

전기근육자극 훈련이 복부비만 중년 여성의 복부지방, 체간 근 두께와 활성도에 미치는 영향

유승아 · 유기웅¹ · 임창하¹ · 김창용² · 김형동^{3†}

고려대학교 일반대학원 보건과학과, ¹고려대학교 일반대학원 체육학과,
²한국기초과학지원연구원 국산장비신뢰성평가센터, ³고려대학교 보건과학대학 보건환경융합과학부

Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation Training on Abdominal Fat, Trunk Muscle Thickness and Activity in Middle-Aged Women with Abdominal Obesity

Seung-Ah Yoo, PT, MSc · Kee-Ung Yoo¹ · Chang-Ha Lim¹ · Chang-Yong Kim, PT, PhD² ·
Hyeong-Dong Kim, PT, PhD^{3†}

Department of Health Science, Graduate School, Korea University

¹Department of Kinesiology, Graduate School, Korea University

²Scientific Instruments Reliability Assessment Center, Korea Basic Science Institute

³Department of Physical Therapy and School of Health and Environmental Science, College of Health Science,
Korea University

Received: February 27, 2019 / Revised: February 27, 2019 / Accepted: April 2, 2019

© 2019 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the effects of low frequency neuromuscular electrical stimulation (NMES) training on abdominal obesity in middle-aged women through electromyography and ultrasound.

METHODS: Twenty-two middle aged women with abdominal obesity participated in the study. A low-frequency NMES device was used on the abdomen and waist of each

subject for 20 minutes each (a total of 40 minutes) three times a week for eight weeks. The waist-hip ratio (WHR), weight and BMI (Body Mass Index) were measured. Electromyography (EMG) and ultrasound measurements were performed three times in total (pre-intervention, four weeks into the intervention, and eight weeks post-intervention) to examine the effects of low-frequency NMES on the abdominal muscle activity, muscle thickness, and subcutaneous fat.

RESULTS: The results indicated a difference in the WHR and waist circumference before and after intervention ($p < .05$). The external oblique muscle (EO) showed a significant increase in muscle activity during all measurements taken post-intervention ($p < .05$). The abdominal subcutaneous fat thickness also showed a significant decrease between each measurement ($p < .05$). The test results showed that the abdominal subcutaneous fat thickness values taken eight

†Corresponding Author : Hyeong-Dong Kim

hdkimx1234@daum.net, <https://orcid.org/0000-0002-5484-102X>

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.

weeks post-intervention were significantly lower than those taken pre-intervention and four weeks into the intervention ($p < .05$).

CONCLUSION: These findings show that low-frequency NMES device training can be applied to middle-aged women with abdominal obesity to improve their body shape and exercise performance.

Key Words: Abdominal obesity, Neuromuscular electrical stimulation (NMES), Fat, Thickness, Women

I. 서론

비만은 체내에 지방조직이 과다하게 축적된 상태로, 건강에 부정적인 영향을 미치는 대사증후군의 하나이다[1]. 비만은 심혈관 질환, 당뇨병, 근골격계 질환, 대사증후군 등의 발병률을 증가시키고 조기 사망과도 밀접한 관련이 있다[2]. 특히 여성들은 연령이 증가함에 따라 만성질환의 유병률이 높으며[3], 신체 활동이 줄어들고 기초대사량 감소에 의해 에너지 소비가 줄어들면서 비만율이 남성에 비해 현저히 높게 나타난다[4]. 50세 전후로 폐경기가 오면서 내장 지방 분해를 촉진하는 여성호르몬인 에스트로겐의 분비가 줄어들게 되고, 복부비만의 위험이 증가하게 된다[5]. 여성의 중년기는 여러 환경적 요인으로 우울감이나 부정적 감정이 커지는 시기로, 복부비만의 관리는 더욱 중요하다. 따라서 중년 여성들이 복부비만을 관리하기 위해서는 지속적인 노력과 관리가 필요하다.

비만을 치료하기 위해 식이요법, 운동, 행동의 변화, 약물요법 및 수술요법 등의 다양한 방법이 사용되고 있다[6]. 이 중 규칙적인 운동은 비만의 개선과 함께 고혈압, 골다공증 및 우울증을 예방할 수 있는 가장 효과적인 방법으로 보고되고 있다[7,8]. 하지만 바쁜 현대인과 중년 여성들이 장기간 중강도, 고강도 운동을 수행하기에는 여러 가지 신체적, 환경적 제한점이 존재한다. 이를 위해 NMES (Neuromuscular electrical stimulation)를 활용한 훈련은 이들의 비만 해소에 좋은 대안이 될 수 있다. NMES (Neuromuscular electrical stimulation)는 전기적

신호가 직접 근육을 자극해 인위적으로 근육의 수축과 이완을 반복시키는 원리로, 근력 강화를 목적으로 사용되거나[9], 통증 완화, 근신경계 기능장애의 개선 치료를 목적으로 사용되었다[10]. 또한 엘리트 선수들의 경기력 향상을 위한 근력강화, 재활, 부종 조절 등의 목적으로 현장에 적용되고 있다[11,12].

