

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2023. 09. Vol. 30, No 3, pp. 31-40

진동을 병행한 교각운동이 복부 근육 두께에 미치는 영향

박재철 · 정진규

전남과학대학교 물리치료과

Effects of Bridge Exercise Combined with Vibration on Abdominal Muscle Thickness

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

Dept. of Physical Therapy Chunnam Techno University

Abstract

Background: The purpose of this study was to confirm the effect of bridge exercise combined with vibration on abdominal muscle thickness.

Design: Randomized controlled trial.

Methods: As study subjects, 24 adults in their 20s were classified into 12 vibration bridge exercise groups and 12 bridge exercise groups. The time was divided into before the experiment, 3 weeks after the experiment, and 6 weeks after the experiment. Two-way repeated ANOVA was used to examine changes in the muscle thickness of the external oblique, internal oblique, and transverse abdominal muscles of the trunk muscles, and the significance level was set at 0.05. If there was an interaction between time and group, post-hoc analysis was performed, and the significance level was set at 0.01.

Results: There was a significant difference in the external oblique muscle in the change by period, the interaction between time and group, and the change between groups ($p < 0.05$). There was a significant difference in the external oblique muscle in the change by period, the interaction between time and group, and the change between groups ($p < 0.05$).

Conclusion: As a result of this study, bridge exercise

combined with vibration had a positive effect on the muscle thickness of the external oblique, internal oblique, and transversus abdominis muscles. It suggests the possibility of using the basic data of vibration exercise and the lumbar stabilization exercise in clinical practice.

Key words: bridge exercise, thickness, vibration.

교신저자

정진규

전남 곡성군 옥과면 대학로 113

T: 061-360-5353, E: ptj8763@cntu.ac.kr

I. 서론

팔과 다리의 움직임과 다양한 일상생활동작의 수행을 위해서는 몸통의 안정성이 유지 되어야 한다(Karthikbabu 등, 2011, 정경현, 2022). 몸통 안정성과 관련된 근육으로 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근이 언급되며(Kang 등, 2016) 이들 근육의 수축은 몸통의 압력 증가를 가져와 몸통 안정성을 유지 한다(Lee 등, 2013). 몸통 근육의 부적절한 수축 타이밍과 수축 강도 약화는 허리의 불안정성을 만들어 조직의 손상과 부정확한 움직임을 만들어 내기 때문에(Barr 등, 2005) 원활한 일상생활 동작을 위해서 몸통근육의 강화는 필요하며 중요도는 높다(Hodges과 Danneels, 2019).

임상에서는 기능적 움직임 개선과 몸통 근육 강화를 위한 운동 방법으로 몸통 안정화 운동이 이용되고 있다. 종류로는 초기에 누워서 적용되는 교각 운동(bridge exercise), 배꼽 넣기 운동(abdominal hollowing exercise), 측면에서 실시하는 측면 교각 운동(side bridge exercise)이 있고, 엎드려 적용되는 플랭크 운동(plank exercise)과 네발기 기운동(quadruped exercise) 등이 이용되고 있다(Choi 등, 2021; Dafkou 등, 2020; Jung 등, 2022; Park 등, 2022; Sipaviciene과 Kliziene, 2020).

이러한 안정화 운동은 체중과 중력을 이용하여 몸통 근육을 강화 시키며 척추와 주변 조직의 손상을 예방하고 근육 재교육을 통해 기능적 움직임을 만들어 내는데 이용되며 최근에는 건강한 사람과 스포츠 활동에서도 활동도가 커지고 있다(Cho과 Park, 2019, 장재선, 2022). 이중 교각 운동은 누워서 실시하기 때문에 물리치료 초기에 적용하는 운동으로 기능적 움직임을 하는 동안 몸통의 안정성을 증진시키기 위해 자주 사용된다(Andersen 등, 2014). 하지만 교각 운동은 다른 안정화 운동에 비해 안정화 근육인 몸통 근육 강화에는 부족하여(Richardson 등, 1992) 임상에서는 다양한 자세 변경과 도구를 이용하여 몸통 근육의 강화를 위한 방법으로 이용하고 있다(Czaprowski 등, 2014; Park과 Lee, 2020; Yoon 등, 2018).

