

## 상지 능동 진동운동이 중년여성의 신체능력 및 혈관운동성에 미치는 영향

이현주<sup>1†</sup> · 임현승<sup>2‡</sup> · 태기식<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>건양대학교 물리치료학과, <sup>2</sup>건양대학교병원 재활의학팀  
<sup>3</sup>건양대학교 의공학부

### Effect of Active Vibro-Swing Exercise of Upper Limb on Physical Capacity and Vasomotor for Middle Aged Women

Hyun Ju Lee<sup>1†</sup>, Hyun Seung Yim<sup>2‡</sup> and Ki Sik Tae<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. Physical Therapy, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

<sup>2</sup>Dept. Rehabilitation Medicine, Konyang University Hospital, Daejeon, Republic of Korea

<sup>3</sup>Dept. Biomedical Engineering, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

(Manuscript received 16 December 2020 ; revised 21 December 2020 ; accepted 28 December 2020)

264

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effects of active vibration exercise of upper limb on physical capacity index (endurance, grip strength, balance, and flexibility) and vasomotor index (capillary length and body surface temperature) in middle aged women. 20 participants randomly divided into two groups: vibro-swing exercise (VSE) and non vibro-swing exercise (NVSE). Subjects in each group measured the 30 second arm curl test, hand dynamometer, one leg standing test, back scratch test, nail fold capillary microscope (NFM), and digital infrared thermal imaging (DITI) before and after exercise. The results showed that active vibration exercise of upper limb with vibro-swing equipment increased the endurance, balance ability, and the capillary length. In addition, changes in body temperature immediately after exercise were predicted to affect vasomotor. Active vibration exercise of upper limb has the advantage of being able to exercise anywhere regardless of the location by inducing different frequency changes in movement of various ranges and velocity. For this reason, the combination of vibration and active movement can be expected the physiological effects when producing exercise programs for middle aged women.

**Key words:** Active vibro-swing exercise, Endurance, Grip strength, Balance, Flexibility, Capillary length, Body surface temperature

### 1. 서 론

의료기술의 발달로 국민의 평균 수명이 연장되면서 중년기 이후의 삶이 길어지고 있고, 이에 따라 보다 건강하고 질적인 삶을 살고자 하는 욕구가 증가하고 있다[1]. 중년 이후 약력이 눈에 띄게 감소되며, 이는 심혈관계의 여부와 상관없이 사망률과 연관되어 있다고 하였다[2]. 여성은 남성보

다 연령 변화에 따른 골밀도와 근력의 감소현상이 뚜렷하게 나타나는데, 이러한 변화는 환경으로 인한 여성호르몬 결핍에 주로 기인하며 환경 후기에 신체적 변화로 인해 관절가동범위 및 균형능력의 감소도 일어나게 된다[3]. 근력, 관절가동범위, 균형능력의 감소는 신체기능의 장애와 삶의 질 저하로까지 이어지는 결과를 초래한다[4].

반면 여성의 운동 참여로 신체에 미치는 긍정적인 요인들은 체지방량과 체중을 감소시키는 등 신체 조성에 변화를 주고 [5], 혈압과 혈관저항을 안정화시켜 심폐기능을 증진시킬 뿐만 아니라 정신적 스트레스를 완화해주는 등의 효과가 있다 [6]. 특히, 중년 여성에게 낙상 또는 기능적인 활동에 중요한 영향을 끼치는 균형능력을 발달시킬 수 있다고 보고된

<sup>†</sup>Contributed equally to this work.

\*Corresponding Author : Ki-Sik Tae

Dept. of Biomedical Engineering, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seogu, Daejeon, 35365, Republic of Korea  
Tel: +82-10-7204-7727, +82-42-600-8518  
E-mail: tae@konyang.ac.kr

바 있다[7].

최근에는 기계적 진동이 있는 플랫폼 위에서 외부저항 없이 자신의 체중만으로 자세를 취하며 운동을 할 수 있는 방법으로 전신 진동 운동(whole-body vibration exercise)이 소개되고 있다. 이는 다양한 진폭과 주파수 자극을 통해 근방추(muscle spindle)와 같은 감각수용기(receptor)에 기계적인 자극을 줌으로써 근신경계의 반응과 적응을 이끌어 근력과 근 지구력을 증진시킨다는 장점이 있다[8]. 진동을 통한 자극은  $\alpha$ -운동 뉴런을 자극하여 구심성의 근방추를 활성화시킬 뿐만 아니라 움직임의 조절[9] 및 하지의 근력 향상에 도움을 준다고 하였다[10]. 그러나 전신을 모두 진동시킬 수 있는 운동 기구는 가격이나 장소 등의 제약이 많이 받는다. 이에 대한 대책으로 최근 소도구를 이용한 운동방법들이 소개되고 있으며, 근력 향상, 균형능력 향상, 민첩성 향상, 지구력 증가, 체중 감소, 체지방률 감소, 근육량 증가, 체지방률 감소 등 다수의 논문을 통해 그 효과가 입증되고 있다[11]. 다만, 소도구의 효과를 규명하는 대부분의 논문이 노인 여성을 대상으로 하고 있으며, 더군다나 진동을 이용하는 소도구에 대한 연구가 많지 않은 상황이다.

