

30Hz 전신 진동운동이 척추세움근의 두께와 기계적 속성에 미치는 영향

박재철, 김용남*
남부대학교 물리치료학과

The Effect of 30Hz Whole Body Vibration Exercise on the Thickness and Mechanical Properties of the Erector Spinae

Jae-Cheol Park, Yong-Nam Kim*
Department of Physical Therapy Nambu University

요약 본 연구는 30Hz 전신 진동운동 적용이 척추세움근의 형태인 두께 변화와 근육의 특성 변화인 기계적 속성에 미치는 영향을 알아보는 데 그 목적이 있다. N 지역에 거주하는 성인 남성 11명, 여성 13명 총 24명으로 모집단을 구성하였고 30Hz 전신 진동 운동군 12명, 허리 안정화 운동군 12명으로 나누어 시기별, 군간 상호작용, 군간 변화를 확인하기 위해 운동 전, 4주 후, 8주 후로 시기를 나누어 척추세움근의 두께와 근육 기계적 속성의 변화를 2요인 반복측정 분산분석(two-way repeated ANOVA)을 이용하였고 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 하였다. 시기와 군간 상호작용이 있는 경우에는 사후분석을 하였으며 유의수준 $\alpha=0.01$ 로 하였다. 척추세움근의 두께, 주파수, 강성, 변형률은 시기별, 시기와 군간 상호작용에서 유의한 차이가 있었고($P<0.05$), 원형회복속도는 시기별에서만 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 본 연구 결과를 보면 30Hz 전신 진동운동은 척추세움근의 두께와 기계적 속성에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수가 있어 향후 전신 진동운동 기초자료와 임상에서 허리 안정화 운동으로 활용 가능성을 제시한다.

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of applying whole body vibration exercise at 30 Hz on the thickness and mechanical properties of the erector spinae. The study population included 24 adults (11 male and 13 female) in the N region. The subjects were divided into two groups, a 30Hz whole body vibration exercise(WG, n=12) and an LSG(12 subjects). Changes in the thickness and mechanical properties of the erector spinae were analyzed before the exercises and after four and eight weeks of exercises using a two-way repeated analysis of variance with a statistical significance level of $\alpha=0.05$. When there was an interaction between the groups and measurement times, post hoc analyses were conducted at a statistical significance level of $\alpha=0.01$. The thickness, frequency, stiffness and strain of the erector spinae muscles were significantly different in each time period and in the interaction between time period and the group ($P<0.05$), and recovery was significantly different only in each time period ($P<0.05$). Thus, 30Hz whole body vibration exercise had a positive effect on the thickness and mechanical properties of the erector spinae. The results of this preliminary study suggest that whole body vibration exercise may find a place as a lumbar stabilization exercise in clinical practice in the future.

Keywords : Whole-body vibration, Mechanical properties, Erector spinae, Thickness, Exercise

본 논문은 2019년 남부대학교 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Yong-Nam Kim(Nambu Univ.)

email: kyn0231@nambu.ac.kr

Received August 10, 2020

Revised September 1, 2020

Accepted January 8, 2021

Published January 31, 2021

1. 서론

몸통의 안정성과 움직임에 관여하는 근육으로 표층에는 배곧은근과 배바깥빗근 척추세움근이 있고 심부에는 배속빗근, 배가로근, 못갈래근이 있다. 이들 근육은 허리의 안정성과 관련되고 허리 근육의 불균형은 통증, 근력 약화, 지구력과 유연성 감소로 이어져[1] 허리의 안정성을 저해하는 요인으로 자리 잡고 있다. 이중 표층 근육은 외적 저항에 대항할 때 주로 작용한다고 알려졌지만 척추세움근은 보행 시 몸통을 바르게 잡아주는 역할을 하고 척추세움근의 약화는 골반을 뒤쪽 기울임을 유발하여 체중의 힘 선과 허리뼈 외적 모멘트 팔의 증가를 가져와 허리의 하중을 증가 시켜 허리 통증을 유발하므로 척추세움근의 근력 유지는 무엇보다 중요하다[2]. 척추세움근과 관련된 연구를 보면 키네시오테이핑(kinesio taping)과[3] 플렉시블 폴(flexible pole training)을 이용한 운동 방법이[4] 척추세움근의 강화를 통해 허리통증 환자의 허리 안정성에 영향을 주어 척추세움근의 중요성을 뒷받침하고 있다. 하지만 이러한 운동 방법은 적용이 불편하여 몇 년 전부터 쉽게 근육을 강화 할 수 있는 방법이 소개되고 있으며 바로 진동을 이용한 방법이다[5].

