

Original Article

Open Access

## 7Hz 진동자극 운동이 정상 성인의 다리 근육과 힘줄의 두께에 미치는 영향

박재철 · 유진호 · 황태연†  
전남과학대학교 물리치료과

### The Effects of Leg Muscles and Tendon Thickness on 7Hz Vibration Exercise Application in the Normal Adult

Jae-Cheol Park, P.T., Ph.D. · Jin-Ho Yoo, P.T., Ph.D. · Tae-Yeon Hwang, P.T., Ph.D.†  
*Department of Physical Therapy, Chumnam Techno University*

Received: September 8, 2020 / Revised: September 25, 2020 / Accepted: October 7, 2020

© 2020 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### | Abstract |

**Purpose:** The purpose of this study was to investigate the effect of 7Hz vibration on the thickness of the rectus femoris, medial femur, rectus femoris tendon, and Achilles tendon.

**Methods:** The statistical methods before and after working around the average value of each of the legs included repeated measures ANOVA. The subjects were 26 males residing in the N area, and we measured the change in muscle thickness and tendon thickness before, four weeks, and eight weeks after the experiment in two groups of 13 subjects each. The analysis method was a two-way repeated measurement variance analysis (ANOVA) with a significance level of 0.05

**Results:** The rectus femoris, medial broad muscle, rectus femur, and Achilles tendon showed significant increases in the interaction between the periods as well as between the periods and groups ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** As a result of this study, the 7Hz vibration had a positive effect on the thickness of the rectus femoris and the vastus medialis muscle as well as the thickness of the rectus femoris tendon and Achilles tendon. It is expected to be used as basic data for vibrational exercises in the future studies and is expected to be used as an exercise to strengthen the leg muscles and tendons.

**Key Words:** Vibration, Thickness, Tendon

†Corresponding Author : Tae-Yeon Hwang ([delta21@cntu.ac.kr](mailto:delta21@cntu.ac.kr))

## I. 서론

기립을 하는 동안 중력과 체중을 이겨 내고 몸을 지탱하는 역할을 다리근육들이 하며, 계단을 오르거나 의자에서 일어설 때 주로 넙다리네갈래근이 중요하게 작용한다. 넙다리네갈래근 중 넙다리끝은근은 무릎 펴근으로 작용하며, 초기 디딤기에서 다리의 안정성을 제공한다(Hodges et al., 2016). 넙다리끝은근의 약화는 기립과 관련된 동작을 어렵게 하거나 무릎 펴기를 어렵게 하고, 더 나아가 무릎 통증을 유발하기도 한다. 무릎 통증이 발생하면 움직임을 최소화하여 넙다리끝은근은 더욱 약화되며(Ettinger & Afable, 1994), 약화된 넙다리끝은근은 무릎의 안정성에 부정적인 영향을 미친다. 또한, 넙다리네갈래근 중 안쪽넓은근은 무릎뼈를 안쪽으로 잡아당겨 가쪽넓은근과 균형을 유지함으로써 관절이 무리 없이 움직일 수 있도록 해준다(Heegaard et al., 1994). 따라서 안쪽넓은근의 약화는 무릎뼈를 바깥쪽으로 이동하게 만들어 무릎의 움직임을 부자연스럽게 만들고 더 나아가 무릎넙다리 통증 증후군(patellofemoral pain syndrome, PFPS)을 유발하기 때문에 넙다리끝은근과 안쪽넓은근의 강화는 원활한 일상생활 동작과 무릎의 안정성을 위해서 필수 조건이다.

근육과 더불어 힘줄 역시 무릎의 안정성에 영향을 미친다. 힘줄은 섬유성 결합조직으로 뼈와 근육을 연결하고 움직임을 통해 발생하는 장력을 전달할 수 있도록 정렬된 외기질 세포로 이루어져 있다(Franchi et al., 2007). 힘줄은 강한 외부자극에 의해 손상이 빈번하게 발생하고 일상생활 동작 도중에 쉽게 손상을 받게 된다(Phatama et al., 2019). 한번 손상된 힘줄은 오랜 기간 고정이 필요하고 여러 중재에도 쉽게 회복되지 않으며, 각종 부작용과 함께 만성 힘줄염으로 발전될 가능성이 높다(Buchanan & Marsh, 2002). 그러므로 힘줄 손상 전에 힘줄을 강화하는 운동은 질병 예방을 위해 최선의 선택이라 할 수 있다(Huang et al., 2013).