움직임에 따라 진동을 유발하는 능동 진동운동은 진동이 인체에 미치는 긍정적 효과와 함께 특정 근육과 분절에 선택적으로 영향을 미칠 수 있으며 근수축과 함께 동시적 진동이 발생하는 생리학적 이점을 가지고 있음에도 불구하고 이에 관한 연구가 거의 없는 실정이다. 뿐만 아니라, 중년여성들은 연령에 따른 호르몬의 변화로 인해 다양한 신체 기능의 장애 요소를 가지고 있지만 자녀 양육과 가사활동으로 인해 신체 활동에 시간적 공간적 제약을 갖게 된다.

본 논문에서는 능동적 움직임에 의해 국소적으로 진동을 발생시키는 소도구를 이용하여 비진동 운동과 비교함으로써 중년 여성에서의 지구력, 악력, 균형, 유연성과 같은 신체능력 및 모세혈관 길이, 체표면 온도를 통한 혈액운동성 변화를 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상 및 연구설계

본 연구는 능동 진동운동이 미치는 영향을 알아보기 위해 40대 이상 65세 이하의 중년 여성을 모집하였다. 실험은 건양대학교 기관생명윤리위원회(IRB: Institutional Review Board)의 승인(KYU-2019-215-02)을 받은 후 실시되었다. 모집 공고문을 통해 모집된 22명의 대상자들은 본 연구의 목적 및 내용을 이해하고 자발적인 참여에 동의하였으며, (1) 과거 2개월 이내 체계적 운동 프로그램에 참여한 자, (2) 최근 6개월 내 어깨관절 수술을 받은 자 (3) 시각, 전정기관, 체성감각에 문제가 있거나 어지럼증이 있는 자, (4) 균형능

표 1. 대상자의 일반적인 특성

Table 1. General characteristics of subjects (N=20)

Characteristics	Mean±SD	
	VSE (n=10)	NVSE (n=10)
Year (yrs)	56.60±5.89	55.60±4.50
Height (cm)	154.35±4.37	152.41±4.25
Weight (kg)	58.45±5.23	55.38±4.55

VSE: Vibro-swing exercise, NVSE: Non vibro-swing exercise

력에 지장을 줄 만한 신경학적 또는 근골격계 질환을 가지고 있는 자 및 (5) 상지의 관절가동범위에 제한이 있거나 통증이 있는 자(NRS 1점 이상)는 선정기준에서 제외하였다. 표 1은 본 연구에 참여한 대상자의 정보를 보여주며, 군간 등분산 검정을 통해 동질성을 확인하였다.

사전 측정으로 30초간 아래팔 굽히기, 악력, 한 다리 서기, 등 뒤에서 손 마주 잡기, 손톱 주름 모세혈관 현미경 검사를 하였다. 사전 측정이 끝난 날부터 각 군별로 주어진 도구를 이용하여 진동운동 또는 비진동운동을 2주간 주 5회 하루 15분간 시행하였다. 2주 후 사전 측정과 동일하게 사후 측정이 이루어졌으며, 2주차 마지막 운동 전과 후의 체표면 온도변화를 알아보기 위해 적외선 체열검사를 시행하였다(그림 1).

### 2. 중재도구

#### (1) 진동 운동(Vibro-swing exercise, VSE)

진동운동은 진동운동 기구(Vibro-swing equipment, Smovey, Swiss)를 사용하여 준비된 운동 프로그램으로 2주간 주 5회 하

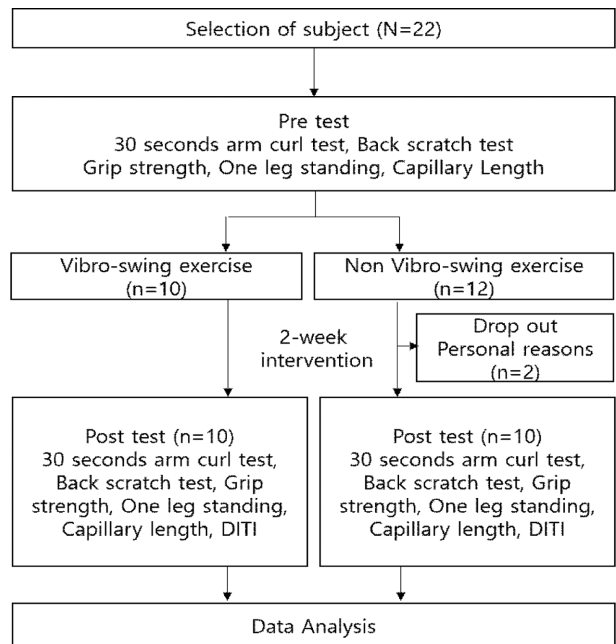


그림 1. 연구 절차

Fig. 1. Study Procedure

루 15분간 진행하였다. 본 연구에 사용된 소도구에는 플라스틱 튜브 안에 3개의 쇠구슬이 들어있으며, 이 기구를 움직일 때 주름이 잡힌 플라스틱과 쇠구슬의 마찰에 의해 진동을 일으키도록 설계되었다. 가동범위의 주름은 약 50개로, 1초에 1~2회를 움직인다면 50~100 Hz의 진동 주파수를 발생시키게 된다.

