

근전도, 초음파와 DITI 를 이용한 전기자극의 성인여성 복부비만 개선 효과 관찰

The Effects of Functional Electrical Stimulation on Abdominal Obesity Improvement of Adult Women by EMG, Ultrasound and DITI

이현주^{1,4}, 태기식^{2,3,4}✉
Hyun-Ju Lee^{1,4} and Ki-Sik Tae^{2,3,4}✉

1 건양대학교 물리치료학과 (Department of Physical Therapy, Konyang University)
2 건양대학교 의공학부 (Department of Biomedical Engineering, Konyang University)
3 건양대학교 의료기기산업지원센터 (Medical Device Industry Support Center, Konyang University)
4 건양대학교 의료융합과학기술원 (Institute of Medical Engineering & Science, Konyang University)
✉ Corresponding author: tae@konyang.ac.kr, Tel: +82-41-730-5657

Manuscript received: 2014.8.19 / Revised: 2014.9.9 / Accepted: 2014.9.17

In this study, we investigated the improvement effect of obesity by treatment with a developed low frequency electrical stimulation system. Thirty female in their 20's as an experiment subjects divided 3 groups(control, commercialized device, developed device) were treated with electrical stimulation on abdomen for 4 weeks. The body weight, body mass index(BMI), waist-hip ratio(WHR), muscle strength, muscle(transverse abdominis(TrA), internal obliquus abdominis(IO), external obliquus abdominis(EO)), fat thickness and abdominal surface temperature were measured by electromyogram(EMG), ultrasound and digital infrared thermal image(DITI). In the result, the body weight and BMI were decreased. Subcutaneous abdominal fat were significantly reduced after 4 weeks. The muscle strength and TrA muscle thickness was increased 13.2%($p<0.05$), and 35.5%, respectively. The fat thickness showed decrease in abdomen ($p<0.05$). Infrared measurement on abdominal surface temperature as a parameter of improvement in blood circulation was significantly increased($p<0.05$). Therefore, the low frequency stimulation showed positive effects on parameters of the obesity improvement.

Key Words: Abdominal Obesity (복부비만), Electrical Stimulation System (전기자극기), Electromyogram(EMG) (근전도), Ultrasound (초음파), Digital Infra Thermal Image(DITI) (적외선 체열 측정기)

1. 서론

비만(Obesity)은 골격근에서의 인슐린 저항성 증대 및 고지혈증을 포함한 심장질환을 유발할 수

있을 뿐만 아니라 각종 대사성 질환을 유발하는 잠재적 위험요인으로서 국내는 물론 전세계적으로 중요한 건강 저해요소로서 문제시 되고 있다.¹ 특히 노인에서의 근육감소형(sarcopenia) 복부비만은

허약함(frailty), 독립적인 생활의 어려움(loss of independence), 대사 및 심장 질환을 유발하여 삶의 질을 떨어뜨리고 사망률을 높이는 데 중요한 요인이 되기도 하여 복부비만에 대한 중재가 요구된다.²

최근 비만관리에 대한 관심이 증가되고 있으며 관리방법으로써 식사요법, 운동요법, 행동수정요법, 약물요법, 마사지요법 등이 있고, 최근에는 노폐물 제거, 영양소 및 산소 공급을 원활하게 하여 혈액순환과 신진대사를 좋게 하고 비만의 관리 등을 위해 전기자극 치료가 사용되고 있다.