최근 들어 근육 강화에 효과적이면서 쉽고 편리하게 적용할 수 있는 운동 방법이 보고되고 있는데, 그

방법의 하나가 진동을 이용한 방법이다. 진동은 근방추와 골지힘줄기관의 Ia섬유와 II섬유를 자극하여 반사적 수축을 유도하여 근육을 강화하는 것으로 알려져 있는데(Krause et al., 2016), 특히 15~90Hz의 특정 주파수를 이용하여 재활과 훈련 등의 특정 용도로 제안되고 있다(Rubin et al., 2006). 하지만 과거의 몇몇 연구에서 오랜 시간 동안 고강도와 고빈도의 진동은 인체에 좋지 못한 영향을 미치고(Bovenzi, 2006), 머리에 높은 주파수의 진동은 내이의 손상을 유발할 수 있다고 알려져 있다(Bochnia et al., 2005). 또한, 30Hz에서 0.3g 강도의 진동은 하루 4시간의 노출 한계량을 가지므로(Muir et al., 2013) 안전을 위해 15Hz 이하의 낮은 주파수 사용이 필요하다고 생각되며, 이에 대한 효과에 대한 검정이 필요하다.

진동과 관련된 연구를 보면 Chung 등(2017)은 64명을 대상으로 32Hz/1mm, 18Hz/3mm, 3Hz/114mm의 여러 주파수와 진폭을 나누어 8주간 진동운동을 한 결과 진동운동은 근력에 영향을 미친다고 하였고, Machado 등(2010)은 노인들에게 10주간 진동운동이 안쪽넓은근과 넙다리두갈래근의 단면적 증가를 보고하면서 노인들의 근감소증에 효과적이라고 하였으며, 진동운동은 특히 힘줄 성장과 관련된 성장호르몬(growth hormone)의 수준을 증가시킨다고 알려져 있다(Kvorning et al., 2006). 그 밖에도 통증 및 혈당(Gomes-Neto et al., 2019), 보행능력 증가(Miyara et al., 2014) 연구들이 보고되고 있다.

이처럼 진동의 긍정적인 효과에 대해 잘 알려졌지만, 대부분이 근 활성도와 생체 내(in vitro)와 관련된 연구가 대부분이며, 본 연구처럼 상대적으로 안전한 낮은 진동 주파수를 이용하여 형태학적 변화인 근육의 두께와 힘줄의 두께 변화를 확인한 연구는 부족한 실정이다. 그러므로 본 연구는 낮은 주파수인 7Hz 진동을 적용하여 넙다리끝은근과 안쪽넓은근의 근두께와 넙다리끝은근 힘줄과 아킬레스 힘줄의 두께에 미치는 영향을 알아 보고, 진동 운동이 다리 근육 두께와 힘줄 두께 증가를 위한 운동 중재로의 활용 가능성에 대한 기초 자료로 활용하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

연구대상자는 전남 N 지역 성인 남성 26명을 대상으로 대상자에게 그룹에 대한 정보를 알리지 않고 단일맹검법(single-blind test)을 이용하여 무작위로 그룹을 7Hz 진동 운동군(vibration exercise group, 7VG) 13명, 넙다리곧은근 등척성운동군(rectusfemoris isometric exercise group, RIG) 13명으로 분류하였다. 연구 대상자 표본 크기 선정을 위해서 선행 논문(Moon et al., 2014)을 근거로 G\*power3.1(Faul et al., 2007)을 이용하여 유의수준( $\alpha=0.05$ ) 검정력( $1-\beta=0.9$ ) 효과크기( $d=0.8$ )로 설정한 결과, 각 그룹당 11명씩 산출되어 탈락률 20%를 고려하여 각 그룹당 13명씩 총 26명을 모집하였다. 모든 대상자는 공고문을 통해 모집되었고 연구 목적을 듣고 자발적으로 연구 참여 의사를 표현한 자로 하여 동의서를 작성하였다. 대상자 선정 기준은 이석증 및 어지럼증이 없는 자, 운동 수행에 있어 어려움이 없는 자로 선정하였다.