(2) 비진동 운동(Non vibro-swing exercise, NVSE)

비진동 운동은 진동운동 기구와 같은 무게와 형태를 가진 비진동운동기구(non vibro-swing equipment)를 사용하여 진동 운동군과 동일한 운동 프로그램으로 진행하였다.

3. 신체능력 및 혈관운동성 평가

(1) 30초간 아래팔 굽히기 검사(30 seconds arm curl test)

30초간 아래팔 굽히기 검사는 위팔두갈래근의 근 지구력 측정을 목적으로 2 kg의 아령을 사용하여 의자에 앉은 자세에서 30초간 측정하였다.

(2) 악력 검사(Grip test)

악력은 평가가 쉬우면서도 현재의 전반적인 근력과 근육량을 평가하는 데 매우 효율적인 도구로, 본 연구에서 악력 검사는 근력 측정을 목적으로 진행되었으며 악력 측정을 위해 악력계(JTECH medical, USA)를 사용하였다. 대상자는 우세 손으로 총 3회 측정하였으며 결과는 측정값의 평균값으로 나타내었다.

(3) 한 다리 서기 검사(One leg standing test)

한 다리 서기 검사는 균형능력 측정을 목적으로 측정 자세는 우세 측 다리로 지지하고 반대 측 다리는 무릎을 90도 굽힌 상태로 선 자세에서 진행하였다. 측정은 회당 30초의 휴식시간과 함께 총 3회 실시하였고, 3회 측정값의 평균값으로 기록하였다. 다만, 측정값이 120초를 넘어갈 경우 120

초로 기록하였다.

(4) 등 뒤에서 손 마주 잡기 검사(Back scratch test)

등 뒤에서 손 마주 잡기 검사는 어깨관절의 유연성 측정을 목적으로 측정 자세는 대상자가 두 어깨관절의 굽힘, 벌림, 바깥 돌림, 안쪽 돌림을 하여 중지 사이의 거리를 측정하는 방법이다. 측정은 총 3회 실시하였고, 3회 측정값의 평균값으로 기록하였다.

(5) 손톱 주름 모세혈관 현미경 검사(Nailfold capillary microscope, NFC)

모세혈관 검사는 손톱 주름 모세혈관 현미경 검사를 통한 모세혈관의 길이 측정을 목적으로 하였다(그림 2). 측정은 대상자의 왼손 약지에서 진행되었는데, 이는 왼손 약지가 변형이 적으며 손상 위험이 낮기 때문이다. 대상자는 왼손 약지에 유침유를 바른 뒤 현미경에 위치시켜 측정하였으며, 피부의 투명도를 증가시키기 위해 왼손 약지 손톱 부근에 할로겐 등을 이용하여 조명을 비추었다. 모세혈관의 길이는 프로그램에 내장되어 있는 소프트웨어(Multivision.net)를 이용하여 측정하였다. 모세혈관 고리는 개수로 세어 1 mm당 (×200 배율 기준으로 한 화면에 보이는 개수) 9-11개의 빈도를 정상으로 보며, 길이 측정의 기준점은 모세혈관이 꼬여있는 부분부터 모세혈관의 고리 끝부분까지를 기준으로 하여 측정하였다[12]. 또한 중재 전후의 길이변화를 알아보기 위한 기준으로, 정상에 가까운 모세혈관은 모세혈관의 꼬임이나 모세혈관의 확장 등 모세혈관의 변형이 적다는 선행 연구를 참고하였다[13].

(6) 적외선 체열검사(Digital infrared thermal imaging; DITI)

체표면 온도변화를 측정하기 위한 목적으로 적외선 체열 검사기(T-1000HD, Mash Co., Korea)를 사용하였다. 대상

266

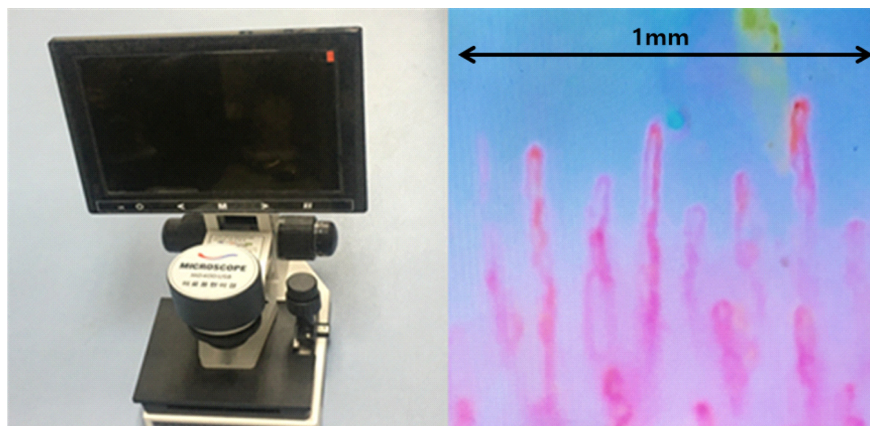


그림 2. 손톱주름 모세혈관 현미경과 촬영영상  
Fig. 2. Nailfold capillary microscope and capillary image