그 밖에도 근육을 강화 할 수 있는 도구로는 슬러시파이프(slashpipe)와 플렉시바(flexi-bar)와 같이 진동을 유발하는 도구 등이 있으며, 그 중 수동적인 진동(vibration)을 이용한 방법이 주목 받고 있다. 진동 운동은 인체에 부작용이 없는 진동 주파수를 이용하여 근육방추를 흥분 시켜 반사적 근수축을 유도하여 근육을 강화하고 자세 제어에 긍정적인 영향을 미치는 방법으로 알려져 있다(Krause 등, 2016). 인체에 진동 자극 적용은 여러 운동단위가 동시에 활성화 되어 근육 수축을 유발하는 원리로 근육과 신경계의 반응을 이끌어내고 자극 받는 주변 조직에 아나볼릭(anabolic) 반응을 유발하며 단백질 합성을 촉진하여 근육을 강화시킨다(Torcasio 등, 2008).

관련 연구로는 근력의 증가(Zhang 등, 2021)와 다리 근육의 활성화도와 균형능력 개선(박희석과 양대중, 2019), 가쪽넓은근 근활성도 증가(Dionello 등, 2021)에 대한 긍정적인 효과에 대한 보고가 있었다. 또한, 골밀도 개선(ElDeeb과 Abdel-Aziem, 2020), 체지방 감량(Alavinia 등, 2021) 등의 다양한 효과를 보고하고 있다. 하지만 선행연구들은 대부분 근 활성화도의 변화나 생체 내(in vivo) 연구가 대부분이고 물리치료 중재 초기에 이용되는 교각운동과 진동운동을 함께 적용하여 근육의 구조적 특성을 확인하는 연구는 부족한 실정이다 따라서 본 연구는 진동과 함께 병행한 교각 운동이 몸통 근육인 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근의 두께를 초음파 영상으로 분석하고자 하며 임상에서 교각운동과 진동운동의 기초자료와 물리치료 중재로써 활용 가능성을 제시한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 전남지역의 20대 남성 24명을 대상으로 하였다. 공고문을 통해 대상자를 모집하였고 연구의 목적과 운동 방법을 듣고 연구 참여 의사를 한 자로 동의를 한 후 실시하였다. 대상자 표본 크기 선정은 선행 논문(Heo과 Kim, 2016)과 G*power3.1(Faul 등, 2007)을 이용하였다. 설정은 유의수준($\alpha=0.05$), 검정력($1-\beta=0.9$), 효과크기($d=0.8$)로 하여 총 22명이 산출되어 탈락을 고려하여 24명을 모집하였고 각 군에 12명씩 배치하였다. 대상자 분류 방식은 무작위배정방식(ramodimized)의 제비뽑기 방식을 사용했고, 진동 교각 운동군(vibration with bridge exercise group, VBG) 전통 교각 운동군(traditional bridge exercise group, TBG)으로 12명씩 분류하였다. 대상자의 선정 기준은 운동에 방해되는 근육뼈대계 질환이 없고, 주 1회 이상 주기적인 운동을 실시하고 있지 않는 자, 어지러움증이 없는 자로 하였다.

2. 중재 방법

진동 교각 운동군의 운동을 위해 소닉스 진동기(SW-VH11, SONIX, KOREA, 2015)를 이용하여 30mm의 강도와 13Hz 주파수를 이용하였다. 운동방법은 교각운동을 하면서 발바닥에 진동이 적용될 수 있도록 바닥에 매트를 진동 발판 높이까지 깔아 수평을 맞추고 바로 누워 무릎관절은 90°, 굽힘 엉덩관절 45° 굽힘을 하고 양발은 20cm 벌림(Cha 등, 2017)을 하여 진동기 발판에 발을 위치하게 하여 시작과 동시에 엉덩관절 펴면서 운동을 하였다(Figure 1). 전통 교각 운동군은 바닥면에서 진동 적용 없이 하였고 진동 교각운동군 자세와 동일하게 적용하였다. 모든 운동은 5분간 트레드밀 위에서 3km/h 속도로 준비운동을 하였고, 본 운동으로 진동기 위에서 15초간 교각 운동 후 10초 휴식을 제공하여 총 30회의 운동을 하였으며, 마무리 운동으로 스트레칭을 5분간 하였다. 운동을 총 6주간 주 3회, 하루 30분씩 중재를 하였다.