### 2. 연구방법 및 운동방법

#### 1) 운동방법 및 기간

7VG의 진동 적용을 위해 진동 장비(SONIX, SW-VH11SA, Korea)를 이용하여 7Hz 주파수와 30mm의 강도를 이용하였다. 운동 방법은 장비 위에 올라서서 무릎관절 35° 굽힘을 하고 손잡이를 양손으로 잡은 후 엉덩관절과 어깨관절 머리가 일직선 위에 위치하게 하여 4분간 진동 운동 적용 후 운동 사이에 1분간 휴식이 주어졌으며, 총 4세트의 진동 운동을 하였다.

RIG는 침상에 무릎 펴고 바로 앉은 자세에서 무릎 사이에 수건을 말아 배치한 후 무릎 펴 운동과 함께 침상에 엉덩관절과 무릎관절 90° 굽힘을 하여 앉은 후 무릎관절 펴 등척성 운동을 하였다. 7VG의 운동프로그램은 준비운동으로 트레드밀에서 4km의 가벼운

걸기를 하였으며, 본 운동 4분씩 진동 적용을 하고 운동 사이에 휴식 시간으로 1분씩 주어졌으며, 총 4세트로 20분간 진동을 적용하였다. 마무리 운동으로는 5분간 가벼운 다리 스트레칭을 적용하였다. RIG는 7VG와 준비운동과 마무리 운동은 같으며, 본 운동은 10초, 등척성 운동 후 10초 휴식을 하여 총 20분간 운동을 하였으며, 총 8주간 주 3회 하루 30분씩 적용하였다.

#### 2) 측정도구 및 측정방법

근육 두께 측정을 위해 초음파 영상장치(MyLab 25Gold, Esaote, Italy)를 이용하여 넙다리곧은근과 안쪽넓은근, 넙다리곧은근 힘줄, 아킬레스 힘줄 두께를 측정하였다. 이 장비의 주파수 변조 범위는 6~9MHz이고 gain은 20~80, 변환기는 7.5MHz의 선형 탐촉자를 이용하였다. 근육과 힘줄 두께 측정 오차를 줄이기 위해 해부학적으로 지식이 높고 초음파에 해박한 지식이 있는 자 1인을 선정하여 측정하였다.

측정 자세로는 넙다리곧은근과 안쪽넓은근은 바로 누운 후 무릎과 바닥 사이에 쿠션을 끼워 무릎관절 30° 굽힘 상태를 유지하고 앞위엉덩뼈가시에서 무릎뼈 정중앙까지 선을 이은 후 무릎뼈 위쪽으로 30% 지점에서 해당한 곳에 변환기를 가로로 배치하여 넙다리곧은근의 두께를 측정하였으며, 무릎뼈 중앙에서 사선으로 5cm 떨어진 지점에서 안쪽넓은근의 두께를 측정하였다. 넙다리곧은근 힘줄 두께 측정 자세는 침상에 앉아 침상 밖으로 발을 내리게 하여 무릎관절 80° 굽힘을 한 상태에서 변환기를 세로로 위치하게 하여 초음파상 넙다리뼈와 정강뼈, 무릎뼈를 확인한 후 무릎뼈와 정강뼈를 잇는 넙다리곧은근의 힘줄 두께를 중앙 부위에서 측정하였다. 아킬레스 힘줄은 옆드린 후 발목에 쿠션을 배치하여 편안한 상태를 만들어 변환기를 아킬레스 힘줄 부위에 세로로 배치하여 초음파 화면상 발꿈치뼈와 가자미근, 장딴지근을 발꿈치뼈가 화면 왼쪽에 위치하게 하여 화면 가운데에서 아킬레스 힘줄의 두께를 측정하였다. 근육과 힘줄

두께는 총 3회 측정된 후 평균값을 구하여 근육과 힘줄 두께로 이용하였다.