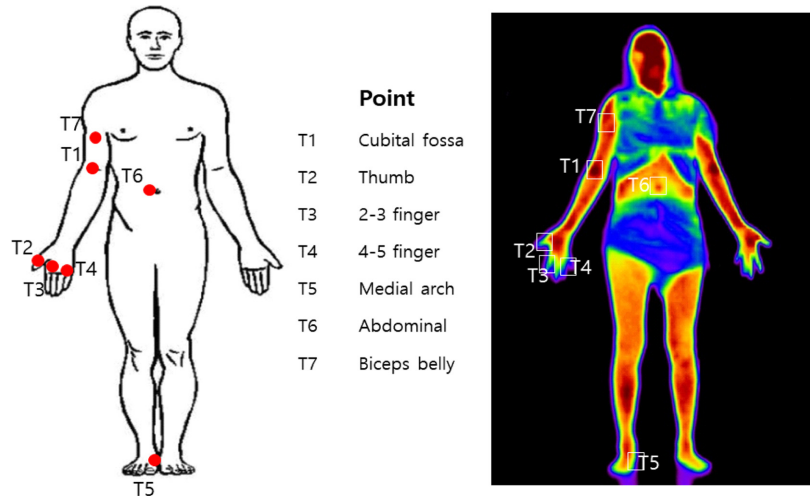


그림 3. 적외선 체열검사 위치  
Fig. 3. Measurement location of Infrared Thermography

자는 마지막 중재 직전과 직후에 측정하였으며 외부의 빛과 열이 차단된 밀실 공간에서 측정을 하였다. 측정 부위로는 팔오금(Cubital fossa; T1), 엄지손가락(Thumb; T2), 2-3 번째 손가락(2-3 Finger; T3), 4-5번째 손가락(4-5 Finger; T4), 발의 안쪽 아치(Medial arch; T5), 복부(Abdominal; T6), 위팔(Biceps belly; T7) 부분이였다[14](그림 3).

4. 통계분석

본 연구에서 수집된 자료들은 SPSS Statistics ver. 20 (IBM Corp., Armonk, USA)을 이용하여 통계처리하였다. 대상자들의 일반적인 특성을 비교하기 위해 독립 t 검정을 사용하였으며, 군간 동질성 검정하기 위한 Levene의 등분산 검정을 사용하였다. Kolmogorov-Smirnov 검정을 통하여 각 군의 정규성을 확인하였다. 각 집단 내 지구력, 악력, 균형, 유연성, 모세혈관 길이 및 체표면 온도의 전·후 비교를 위하여 대응 t 검정을 사용하였으며, 두 집단 간 평균 차이를 알아보기 위해서 독립 t 검정을 시행하였다. 통계학적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 지구력 측정 변화

2 kg의 아령을 들고 30초간 팔굽혀펴기를 시행한 지구력

표 2. 그룹 간 지구력 변화 비교  
Table 2. Comparison of endurance in groups

Variable		Pre	Post	t	p
Endurance	NVSE (n <sub>1</sub> = 10)	18.80±5.31	22.50±3.72	-2.707	.02*
	VSE (n <sub>2</sub> = 10)	20.60±5.50	26.70±3.50	-5.446	.00**

\*p<.05, \*\*p<.01

측정에서 비진동 운동군과 진동 운동군 모두 2주간의 운동 후 유의한 증가가 있었다. 비진동 운동군에서는 중재 전 18.80±5.31회에서 22.50±3.72회로(p<.05), 진동 운동군에서는 중재 전 20.6±5.50회에서 26.70±3.50회로(p<.01) 유의한 결과값을 보였다(표 2). 집단 간 비교에서 중재 전에는 차이가 없었으나, 중재 후 유의한 차이가 있었다(t=2.6, p=.02).

2. 악력 변화

악력 검사계를 통해 측정된 악력은 비진동 운동군에서 중재 전 42.53±10.96 kg에서 44.07±13.28 kg로(p>.05), 진동 운동군에서는 측정 전 45.57±9.60 kg에서 52.36±11.45 kg로 증가 추이가 있었으나, 통계학적으로 유의한 변화는 없었다(p>.05), (표 3). 또한 집단 간악력 차이를 비교한 결과, 중재 전(p=.52)과 중재 후(p=.15) 모두에서 유의한 차이가 없었다(p>.05).

