월 스쿼트 운동은 도구 없이 실시하였다. 모든 군의 운동 자세는 Cho(2013)의 운동 방법을 본 연구에 맞게 수정 보완하여 벽에 뒤통수와 등, 엉덩이 부위를 밀착시킨 후 어깨너비만큼 벌린 후 벽과 발뒤꿈치와 사이를 20cm 벌렸다. 몸통 굽힘을 방지하기 위해 어깨관절 90° 벌림과 90° 가쪽 돌림, 90° 팔굽 관절 굽힘을 하고 복부 드로잉 기법을 하여 허리가 벽에 밀착시켰다. 그 후 자세를 유지하면서 벽에서 미끄러지듯 무릎을 굽힘을 하면서 내려간 후 무릎 펴면서 다시 올라왔다. 모든 운동은 3초간 자세를 유지 후 들숨을 하면서 시작 자세로 되돌아왔다. 운동 전에 운동 방법 숙지를 위해 10분간 연습을 시행 한 후 운동을 하였고 모든 운동은 주 3회 1세트당 20회씩, 총 3세트를 하였고 총 6주간 실시하였으며 휴식 시간은 세트당 2분의 휴식 시간이 주어졌다.

2) 측정도구 및 측정방법

근육 두께를 측정하기 위해 초음파 장치(MyLabOne, Esaote, Italy)를 이용하였다. 이 측정 장비의 주파수는 6~9 MHz이고, 변환기는 7.5MHz 선형탐촉자(linear transducer)를 사용하였다. 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근의 측정을 위해 바로 누운 자세에서 무릎 뒤에 쿠션을 배치하여 45° 굽힘을 하였고 배꼽에서 바깥쪽으로 13cm 떨어진 지점과 겨드랑이선과 앞위엉덩뼈가시(ASIS)를 이어 만나는 지점에서 측정하였고(Park과 Kim, 2016), 배바깥빗근 시작 부위가 초음파 화면 왼쪽에 위치하게끔 하여 초음파 장치에 내장된 캘리퍼를 이용하여 뼈와 근막 사이를 근육 두께로 이용하였다. 두께 측정의 오차를 줄이기 위해 해부학적 지식과 초음파 관련 업무를 5년 이상을 한 물리치료사 1인을 선정하여 측정 부위에 펜으로 표시한 후 변환기를 직각으로 유지하여 측정하였고 변환기와 피부 사이에 충분한 겔(Dayo medical Co., PROCEL-II, Korea) 도포하여 우측 근육만 3회 측정하여 평균값을 이용하였다.

정적 균형 능력을 확인하기 위해 균형 측정 장비(Bio-rescue, RM INGENIERIE, France)를 이용하여 주의사항을 설명한 후 조용한 환경에서 균형 능력을 측정하였다. 대상자는 눈뜨고, 눈감은 상태에서 모니터 앞에 양발로 바로 서서 양발의 압력 중심 이동 길이를 측정하였다(Park과 Kim, 2018).

3. 자료분석

수집된 자료는 SPSS 19.0(SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하여 분석하였고, 대상자 정규분포를 확인을 위해 Shapiro-wilk 검정을 하였다. 두 그룹의 실험 전과 3주 후, 6주 후의 몸통 두께 변화를 확인하고자 이요인 반복측

정 분산분석(two-way repeated ANOVA)을 이용하였고 $\alpha=0.05$ 로 하였다. 시기와 군간 상호작용이 있는 경우 집단 내 변화는 대응표본 t-검정(paired t-test)을 하였고 집단 간 변화는 독립표본 t-검정(independent t-test)을 하였으며 I 중 오류를 줄이기 위해 $\alpha=0.01$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구의 불안정면 월 스쿼트 운동에 참여한 대상자는 남자 9명, 여자 4명으로 평균 신장은 172.61 ± 7.92 cm, 평균 연령은 23.92 ± 2.06 세, 평균 몸무게 72.38 ± 13.76 kg이다. 안정면 월 스쿼트 운동에 참여한 대상자는 남자 9명, 여자 4명으로 평균 신장은 171.07 ± 7.93 cm, 평균 연령은 24.84 ± 2.30 세, 평균 몸무게 70.30 ± 12.71 kg으로 나타났으며 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다<Table 1>.