### 3. 자료분석

본 연구에서 획득된 모든 자료는 SPSS 19.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반적 특성의 정규분포 검정을 위해 Shapiro-wilk 검정을 하여 정규분포를 확인한 후 두 그룹의 운동 전, 4주 후, 8주 후의 변화를 알아보기 위해 이요인 반복측정 분산분석(two-way repeated ANOVA)을 이용하여 유의수준 0.05로 하였다. 시기와 군간 상호작용이 있는 경우 사전에 비해 4주와 8주 후의 변화량을 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정 (paired t-test)을, 집단 간 차이는 독립표본 t-검정 (independent t-test)을 이용하였고 I 종 오류를 줄이기 위해 통계학적 유의수준은 0.01로 하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 7VG에 참여한 대상자는 남자 13명으로 평균신장은 174.38±4.56cm, 평균연령은 23.61±2.97세, 평균몸무게 76.63±11.13kg이었으며, RIG에 참여한 대상자는 남자 13명으로 평균신장은 173.45±3.28cm, 평균연령은 22.90±2.25세, 평균몸무게 73.77±11.09kg이었다.

대상자 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

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

	7VG (n=13)	RIG (n=13)	p
Height (cm)	174.38±4.56	173.45±3.28	0.97
Age (years)	23.61±2.97	22.90±2.25	0.10
Weight (kg)	74.63±11.13	73.77±11.09	0.80

Mean±SD

Table 2. Comparison of leg muscle and tendon thickness

(mm)

		Pre	4weeks	8weeks	Source	F	p
RFT	7VG	9.17±2.84	10.52±2.57	12.26±2.70	Time	42.67**	0.00**
	RIG	9.13±3.10	9.14±3.09	9.15±3.03	Time×Group	41.80**	0.00**
					Group	1.80	0.19
VMT	7VG	10.54±2.74	11.46±2.69	12.53±2.77	Time	20.57**	0.00**
	RIG	10.78±2.76	10.73±2.61	10.73±2.64	Time×Group	22.01**	0.00**
					Group	0.53	0.47
RT	7VG	2.60±0.77	2.93±0.65	3.30±0.64	Time	15.18**	0.00**
	RIG	2.78±0.52	2.77±0.48	2.76±0.47	Time×Group	16.25**	0.00**
					Group	0.58	0.45
AT	7VG	8.25±1.69	8.72±1.86	9.38±1.89	Time	14.07**	0.00**
	RIG	8.50±2.53	8.50±2.48	8.50±2.42	Time×Group	13.90**	0.00**
					Group	0.11	0.74

RFT: rectus femoris thickness, VMT: vastus medialis thickness, RT: rectus femoris tendon thickness, AT: achilles tendon thickness, 7VG: 7Hz vibration exercise group, RIG: rectus femoris isometric exercise group, Mean±SD \*p<0.05, \*\*p<0.01.

Table 3. Changes after 4 and 8 weeks and between groups

		After 4weeks <sup>a</sup>	After 8weeks <sup>b</sup>	t	p
RFT	7VG	1.35±0.72	3.09±1.17	9.52**	0.00**
	RIG	0.00±0.31	0.01±0.21	0.27	0.79
	t	1.24	2.76*		
	p	0.22	0.01*		
VMT	7VG	0.91±0.85	1.99±1.13	6.31**	0.00**
	RIG	0.04±0.78	0.05±0.44	0.42	0.68
	t	0.69	1.69		
	p	0.49	0.10		
RT	7VG	0.33±0.22	0.70±0.42	5.98**	0.00**
	RIG	0.00±0.17	0.01±0.14	0.33	0.74
	t	0.73	2.42		
	p	0.47	0.23		
AT	7VG	0.47±0.72	1.13±0.72	4.66**	0.00**
	RIG	0.00±0.64	0.00±0.55	0.02	0.98
	t	0.25	1.03		
	p	0.80	0.31		

RFT: rectus femoris thickness, VMT: vastus medialis thickness, RT: rectus femoris tendon thickness,

AT: achilles tendon thickness, 7VG: 7Hz vibration exercise group, RIG: rectus femoris isometric exercise group,

<sup>a</sup>Difference between pre and 4weeks <sup>b</sup>Difference between pre and 8weeks Mean±SD

\*p<0.01, \*\*p<0.001.