전기자극에 대한 골격근의 반응에 관한 연구에서 Hwang 등³은 당뇨병 환자에게 저주파 자극을 하였을 때 체력총점의 상승과 복부비만의 전반적인 감소 현상이 나타났다고 하였다. Lee⁴는 기능적 전기자극에 의해 BMI와 체지방율, 복부둘레, 엉덩이 둘레가 감소하였고, 복부의 피하지방을 감소시키는 비만관리에는 기능적 전기자극이 긍정적인 효과가 있다고 하였다. Kemmler 등²은 저주파 전기자극을 통해 여성 노인의 복부 지방량이 감소하고 근육량이 증가함을 보고하였다. Selkowitz⁵는 반복적이고 지속적인 전기자극은 보다 높은 근수축력을 유도함으로써, 정상인들의 경우에도 근력증가를 도모할 수 있다고 하였으며, Sun 등⁶은 안정 시 국소 부위에서의 모세혈관 밀도 증가와 산소 및 포도당 소모 증가에 영향을 미침으로써 산화적 대사능력의 향상을 통해 에너지 소비를 증가시켜 지방량 감소에 긍정적 영향을 미칠 수 있다는 연구 결과들이 보고되고 있다. 또한 Wadsworth 등⁷은 성상신경절에 저주파 자극을 적용하면 팔의 혈액순환에 변화가 있다고 하였으며, Leandri 등⁸은 경피신경 저주파 자극 후 자극 부위의 국소온도가 상승하였다고 하였다.

이와 같이 저주파 전기자극이 비만 여성의 운동수행 능력, 근육의 재활 및 비만 해소에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과가 보고되면서 장기간의 운동수행에 어려움이 있는 중년층 이상 여성의 체중조절 효과를 극대화시킬 수 있는 전기치료 미용제품들이 출시되고 있으나 효과를 검증하기 위한 객관적인 지표 및 방법이 명확하게 제시되고 있지 않은 실정이다. 또한 대부분의 연구는 근 기능 향상에 관련된 연구들이고 비만인의 체지방 관련연구들이 드물며 저주파를 이용한 비만 해소방법에 대해서 그 기전과 원리에 대하여 아직까지 명확히 제시되지 못하고 있으며 저주파자극기의 주파수의 강약조절과 자극 펄스의 진폭(amplitude)과



Fig. 1 Low frequency electrical system and electrode site

자극 펄스의 폭(pulse-duration) 등 프로그램 내용과 사용시간 빈도 및 대상차이에 의해 결과 또한 다양하게 나타나고 있다.^{9,10}

따라서 본 연구에서는 복부 비만관리를 위한 근거중심의 효과적인 저주파 전기자극기를 개발하고 그 효과를 객관적으로 검증하기 위해 20대 복부비만 여성 30명을 대상으로 저주파자극기를 이용한 관리를 주 5회씩 4주간 시행하여 체성분, 근활성도, 근육두께, 체표면 온도변화를 통해 복부비만 개선효과를 관찰하였다.

2. 방법

2.1 저주파 전기자극기 개발

2.1.1 패드형상(electrode site)

기존 많은 전기자극기는 배곧은근(RA: Rectus Abdominis)의 양쪽 중심 측, 근육belly) 위에 전극을 배치하여 전기자극을 하였으나, 본 개발 전기자극기의 경우 배곧은근, 배바깥빗근(EO: External Oblique), 배가로근(TA: Transverse Abdominis)의 해부학적 근육 배열 방향에 따라 근육의 양 끝의 위치한 운동점(motor point)에 전극을 배치함으로써 신경근 전기자극(NMES: Nermuscular Electrical stimulation)을 하도록 하였다.¹⁰ 이는 최소의 전류로 최대의 자극 효과를 유도할 수 있어 자극 시간이 지남에 따라 나타날 수 있는 근 피로를 줄일 수 있고, 전류 강도를 높이면서 나타나는 천장효과를 낮출 수 있는 장점이 있다. 배가로근은 횡방향으로 배열되어 있는데 복압을 형성하여 체간의 안정성과 척추정렬, 그리고 복부둘레를 감소시켜주는 근육으로 심부에 위치해 있기 때문에¹¹ 효과적으로 자극하기 위해 전극 크기 대비 전극간 거리를 넓혔다.⁹ Fig. 1은 개발된 복부용 저주파 전기자극기와 패드 형상을 보여주고 있다.