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

	UWEG (n=13)	SWEG (n=13)	p
Gender (M/F)	9/4	9/4	
Height (cm)	172.61 ± 7.92^a	171.07 ± 7.93	0.485
Age (years)	23.92 ± 2.06	24.84 ± 2.30	0.632
Weight (kg)	72.38 ± 13.76	70.30 ± 12.71	0.114

^aMean±SD, UWEG=unstable with wall squat exercise group; SWEG=stable with wall squat exercise group.

2. 배배깁근의 두께 변화

월 스쿼트 운동 방법에 따른 배배깁근의 두께 변화는 시기별과 시기와 군간 상호작용에서 유의한 증가를 보였고($p<0.05$), 군간 변화에서는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 집단 내 변화에서 UWEG와 SWEG에서 6주 후에 유의한 차이가 있었고($p<0.05$), 집단 간 차이에서 6주 후에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)<Table 2, 3>.

Table 2. Comparison of muscle thickness (mm)

	Pre	3weeks	6weeks	Source	F	p
EO	UWEG	4.75 ± 0.73^a	5.38 ± 0.95	Time	72.969	0.000**
	SWEG	4.49 ± 1.34	4.81 ± 1.45	Time×Group	14.362	0.000**
				Group	2.142	0.156
IO	UWEG	5.58 ± 1.67	5.97 ± 1.71	Time	36.458	0.000**
	SWEG	5.42 ± 1.67	5.52 ± 1.62	Time×Group	5.383	0.012*
				Group	0.447	0.510
TrA	UWEG	4.41 ± 2.09	4.63 ± 1.83	Time	51.100	0.000**
	SWEG	4.28 ± 1.86	4.51 ± 1.89	Time×Group	5.699	0.010*
				Group	0.123	0.729

^aMean±SD, * $p<0.05$, ** $p<0.001$, EO=external oblique; IO=internal oblique; TrA=transverse abdominis; UWEG=unstable with wall squat exercise group; SWEG=stable with wall squat exercise group.

Table 3. Intra-group changes and inter-group changes

		After 3weeks ^b	After 6weeks ^c	<i>t</i>	<i>p</i>
EO	UWEG	0.63±0.50 ^a	1.44±0.58	8.861	0.000**
	SWEG	0.31±0.36	0.60±0.34	6.248	0.000**
	<i>t</i>	1.189	2.535		
	<i>p</i>	0.246	0.018		
IO	UWEG	0.38±0.15	0.89±0.19	16.070	0.000**
	SWEG	0.10±0.33	0.37±0.52	2.549	0.026
	<i>t</i>	0.674	1.095		
	<i>p</i>	0.506	0.284		
TrA	UWEG	0.22±0.87	0.91±0.42	7.757	0.000**
	SWEG	0.23±0.30	0.49±0.35	5.083	0.000**
	<i>t</i>	0.159	0.712		
	<i>p</i>	0.875	0.484		

^aMean±SD, ^bDifference between pre and 3weeks, ^cDifference between pre and 6weeks, **p*<0.05, ***p*<0.001, EO=external oblique; IO=internal oblique; TrA=transverse abdominis; UWEG=unstable with wall squat exercise group; SWEG=stable with wall squat exercise group.

3. 배속빗근의 두께 변화

월 스쿼트 운동 방법에 따른 배속빗근 두께 변화는 시기별과 시기와 군간 상호작용에서 유의한 증가를 보였고 (*p*<0.05), 군간 변화에서는 유의한 차이가 없었다(*p*>0.05). 집단 내 변화에서 UWEG에서 6주 후에 유의한 차이가 있었고(*p*<0.05), 집단 간 차이에서 유의한 차이가 없었다(*p*>0.05)<Table 2, 3>.

4. 배가로근의 두께 변화

월 스쿼트 운동 방법에 따른 배가로근의 두께 변화는 시기별에서, 시기와 군간 상호작용에서 유의한 증가 보였고(*p*<0.05), 군간 변화에서는 유의한 차이가 없었다(*p*>0.05). 집단 내 변화에서 UWEG와 SWEG에서 6주 후에 유의한 차이가 있었고(*p*<0.05), 집단 간 차이에서 6주 후에 유의한 차이가 없었다(*p*>0.05)<표 2, 3>.