3. 균형능력 변화

한다리 서기를 통한 균형능력 측정 결과, 비진동 운동군에서 중재 전 60.15±36.48초에서 80.65±55.34초로 증가하였으나 통계학적으로 유의하지 않았다(p>.05). 반면 진동 운동군에서는 중재 전 60.09±42.65초에서 89.48±40.31초로 중재 후 유의한 증가가 있었다(p<.01), (표 4).

표 3. 그룹 간 악력 변화 비교

Table 3. Comparison of grip strength in groups

(Unit: kg)

Variable	Pre	Post	t	p	
Grip strength	NVSE (n <sub>1</sub> = 10)	42.53±10.96	44.07±13.28	-.54	.61
	VSE (n <sub>2</sub> = 10)	45.57±9.60	52.36±11.45	-1.82	.10

표 4. 그룹 간 균형 능력 비교

Table 4. Comparison of balance ability in groups

(Unit: sec)

Variable	Pre	Post	t	p	
Balance ability	NVSE (n <sub>1</sub> = 10)	60.15±36.48	80.65±55.34	-2.07	.07
	VSE (n <sub>2</sub> = 10)	60.09±42.65	89.48±40.31	-3.22	.01*

\*p<.05, \*\*p<.01

표 5. 그룹 간 유연성 비교

Table 5. Comparison of flexibility in groups

(Unit: cm)

Variable	Pre	Post	t	p	
Flexibility	NVSE (n <sub>1</sub> = 10)	10.54±7.95	9.68±9.04	.79	.45
	VSE (n <sub>2</sub> = 10)	11.00±9.23	8.42±7.32	1.64	.14

4. 상지 유연성 변화

상지의 유연성 측정 결과, 비진동 운동군은 중재 전 10.54±7.95 cm에서 9.68±9.04 cm로, 진동 운동군에서는 중재 전 11.00±9.23 cm에서 8.42±7.32 cm로 두 군 모두 중재 사이의 거리가 감소되어 유연성의 증가가 확인되었으나, 통계적으로 유의하지는 않았다(p>.05), (표 5).

5. 손톱주름 모세혈관 길이 변화

손톱 주름 현미경을 통해 관찰된 모세혈관 길이 측정에서 비진동 운동군은 중재 전 107.80±63.08 μm에서 124.60± 62.17 μm으로 증가하였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다(p>.05). 반면 진동 운동군은 중재 전 66.20±18.58 μm에서 중재 후 114.70±47.29 μm으로 유의한 증가를 보였다(p<.01), (표 6). 그림 4는 진동 운동군에서의 모세혈관의 변화 예를 보여준다.

표 6. 그룹 간 말초 모세혈관 비교

Table 6. Comparison of capillary length in groups

(Unit: μm)

Variable	Pre	Post	t	p	
Capillary length	NVSE (n <sub>1</sub> = 10)	107.80±63.08	124.60±62.17	-1.58	.15
	VSE (n <sub>2</sub> = 10)	66.20±18.58	114.70±47.29	-3.69	.00**