Figure 1. vibration with bridge exercise

3. 측정 방법

몸통에 위치한 근육을 측정하기 위해 초음파(MyLab25Gold, Esaote, Italy, 2010)를 이용하여 7.5MHz 선형탐촉자(linear transducer)와 6~10MHz 주파수로 설정하였다. 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근의 두께 측정은 바로 누운 자세에서 엉덩관절 45°굽힘과 무릎관절 90°굽힘을 하여 배꼽에서 바깥쪽으로 13cm, 앞위엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)에서 직선을 그어 만나는 지점에서 변환기를 반드시 세워 측정하였다. 배바깥빗근이 초음파 화면 왼쪽에 위치하게 하여 근육 두께를 획득하였고 호흡 방법이 근육 두께 변화에 미치는 영향을 최소화하기 위해 날숨 후 호흡을 참은 상태에서 측정하였다(Figure 2). 모든 근육은 우측 근육만 측정하였고 오차를 줄이기 위해 초음파와 해부학적 지식이 있는 물리치료사 1인으로 하여 유성펜을 이용하여 측정부위에 표시 한 후 측정하였다. 모든 자료는 3회 측정 후 평균값을 이용하였다.

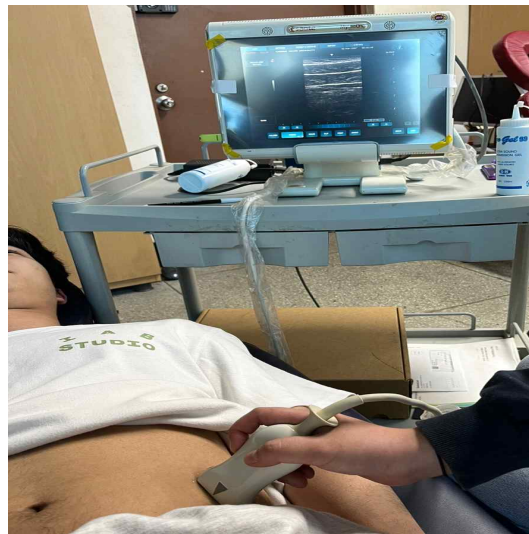


Figure 2. Abdominal Muscle Thickness measurement

4. 자료 분석

자료 분석은 SPSS 21.0 for Windows(SPSS Inc., Chicago, USA) 통계 프로그램을 이용하였다. 연구 대상자들의 일반적 특성의 정규분포 여부를 확인을 위해 Shapiro-wilk 검정을 하였고, 두 그룹의 운동 전과 3주 후, 6주 후의 몸통 근육 두께 변화를 확인을 위해 이요인 반복측정분산분석(two-way repeated ANOVA)으로 분석하였고 유의수준은 0.05로 하였다. 시기와 군간 교호작용이 발생하면 집단 내 변화는 대응표본 t-검정(paired t-test)을 하였다. 집단 간 변화는 독립표본 t-검정(independent t-test)을 하였다. I 중 오류를 고려하여 유의수준은 0.01로 하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 진동 교각 운동군에 참여한 인원은 12명이다. 평균 나이는 23.08 ± 1.37 세이고, 평균 신장은 173.83 ± 5.55 cm이었으며, 평균 몸무게는 75.16 ± 8.68 kg이었다. 전통 교각 운동군에 참여한 인원은 12명이다. 평균 나이는 21.83 ± 1.64 세이고, 평균 신장은 175.91 ± 5.72 cm이었으며 평균 몸무게는 76.46 ± 7.58 kg이었다. 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다<Table 1>.

Table 1. Characteristics of male subjects (N=24)

	VBG(n=12)	TBG(n=12)	p
Age (years)	23.08±1.37	21.83±1.64	0.65
Height (cm)	173.83±5.55	175.91±5.72	0.48
Weight (kg)	75.16±8.68	76.46±7.58	0.92
Gender (Male)	12	12	

Mean±SD, VBG=vibration with bridge exercise group, TBG=traditional bridge exercise group

2. 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근의 두께 변화

배바깥빗근의 두께 변화는 시기별과 집단 간 변화에서 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 시기와 집단 간에 유의한 상호작용이 있었다($p < 0.05$)<Table 2, 3>.

배속빗근의 두께 변화는 시기별 변화에서 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 없었으며, 시기와 집단 간에 유의한 상호작용이 있었다($p < 0.05$)<Table 2, 3>.