## 2. 중재방법에 따른 넙다리곧은근과 안쪽넓은근의 두께 변화

중재방법에 따른 각 군의 넙다리곧은근과 안쪽넓은근의 두께 변화는 시기별로 유의한 차이가 있었으며, 시기와 군간에 유의한 상호작용이 있는 것으로 나타났다(p<0.05), 그러나 군간 변화에서는 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 2, 3)(Fig. 1, 2).

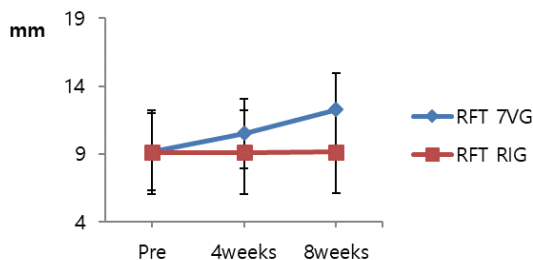


Fig. 1. Comparison of rectus femoris thickness.

## 3. 중재방법에 따른 넙다리곧은근 힘줄과 아킬레스 힘줄 두께 변화

중재방법에 따른 각 군의 넙다리곧은근 힘줄과 아킬레스 힘줄의 두께 변화는 시기별로 유의한 차이가 있었으며, 시기와 군간에 유의한 상호작용이 있는 것으로 나타났다(p<0.05), 그러나 군간 변화에서는 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 2, 3)(Fig. 3, 4).

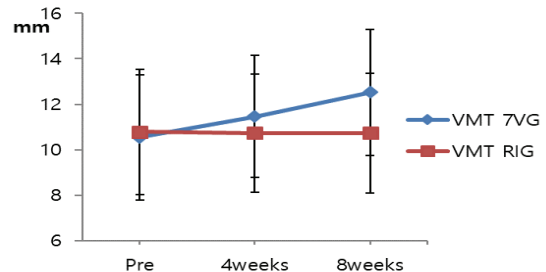


Fig. 2. Comparison of vastus medialis thickness.

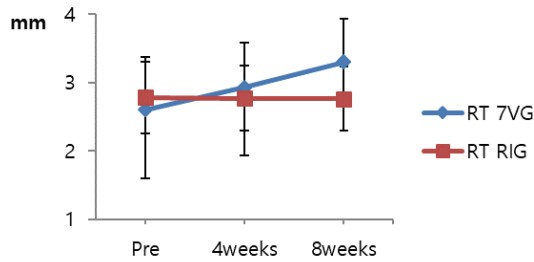


Fig. 3. Comparison of rectus femoris tendon thickness.

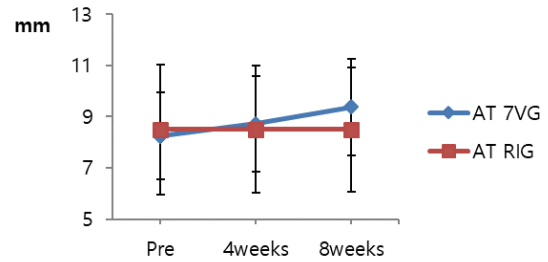


Fig. 4. Comparison of achilles tendon thickness.

#### IV. 고 찰

본 연구는 7Hz 진동 적용이 넙다리곧은근과 안쪽넓은근, 넙다리곧은근 힘줄과 아킬레스 힘줄 두께에 미치는 영향을 알아보기로 남성 26명을 대상으로 7VG와 RIG로 나누어 실험하였으며, 그 결과는 실험 전, 4주 후, 8주 후로 각각 측정하여 분석하여 진동자극에 대한 근생리적 변화를 알아 보았다.