2.1.2 자극변수(parameter)

개발된 저주파 전기자극기는 복부비만을 감소시키기 위해 요구되는 생리적 기전에 초점을 맞추

Table 1 Electrical stimulation mode

Mode	Frequency	Duration	On-off ratio
Circulation	80 Hz	250 μ s	2:1(1 min)
Strengthening	50 Hz	240 μ s	2:1(1 min)
	10~55 Hz	240 μ s	3:3(1 min)
	60 Hz	260 μ s	2:1(1 min)
Endurance	35 Hz	340 μ s	2:1(1 min)
	55 Hz	280 μ s	2:1(1 min)
Relax	Alternating stimulation (2 Hz and 100 Hz)	100 μ s	3:3(1 min)

어 자극 변수 즉, 주파수, 맥동기간, 단속비를 선택적으로 조정하여 개발하였다. 펌핑효과에 의한 혈액순환증진 모드, 근수축에 의한 근력강화 모드, 근피로 저항에 따른 지구력 증진 모드, 그리고 이완 모드로, 총 4가지 모드에 따라 주파수 변조(modulation)가 이루어졌다. 치료시간은 근육의 효율적인 근수축 효과가 이루어질 수 있는 30분으로 하였다.¹⁰⁻¹⁴ 생리학적인 기전을 고려한 주파수(pps), 맥동기간(duration), 단속비(on-off ratio)는 Table 1과 같다.

2.2 실험 대상자 선정

개발된 저주파 전기 자극기기의 복부 비만 개선효과를 검증하기 위해 본 연구에서는 체질량지수(BMI: body mass index)가 25kg/m² 이상, 복부지방률(WHR: waist-hip ratio)가 0.8% 이상인 20대 여성을 대상으로 피험자를 선택하여, 총 30명을 3그룹으로 나누어 실험을 진행하였다. 그룹 I은 대조군, 그룹 II는 기존 상용화 기기군, 그룹 III은 개발 기기군으로 나누었다. Table 2는 실험에 참여한 피험자의 정보를 보여준다.

그룹 I은 어떠한 훈련도 받지 않고 만성질환이 없고 최근 6개월 동안 비만과 다이어트관련 약물, 식품의 복용과 운동 등을 전혀 하지 않고 있는 10명을 선발하였다.

그룹 II는 현재 상용화 되고 있는 A사의 제품으로 훈련하였다. 기존제품은 2~120Hz, 단속비 2:1~4:1의 폭넓은 저주파 대역을 사용하여 무작위 자동변조를 한 것으로 동작하며 모드 구성은 Table 3과 같다.

그룹 III은 본 연구에서 개발된 프로그램을 사용한 기기를 이용하여 훈련하였다.

세 그룹 모두 실험 이외의 조건에 의해 변화가 일어나지 않도록 식습관, 운동을 제한하여 실험의

Table 2 General characteristics of subjects

	Group I (n=10)	Group II (n=10)	Group III (n=10)
Age (years)	22.3±0.72	21.6±1.04	22.6±1.49
Height (cm)	162.0±6.13	164.3±2.53	160.6±3.36
Weight (kg)	66.9±4.70	74.5±2.86	65.4±4.46
BMI (kg/m ²)	25.8±0.91	27.3±1.34	26.2±1.22
WHR (%)	0.89±0.03	0.87±0.03	0.87±0.04
Fat thickness (mm)	40.60±6.62	44.75±4.66	44.40±5.92

Table 3 Modes of commercial product using the experiment

Parameter	Value
Frequency (Hz)	2Hz~120Hz
Amplitude (mA)	0.75mA~96mA
Duration (ms)	0.180~2.72ms
Interval (ms)	7.76ms~8.76ms
Duty cycle(%)	68.5~80.1%
On-off ratio	2:1~4:1

정확성을 높였으며, 이는 사전에 공지하였다.