배속빗근의 두께 변화는 시기별 변화에서 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 없었으며, 시기와 집단 간에 유의한 상호작용이 있었다($p < 0.05$)<Table 2, 3>.

Table 2. Comparison of abdominal muscle thickness (N=24)

		Pre	3weeks	6weeks	Source	F	p
EO (mm)	VBG	4.15±1.09	5.25±0.76	6.39±0.71	Time	13.974	0.00**
	TBG	4.37±0.80	4.62±0.69	4.79±0.92	Group	5.943	0.02*
					Time X Group	6.453	0.01*
IO (mm)	VBG	5.20±0.82	6.55±0.96	7.51±1.07	Time	56.493	0.00**
	TBG	5.71±0.73	6.07±1.08	6.56±1.10	Group	0.706	0.41
					Time X Group	8.796	0.01*
TrA (mm)	VBG	2.78±1.01	3.76±0.89	4.67±0.88	Time	46.238	0.00**
	TBG	3.24±0.92	3.38±0.78	3.67±0.70	Group	0.812	0.37
					Time X Group	16.144	0.00**

Mean±SD, EO=external oblique, IO=internal oblique, TrA=transverse abdominis, VBG=vibration with bridge exercise group, TBG=traditional bridge exercise group, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$

Table 3. Post-hoc according to interactions of time and groups in VBG and TBG (N=24)

		After 3weeks ^{a)}	After 6weeks ^{b)}	<i>t</i>	<i>p</i> ^{c)}
EO	VBG	1.10±0.76	2.24±1.34	5.774	0.00**
	TBG	0.25±0.50	0.42±1.06	1.373	0.20
	<i>t</i>	2.094	4.712		
	<i>p</i> ^{d)}	0.05	0.00**		
IO	VBG	1.34±0.89	2.30±1.04	7.654	0.00**
	TBG	0.35±0.53	0.85±0.64	4.548	0.01*
	<i>t</i>	1.143	2.142		
	<i>p</i> ^{d)}	0.27	0.04		
TrA	VBG	0.97±0.50	1.89±0.64	10.233	0.00**
	TBG	0.14±0.28	0.43±0.58	2.557	0.03
	<i>t</i>	1.093	3.068		
	<i>p</i> ^{d)}	0.28	0.01*		

Mean±SD, EO=external oblique, IO=internal oblique, TrA=transverse abdominis, VBG=vibration with bridge exercise group, TBG=traditional bridge exercise group, ^{a)}Difference between pre and 3weeks ^{b)}Difference between pre and 6weeks, ^{c)}Paired t-test, ^{d)}Independent t-test, **p*<0.01, ***p*<0.001

IV. 논 의

본 연구는 진동을 이용한 교각운동이 20대 남성 성인의 몸통 근육의 두께 변화에 미치는 효과를 확인하고자 하여 운동 전, 3주 후, 6주 후로 시기를 나누어 초음파를 이용하여 몸통 근육의 구조적 변화를 확인하고자 하였다.

진동은 여러 자세 변경을 통해 앉거나 서서 운동이 가능하며 몸 전체에 기계적 진동을 적용하여 근육을 강화한다(Ritzmann 등, 2014). 우리 몸에 진동이 적용되면 반사성 근육축인 긴장성 진동성 반사(tonic vibration reflex)가 발생한다(Ritzmann 등, 2010). 이는 근육방추를 활성화하고 α-운동신경을 자극하여 반사적 수축을 유도함으로써 근육의 긴장을 유발한다(Krause 등, 2016). 또한, 진동은 근육에 수동적인 수축을 발생시켜 고유수용성감각의 역치를 증가시키며 운동단위의 활성화를 유도하여 근육을 강화하는 것으로 알려져 있다(임용택, 2005).

이러한 진동의 효과를 토대로 실험을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 배바깥근은 시기별과 집단 간 변화에서 유의한 차이가 있었고, 시기와 집단 간에 유의한 상호작용이 있었다. 배속근과 배가로근은 시기별 변화에서 유의한 차이가 있었고, 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 없었으며, 시기와 집단 간에 유의한 상호작용이 없었다.