현재까지 NMES를 이용한 운동의 효과는 여러 선행 연구들에 의해 나타났다. NMES와 유산소 운동을 병행한 운동요법을 통해 근육량 증가 및 체중의 감소[13], NMES와 근력운동을 병행한 재활훈련이 노인의 하체 근력과 동적 균형에 긍정적인 향상을 가져왔으며[14], NMES를 통해 20대 여성의 복부 지방의 두께 감소와 근육 활성도와 근육량 향상되었다고 보고하고 있다[15]. 특히 저주파 전기자극이 국소부위에서 지방산 산화효소 및 모세혈관의 밀도, 산소 소비가 증가하여 산화적 대사능력이 향상된다고 보고되고 있으며[16], 또한 지방층으로 통전된 저주파가 지방세포의 지방분해 효소를 자극하여 지방분해를 증진시킨다고 보고되고 있다[17].

이와 같이 NMES를 근력 운동과 병행했을 때 일반인 및 비만인의 체지방률 및 지방 두께가 감소한다는 여러 선행 연구들이 있지만 NMES 단독 적용 효과에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 복부비만은 중년 여성들에게 잘 나타나며 복부비만 해소에 높은 관심을 가지고 있지만 효과적으로 복부비만을 해소하는데 어려움을 겪는 편이다. 따라서 본 연구에서는 비만 중년 여성들을 대상으로 한 저주파 NMES 훈련 효과를 객관적으로 검증하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에서 총 25명의 복부비만 중년 여성을 연구대상자로 선정하였다. 연구대상자들은 실험 전 연구의 목적과 과정에 대해 충분히 설명을 듣고, 실험에 동의하였다. 표본 크기는 General power analysis 프로그램 (Gpower 3.1) [18]을 이용하였고, 유의수준 $\alpha = .05$, 집단수=1, 효과크기(effect size) $F = .5$, 검정력($1 - \beta$) = .95를 고려하여 최소 16명의 표본 크기(sample size)가 산출되었

다. 모든 대상자는 오른손잡이, 그리고 복부비만을 (waist-hip ratio, waist÷hip)이 .8% 이상인 만 40~60세 미만 여성 25명을 선정하였다, 개인적으로 운동 프로그램을 받은 분, 최근 6개월 동안 다이어트 관련 식품 복용을 하거나, 과거 관련된 기능상 병력 여부를 확인하여 근골격계 질환이나 병력이 있는 자는 연구 대상에서 제외하였다. 최초 25명의 연구 대상자가 참여하였으나, 개인적인 사정 등의 이유로 연구에 규칙적인 참여하지 못한 3명이 제외되어 최종 22명의 연구 대상자들이 참여하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구절차

본 연구의 전체적인 실험 절차는 Fig. 1과 같다. 본 연구에 참여한 연구대상자는 판단적 표집방법에 의해 선정하였고, 위 선정기준과 제외기준을 통과한 복부비만 중년 여성 22명으로 구성하였다. 연구대상자들에게 NMES 저주파 기기(Micaco inspiring, KMU-IS-12, Japan) (Fig. 2)를 A 주민센터에서 8주 동안 주 3회 복부와 허리 부분에 각각 20분씩 총 40분 사용하게 하였다.

본 연구의 측정은 각 측정값의 변화를 관찰하기 위하여 중재 전과 중재기간 동안의 4주, 중재 종료시점인 8주 후에 측정을 하였다. 측정 2일 전에 연구대상자들에게 평소 생활과 다른 활동(음주, 과도한 운동, 수면 부족 등)을 금하도록 하며, 측정 당일 면담을 통해 확인하였다. InBody를 이용하여 연구대상자들의 신체적 특징인 체중, BMI를 측정하고, 줄자를 이용하여 허리 둘레와 엉덩이 둘레의 비율, WHR을 측정하였다. 저주파 NMES 기기의 복부의 근 활성도 및 근육 및 피하지방의 두께 변화에 미치는 영향을 검증하기 위해 복직근, 외복사근, 내복사근, 복횡근, 다열근 5가지의 근육에 대해 근전도 측정과 초음파 측정을 하였다.

3. 측정도구 및 방법

1) NMES 저주파 기기

본 실험에 사용된 NMES 저주파 기기의 출력 사양은 Table 2와 같다. 또한 훈련에 NMES 사용된 저주파 기기의 20분간의 프로그래밍은 Table 3과 같다. 훈련에 사용

Table 1. Demographic Characteristics of the Subjects

Characteristics	Female (n=22)
Age (year)	48.452±6.213
Height (cm)	157.901±6.352
Weight (kg)	66.342±12.711
Waist-Hip Ratio	.902±.042

Values are presented as mean±standard deviation (SD).

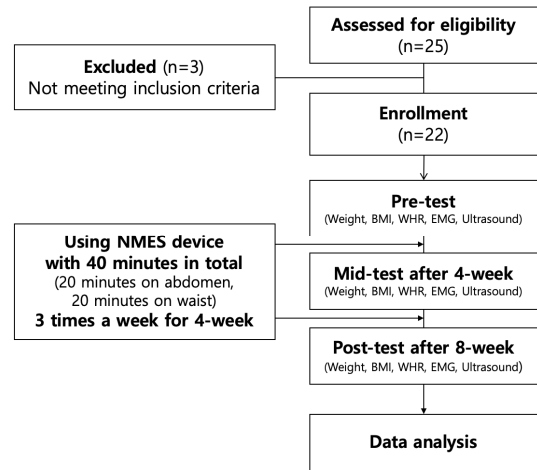


Fig. 1. Procedures used in this study.