진동은 근방추(muscle spindle)와 골지힘줄기관(golgi tendon organ)을 자극하여 Ia섬유와 II섬유의 반사적 수축을 유도하여 근육을 강화하는 운동 방법으로 [6] 골다공증과[7] 근력증가[8] 통증개선[9] 보행능력에 효과적이라 하였다[10]. 최근에는 특정 주파수에 대한 연구들이 주로 보고되고 있다. 대표적으로 8Hz, 26Hz, 40Hz 주파수를 이용한 연구에서 26Hz에서만 근육 힘의 증가를 보고 하였고[11] 어깨 의상 환자를 대상으로 주파수와 진폭을 나누어 앞뿔니근의 근활성도 연구에서는 낮은 주파수보다 높은 주파수 높은 진폭에서 앞뿔니근의 근 활성도가 증가하였다고 보고하여[12]. 특정 주파수의 효과가 알려지고 있다. 그러나 대부분 근 활성도 연구가 주를 이루고 있고 근육의 형태인 두께와 근육 특성인 기계적 속성 변화에 대한 연구는 부족하다.

정적 상태에서 근육의 형태학적 변화와 기계적 속성 변화를 설명하기에 어려움이 있다. 이를 위해 초음파[13] 자기공명영상[14] 이용하고 있지만, 근육의 형태만 확인할 수 있고 근육의 기계적 속성인 긴장 상태나 유연성을 나타내는 지표를 확인할 수 없어 특징을 확인하기 위한 새로운 방법의 도입이 필요하다[15]. 특히 스포츠 수행능력에 영향을 미치는 근육의 긴장도와[16] 부상과 관련된 유연성[17] 그리고 근육 강성을 포함한 근육 생체

역학을 확인하는 게 중요하다[18]. 이러한 근육 기계적 속성은 디지털 연부조직 측정기로 평가가 가능하며 기기에서 확인 가능한 주파수(frequency, F), 강성(stiffness, S), 감쇠율(decrement, D) 변형률(creep, C), 원형회복 속도(relaxation, R)의 측정 항목으로 근육의 긴장도, 강성, 유연성 등을 평가 할 수가 있어 임상에서 빠른 진단과 평가를 할 수 있다.

그러므로 본 연구는 30Hz의 주파수를 이용한 전신 진동 운동이 척추세움근의 두께와 기계적 속성에 미치는 영향을 확인하고자 하며 임상에서 진동 운동의 기초자료와 허리 안정화 운동의 활용 가능성을 제시한다.

2. 본론

2.1 연구 대상

본 연구는 N 지역 20대 남녀 24명을 대상으로 하였으며 대상자에게 군에 대한 정보를 알리지 않고 단일맹검법(single-blind test) 이용하여 무작위로 군을 30Hz 전신 진동 운동군(30Hz whole-body vibration exercise group 30WG) 12명, 허리 안정화 운동군(lumbar stabilization exercise group LSG) 12명으로 군을 분류하여 시간대를 달리하여 운동하였다. 연구대상자 표본 크기는 선행연구 결과를[19] 근거로 $G^*power3.1$ [20]을 이용하여 유의수준($\alpha=0.05$), 효과 크기($d=0.8$) 검정력($1-\beta=0.90$)을 고려하여 30WG와 LSG에 각각 11명씩 산출되어 10% 탈락률을 고려하여 각 군에 12명씩 모집하였다. 선정 기준은 이석증이 없는 자, 발목 등 하지에 근뼈대계 질환이 없는 자로 선정하였고 연구 목적을 설명하고 자발적인 연구 참여에 희망한 대상자로 연구 동의서를 작성 후 모집단을 구성하였으며 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