진동과 관련된 연구를 보면 Micke 등(2021)은 진동 운동은 허리통증 환자의 통증 감소와 몸통의 근력 증가에 효과적이라고 하였고, Mingorance 등(2021)은 연부조직에 만성 통증을 유발하는 섬유근육통(fibromyalgia) 환자에게 진동 적용은 근력을 개선하며 통증을 감소시켰다고 보고하였다. Dionello 등(2021)은 낮은 주파수의 진동자극은 전신

홍반루프스 환자의 가쪽넓은근의 근활성도를 증가시켜 루프스 환자의 안전한 운동으로 제시하였으며, Abbasi 등 (2019)은 6주간 다발성 경화증(multiple sclerosis) 환자에게 진동 적용이 몸통 근육의 근력과 지구력을 증가시킨다고 보고하였다. 근두께와 근력은 상당한 상관관계가 있기에 선행연구와 본 연구 결과가 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 근육의 구조적 변화를 확인한 연구로는 7Hz의 낮은 진동 주파수 적용은 넙다리곧은근과 안쪽넓은근, 넙다리곧은근 힘줄 및 아킬레스 힘줄의 두께를 증가시킨다고 보고하여(Park 등, 2020) 본 연구 결과와 유사하였다.

근육의 동원 패턴을 변경하여 근육의 흥분성을 향상 시킬 수 있는 주파수로 20~50Hz의 높은 주파수로 알려져 있다(Rittweger 등, 2003). 하지만 본 연구에서는 13Hz의 낮은 주파수를 이용한 교각운동에서도 몸통 근육의 두께에서 효과적으로 증가를 하였다. 이러한 결과는 진동에서 발생한 자극과 함께 지지면의 불안정성의 차이로 생각된다. 우리 인체는 다양한 환경에서 오는 외부 자극을 이겨내고 몸통의 안정성을 위해 몸통 근육을 먼저 수축시킨다(Aruin과 Latash, 1995). 진동 자극에서 발생하는 불안정한 지지면은 발을 통해 몸통으로 전달되며 몸통의 불안정성을 지속적으로 유발한다. 안정적인 지지면에서 실시한 교각 운동군과 달리 진동 교각 운동군은 바닥에서 전달되는 자극이 외적 동요로 작용하였고, 몸통의 안정화 근육인 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근이 안정성을 유지하고자 동시 수축을 지속적으로 한 결과로 생각된다. 사후검정을 보면 모든 근육의 두께 증가 폭이 TBG보다 VBG에서 더 커서 이와 같은 해석을 뒷받침한다.

이와 함께 낮은 주파수를 이용해도 중간이나 강한 강도를 이용하면 근육을 강화 시킬 수 있다. Park과 Koo(2018)은 의상 어깨뼈가 있는 대상자에게 진동 적용과 함께 푸쉬업 플러스 운동을 적용하여 낮은 주파수에서 운동도 앞뿔니근 활성도를 증가 시킨다고 보고하였고, 6Hz와 15Hz에서 허리 안정화 운동은 배곧은근의 활성화를 증가 시킨다고 하였다(Lyons 등, 2021). Chung 등(2017)는 여러 강도와 주파수를 이용하여 무릎 펌 근의 근력을 확인한 연구에서 높은 강도와 낮은 주파수나, 낮은 강도와 높은 주파수에서 운동은 모두 무릎 펌 근의 근력이 증가 한다고 보고하여 같은 부위 근육은 아니지만 선행 연구와 유사한 결과를 확인하였다. 몸통의 근활성도 변화는 자세와 동작 등에 따라 달라지고(Cholewicki과 Vanvliet Iv., 2002) 주파수는 증가할수록 다리에 전달되는 자극은 감소된다(Huang 등, 2018). 주파수가 증가하면 상부 위쪽에서 자극이 증가된다고 해석 할 수 있다. 본 연구에서 실시한 교각운동은 낮은 위치에서 실시하는 운동으로 인해 13Hz와 30mm 강도의 자극이 몸통 근육에 자극이 되어 이러한 결과를 보인 것으로 생각된다. 본 연구에서 6주 후에 배속빗근의 집단 간 차이가 발생하지 않았는데 차이 값을 보면 충분한 시간과 운동량을 증가시킨다면 유의한 차이가 발생할 것으로 생각된다.