Fig. 2. Micaco inspiring NMES device.

된 출력 강도는 기기의 중간 강도에 속하는 6-10level로 사용하였고, 이때의 출력 전류치는 8.6mA-14mA이며, 양극간 전압은 86Vpp-140Vpp이다. 훈련 시 기기의 부착은 앞에서는 복부의 배꼽을 중심으로 부착하였으며,

Table 2. Information on Neuromuscular Electrical Stimulation Devices

Segment	Description
	method pulse bi-direction output method
NMES Frequency	pulse width 450-50-450us
	pulse polarity bipolar
	pulse voltage < +100 V, -100 V
	pulse cycle 4,375 ~ 70 Hz
Frequency Intensity	1~15 32 Vpp ~ 198 Vpp

Table 3. Output Programming of Neuromuscular Electrical Stimulation Device

Segment	Frequency	Program	Loops	Time (sec)
1	Total+E47:H59 Time	10 sec (4.375 Hz) ON / 10 sec (8.75 Hz) ON	3	60
		OFF Time		2 sec OFF
2	35Hz	2 sec (35 Hz) ON / 1 sec OFF	20	60
3	17.5-35-52.5	5 sec (17.5 Hz) ON / 10 sec (35 Hz) ON / 5 sec (52.5 Hz) ON	8	160
		OFF Time		1 sec OFF
4	35	3 sec (35 Hz) ON / 1 sec OFF	15	60
5	8.75-17.5-35-43.75-52.5-70	4 sec (8.75 Hz) ON / 4 sec (17.5 Hz) ON / 4 sec (35 Hz) ON / 6 sec (43.75 Hz) ON / 8 sec (52.5 Hz) ON / 4 sec (70 Hz) ON	7	210
		OFF Time		2 sec OFF
6	17.5-35-52.5	3 sec (17.5 Hz) ON / 1 sec OFF 8 sec (35 Hz) ON / 8 sec (52.5 Hz) ON	5	100
		OFF Time		2 sec OFF
7	7.5-17.5	5 sec (7.5 Hz) / 10 sec (17.5 Hz) / 1 sec OFF	5	80
8	35	9 sec (35 Hz) ON / 1 sec OFF	8	80
		OFF Time		1 sec OFF
9	52.5-70	10 sec (52.5 Hz) ON / 5 sec (70 Hz) ON	7	105
10	17.5-35	2 sec (17.5 Hz) ON / 4 sec (35 Hz) ON	15	90
		OFF Time		1 sec OFF
11	35-70	2 sec (35 Hz) ON / 3 sec (70 Hz) ON	20	100
		OFF Time		1 sec OFF
	8.75 Hz-7.5 Hz	8 sec (8.75 Hz) ON / 2sec (7.5 Hz) ON	3	30
12	8.75 Hz-7.5 Hz	5 sec (8.75 Hz) ON / 5sec (7.5 Hz) ON	3	30
	8.75 Hz-17.5 Hz	2 sec (8.75 Hz) ON / 8sec (7.5 Hz) ON	3	30
		Total Time		1205

뒤에서는 요추 3번과 4번 사이를 중심으로 부착하였다.

2) 신체 조성 측정

신체 조성은 체성분 측정기(InBody 370, Biospace, Korea)를 사용하여, 체중(kg)과 BMI (Body Mass Index)를 측정 및 산출하였다. 허리 둘레(Waist Circumference)는 최소 식사 후 2시간 정도 지난 공복 상태에서 직립자세를 취하도록 한 뒤 숨을 내실 때 검사자가 1 cm 단위까지 측정하였다. 허리 둘레의 측정 위치는 허리 둘레를 측정하는 다양한 측정 위치 가운데 신뢰도가 높은 WHO 권고 방법에 의거하여 늑골 하단부와 장골능 상부의 중간 부위로 하였고 엉덩이 둘레(Hip Circumference)는 측면에서 엉덩이 뒷부분 가장 돌출된 곳을 기준으로 하여 수평으로 측정해 WHR (waist-hip ratio)를 산출하였다[19].

3) 근 활성도 측정

복부의 근육을 측정하기 위해 표면 근전도 장비 Delsys Trigno EMG (Delsys Inc., Boston, MA, U.S.A)를 사용하였으며, 수집된 자료를 개인용 컴퓨터와 연동하여 근전도 소프트웨어 Delsys EMG (Delsys Inc., Boston, MA, U.S.A)를 사용하였다. 측정된 근전도 분석은 MATLAB R2018b (MathWorks Inc., Natick, MA, U.S.A)을 이용하여 후처리 하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 2000 Hz이며, 측정된 근전도 신호의 잡음을 제거하기 위하여, 대역통과(band-pass) 필터는 10-500 Hz를 적용하였다. 1차 필터 적용 후 근전도 신호를 정량화를 위하여 100 ms 단위로 RMS (root mean squared)를 취하였다[20]. 이후, 정량화된 근전도 신호를 2.5 Hz 저역 통과(low-band-pass) 필터를 적용하여, 2차 잡음을 제거하였다[21].