진동이 우리 몸에 적용되면 근방추와 골지힘줄기관을 자극하고 긴장성 진동 반사(tonic vibration reflex)를 유발하여 신경근의 기능향상을 가져온다(Torvinen et al., 2002). 진동 자극과 관련되어 근육의 두께와 밀접한 관련성을 가지고 있는 근력과 높은 상관관계를 보이는 근 활성도(McMeeken et al., 2004)에 미치는 영향에 대한 연구에서 근 손상이 있는 다발성 경화증(multiple sclerosis) 환자 46명을 대상으로 한 실험에서 진동 적용군이 대조군 보다 6주 만에 몸통 근력의 향상되었다고 보고 하였다(Abbasi et al., 2019). Park와 Koo (2018)은 어깨뼈 익상이 있는 사람을 대상으로 팔굽혀펴기 플러스 자세에서 앞뿔니근 근 활성도를 확인한 연구에서는 15Hz의 낮은 주파수에서 앞뿔니근의 근 활성도가 가장 높다고 보고하였고, 또 다른 연구에서는 8주간 32Hz/1mm, 18Hz/3mm, 3Hz/114mm, 무진동의 조건으로 나누어 무릎 펴기 근력에 미치는 영향의 연구에서 모든 조건에서 무릎 펴기의 근력이 향상하였다고 보고하였다(Chung et al., 2017). 진동운동은 25Hz 이상의 주파수에서 운동단위 동원이 증가한다고 알려져 있는데(Cardinale & Erskine, 2008) 본 연구에서 7VG와

RIG로 나누어 실험한 결과, 넙다리곧은근과 안쪽넓은근, 넙다리곧은근 힘줄, 아킬레스 힘줄 두께 변화는 시기별 유의한 차이가 나타났고, 시기와 군간 상호작용 상호작용이 있는 것으로 나타나 특히, 진동운동이 근 두께나 힘줄 두께에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구의 낮은 주파수인 7Hz의 운동에서도 다리 근육의 두께 증가를 확인하였는데, 이는 첫째, 30mm의 높은 강도 적용이 근육 두께를 증가시킨다는 것이다. 높은 강도에서 운동은 불안정 지지면에서 운동처럼 다리의 불안정성을 유발하고 불안정성 감소를 위해 다리 근육의 지속적인 수축이 발생시키고, 그 결과 다리 근육 두께가 증가한 것으로 생각된다. 둘째, 낮은 스쿼트 자세의 적용이다. Huang 등(2018)은 20Hz, 30Hz, 40Hz의 세 가지 주파수와 0.8mm, 1.5mm 진폭 두 가지, 낮은 스쿼트 자세와 높은 스쿼트 자세, 기립 자세 세 가지로 나누어 발목, 무릎, 엉덩관절, 허리에 진동 전달을 확인하여 무릎 굽힘과 주파수, 진폭이 증가할수록 허리와 엉덩관절의 전달율이 감소하고 발목과 무릎에 전달율이 증가한다고 하였고, 무릎 펴기 30°에서 안쪽넓은근의 근력이 주로 사용되는(Ciccotti et al., 1994) 점을 볼 때 본 연구의 35° 무릎 굽힘을 이용한 낮은 스쿼트 자세에서 운동이 다리 근육의 두께에 영향을 미친 것으로 생각된다.

본 연구에서 근두께와 함께 측정된 힘줄 두께 변화는 진동이 인체로 적용되면 근육 두께 변화의 해석처럼 발목과 무릎의 안정성에 영향을 미치고 안정성 증가를 위해 넙다리곧은근과 가자미근을 지속적으로 수축하고, 근육 수축이 근육에 붙어 있는 넙다리곧은근