\*p<.05, \*\*p<.01

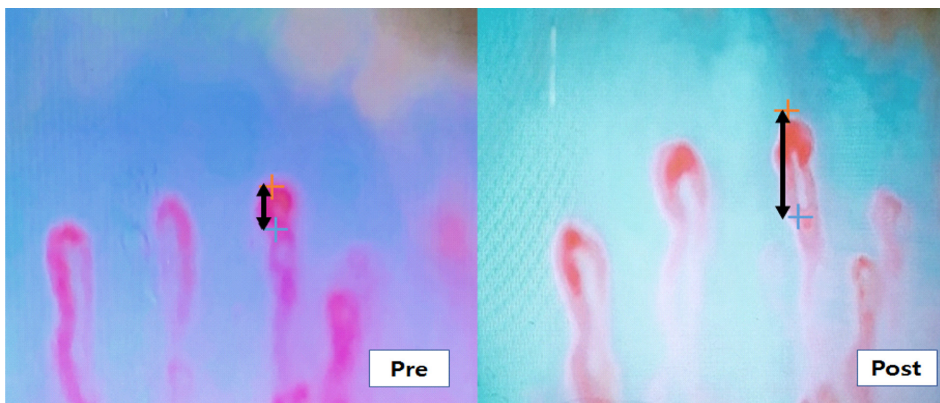


그림 4. 진동 운동군에서의 모세혈관 길이 변화 예

Fig. 4. Example of changing capillary length of VSE group

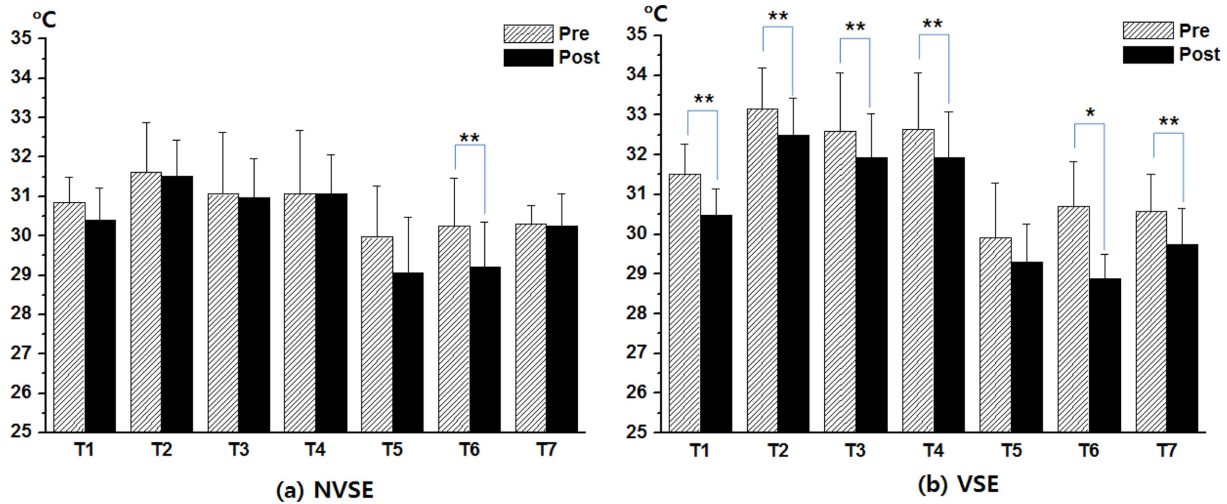


그림 5. 그룹 간 부위별 체표면 온도 비교

Fig. 5. Comparison of body surface temperature

(T1:cubital fossa, T2:thumb, T3:2-3 finger, T4:4-5 finger, T5:medial arch of foot, T6:abdominal T7:biceps belly)

6. 체표면 온도 변화

적외선 체열검사를 통한 체표면 온도 변화에서 전체적으로 중재 직후 감소 추이가 나타났다. 비진동 운동군은 팔오금(T1), 엄지손가락(T2), 2-3번째 손가락(T3), 4-5번째 손가락(T4), 위팔(T7)을 제외한 T6(복부,  $p < .01$ )에서, 진동 운동군에서는 T5(발의 안쪽 아치)를 제외한 팔오금(T1,  $p < .01$ ), 엄지손가락(T2,  $p < .01$ ), 2-3번째 손가락(T3,  $p < .01$ ), 4-5번째 손가락(T4,  $p < .01$ ), 복부(T6,  $p < .05$ ), 위팔(T7,  $p < .01$ )에서 중재 직후 유의한 온도의 감소가 있었다(그림 5).

IV. 고찰 및 결론

본 연구는 능동적 상지 움직임으로 진동을 일으키는 소도구를 이용하여 중년 여성의 지구력, 악력, 균형, 유연성의 신체능력 및 말초 모세혈관와 체표면 온도 변화를 통한 혈액 운동성에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 하였다.

진동운동은 골격근에 저항성 운동의 형태로 적용되어 근력 및 지구력에 영향을 미치게 된다[15]. 진동 수에 따라 긴장성 반응이 변화되는데, 10 Hz 이하의 진동은 근육과 조직을 이완시켜 유연성에 영향을 미치고, 20 Hz 이상의 진동은 등장성 수축을 유발시키며[16], 50 Hz의 진동은 근력을 향상시킨다고 하였다[17]. 또한 150 Hz 이상의 진동수 조건에서는 오히려 긴장성 진동 반사의 감소가 나타난다고 보고하였다[18]. 본 연구에서 50~100 Hz의 진동 주파수를 유도하기 위해 1초에 1~2회 움직임을 발생시켰고 이를 통해 근 지구력이 향상된 결과가 있었던 보여진다. 다만, 비진동 운동군에서도 근 지구력의 유의한 향상이 관찰되었는데 이는 신체 활동량 증가로 인해 퇴행된 근 기능 및 골밀도

개선에 도움이 되었기 때문으로 유추된다[19]. 그럼에도 불구하고, 두 집단 간에서 유의한 차이를 보이는 것은 능동 진동 자극의 경우 움직임을 통해 근육의 길이 변화를 발생시키면서 동시에 진동이 운동신경에 유입하여 짧은 방추-운동신경 연결고리를 통해 척수반사의 흥분 능력을 촉진시키는 것으로 해석된다[20]. 또한 진동 자극으로 인한 근 방추 수용기의 활성화는 주변의 근육에까지도 영향을 미친다는 연구결과[21]에 따라 진동운동 자체의 효과에 더하여 중재를 통해 향상된 협동근의 파워가 측정 시 비진동 운동군보다 더 많이 작용했을 것으로 예상된다.

균형은 일상생활 속에서 다양한 기능 수행을 위한 필수 선행 조건으로, 시각, 청각, 전정 감각 및 고유수용성 감각 정보에 대한 중추신경계의 통합 작용이 선행되어야 하고 [22], 나아가 자세 안정성을 확보할 수 있을 만큼의 충분한 근력, 근 긴장도, 근 지구력, 관절의 유연성 등 다양한 기능적 요인이 뒷받침되어야 한다[23]. 한발 서기는 일상생활에서 걷기, 달리기, 방향 전환, 계단 이용과 같은 많은 운동 과업에 필수적인 요소로, 다양한 균형 장애를 가진 사람들의 균형 평가를 위한 임상적 도구로 사용된다. 본 연구에서는 비진동 운동군과 진동군 모두에서 균형능력이 증가되었지만, 진동 운동군에서만 통계학적으로 유의한 향상이 있었다. 이로써 진동운동군에서는 상지의 능동적 움직임과 동시적인 진동 자극이 균형능력을 유지하기 위한 안정성 훈련에 적극적으로 작동되었다고 보여진다.