4) 전극 부착 위치

근 활성도를 측정하기 위한 전극(electrode) 부착 부위는 5곳으로 다음과 같다. 복직근은 배꼽(umbilicus)을 기준으로 수평방향으로 오른쪽 2 cm 떨어진 지점에 부착하였고, 외복사근은 오른쪽 상전장골극(asis: anterior superior iliac spine)을 기준으로 신체 중심 방향의 45도로 2 cm 떨어진 지점, 내복사근/복횡근은 오른쪽

상전장골극을 기준으로 신체 중심 방향의 수평으로 3cm 떨어진 지점에 부착하였다[22]. 다열근은 오른쪽 상후장골극(psis: posterior superior iliac spine)을 기준으로 신체 중심 방향의 45도로 1cm 떨어진 지점에 부착하였다[23].

5) 최대 수의적 등척성 수축 측정

근전도 값을 정량화(normalization)하기 위해 복직근, 외복사근, 내복사근 및 복횡근 그리고 다열근 도수근력 검사 정상 등급(normal grade) 자세에서 최대 수의적 등척성 수축을 실시하여 근활성도를 측정하였다[24,25]. 복직근 측정은 연구대상자가 양손 깍지를 낀 상태에서 후두부를 잡고 바로 누워있는 상태에서 경갑골 하각까지 들어올릴 때 측정자가 대상자의 양어깨에 최대 저항을 주어 나타나는 표면 근전도를 측정하였다. 오른쪽 외복사근 측정은 양손 깍지를 낀 상태에서 두부를 잡고 우측 어깨가 좌측 무릎 방향을 향하도록 몸통을 비틀어 들어올리도록 지시한 뒤, 대상자의 우측 어깨 관절에 최대 저항을 주어 표면 근전도를 측정하였다. 오른쪽 내복사근/복횡근 측정은 양손 깍지를 낀 상태에서 두부를 잡고 좌측 어깨가 우측 무릎 방향을 향하도록 몸통을 비틀어 들어올리도록 지시한 뒤, 대상자의 좌측 어깨 관절에 최대 저항을 주어 표면 근전도를 측정하였다. 다열근 측정은 연구대상자가 엎드려 누운 상태에서 양손을 머리 뒤로 모으고 허리를 들어 올려 가슴이 바닥에 닿지 않게 올릴 때 양어깨에 최대 저항을 주어 나타나는 표면 근전도를 측정하였다. 모든 동작의 측정은 1회 측정 시 7초로 통일하였으며, 근육별로 3회 측정하여 RMS (Root Mean Square) 신호 처리를 통해 분석하여 처음과 마지막 1초를 제외한 5초간의 평균 근전도 값을 %MVC (Maximum Voluntary Contraction)로 사용하였다. 근 피로가 측정 자료에 영향을 주는 것을 피하기 위하여 측정 간 5분의 휴식을 취하게 한 후에 재측정 하였다. 본 연구에서 수집된 모든 자료는 RMS 신호 처리를 통해 분석되었으며, RMS 값은 % MVC를 이용해 정규화하였다.

6) 근육 및 피하지방 두께 측정

근육 및 지방의 두께를 측정하기 위하여 초음파 영상

장치(MicrUs EXT-1H, Teleded, Vilnius, Lithuania, EU)를 사용하였다. 영상 자료는 고해상도 B-mode에서 12MHz 선형 프로브를 적용하여 복부근육의 두께를 측정하였다.

복횡근, 내복사근, 외복사근 두께 측정은 다음과 같다. 초음파 젤(gel)을 탐촉자와 피부 사이에 바르고 우측 체간 측면의 액와선(axillary line)을 중심으로 12번째 갈비뼈와 장골능(iliac crest) 중간 지점에서 전방으로 2.5 cm 부위에 탐촉자의 중앙이 닿도록 위치시켰다. 각 근육의 두께 측정은 복횡근과 흉요근막(thoracolumbar fascia)이 만나는 근막 접합부 위(muscle fascia-junction)로부터 2.5 cm 떨어진 지점에서 수직선을 그어 각각 측정하였다[26]. 측정은 누워서 무릎을 45도 굽힌 이완된 자세(resting position)와 중심 안정화 운동을 실시할 때 복부 근육이 수축하는 시점(contraction position)에서 각각 측정하여 이완된 자세를 기준으로 수축된 복부 근육의 두께 증가율로 환산하였다[27]. 복부근육 및 다열근 두께 증가율에 대한 환산 방법은 다음과 같다; 증가율 = (수축 시 두께 - 이완 시 두께) x 100 / 이완 시 두께

다열근 두께 측정은 다음과 같다. 연구대상자를 테이블 위에서 엎드리게 하고, 허리를 편평하게 만들기 위해서 경사계를 요추추 접합부에 세로로 놓고, 배개를 고관절 아래 두어 허리를 10도 이하가 되도록 하였다. L4 극돌기를 촉지하고 마커펜으로 표시한 후 초음파 프로브를 척추를 따라 세로로 두고, L4/L5 돌기사이관절(facet joint)이 확인될 때까지 외측으로 움직이고 약간 내측으로 기울이게 하였다. 다열근의 수축기를 측정하기 위해 측정 부위 반대편의 팔을 120도 외전시킨 후 들어올리게 한 다음 영상을 수집하였다[28].