본 연구는 특정 지역에 위치한 특정 연령층 및 남성만을 대상으로 하여 여러 근육의 구조적 특성을 확인하지 않고 몸통 근육만을 측정할 점과 다양한 주파수와 강도의 변화를 통한 근육의 구조적 특성 변화를 확인하지 못해 일반화하기에 부족하다. 향후 연구를 보완하여 여러 근육의 변화와 주파수 및 강도 변화를 주어 나타나는 변화를 확인하는 질적인 연구가 필요해 보인다.

V. 결 론

본 연구는 진동 교각 운동이 20대 성인 남성의 몸통근육 두께에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 그 결과는 다음과 같다. 진동에서 실시하는 교각운동은 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근의 두께에 긍정적인 영향을 미치며 향후 진동을 병행한 허리 안정화 운동의 일환으로 사용되고 진동과 교각운동의 기초 자료와 안정화 운동으로 활용 가능성을 제시한다.

참고문헌

- 박희석과 양대중. 전신진동을 결합한 교각운동이 대학 축구선수의 다리 근활성도와 균형능력에 미치는 영향. 한국발육발달학회 2019;27(3):165-72.
- 임용택. 새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 전신진동운동에 관한 연구. 코칭능력개발지 2005;7(1):105-16.
- 장재선, 김용남. 도수 안정화 운동 복합적용이 만성 허리통증 환자의 통증과 척추 만곡도에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지, 2022;29(2):38-47.
- 정경현, 이병희. 코어 운동이 성인 남성의 동적 균형과 몸통의 수평 회전에 미치는 효과. 대한물리치료과학회지, 2022;29(4):96-111.
- Abbasi M, Yoosefinejad AK, Poursadeghfard M, et al. Whole body vibration improves core muscle strength and endurance in ambulant individuals with multiple sclerosis: A randomized clinical trial. *Mult Scler Relat Disord.* 2019;32:88-93.
- Alavinia SM, Omidvar M, Craven BC. Does whole body vibration therapy assist in reducing fat mass or treating obesity in healthy overweight and obese adults? a systematic review and meta-analyses. *Disabil Rehabil.* 2021;43(14):1935-47.
- Andersen CH, Andersen LL, Zebis MK, et al. Effect of scapular function training on chronic pain in the neck/shoulder region: a randomized controlled trial. *J Occup Rehabil.* 2014;24(2):316-24.
- Aruin AS, Latash ML. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Exp Brain Res.* 1995;103(2):323-32.
- Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature, part 1. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84(6):473-80.
- Cha HG, Choe YW, Wu YT, et al. Effects of bridge exercise with pelvic compression belt on electromyographic activities of selected lumbopelvic muscles in young adults with lumbar instability. *J Korean Soc Phys Med.* 2017;12(3):1-10.
- Cho SH, Park SY. Immediate effects of isometric trunk stabilization exercises with suspension device on flexion extension ratio and strength in chronic low back pain patients. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2019;32(3):431-6.
- Choi JH, Kim DE, Cynn HS. Comparison of trunk muscle activity between traditional plank exercise and plank exercise with isometric contraction of ankle muscles in subjects with chronic low back pain. *J Strength Cond Res.* 2021;35(9):2407-13.
- Cholewicki J, Vanvliet Iv JJ. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clin Biomec.* 2002;17(2):99-105.
- Chung P, Liu C, Wang H, et al. Various performance-enhancing effects from the same intensity of whole-body vibration training. *J Sport Health Sci.* 2017;6(3):333-9.
- Czaprowski D, Afeltowicz A, Gębicka A, et al. Abdominal muscle emg-activity during bridge exercises on stable and unstable surfaces. *Phys Ther Sport.* 2014;15(3):162-8.
- Dafkou K, Kellis E, Ellinoudis A, et al. The effect of additional external resistance on inter-set changes in abdominal
-