	30WG (n=12)	LSG (n=12)	p
Age(year)	22.50±1.31	22.58±1.88	0.551
Height(cm)	168.2±8.81	171.0±7.51	0.557
Weight(kg)	69.9±16.40	71.9±13.40	0.888
Gender			
Male	6	5	
Female	6	7	
Mean±SD			

2.2 연구 절차 및 운동 방법

진동 운동을 위해 30WG은 진동 장비(SONIX, SW-VH16 KOREA)를 이용하여 30Hz의 주파수와 중간 강도인 30mm를 이용하였다. 운동 자세로는 기기 위에 손잡이를 잡고 무릎 관절 35° 굽힘을 하고 허리와 머리는 일직선에 있게 하여 운동을 하였다. 준비운동으로 트레드밀에서 4km 속도로 5분간 가벼운 걷기를 적용하였고 본 운동은 4분씩 진동 운동을 적용 후 운동 사이에 1분씩 휴식 시간이 주어졌으며 총 4회 20분간 하였으며 마무리 운동으로 5분간 스트레칭을 적용하였다. LSG의 준비운동과 마무리 운동은 30WG와 같으며 교각 운동과 플랭크 운동으로 구성된 운동프로그램을 위해 바닥에 바로 누운 후 무릎관절을 45° 굽힘을 하고 시작과 동시에 엉덩관절 펴며 하여 운동을 하였다. 플랭크 운동은 팔꿈치 관절 90° 굽힘을 하여 시작과 동시에 엉덩관절 굽힘을 하여 어깨관절과 엉덩관절이 일직선상에 있도록 하여 운동하였다. 교각운동과 플랭크 운동은 각각 30초간 운동을 하고 30초 휴식 교각운동 10회 플랭크 운동 10회를 총 20분에 걸쳐 실시하였고 모든 운동군은 총 8주 주 3회 하루 30분씩 운동을 하였다.

2.3 측정도구 및 방법

근 두께 확인을 위해 초음파 장치(MyLab25Gold, Esaote, Italy) 이용하였다. 주파수 변조 범위는 6~9MHz이며 gain의 범위는 20~80이고 변환기는 7.5MHz 선형탐촉자를 이용하였으며 진단방사선과 의사 1인을 선정하여 측정하였다. 측정 자세는 바로 엎드린 자세에서 변환기와 피부 사이에 충분한 양의 초음파 젤(Dayo Medical CO., PROGEL-II, Korea)을 도포하여 변환기를 가로 방향으로 하여 4번 허리뼈의 가시돌기에서 가 쪽 방향으로 4cm 이동한 지점에 유성펜으로 표시하고 가시돌기와 가로돌기를 확인한 후 척추세움근의 두께를 측정하였다. 기계적 속성을 알아보기 위하여 디지털 연부조직 측정기(Myoton AS, Tallinn, Eatonia)를 이용하였고 측정 환경으로 인해 오류를 줄이기 위해 온도는 22-24° 습도는 50-60%를 유지한 채로 측정하였다. 측정 자세는 침상에 바로 엎드린 자세로 긴장을 하지 않게 편안한 자세를 취하게 하여 초음파 측정과 동일한 지점인 4번 허리뼈 가시돌기를 확인한 후 가쪽으로 4cm 떨어진 부분을 연부조직 측정기의 프로브(poly carbonate probe, 3mm)를 피부와 직각으로 위치하여 동일 지점에 0.4N의 힘과 15msec의 시간에 피부를 압박하여 기계적 속성인 주파

수, 강성, 변형률, 원형회복속도를 획득하였으며 두께와 기계적 속성은 총 3회를 측정하여 그 평균값을 이용하였다.