복부 피하지방두께 측정은 대상자를 편안한 자세로 눕힌(supine) 상태에서 복벽의 최소한 긴장상태 즉 호기(expiration) 말에 배꼽 상방 1cm 부위에서 피부표면과 복직근(rectus abdominis muscle)까지 최대 깊이를 종단 스캔(longitudinal scan)하여 영상을 획득하였다.

4. 분석방법

본 연구에서의 통계 처리는 상용 프로그램인 SPSS

ver.22.0 for Windows 통계 프로그램(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였고, 측정값은 평균과 표준편차로 표시하였다. 본 연구에 수집된 표본들은 동일한 집단 내에서 두 달 후의 차이를 구명하기 위해 정규성 검정(Kolmogorov-Smirnov test) 후 정규분포 곡선을 띄어 반복측정 일요인 분산분석(one-way repeated measure ANOVA)을 실시하였다. Mauchly의 구형성 검정결과 귀무가설이 성립된 것은 개체-내 효과 검정부분을 제시하였고, 귀무가설이 기각되었을 때 다변량 검정결과 중 Wilks의 랏다를 제시하였다. 가설 수락을 위한 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 신체 조성 비교

체중, BMI, WHR, 허리 둘레에 대한 각 측정 조건 간의 평균과 표준편차 및 이들 값에 대한 결과는 Table 4와 같다. 체중과 BMI는 유의한 차이를 보이지 않았지만, WHR과 허리 둘레는 기간 경과에 따른 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

2. 근육의 활성화도 비교

복직근, 외복사근, 내복사근/복횡근, 다열근, 기립근에 대한 각 측정 조건 간의 평균과 표준편차 및 이들 값에 대한 결과는 Table 5와 같다. 특히, 외복사근은 통계적으로 유의한 활성을 보였으며, 사후 검정을 통하여 외복사근은 모든 측정 단계에서 유의한 근활성도 증가를 보였다($p < .05$). 또한, 내복사근/복횡근을 제외한 4개의 근육은 운동 전, 4주차, 8주차에서 근활성도의 평균값이 점차적으로 증가되는 양상을 보였으나 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$).

3. 휴식시 복부 피하지방 두께 변화 비교

휴식시 복부 피하지방 두께 변화에 대한 결과는 Table 6와 같다. 휴식 시 복부 피하지방의 두께는 기간 경과에 따른 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 사후 검정결과, 8주 후 복부 피하지방의 두께는 중재 전과 4주 후보다 유의하게 감소하였다($p < .05$).

Table 4. Comparison of the Changes in the Physical Characteristics According to the Periods (n=22)

	Pre	Post-4 weeks	Post-8 weeks	F	p-Value
Weight (kg)	66.342±12.714	66.053±12.702	66.283±12.964	1.115	.338
Body Mass Index (kg/m ²)	26.263±3.912	26.141±3.903	26.242±4.003	1.309	.280
Waist-Hip Ratio	.902±.043	.891±.042 ^a	.892±.043 ^a	14.260	.000**
Waist circumference (cm)	91.151±10.392	89.702±10.273 ^a	89.074±9.571 ^a	32.777	.000**

Values are presented as mean±SD, *p<.05, **p<.01

^aSignificant difference compared with before intervention (p<.05).

^bSignificant difference compared with after 4 weeks (p<.05).

Table 5. Comparison of the Muscle Activity Changes According to the Duration (n=22)

Muscle (%MVC)	Pre	Post-4 weeks	Post-8 weeks	F	p-Value
RA	69.882±10.041	79.002±27.623	80.621±28.061	1.381	.156
EO	67.612±8.353	103.641±48.412 ^a	169.932±119.473 ^{ab}	10.452	.001**
IO-TrA	70.281±9.762	78.380±34.941	73.501±44.131	.612	.657
Mu	76.073±11.582	83.511±31.290	91.182±38.891	1.481	.161

RA, rectus abdominis muscle; EO, external oblique muscle; IO-TrA, internal oblique muscle•transverse abdominis muscle; Mu, multifidus muscle;

Values are presented as mean±SD, *p<.05, **p<.01

^aSignificant difference compared with before intervention (p<.05).

^bSignificant difference compared with after four weeks (p<.05).

Table 6. Comparison of the Subcutaneous Fat Thickness in the Resting State (n=22)

	Pre	Post-4 weeks	Post-8 weeks	F	p-Value
SFT (cm)	2.442±1.051	2.261±.902	2.112±.851 ^{ab}	9.279	.003**

SFT, subcutaneous fat thickness

Values are presented as mean±SD, *p<.05, **p<.01

^aSignificant difference compared with before intervention (p<.05).