5. 눈 뜨고 양발 압력 중심 이동 거리의 변화

월 스쿼트 운동 방법에 따른 눈 뜨고 압력 중심 이동 거리 변화는 시기별에서 유의한 증가 보였고(*p*<0.05), 시기와 군간 상호작용과 군간 변화에서는 유의한 차이가 없었다(*p*>0.05)<Table 4>.

Table 4. Comparison of balance (cm)

		Pre	3weeks	6weeks	Source	F	p
EO	UWEG	15.96±4.11 ^a	12.25±3.61	7.23±2.23	Time	24.630	0.000**
	SWEG	15.86±11.31	14.96±9.58	10.86±7.64	Time×Group	1.890	0.162
					Group	0.644	0.729
EC	UWEG	21.24±5.88	13.52±3.08	8.93±2.22	Time	19.224	0.000**
	SWEG	19.58±7.44	15.73±6.94	13.08±7.33	Time×Group	2.039	0.153
					Group	1.048	0.316

^aMean±SD, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$, EO=Eye open, EC: Eye close; UWEG=unstable with wall squat exercise group; SWEG=stable with wall squat exercise group.

6. 눈 감고 양발 압력 중심 이동 거리의 변화

월 스쿼트 운동 방법에 따른 눈 감고 압력 중심 이동 거리 변화는 시기별에서 유의한 증가 보였고($p < 0.05$), 시기와 군간 상호작용과 군간 변화에서는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)<Table 4>.

IV. 고찰

본 연구는 불안정면에서 월 스쿼트 운동과 안정면에서 월 스쿼트 운동이 정상 성인 몸통 근육 두께와 정적 균형에 미치는 영향을 확인하기 위해 불안정면 월 스쿼트 운동 군과 안정면 월 스쿼트 운동 군으로 분류하여 실험 전, 3주 후, 6주 후에 초음파와 균형 측정 장비를 이용하여 근육 두께 및 눈 뜨고, 눈 감고 압력 중심 이동 거리를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근의 변화는 시기별에서 시기와 군간 상호작용에서 유의한 차이가 있었다.

본 연구에서 이러한 결과는 몇 가지로 해석된다. 첫째, 운동 자세 변경과 함께 적용된 복부 드로잉-인(drawing-in) 기법은 몸통 근육 두께를 증가시킨다. 월 스쿼트 운동은 복부 근육의 두께에 영향을 미치고(Cho, 2013) 복부 드로잉-인 방법은 몸통 근육 중 배가로근의 활성화를 높이는데 효과적이다(O’Sullivan 등, 2002). 이처럼 여러 운동이나 방법의 변화는 다양한 근육을 수축시킬 수 있다. Lee(2019)는 복부 드로잉-인 기법을 이용하여 경사로 오르기 할 때 몸통 근육인 배곧은근, 배가로근과 다리근육인 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근활성도가 증가하고 경사로 내려오기에는 배곧은근, 배바깥빗근, 배가로근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근활성도가 증가한다고 하였다. 경사로를 내려올 때 몸통과 골반은 뒤 기울림이 발생하게 된다. 복부 드로잉-인 상태에서 월 스쿼트 운동은 엉덩관절이 뒤쪽 기울림이 더욱 증가 되고 이는 외적 동요로 작용하여 추가적인 자세 변화에 대해 몸통은 안정성을 유지하고자 몸통 근육을 더욱 수축하여 몸통 근육 두께의 증가가 발생한 것으로 생각된다.

둘째, 정적과 동적인 자세보다 불안정면에서 월 스쿼트 운동은 더 많은 외력을 받는다. 안정면에서 월 스쿼트 운동은 체중에서 발생하는 외력과 벽에서 몸이 떨어지지 않기 위해 발생하는 지지력, 지지면의 마찰 등이 발생한다(Biscarini 등, 2020). 불안정면으로 인해 바닥에서 추가되는 외부 외력은 몸통의 불안정성으로 작용하고 안정성의 유지를 위해 더 많은 수축을 한 것으로 불안정면에서 스쿼트 운동 수행은 몸통 근육의 활동을 더욱 증가시킨다는(Anderson과 Behm, 2005) 연구와 불안정면에서 교각운동인 몸통 근육 강화에 효과적이라는(Kim 등, 2017) 선행연구 결과와 일치하여 본 연구결과가 선행연구를 지지하고 있다.