2.4 분석방법

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 통계 프로그램 SPSS 19.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하였다. 연구 대상자들의 일반적 특성의 정규분포를 확인하기 위해 Shapiro-wilk 검정을 이용하였고 정규분포가 확인되어 두 그룹의 운동 전, 4주 후, 8주 후의 척추세움근 두께와 기계적 속성 변화를 알아보기 위해 2요인 반복측정 분산 분석(two-way repeated ANOVA)을 이용하였으며 $\alpha=0.05$ 로 하였다. 시기와 군간 상호작용이 있는 경우에는 집단 내 차이를 알아보기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 집단 간 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 하였고 I 종 오류를 줄이기 위해 본페로니(Bonferroni) 교정을 이용하여 $\alpha=0.01$ 로 하였다.

3. 결과

3.1 척추세움근의 두께 변화

척추세움근의 두께 변화는 시기별, 시기와 군간 상호작용에서 유의한 증가가 있었고($p<0.05$), 집단 간 변화에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 2)(Table 3).

3.2 척추세움근의 주파수의 변화

척추세움근의 주파수 변화는 시기별, 시기와 군간 상호작용에서 유의한 증가가 있었고($p<0.05$), 집단 간 변화에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 2)(Table 3).

3.3 척추세움근의 강성의 변화

척추세움근의 강성 변화는 시기별, 시기와 군간 상호작용에서 유의한 증가가 있었고($p<0.05$), 집단 간 변화에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 2)(Table 3).

3.4 척추세움근의 원형회복속도의 변화

척추세움근의 원형회복속도 변화는 시기별에서 유의한 감소가 있었고($p<0.05$), 시기와 군간 상호작용과 집단 간 변화에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 2).

Table 2. Comparison of erector spinae muscle thickness and mechanical properties. (Hz)(N/m)(ms)(%)

		Pre	4weeks	8weeks	Source	F	p
EST	30WG	25.58±3.39	27.02±3.44	28.92±3.22	Time	13.085	0.00***
	LSG	25.79±3.01	26.15±4.07	26.74±3.49	TimeXGroup	4.041	0.02*
					Group	0.561	0.48
F	30WG	12.81±1.18	13.61±0.98	14.24±1.30	Time	27.549	0.00***
	LSG	12.99±1.09	13.01±1.10	13.63±1.21	TimeXGroup	5.152	0.01**
					Group	0.610	0.44
S	30WG	203.33±14.78	213.00±14.39	228.41±17.59	Time	30.812	0.00***
	LSG	203.41±20.43	205.83±22.96	214.08±25.93	TimeXGroup	4.841	0.01**
					Group	0.876	0.36
R	30WG	19.91±4.03	19.28±3.70	18.30±3.37	Time	15.742	0.00***
	LSG	20.72±2.28	20.40±2.77	19.75±2.87	TimeXGroup	.957	0.39
					Group	0.759	0.39
C	30WG	1.13±0.13	1.05±0.14	0.98±0.12	Time	16.348	0.00***
	LSG	1.15±0.18	1.12±0.13	1.09±0.13	TimeXGroup	3.559	0.03*
					Group	1.419	0.24

EST:erector spinae muscle thickness F:frequency, S:stiffness, R:relaxation, C:creep, 30WG: 30Hz whole-body vibration exercise group, LSG: lumbar stabilization exercise group. *p<0.05, **p<0.01 ***p<0.001.

3.5 척추세움근의 변형률의 변화

척추세움근의 변형률 변화는 시기별, 시기와 구간 상호작용에서 유의한 감소가 있었고(p<0.05), 집단 간 변화에서 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 2)(Table 3).

Table 3. Post-hoc according to interactions of time and groups in 30WG and LSE

		After 4weeks ^a	After 8weeks ^b	t	p
EST	30WG	1.44±0.45	3.34±0.59	19.481	0.00***
	LSG	0.35±2.23	0.95±2.36	1.393	0.19
	t	0.569	1.591		
	p	0.57	0.12		
F	30WG	0.80±0.55	1.42±0.93	5.283	0.00***
	LSG	0.02±0.70	0.64±0.74	2.988	0.01
	t	1.401	1.185		
	p	0.17	0.24		
S	30WG	9.66±3.77	25.08±8.18	10.616	0.00***
	LSG	4.91±10.68	11.16±19.49	1.984	0.07
	t	0.421	1.366		
	p	0.67	0.18		
C	30WG	-0.07±0.04	-0.15±0.07	7.004	0.00***
	LSG	-0.02±0.09	-0.05±0.15	1.283	0.22
	t	1.164	2.196		
	p	0.25	0.03		