^bSignificant difference compared with after four weeks (p<.05).

4. 체간 근육의 두께 변화 비교

복직근, 외복사근, 내복사근/복횡근, 다열근의 근육 두께 변화에 결과는 Table 7과 같다. 측정된 모든 체간 근육 두께 변화율은 운동 전, 4주차, 8주차에서 평균값이 점차적으로 증가되는 양상을 보였으나 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05).

IV. 고찰

본 연구에서는 전기근육자극 훈련 효과를 뒷받침하

는 근거를 제시하고 정량적인 데이터를 얻고자 22명의 중년여성을 대상으로 초음파와 근전도 장비를 이용하여 복부 피하지방 두께, 복부 중심 근육의 두께와 활성도를 측정하였고, 본 연구결과 8주간의 전기 근육자극 훈련 후 WHR은 낮아지고 허리 둘레와 피하지방 두께도 감소하였으며, 일부 복부근의 근활성 변화도 나타났다.

체중, BMI, 골격근량은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 NMES 저주파 기기를 적용하여 복부비만 대상자의 체간에 나타나는 순수한 효과를 확인하기 위하여 일반적으로 체중 감량에 효과

Table 7. Comparison of the Muscle Thickness Changes According to the Periods (n=22)

Muscle (%)	Pre	Post-4 weeks	Post-8 weeks	F	p-Value
RA	21.701±15.591	25.722±37.323	36.771±56.163	.801	.418
TrA	44.261±37.910	49.290±50.412	64.890±69.301	.928	.373
IO	17.221±23.052	28.333±29.262	31.612±81.211	.510	.506
EO	13.411±41.061	13.091±20.491	21.971±36.710	.433	.651
Mu	17.330±12.783	19.113±13.283	25.962±18.091	2.491	.095

RA, Rectus abdominis; TrA, Transverse abdominis; IO, Internal oblique; EO, External oblique; Mu, Multifidus

Values are presented as mean±SD, *p<.05, **p<.01

^aSignificant difference compared with before intervention (p<.05).

^bSignificant difference compared with after four weeks (p<.05).

적이라고 밝혀진 식단조절, 유산소성 훈련 및 복합 훈련을 실시하지 않으며 국소부위만 훈련을 하였기 때문 인 것으로 사료된다.

WHR은 4주차부터 통계적으로 유의하게 감소하였다. 본 연구 대상자 선정기준으로 사용된 복부비만의 평가지표로서의 WHR 수치는 총 지방량과 상관없이 당뇨병과 관상동맥질환의 이환율이 높으며[29], 폐경 이전의 여성이 WHR 수치가 높으면 인슐린 저항성을 악화시킨다고 보고되었다[30]. 하지만 WHR 수치는 허리 둘레와 엉덩이 둘레의 비로 엉덩이 둘레에 의해 오류가 발생할 수 있기 때문에 본 연구에서는 데이터 오류가 발생하는 것을 방지하고자 허리 둘레 변화와 피하지방 두께 변화를 같이 제시하였다. 허리둘레와 피하지방 두께는 WHR 결과와 일치하게 유의하였으며, 피하지방은 4주와 8주 사이에서도 의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 본 실험과 같이 복부와 같은 국소부위의 비만에 전기자극을 적용하여 치료가능성을 제시한 김용성 등[31]의 연구와 일치하며, 복부비만을 가지고 있는 성인여성을 대상으로 전기자극이 미치는 효과를 실험한 결과 전기자극을 시행한 실험군에서 지방의 두께가 감소하였다는 이현주, 태기식의 연구[32]의 연구결과와 비슷한 경향을 보였다. 이는 복부의 지방세포가 다른 부위에 비해 대사활성이 높으며, 지방층으로 통전되는 저주파가 교감 신경을 흥분시켜 카테콜아민(catecholamine)을 분비하여 베타수용체와 결합하면 Gs protein에 의해 adenylyl cycclase가 활성화되어 세포 내 cAMP의 합성을 증가시킨다. 증가된 세포내 cAMP는

PKA의 활성화를 유도하고 결국 HSL를 활성화시켜 지방 분해를 유도한다. 따라서 전류자극이 세포막 수준의 전위차에 영향을 미쳐 대사증진과 지방분해 증진을 조장하기 때문인 것으로 사료된다[33]. 또한 본 연구에서 외복사근의 활성도가 중재 전보다 4주 후 36.03%, 8주 후 102.32%의 증가율을 보이며 유의한 차이가 나타났는데 이러한 복부 근육의 긴장도 향상이 허리둘레 감소에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 근전도 신호는 운동단위에서 발생된 신호(Moter unit active potential, MUAP)의 합으로 이루어지는데[34], 이성복 등[35]의 연구에 의하면 근전도 데이터가 최대 근력과 관련하여 상관관계가 있다고 보고하였다. 따라서 NMES 저주파 기기 적용이 외복사근의 근력 향상에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 이는 Kemmler 등[36]의 근감소증이 위험이 있는 여성 노인을 대상으로 2주에 3번, 1회 18분씩 54주간 WB-EMS 훈련을 실시한 후 근육량과 근력의 향상되었다는 연구 결과와 유사하다. 또한 외복사근은 척추의 회전과 바깥 쪽으로 굽히는 힘과 연관성이 있으며[37], 체간의 외복사근은 글로벌 안정근(global stabilizer), 그리고 복직근은 운동자(mobiliser)로 작용하여 척추 중립을 지키며 몸통을 안정화시킨다[37]. 이러한 결과는 저주파 전기자극이 복부 중심근육 활성도에 영향을 미친다는 이현주 등[37]의 연구 결과와 유사하게 나타났다.