진동 자극이 운동신경에 유입되면 짧은 방추 연결고리를 통해 근방추 수용기를 자극하여 흥분성 활동이 증가하는데, 이러한 활성화는 직접적으로 진동 자극을 받은 관절과 근육뿐만 아니라 주변 조직까지 긍정적인 영향을 미친다고 하였다[24].

그러나 통계학적으로 유의할만한 증가를 보이지 못한 본 연구에서는 주파수에 따른 진동자극의 효과가 영향을 미쳤을 것으로 보인다. Baumbach 등의 연구에서 10 Hz의 전신진동 자극 훈련 시 유연성에 가장 효과적으로 작용하였다고 하여[16] 본 연구에서는 50~100 Hz의 진동 자극이 유발되는 속도의 운동을 함으로써 유연성보다는 근력 향상에 더 도움이 된 것으로 사료된다.

본 연구에서는 손톱 밑 주름 모세혈관 현미경을 통해 모세혈관의 길이 변화를 관찰함으로써 모세혈관의 운동성을 간접적으로 확인하였다. 그 결과 진동 운동군에서 중재 후에 유의한 길이 증가가 나타난 반면, 비진동 운동군에서는 통계학적으로는 유의한 길이 변화를 관찰할 수 없었다. 이러한 결과는 유산소 운동을 통한 혈류속도 증가가 혈관 내 전단응력(shear stress)을 증가시켜 말초 모세혈관의 길이를 증가시킨다는 Kim 등의 연구[25]와 다양한 자세의 진동운동 시 피부 체열의 증가를 통하여 말초혈관에 자극을 주어 혈관의 길이에 구조적 변화를 준다는 Paek 등의 연구[26]와도 일치한다. 또한 진동운동이 모세혈관의 혈류량을 증가시킨다는 연구[27]를 뒷받침하는 결과라고 할 수 있다.

혈류의 열역학적 반응으로 생리적 변화를 알아보는 적외선 체열측정을 통해 진동운동 전과 후에 7개 측정부위의 온도변화를 측정하였는데, 진동 운동 후 6개의 측정부위에서 유의한 체표면 온도 감소가 있었다. 이는 진동이 교감신경을 활성화시켜 혈관수축 반응을 일으킨다는 연구[28] 및 전신진동자극 후 하지의 온도에서 유의한 온도 감소가 있었다는 연구[29]와 유사한 결과를 도출하였다. 이러한 교감신경의 활성화는 혈관 탄성의 회복을 도와 혈액순환 장애로 발생할 수 있는 질환을 예방할 수 있을 것이다. 반면, 운동 직후 측정된 체표면 온도의 변화는 감소를 보였으나, 운동 후 9분과 12분에서 운동 전과 비슷하게 온도가 회복된다는 결과[30]는 앞으로의 연구에서 체표면 온도의 측정을 운동 전, 운동 직후, 휴식 후 등 시간대 변화에 따라 체표면 온도를 측정할 필요가 있다는 점을 시사한다. 또한 선행연구들에서 밝혔듯이 다양한 주파수에 따른 체표면 온도의 변화도 능동 진동운동을 이용한 연구에서 고려해야 할 사항이라고 여겨지는 바이다.

본 연구는 중년여성에게 2주 간 상지 능동 진동운동을 적용하였을 때, 비진동운동에 비해 지구력, 균형능력, 모세혈관의 길이, 체표면 온도에서 유의한 차이가 있음을 확인하였다. 또한 중재기간이 짧았음에도 불구하고 지구력, 균형능력, 혈관 및 온도변화에 긍정적 변화를 유도함으로써, 진동을 접목한 운동이 효과적임을 알 수 있었다. 상지 능동 진동운동은 다양한 범위와 각도에서 움직임에 따른 주파수 변화를 유도하여 장소에 구애 없이 운동할 수 있다는 장점이 있다. 때문에 주파수 조절이 용이한 진동과 능동적 움직임을 결합한

운동기기의 개발을 통해 중년여성들을 대상으로 하는 운동 프로그램을 제작할 때 일반적 운동에 더해 기존의 운동에 배가된 생리학적 효과를 기대할 수 있다고 보여진다.