EST:erector spinae muscle thickness F:frequency, S:stiffness, C:creep, 30WG: 30Hz whole-body vibration exercise group, LSG: lumbar stabilization exercise group. ^aDifference between pre and 4weeks ^bDifference between pre and 8weeks, Mean±SD ***p<0.001

4. 결론 및 토의

본 연구는 30Hz 주파수를 이용하여 척추세움근 두께와 기계적 속성에 미치는 영향을 알아보려 두 그룹으로 나누어 주 3회 하루 30분씩 총 8주간 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

척추세움근의 두께, 주파수, 강성, 변형률은 시기별, 시기와 구간 상호작용에서 유의한 차이를 보였고 원형회복속도는 시기별에서만 유의한 차이를 보였다.

기계적 자극인 진동이 인체에 적용되면 반사적 근수축인 긴장성 진동 반사(tonic vibration reflex)를 유발하여 근육의 활동을 유도한다[21]. 이를 뒷받침하는 연구로 26명의 노인에게 진동 적용이 넓다리두갈래근과 안쪽넓은근의 단면적 증가를 가져왔다고 하였고[22] 근육 손상이 있는 50명의 다발성 경화증 환자에게 진동 적용이 6주 만에 코어 근육의 근력과 지구력이 증가했다고 보고하였다[23]. 또한, 30Hz 이상의 주파수와 높은 진폭 그리고 깊은 스쿼트 자세는 허리에 전달력이 증가한다고 한 점과[24] 30Hz 진동과 35°의 무릎 굽힘 각도를 이용하여 몸통 뒤쪽 기울림이 더욱 증가하여 몸통 안정성을 위해 척추세움근은 보다 많은 수축을 하여 두께가 증가한 것으로 생각된다. 추가로 진동이 발바닥을 통해 전신으로 전달되는 과정에서 지지면이 진동에 의해 불안정하게 되고 몸통은 안정성을 위해 척추세움근을 수축한 결과로 두께가 증가한 것으로 생각된다.

근육 두께와 함께 측정된 근육 기계적 속성 중주파수는 근수축이 없는 상태의 진동을 주파수로 표기하고 이를 근육의 긴장도로 해석하며 강성은 근육조직의 뻣뻣함을 수동적으로 늘어날 때 근육의 저항이라고 정의 할 수 있다[25]. 변형률은 일정한 무게로 인해 근육이 늘어나는 것을 말하며 원형회복속도는 압박 또는 외부응력을 제거 후 정상으로 복원되는 시간을 말하며[26] 유연성과 관련된다. 이러한 근육 기계적 속성의 연구를 보면 Little 등[27]은 지연성근육통을 유발한 뒤 위팔두갈래근과 허리근육의 기계적 속성을 확인한 결과 주파수와 강성의 지표는 감소했지만, 변형률과 원형회복속도는 증가하였고 보고하였고, Choi와 Kim[28]은 편심성 수축을 수행 후 진동 적용 여부에 따른 근육 기계적 속성에 미치는 변화 연구에서 12Hz 진동 적용이 강성의 감소와 변형률, 원형회복속도의 증가를 보고하여 본 연구와는 다른 결과를 보였다. 이러한 결과는 연구 방법 차이로 근육 조직의 손상을 유발하여 염증이 발생하는 지연성근육통과[29] 근손상이 아닌 근육 강화를 목적으로 한 연구 방법의 차이로 생각된다. 하지만 주파수와 강성은 정적관련성을 변형률과 원형회복속도는 부적관련성이 있다고 보고한 연구 결과는[30] 본 연구 결과와 같이 주파수와 강성은 근육이 강화될수록 증가하고 변형률과 원형회복속도는 감소하는 특징을 확인 할 수 있었다. 또 다른 연구에서는 부종이 강성을 증가시킨다고 하였다[31]. 부종은 부피 증가로 조직의 저항력이 높아지는 현상으로 근육 강화로 인해 저항력이 증가하는[32] 것과 비슷하다고 볼 수 있어 강성이 증가한 것으로 보인다. 종합적으로 보면 척추세움근의 하부 섬유는 무릎 각도 30°와[33] 30Hz의 높은 진동 주파수에서[34] 근육이 효과적으로 강화되는 것을 알 수 있었고 근두께 증가가 발생하면 정적관련성을 보이는 주파수와 강성은 증가를 보이고 부적관련성을 보이는 변형률과 원형회복속도는 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 원형회복속도는 유의한 차이가 없었던 이유는 근 두께 증가로 긴장도가 증가하여 긴장도와 반대되는 유연성과 관련된 원형회복속도는 감소가 발생하지 않은 것으로 생각된다.