과 아킬레스 힘줄 장력에도 영향을 미쳐 이러한 결과가 발생한 것으로 보인다. 힘줄 손상 발병률을 보면 근육이 약한 사람들에게서 높게 나타나는데(Allison et al., 2016), 근육과 힘줄은 서로 작용에 있어 상관성이 있는 결과로 본다. 관련 연구를 보면 60세 이상의 남성 노인에게 1년간 진동운동 적용이 다리 근력과 근육량의 증가를 보고하였고(Bogaerts et al., 2007), 아킬레스 힘줄에 진동 적용은 가자미근과 넙치근의 근활성도를 증가시킨다고 하여(Ceyte et al., 2007) 진동 운동이 근육과 연결되어 있는 힘줄에도 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한, 진동운동은 성장호르몬의 증가를 유발한다고 알려져 있는데, 성장호르몬은 인슐린 양성인자의 합성(insulin-like growth factor 1, IGF-1)에 영향을 주고 IGF-1은 근육 조직과 뼈, 연골의 성장과 관절 주변의 힘줄 증식을 유발한다고 알려져(Kashiwagi et al., 2004; Yakar et al., 2002) 본 연구의 결과를 배제할 수 없다.

본 연구에서 사전 측정에 비해 4주 후와 8주 후의 변화량을 집단 내 변화와 집단 간 변화로 확인하였다. 집단 내 변화는 7VG는 유의하게 증가했지만 RIG는 변화가 없어 진동 적용이 다리근육과 힘줄에 미치는 긍정적인 효과를 확인 할 수 있었다. 집단 간 변화에서는 RFT에서만 8주 후에 차이가 있어 높은 강도와 낮은 스쿼트 자세로 인한 것으로 생각된다. 바닥에서 오는 자극이 몸통과 골반의 기울임을 유발하고 안정성을 유지하기 위해 넙다리곧은근이 편심성 수축(eccentric contraction)을 지속적으로 하고, 그 결과 8주 후에서 차이가 발생한 것으로 생각된다. 하지만 VMT, RT, AT의 시기의 증가 폭을 보면, 강도의 증가와 적용 기간이나 횟수가 증가한다면 유의한 차이가 발생할 가능성이 크다.

결론적으로 낮은 주파수를 이용하더라도 낮은 자세와 강도를 조절한다면 다리 부위를 강화할 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 본 연구는 특정 지역 특정 연령층을 대상으로 하였고, 특정 주파수인 7Hz를 이용하여 다리의 여러 근육의 두께 변화는 확인하지 않고 특정 다리의 근육과 힘줄로 만 한정하

여 일반화하기에는 무리가 있다. 향후 본 연구에서 확인하지 못한 기간, 주파수, 강도 다양한 자세와 근육의 다변화를 통해 질적인 연구가 필요해 보인다.

## V. 결론

7Hz 진동 적용으로 넙다리곧은근과 안쪽넓은근, 넙다리곧은근 힘줄, 아킬레스 힘줄 두께의 변화에서 시기별 시기와 군간 상호작용에서 유의함을 확인하였다. 이는 임상에서 높은 진동 주파수를 이용하지 못하는 대상자에게 낮은 주파수를 이용한 진동운동으로 다리 근육과 힘줄 두께 증가를 위한 운동 프로그램으로 활용과 진동 운동의 기초자료로 활용 가능성을 제시한다.

## References

- 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. *Multiple sclerosis and related disorders*. 2019;32(6):88-93.
- Allison K, Vicenzino B, Wrigley TV, et al. Hip abductor muscle weakness in individuals with gluteal tendinopathy. *Medicine and Science Sports and Exercise*. 2016;48(3):346-352.
- Bochnia M, Morgenroth K, Dziewiszek W, et al. Experimental vibratory damage of the inner ear. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology and Head & Neck*. 2005;262(4):307-313.
- Bovenzi M. Health risks from occupational exposures to mechanical vibration. *La Medicina del lavoro*. 2006;97(3):535-541.
- Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, et al. Impact of whole-body vibration training versus fitness training