## References

- [1] Mulrow CD, Gerety MB, Kanten D, Cornell, JE, DeNino LA, Chiodo L, Aguilar C, O'Neil MB, Rosenberg J, Solis RM. A randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing home residents. *JAMA*. 1994;271(7):519-24.
- [2] Ribom E, Ljunggren O, Piehl-Aulin K, Ljunghall S, Bratteby LE, Samuelson G, Mallmin H. Muscle strength correlates with total body bone mineral density in young women but not in men. *Scand J Med Sci Sports*. 2004;14:1.
- [3] Luciana MC, Jorge N, Eliana AP, Ana BCRB, Davi de AB, and Giberto U. Association of grip strength with cardiovascular risk markers. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2017;24(5):514-21.
- [4] Clarke MC, Koch LC, Hill EJ. The work-family interface: Differentiating balance and fit. *Family&Consumer Sciences Research*, 2004;33(2):121-40.
- [5] Boileau RA Buskirk ER, Horstman DH, Mendez J, Nicholas WC. Body composition changes in obese and lean men, during physical conditioning. *Med Sci Sports*. 1971;3(4):183-9.
- [6] Schilke JM. Slowing the aging process with physical activity. *J Gerontol Nurs*. 1991;17(6):4-8.
- [7] Rantanen T, Parkatti T, Heikkinen E. Muscle strength according to level of physical exercise and educational bac-round in middle-aged women in Finland. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992;65(6):507-12.
- [8] Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, Javinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Jarvinen TL, Jarvinen M, Oja P, Vuori I. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body alance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002;22(2):145-52.
- [9] Ribot-Ciscar E, Aimonetti JM, Azulay JP. Sensory training with vibration-induced kinesthetic illusions improves proprioceptive integration in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Sci*. 2017;383:161-5.
- [10] Zhang L., Weng C, Liu M, Wang Q, Liu L., and He Y. Effect of whole-body vibration exercise on mobility, balance ability and general health status in frail elderly patients: a pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2014;28(1):59-68.
- [11] Choi JH, Park JH. The effect of feet Immersion in hot and cold water on hemodynamic and thermoregulatory responses. *J Korean Soc Living Environ Sys*. 2009;16(2):172-85.
- [12] Kim HS. The clinical efficacy of nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases. *Korean J Med*. 2016;90(6):494-500.
- [13] Doh ZH, Kim HY. Increased plasma endothelin-1 and abnormal nailfold capillaroscopic findings in patients with connective tissue diseases. *Korean J Med*. 2004;66(3):275-83.
- [14] Choi JH, Park JH. The effect of feet Immersion in hot and cold water on hemodynamic and thermoregulatory responses. *J Korean Soc Living Environ Sys*. 2009;16(2):172-85.
- [15] Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52(6):901-8.
- [16] Baumbach, SF, Fasser M, Polzer H, Sieb M, Regauer M,

- Mutschler W. Study protocol: the effect of whole body vibration on acute unilateral unstable lateral ankle sprain—a biphasic randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013;14(1):22.
- [17] Rønnestad BR. Acute effects of various whole-body vibration frequencies on lower-body power in trained and untrained subjects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(4):1309-15.
- [18] Park HS, Martin BJ. Contribution of the tonic vibration reflex to muscle stress and muscle fatigue. *Scand J Work Environ Health*. 1993;19:35-42.
- [19] Siddiqui NI, Nessa A, Hossain MA. Regular physical exercise: way to healthy life. *Mymensingh Med J*. 2010;19(1):154-58.
- [20] Lebedev MA, Poliakov AV. Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration. *Neirofiziologiia*. 1991;23(1):57-65.
- [21] Keenan MA, Perry J, Jordan C. Factors affecting balance and ambulation following stroke. *Clin Orthop Relat Res*. 1984; 182:165-71.
- [22] Laufer Y, Dickstein R. TENS to the lateral aspect of the knees during stance attenuates postural sway in young adults. *ScientificWorldJournal*. 2007;7:1904-11.
- [23] Vuillerme N, Nougier V, Teasdale N. Effects of lower limbs muscular fatigue on anticipatory postural adjustments during arm motions in humans. *J Sports Med Phys Fitness*. 2002; 42(3):289-94.
- [24] Lebedev MA, Poliakov AV. Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration. *Neirofiziologiia*. 1991;23(1):57-65.
- [25] Kim HS. The clinical efficacy of nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases. *Korean J Med*. 2016;90(6):494-500.
- [26] Nam SS, Sunoo S, Park HY, Moon HW. The effects of long-term whole-body vibration and aerobic exercise on body composition and bone mineral density in obese middle-aged women. *J Exerc Nutrition Biochem*. 2016;20(2):19-27.
- [27] Kerschman-Schindl K, Grampp S, Henk C, Resch H, Preisinger E, Fialka-Moser V, Imhof H. Wholebody vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol*. 2001;21(3):377-82.
- [28] Olsen N. Vibration aftereffects on vasoconstrictor response to cold in the normal finger. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1993;66:246-8.
- [29] Sonza A, Robinson CC, Achaval M, and Zaro MA. Whole body vibration at different exposure frequencies: infrared thermography and physiological effects. *The Scientific World Journal*, 2015:452657.
- [30] Adamczyk JG, Boguszewski D, and Siewierski M. Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery. *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*. 2014;46(2):186-93.