본 연구에서 확인한 척추세움근의 집단 내 변화를 보면 30WG는 LSG에 비해 두께와 주파수 강성은 시기별로 유의하게 증가하였고 변형률은 유의하게 감소를 보여 30Hz 진동으로 인한 효과로 생각되며, 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 없는 점은 30WG의 증가와 감소폭을 보면 훈련 횟수와 시간이 추가적으로 주어진다면 유의한 차이가 발생할 가능성이 있다.

본 연구는 특정 지역의 20대 적은 대상으로 인해 일반화하기에 어렵고 다양한 주파수와 심부 근육은 선택하지 않고 특정 주파수와 표층 특정 근육만을 선택하여 두께와 기계적 속성만을 확인한 한 점이 아쉬움이 남는다. 하지만 실험을 통해 나타난 변화는 긍정적으로 보인다. 향후 연구에서는 본 연구에서 확인하지 못한 심부 근육의 특성과 다변화된 주파수, 강도, 적용 시간, 횟수와 여러 안정화 운동과의 비교를 통해 질적인 연구가 진행되길 바란다. 본 연구는 30Hz 전신 진동운동이 척추세움근의 두께와 기계적 속성인 주파수, 강성, 변형률의 긍정적 변화가 확인되어 전신 진동 운동의 기초자료 활용과 허리 안정화 운동프로그램으로 활용 가능성을 제시한다.

References

- [1] M. Wallden, "The neutral spine principle", *Journal of bodywork and movement therapies*, Vol.13, No.4, pp.350-61, 2009.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.07.006>
- [2] D. A. Neumann, *Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: Foundations for rehabilitation*, Elsevier Health Sciences, 2013: Pages.
- [3] R. S. Bernardelli, E. M. Scheeren, A. R. Fuentes Filho, P. A. Pereira, M. A. Gariba, "Effects of kinesio taping on postural balance in patients with low back pain, a randomized controlled trial", *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol.23, No.3, pp.508-14, 2019.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.01.002>
- [4] J. H. Lim, "Effects of flexible pole training combined with lumbar stabilization on trunk muscles activation in healthy adults", *The Journal of Korean Physical Therapy*, Vol.30, No.1, pp.1-7, 2018.
DOI:<https://doi.org/10.18857/jkpt.2018.30.1.1>
- [5] J. L. Buteau, O. Eriksrud, S. M. Hasson, "Rehabilitation of a glenohumeral instability utilizing the body blade", *Physiotherapy theory and practice*, Vol.23, No.6, pp.333-49, 2007.
DOI:<https://doi.org/10.1080/09593980701247337>
- [6] A. Krause, A. Gollhofer, K. Freyler, L. Jablonka, R. Ritzmann, "Acute corticospinal and spinal modulation after whole body vibration", *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*. Vol.16, No.4, pp.327-38, Dec. 2016.
- [7] A. Remaud, C. Cornu, A. Guével, "Agonist muscle activity and antagonist muscle co-activity levels during standardized isotonic and isokinetic knee extensions", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol.19, No.3, pp.449-58, June. 2009.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.11.001>
- [8] P. Chung, C. Liu, H. Wang, Y. Liu, L. Chuang, "Various