본 연구에서 모든 체간 근육의 두께에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 저주파 전기자극이 복부 중심근육 두께에 긍정적인 영향을 미친다는 이현주 등[37]의 연

구를 자세히 살펴보면 저주파 기기 제품에 따라서 부정적인 영향도 나타남으로써 모든 저주파 기기가 근 두께에 긍정적인 영향을 주는 것은 아니라고 사료된다. 또한 본 연구에서는 8주간 중간 강도의 훈련으로 고정시켜서 점진적으로 훈련강도를 높이지 않았기 때문에 근육의 두께에 유의한 차이가 나타나지 않았을 것으로 사료된다. 하지만 모든 체간 근육의 두께가 유의하지 않지만 중재전보다 증가하는 양상으로 나타나 추후 운동 강도와 훈련 기간의 증가 시 NMES 저주파 기기 훈련이 척추 중심 안정화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 사료된다.

이러한 결과를 바탕으로 임상이나 스포츠 현장에서 복부비만, 근골격계 및 신경계 환자 치료 시 다양한 운동 방법과 함께 부수적인 훈련 및 치료기법으로 활용될 수 있을 것이라고 사료된다. 하지만, 본 연구의 결과를 설명하는데 있어서 몇 가지 제한점이 있다.

첫째, 본 연구에 참여한 대상자는 특정 연령대인 40-50대의 중년 여성들이며, 본 연구 결과가 전체 연령의 복부비만 대상자들을 결과를 반영하는 것은 아니다. 둘째, 본 연구 대상자들은 복부 비만자들이어서 측정 부위에 지방이 많아 측정 시 심부에 위치한 소근육의 순수한 근활성도를 측정하지 못했다. 셋째, 본 연구에서 저주파 기기의 강도와 시간을 고정하여 훈련 이론 중 점진성의 원리와 과부하의 원리를 충족시키지 못한 것으로 사료된다. 넷째, 표본의 크기가 작아 근 두께에서 평균값보다 표준편차 값이 커지는 현상이 나타난 것으로 사료된다. 따라서 향후 연구에서는 표본수를 늘리고 연구대상을 다양한 연령의 복부비만 대상자와 체간 안정화 운동이 반드시 필요한 환자를 대상으로 확장하며, 전극 삽입 등의 검사도구의 활용과 저주파 전기자극 기기의 강도와 시간에 대한 다양한 변화를 고려한 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 복부비만 중년 여성에게 8주간 NMES 저주파 기기 운동 적용이 복부비만과 일부 체간 근육의 두께 및 근활성도에 미치는 영향을 확인하고자 하였고,

그 결과 허리 둘레 및 피하지방 감소에 영향을 미쳤으며, 척추 중심 안정화에 영향을 미치는 체간 근육에 긍정적으로 향상되는 결과가 나타났다. 이러한 결과를 토대로 복부비만을 가진 중년 여성에게 NMES 저주파 기기 훈련을 적용하여 체형 개선과 신체 중심 안정화 및 운동 수행력을 증진시키기 위한 프로그램 적용 시 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgements

저자는 이 연구와 관련된 모든 주제뿐만 아니라 이 기사의 논문으로 인용된 기사, 저널 및 도서의 저자 / 발행인 / 편집자에게 감사드립니다. 또한 이 연구를 위해 중재 장비와 후원을 해준 디엘이노베이션 회사에 감사드립니다.

References

- [1] de Oliveira Leal V, Mafra D. Adipokines in obesity. *Clinica Chimica Acta*. 2013;419:87-94.
- [2] Zimmet P, Alberti KG, Shaw J. Global and societal implications of the diabetes epidemic. *Nature*. 2001; 414(6865): 782-7.
- [3] Ministry of Health and Welfare. 2015 National health statistics: National Health and Nutrition Survey (6th). 2015.
- [4] Kim YS. Effects of meridian massage on the relief of stress. Master's Degree. Kwang Ju Women's University. 2005.
- [5] Ganesan R. The aversive and hypophagic effects of estradiol. *Physiological Behavior*, 1995;55(2):279-85.
- [6] Dietz WH, Baur LA, Hall K, et al. Management of obesity: improvement of health-care training and systems for prevention and care. *The Lancet*. 2015;385(9986): 2521-33.
- [7] Duncan LR, Hall CR, Wilson P.M, et al. Exercise motivation: a cross-sectional analysis examining its relationships with frequency, intensity, and duration of