셋째, 불안정면에서 월 스쿼트 운동 중 발의 위치 변경은 추가적인 저항으로 작용한다. 다리 근육의 두께를 측정 하지 않아 언급하기엔 무리가 있지만 엉덩관절 굽힘을 하면서 월 스쿼트 운동을 할 때 다리 근육들은 편심성 수축(eccentric contraction)과 동심성 수축(concentric contraction)을 하며 골반의 불안정성을 유발하는 외력으로 작용한다. 또한, 몸통 중심이 낮아지거나 무릎 각도를 변경하지 않고 발을 벽에서 멀리 배치하면 엉덩관절은 굽힘이 점차 증가하고 골반은 뒤쪽 기울림이 더욱 증가되어 허리-골반 복합체의 불안정성으로 작용한다(Neumann, 2016). 본 연구에서 스쿼트 운동을 할 때 벽과 다리 뒤꿈치 거리를 20cm로 하여 다리의 수축 여부와 함께 골반의 뒤쪽 기울림으로 인해 불안정성이 커지고 그로 인해 지속적인 수축된 결과로 본 연구 결과에서 몸통 근육의 두께 증가가 발생한 것으로 생각된다.

불안정 면에서 월 스쿼트 운동이 다리 근력을 강화 시켜 균형에도 영향을 미칠 것으로 생각되어 확인한 결과 눈뜨고, 눈감고 양발 압력 중심 변화는 시기별에서만 유의하였다. Brill과 Couzens(2008)은 몸통 안정화 운동은 척추의 균형을 유지시킬 수 있기 때문에 균형을 위해서는 척추의 안정성이 선행되어야 한다고 하였고 Lee(2015)는 불안정면에서 월 스쿼트 운동은 자세를 개선시킨다고 하였다. 또한, 불안정면에서 운동은 불안정한 면으로부터 신체를 바로 잡기 위해 몸통의 근육을 동원하고 고강도 활동을 통해 균형 회복이 증가 된다고 하여(Taube 등, 2007) 선행연구와 본 연구 결과는 다른 결과를 보였다. 하지만 본 연구 결과를 보면 눈 뜨고 압력 중심 이동 거리 변화는 UWEG가 SWEG보다 6주 후에 3.73cm이 더 감소하였고, 눈 감고 압력 중심 이동 거리 변화도 UWEG가 SWEG보다 5.81cm이 더 감소하여 운동 빈도와 강도를 증가 시키면 상호작용에서도 유의한 차이가 발생할 가능성은 높아 적은 기간, 강도로 인해 이러한 결과가 발생한 것으로 생각된다.

본 연구는 정상 성인을 대상으로 부족한 기간과 낮은 훈련 회수를 이용하여 몸통 근육의 구조적 특성만 확인 하였고 균형과 관계되는 다리 근육의 두께 변화는 확인하지 않아 일반화 하기는 무리가 있다. 향후 연구에서는 충분한 기간과 엉덩관절 변화에 따른 다리 근육의 활성화나 다리 두께 변화의 연구가 필요해 보이며 본 연구에서 확인된 연구 결과를 바탕으로 월 스쿼트 운동의 학술 자료와 함께 몸통 근육 두께 증가를 위한 운동 방법으로 활용 가능성을 기대한다.

V. 결 론

본 연구에서는 20대 정상 성인을 대상으로 불안정면 월 스쿼트 운동이 몸통 근육 두께와 압력중심 이동 거리에 미치는 영향을 알아보고자 하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 불안정면 월 스쿼트 운동은 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근의 두께 변화에서 시기별, 시기와 군간 상호작용에서 유의한 증가가 있었다($p<0.05$). 둘째, 불안정면 월 스쿼트 운동은 눈뜨고, 눈감고 양발 압력 중심 이동거리 변화에서 시기별에서만 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

참고문헌

오재섭, 박준상, 김선엽, 등. 슬링 (sling) 과 고정된 지지면에서의 팔굽혀펴기 동작 시 근 활성화도 비교. 한국전문물리치료학회지 2003;10(3):29-40.