- performance-enhancing effects from the same intensity of whole-body vibration training”, *Journal of sport and health science*, Vol.6, No.3, pp.333-9, September. 2017.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jshs.2016.06.001>
- [9] M. Gomes-Neto, DdC. de Sá-Caputo, L. L. Paineiras-Domingos, P. J. Maein, B. Sañudo, “Effects of whole-body vibration in older adult patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis”, *Canadian journal of diabetes*, Vol.43, No.7, pp.524-529, October. 2017.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cjcid.2019.03.008>
- [10] Y. R. Jo, M. B. Jeong, D. W. Lee, “The effect of whole body vibration exercise on ankle joint spasticity patients with chronic stroke”, *The Journal of Korean Physical Therapy*, Vol.30, No.4, pp.135-40, August. 2018.
DOI:<http://dx.doi.org/10.18857/jkpt.2018.30.4.135>
- [11] G. H. Yun, C. J. Ji, J. S. Park, Y. T. Rhim, M. H. Hwang, “The effect of the frequency of whole body vibration on power and jump performance capability of lower limb”, *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol.56, No.2, pp.877-84, 2014.
- [12] W. Y. Park, H. M. Koo, “The effects of vibration frequency and amplitude on serratus anterior muscle activation during knee push-up plus exercise in individuals with scapular winging”, *Korean Society of Physical Medicine*, Vol.13, No.4, pp.67-74, 2018.
DOI:<http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2018.13.4.67>
- [13] N. Rahmani, M. A. Mohseni-Bandpei, R. Vameghi, M. Salavati, I. Abdollahi, “Application of ultrasonography in the assessment of skeletal muscles in children with and without neuromuscular disorders: A systematic review”, *Ultrasound in medicine & biology*, Vol.41, No.9, pp.2275-83, 2015.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.04.027>
- [14] J. A. Hides, C. L. Boughen, W. R. Stanton, M. W. Strudwick, S. J. Wilson, “A magnetic resonance imaging investigation of the transversus abdominis muscle during drawing-in of the abdominal wall in elite australian football league players with and without low back pain”, *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, Vol.40, No.1, pp.4-10, 2010.
DOI:<http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2010.3177>
- [15] A. Kisilewicz, M. Janusiak, R. Szafraniec, M. Smoter, B. Ciszek, “Changes in muscle stiffness of the trapezius muscle after application of ischemic compression into myofascial trigger points in professional basketball players”, *Journal of human kinetics*, Vol.64, No.1, pp.35-45, 2018.
DOI:<http://dx.doi.org/10.2478/hukin-2018-0043>
- [16] E. C. Pruyn, M. Watsford, A. Murphy, “The relationship between lower-body stiffness and dynamic performance”, *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, Vol.39, No.10, pp.1144-50, May. 2014.
DOI:<https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0063>
- [17] C. J. Colloca, R. N. Hinrichs, “The biomechanical and clinical significance of the lumbar erector spinae flexion-relaxation phenomenon: A review of literature”, *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol.28, No.8, pp.623-31, October. 2015.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2005.08.005>
- [18] A. V. Dieterich, R. J. Andrade, G. Le Sant, D. Falla, F. Petzke, “Shear wave elastography reveals different degrees of passive and active stiffness of the neck extensor muscles”, *European journal of applied physiology*, Vol.117, No.1, pp.171-8, 2017.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-016-3509-5>
- [19] S. Y. Heo, H. J. Lee, A. J. Ham, Y. N. Kim, S. N. Jeong, “The Effects of Virtual Reality Therapy on Executive Function and Balance for Stroke Patients: A Randomized Controlled Clinical Trial”, *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, Vol.24, No.4, pp.1-14, 2016.
DOI:<https://doi.org/10.14519/jksot.2016.24.4.01>
- [20] F. Faul, E. Erdfelder, A. G. Lang, A. Buchner, “G* power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences”, *Behavior research methods*, Vol.39, No.2, pp.175-91, 2007.
DOI:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03193146>
- [21] S. Torvinen, P. Kannus, H. Sievanen, T. A. H. Jarvinen, M. Pasanen, “Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance”, *Medicine and science in sports and exercise*, Vol.34, No.9, pp.1523-8, 2002.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200209000-00020>
- [22] A. Machado, D. García-López, J. González-Gallego, N. Garatachea, “Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: A randomized-controlled trial”, *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. Vol.22, No.2, pp.200-207, 2010.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00919.x>
- [23] M. Abbasi, A. K. Yoosefinejad, M. Poursadeghfard, F. P. Jahromi, A. Motealleh, “Sobhan Sobhani Whole body vibration improves core muscle strength and endurance in ambulant individuals with multiple sclerosis: A randomized clinical trial”, *Multiple sclerosis and related disorders*, Vol.32, pp.88-93, 2019.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.msard.2019.04.028>
- [24] M. Huang, C-Y. Tang, M. Y. Pang, “Use of whole body vibration in individuals with chronic stroke: Transmissibility and signal purity”, *Journal of biomechanics*, Vol.73, No.17, pp.80-91, May. 2018.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.03.022>
- [25] R. Schleip, I. L. Naylor, D. Ursu, W. Melzer, A. Zorn, “Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue”, *Medical hypotheses*, Vol.66, No.1, pp.66-71, 2006.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.mehy.2005.08.025>