- muscle thickness during bridging exercise. *J Sports Sci Med.* 2020;19(1):102-11.
- Dionello CF, Souza PL, Rosa PV, et al. Acute neuromuscular responses to whole-body vibration of systemic lupus erythematosus individuals: a randomized pilot study. *Appl Sci.* 2021;11(1):138.
- ElDeeb AM, Abdel-Aziem AA. Effect of whole-body vibration exercise on power profile and bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2020;43(4):384-93.
- Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, et al. G* power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods.* 2007;39(2):175-91.
- Heo S, Kim KM. The effects of virtual reality therapy on executive function and balance for stroke patients: a randomized controlled clinical trial. *Korean J Occup Ther.* 2016;24(4):1-14.
- Hodges PW, Danneels L. Changes in structure and function of the back muscles in low back pain: different time points, observations, and mechanisms. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019;49(6):464-76.
- Huang M, Tang CY, Pang MY. Use of whole body vibration in individuals with chronic stroke: transmissibility and signal purity. *J Biomech.* 2018;73(17):80-91.
- Jung EJ, Sung JW, Uh IJ, et al. The effects of abdominal hollowing and bracing on abdominal muscle thicknesses and pelvic rotation during active straight leg raise. *Isokinet Exerc Sci.* 2022;30(1):1-6.
- Kang SY, Choung SD, Jeon HS. Modifying the hip abduction angle during bridging exercise can facilitate gluteus maximus activity. *Man Ther.* 2016;22:211-5.
- Karthikbabu S, Nayak A, Vijayakumar K, et al. Comparison of physio ball and plinth trunk exercises regimens on trunk control and functional balance in patients with acute stroke: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25(8):709-19.
- Krause A, Gollhofer A, Freyler K, et al. Acute corticospinal and spinal modulation after whole body vibration. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2016;16(4):327-38.
- Lee HK, Cho YH, Lee JC. The effect of improve the waist flexibility, the waist muscular strength and the waist balance which grafted in william & mckenzie exercise with swiss ball. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8(4):479-87.
- Lyons KD, Parks AG, Dademathews O, et al. Core and whole body vibration exercise influences muscle sensitivity and posture during a military foot march. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(9):4966.
- Micke F, Weissenfels A, Wirtz N, et al. Similar pain intensity reductions and trunk strength improvements following whole-body electromyostimulation vs. whole-body vibration vs. conventional back-strengthening training in chronic non-specific low back pain patients: a three-armed randomized controlled trial. *Front Physiol.* 2021;13(12):664991.
- Mingorance JA, Montoya P, Vivas Miranda JG, et al. A comparison of the effect of two types of whole body vibration platforms on fibromyalgia. a randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(6):3007.
- Park JC, Lee DK. The effects of bridge exercise with one hip joint adduction on trunk muscle thickness. *J Kor Phys Ther.* 2020;32(6):354-8.
- Park JC, Yoo JH, Hwang TY. The effects of leg muscles and tendon thickness on 7hz vibration exercise application in the normal adult. *PNF and Movement.* 2020;18(3):425-33.
- Park KT, Park YJ, Jeon J, et al. Comparison of muscle thickness of abdominal muscles according to various types of

- abdominal crunch exercise. *KSIM*. 2022;10(2):177-85.
- Park WY, Koo HM. The effects of vibration frequency and amplitude on serratus anterior muscle activation during knee push-up plus exercise in individuals with scapular winging. *J Korean Soc Phys Med*. 2018;13(4):67-74.
- Richardson C, Jull G, Toppenberg R, et al. Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: a pilot study. *Aust J Physiother*. 1992;38(2):105-12.
- Rittweger J, Mutschelknauss M, Felsenberg D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2003;23(2):81-6.
- Ritzmann R, Kramer A, Bernhardt S, et al. Whole body vibration training-improving balance control and muscle endurance. *PloS one*. 2014;9(2):e89905.
- Ritzmann R, Kramer A, Gruber M, et al. Emg activity during whole body vibration: Motion artifacts or stretch reflexes? *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(1):143-51.
- Sipaviciene S, Kliziene I. Effect of different exercise programs on non-specific chronic low back pain and disability in people who perform sedentary work. *Clin Biomech*. 2020;73:17-27.
- Torcasio A, Van Lenthe G, Van Oosterwyck H. The importance of loading frequency, rate and vibration for enhancing bone adaptation and implant osseointegration. *Eur Cell Mater*. 2008;16(9):56-68.
- Yoon JO, Kang MH, Kim JS, et al. Effect of modified bridge exercise on trunk muscle activity in healthy adults: a cross sectional study. *Brazi J Phys Ther*. 2018;22(2):161-7.
- Zhang J, Wang R, Zheng Y, et al. Effect of whole-body vibration training on muscle activation for individuals with knee osteoarthritis. *Biomed Res Int*. 2021;26(2021):6671390.
-