Anderson K, Behm DG. Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. Can J Appl Physiol 2005;30(1):33-45.

- Biscarini A, Contemori S, Dieni CV, et al. Joint torques and tibiofemoral joint reaction force in the bodyweight “Wall Squat” therapeutic exercise. *Applied Sciences* 2020;10(9):3019.
- Brill P, Couzens GS. *The core program: fifteen minutes a day that can change your life*. New York: Bantambooks; 2008.
- Cho M. The effects of modified wall squat exercises on average adults’ deep abdominal muscle thickness and lumbar stability. *J Phys Ther Sci* 2013;25(6):689-92.
- Escamilla RF, FLEISIG GS, Zheng N, et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(9):1552-66.
- 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.
- Fry A. Coaching considerations for the barbell squat-Part 1. *J Strength Cond Res* 1993;15(2):556-69.
- Jung SH, Kim MH, Hwang UJ, et al. Comparison of knee extensor and hip extensor strength according to wall squat performance. *Physical Therapy Korea* 2017;24(1):79-85.
- Kato S, Murakami H, Demura S, et al. Abdominal trunk muscle weakness and its association with chronic low back pain and risk of falling in older women. *BMC musculoskelet Disord* 2019;20(1):273.
- Kim H, Bae W, Lee K. Comparison of the abdominal muscle thickness and activity by using tool and unstable surface which is accompanied bridge exercise doing abdominal drawing-in breath. *Korean Society of integrative medicine* 2017;5(1):25-34.
- Lee SK. The Effects of Abdominal Drawing-in on muscle activity in the trunk and legs during ramp walking. *PNF and Movement* 2019;17(1):137-44.
- Lee TS, Song MY, Kwon YJ. Activation of back and lower limb muscles during squat exercises with different trunk flexion. *J Phys Ther Sci* 2016;28(12):3407-10.
- Lee YM. The influence of unstable modified wall squat exercises on the posture of female university students. *J Phys Ther Sci* 2015;27(8):2477-80.
- Moon HJ, Choi YR, Lee SK. Effects of virtual reality cognitive rehabilitation program on cognitive function, physical function and depression in the elders with dementia. *J Int Acad Phys Ther Res* 2014;5(2):730-7.
- Moreno-De-Luca A, Millan F, Pesacreta DR, et al. Molecular diagnostic yield of exome sequencing in patients with cerebral palsy. *JAMA* 2021;325(5):467-75.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system* Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2016.
- O’Sullivan PB, Grahamslaw KM, Kendell M, et al. The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine* 2002;27(11):1238-44.
- Qiao YJ, Kim KR, Kim MK. Effects of altering foot position on quadriceps femoris activation during wall squat exercises. *J Korean Soc Phys Med* 2021;16(1):23-31.
- Park JC, Kim YM. Impact of Waist Stabilization Exercise with Blood Flow Restriction on White Area Index of Trunk Muscle Thickness Density. *J Kor Phys Ther* 2016;28(2):136-41.
- Park JC, Kim YM. Effects of Knee Extension Exercise Using Blood Flow Restriction on the Thickness and Balance Ability of Tendons. *J Kor Phys Ther* 2018;30(2):41-6.
- Schoenfeld BJ. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *J Strength Cond Res*

2010;24(12):3497-506.

Song KC, Kim DK. Activities of daily living of elderly in a rural area and study for related factors. J Korean Geriatr Soc 2002;6(1):29-40.

Standaert CJ, Weinstein SM, Rumpeltes J. Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar stabilization exercises. Spine J 2008;8(1):114-20.

Taube W, Gruber M, Beck S, et al. Cortical and spinal adaptations induced by balance training: correlation between stance stability and corticospinal activation. Acta Physiol 2007;189(4):347-58.

Uysal Ö, Akoğlu AS, Kara D, et al. Theraband applications for improved wall slide exercise. J Athl Train; 2021.