- [26] S. Schneider, A. Peipsi, M. Stokes, A. Knicker, V. Abeln, "Feasibility of monitoring muscle health in microgravity environments using myoton technology", *Medical & biological engineering & computing*, Vol.55, No.1, pp.57-66, 2015.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/s11517-014-1211-5>
- [27] P. Little, B. Stuart, M. Stokes, M. Nicholls, C. Roberts, "Alexander technique and supervised physiotherapy exercises in back pain (aspen): A four-group randomised feasibility trial", *Efficacy and Mechanism Evaluation*, Vol.1, No.2, pp.1-106, 2014.
DOI:<http://dx.doi.org/10.3310/eme01020>
- [28] M. Y. Choi, M. K. Kim, "Effects of a single bout of eccentric exercise on muscle swelling, imaging and mechanical properties in upper limb: Application of vibration", *Korean Journal of Sport Science*, Vol.30, No.4, pp.651-62, 2019.
DOI:<https://doi.org/10.24985/kiss.2019.30.4.651>
- [29] C. C. da Silva, Á. S Machado, G. R. dos Santos, H. L. Schmidt, M. R. Kunzler, "Acute responses to barefoot 5 km treadmill running involve changes in landing kinematics and delayed onset muscle soreness", *Gait & Posture*, Vol.77, pp.231-35, March. 2020.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.02.004>
- [30] C. Kim, M. Kim, "Mechanical properties and physical fitness of trunk muscles using myoton", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.55, No.1, pp.633-42, 2016.
- [31] J. Howell, G. Chleboun, R. Conatser, "Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans", *The Journal of physiology*, Vol.464, No.1, pp.183-96, May. 1993.
DOI:<https://doi.org/10.1113/jphysiol.1993.sp019629>
- [32] P. J. Marin, M. R. Rhea, "Effects of vibration training on muscle power: A meta-analysis", *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol.24, No.3, pp.871-8, 2010.
DOI:<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c6f0>
- [33] D. Perchthaler, S. Hauser, H. C. Heitkamp, T. Hein, S. Grau, "Acute effects of whole-body vibration on trunk and neck muscle activity in consideration of different vibration loads", *Journal of sports science & medicine*, Vol.14, No.1, pp.155-62, 2015.
DOI:<https://doi.org/10.15496/publikation-4234>
- [34] K. P. Granata, K. F. Orishimo, "Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability", *Journal of biomechanics*, Vol.34, No.9, pp.1117-23, 2001.
DOI:[http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00081-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00081-1)

박 재 철(Jae-Cheol Park)

[정회원]



- 2020년 2월 : 남부대학교 통합의학과 물리치료전공 (보건학박사)
- 2012년 9월 ~ 현재 : 전남과학대학교 물리치료학과 겸임교수

<관심분야>

운동치료, 신경계 재활

김 용 남(Yong-Nam Kim)

[정회원]



- 2001년 2월 : 원광대학교 행정학과 (행정학박사, 보건)
- 1997년 3월 ~2009년 2월 : 전남과학대학교 물리치료학과 교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>

해부학