- on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology*. 2007;62(6):630-635.
- Buchanan CI, Marsh RL. Effects of exercise on the biomechanical, biochemical and structural properties of tendons. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2002;133(4):1101-1107.
- Cardinale M, Erskine JA. Vibration training in elite sport: effective training solution or just another fad? *International journal of sports physiology and performance*. 2008;3(2):232-239.
- Ceyte H, Cian C, Zory R, et al. Effect of achilles tendon vibration on postural orientation. *Neuroscience Letters*. 2007;416(1):71-75.
- Chung P, Liu C, Wang H, et al. Various performance-enhancing effects from the same intensity of whole-body vibration training. *Journal of sport and health science*. 2017;6(3):333-339.
- Ciccotti MG, Kerlan RK, Perry J, et al. An electromyographic analysis of the knee during functional activities: II. The anterior cruciate ligament-deficient and-reconstructed profiles. *The American journal of sports medicine*. 1994;22(5):651-658.
- Ettinger WH, Afable RF. Physical disability from knee osteoarthritis: the role of exercise as an intervention. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1994; 26(12):1435-1440.
- 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. *Behavior research methods*. 2007;39(2):175-191.
- Franchi M, Quaranta M, De Pasquale V, et al. Tendon crimps and peritendinous tissues responding to tensional forces. *European Journal of Histochemistry*. 2007; 51(1):9-14.
- Gomes-Neto M, de Sá-Caputo DdC, Paineiras-Domingos LL, et al. Effects of whole-body vibration in older adult patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Canadian journal of diabetes*. 2019;43(7):524-529.e2.
- Heegaard J, Leyvraz PF, Van Kampen A, et al. Influence of soft structures on patellar three-dimensional tracking. *Clinical orthopaedics and related research*. 1994;299(299):235-243.
- Hodges PW, van den Hoorn W, Wrigley TV, et al. Increased duration of co-contraction of medial knee muscles is associated with greater progression of knee osteoarthritis. *Manual Therapy*. 2016;21(1):151-158.
- Huang M, Tang Cy, Pang MY. Use of whole body vibration in individuals with chronic stroke: transmissibility and signal purity. *Journal of biomechanics*. 2018; 73(17):80-91.
- Huang TF, Yew TL, Chiang ER, et al. Mesenchymal stem cells from a hypoxic culture improve and engraft Achilles tendon repair. *The American journal of sports medicine*. 2013;41(5):1117-1125.
- Kashiwagi K, Mochizuki Y, Yasunaga Y, et al. Effects of transforming growth factor- $\beta$  1 on the early stages of healing of the Achilles tendon in a rat model. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery and hand surgery*. 2004;38(4):193-197.
- Krause A, Gollhofer A, Freyler K, et al. Acute corticospinal and spinal modulation after whole body vibration. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*. 2016;16(4):327-328.
- Kvorning T, Bagger M, Caserotti P, et al. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *European journal of applied physiology*. 2006;96(5):615-625.
- Machado A, García-López D, González-Gallego J, et al. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*.



- 2010;20(2):200-207.
- McMeeken J, Beith I, Newham D, et al. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clinical biomechanics*. 2004;19(4):337-342.
- Miyara K, Matsumoto S, Uema T, et al. Feasibility of using whole body vibration as a means for controlling spasticity in post-stroke patients: a pilot study. *Complementary therapies in clinical practice*. 2014; 20(1):70-73.
- Moon HI, Choi YR, Lee SK. Effects of virtual reality cognitive rehabilitation program on cognitive function, physical function and depression in the elders with dementia. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2014;5(2):730-737.
- Muir J, Kiel DP, Rubin CT. Safety and severity of accelerations delivered from whole body vibration exercise devices to standing adults. *Journal of science and medicine in sport*. 2013;16(6):526-531.
- 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. *Korean Society of Physical Medicine*. 2018;13(4):67-74.
- Phatama KY, Hidayat M, Mustamsir E, et al. Tensile strength comparison between hamstring tendon, patellar tendon, quadriceps tendon and peroneus longus tendon: a cadaver research. *Journal of Arthroscopy and Joint Surgery*. 2019;6(2):114-116.
- Rubin C, Judex S, Qin YX. Low-level mechanical signals and their potential as a non-pharmacological intervention for osteoporosis. *Age and ageing*. 2006; 35(suppl\_2):ii32-ii36.
- Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(9):1523-1528.
- Yakar S, Rosen CJ, Beamer WG, et al. Circulating levels of IGF-1 directly regulate bone growth and density. *The Journal of clinical investigation*. 2002;110(6): 771-781.