- exercise. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2010;7(1):1-9.
- [8] Wessel TR, Arant CB, Olson MB, et al. Relationship of physical fitness vs Body mass index with coronary artery disease and cardiovascular events in women. *Journal of the American Medical Association*. 2004;292(10):1179-87.
- [9] Babault N, Cometti G, Bernardin M, et al. Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007;21(2):431-7.
- [10] Cameron MH. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Elsevier Health Sciences. Seoul: Jungdammedia. 2012.
- [11] Lake DA. *Neuromuscular electrical stimulation*. *Sports Medicine*. 1992;13(5):320-36.
- [12] Lin Z, Yan T. Long-term effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for promoting motor recovery of the upper extremity after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2011;46(6):506-10.
- [13] Sun SK, Jung DC, Hong Y. The effect of exercise and functional electric stimulation on the body composition, blood components and exercise capacity of obese women. *The Korean Journal of Physical Education*. 2002;41(5):633-45.
- [14] Son YH, Park HS. The effects of electrical muscle stimulation on lower body muscular function and balance ability of elderly. *The Korea Journal of Sports Science*. 2016;25(1):1371-83.
- [15] Lee HJ, Tae KS. The Effects of Functional Electrical Stimulation on Abdominal Obesity Improvement of Adult Women by EMG, Ultrasound and DITI. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*. 2014;31(11):1051-8.
- [16] Hudlicka O, Brown M, Cotter, M, et al. The effect of long-term stimulation of fast muscles on their blood flow, metabolism and ability to withstand fatigue. 1977; 369(2):141-9.
- [17] Kim HJ, Chung SH, Lee JS, et al. The Principles of Electrolipolysis in Obesity: a Literature Study. 1999;9(2):55-64.
- [18] Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*. 2007;39(2):175-91.
- [19] Lee YM, Park HS, Cheon BC, et al. Comparison of reliability of waist circumference measured as an index of abdominal obesity. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*. 2002;11(1):103-4.
- [20] Czaprowski D, Afeltowicz A, Gębicka A, et al. Abdominal muscle EMG-activity during bridge exercises on stable and unstable surfaces. *Physical Therapy in Sport*. 2014;15(3):162-8.
- [21] Vera-Garcia, FJ, Moreside JM, McGill SM. MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010;20(1):10-6.
- [22] Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduction to Surface Electromyography*. Maryland, Aspen Pub. 1998.
- [23] Colado JC, Pablos C, Chulvi-Medrano I, et al. The progression of paraspinal muscle recruitment intensity in localized and global strength training exercises is not based on instability alone. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011; 92(11):1875-83.
- [24] Kim HK, Kim CY, Kang JH, et al. Influence of the Supplementary Ki-hap Technique and Verbal Encouragement on Abdominal Muscle Activation during Crunch Exercise in Healthy Subjects: A Pilot Randomized Controlled Trial. *J Korean Soc Phys Med*. 2016; 11(2):53-62.
- [25] Kendall, Florence Peterson, et al. *Muscles: Testing and function, with posture and pain (Kendall, Muscles)*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- [26] Mannion AF, Pulkovski N, Gubler D et al. Muscle thickness changes during abdominal hollowing: An assessment of between-day measurement error in controls

- and patients with chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2008;17(4):494-501.
- [27] Koppenhaver SL, Hebert JJ, Fritz JM, et al. Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles. *Aech Phys Med Rehabil.* 2009;90(1):87-94.
- [28] Stokes M, Rankin G, Newham D.J. Ultrasound imaging of lumbar multifidus muscle: normal reference ranges for measurements and practical guidance on the technique. *Manual Therapy.* 2005;10:116-26.
- [29] KAYE SA, FOLSOM AR, SPRAFKA JM, et al. Increased incidence of diabetes mellitus in relation to abdominal adiposity in older women. *Journal of clinical epidemiology.* 1991;44(3):329-34.
- [30] Evans DJ, Hoffman RG, Kalkhoff RK et al. Relationship of body fat topography to insulin sensitivity and metabolic profiles in premenopausal women. *Metabolism.* 1984;33(1):68-75.
- [31] Kim YS, Choi AY, Cho SH. The Effects of Electric Stimulation of Abdominal Region on the Body Composition and Blood Components in Obesity. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society.* 2015; 16(6):3991-8.
- [32] Lee HJ, Tae KS. The Effects of Functional Electrical Stimulation on Abdominal Obesity Improvement of Adult Women by EMG, Ultrasound and DITI. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering.* 2014;31(11): 1051-8.
- [33] Arner P. Catecholamine-induced lipolysis in obesity. *International Journal of Obesity,* 1999;23:1-10.
- [34] Kemmler W, Bebenek M, Engelke K, et al. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: the training and electrostimulation trial(test-III). *Age.* 2014;36(1): 395-406.
- [35] McGill SM. Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: implications for lumbar mechanics. *Journal of Orthopaedic Research.* 1991;9(1):91-103.
- [36] Elphinston J. *Stability, sport, and performance movement: great technique without injury.* North Atlantic Books. 2008.
- [37] Lee HJ, Lee JY, Tae KS. The Effects of Low-Frequency Electrical Stimulation on Abdominal Core Muscle Activity and Thickness. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology.* 2013;7(2):85-90.