2.3 비만 개선효과 관찰

개발된 저주파 전기자극기의 비만 개선효과를 관찰하기 위해 근전도(EMG: electromyography)를 이용하여 복부 근육의 활성화 변화를 관찰하였으며 초음파를 이용하여 근육 및 지방의 두께의 변화를 측정하였다. 또한, 체지방측정기를 이용하여 체중, BMI 및 WHR을 측정하였으며 피지후계(Skinfold)를 이용하여 피하지방의 두께 변화를 관찰하였다.

저주파 전기자극 훈련은 총 4주간 실시하였고, 일주일에 5일, 하루 30분 동안 전기자극 훈련을 실시하였다. 각 지수의 변화를 관찰하기 위하여 측정은 관리 전과 후 각각 측정하였다.

2.3.1 근전도(Electromyogram: EMG)

본 실험에서 복부 근육의 활성화 변화를 관찰하기 위하여 근전도(Myosystem 1200, Noraxon Inc., USA)를 사용하였으며, 배곧은근(rectus abdominalis)에 전극을 부착한 후 양와위 자세(supine position)를 취한 후 두 가지 동작으로 근 활성도를 측정하였다(Fig. 2).

첫 번째 동작은 상체를 45°만큼 들어올려 5초간 유지한 후 다시 양와위 자세로 최대자발수축력(MVC: maximum voluntary contraction)을 측정하였으

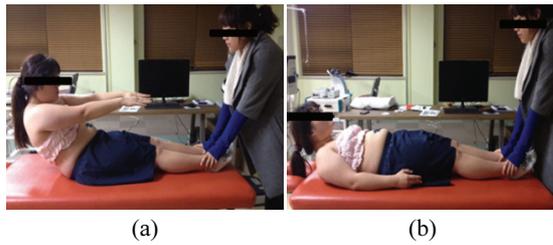


Fig. 2 (a) Posture for MVC measurement, (b) Posture for specific action (task) measurement

며, 특정동작에서의 MVC비율을 측정하기 위해 두 번째 동작은 상체를 날개뼈까지만 들어올려 5초간 유지-5초간 휴식의 동작을 5번 반복하여 평균을 구하였다.

근전도 신호의 주파수 대역폭 범위는 20~500Hz 사이로 정의하였으며, sampling은 1,000Hz, 대역 통과 필터(band pass filter) 15~500Hz, 그리고 노치필터(notch filter)는 60Hz로 획득하였다. 근전도 신호처리와 저장, 분석은 Myoresearch XP Mater 1.06 (Noraxon Inc., U.S.A.)를 이용하였다. 본 연구에서 근전도 신호를 대상자간 그리고 근육 간 비교를 위해 표준화를 실시하였으며, 근전도 신호를 표준화하는 방법은 특정동작의 근수축을 기준수축(reference voluntary contraction: RVC)로 삼아 이를 기준으로 표준화하는 %RVC 방법¹⁵을 사용하였다(수식(1)).

$$RVC(\%) = \frac{task}{MVC} \times 100 \quad (1)$$

2.3.2 초음파(Ultrasound)

4주간의 복부 전기자극 이후의 근육 및 지방의 두께를 측정하기 위하여 초음파기기(LOGIQ Book XP, GE, USA)를 사용하였다. 측정은 누운 자세에서 다리를 45°로 세운 후 평상 시 자세(rest)에서의 측정과 호기 시 복부를 등쪽으로 끌어 당기는 느낌 정도의 힘을 준 상태(active) 두 가지 방법으로 측정하였다.

또한 대상자간 그리고 근육의 두께 변화량 비교를 위해 (수식 (2))와 같이 표준화를 실시하였다.

$$Normalization\ thickness(\%) = \frac{(active - rest)}{rest} \times 100 \quad (2)$$

측정은 고해상도 B-mode에서 6MHz 선형 프루브를 사용하여 측정하였다. 측정근육 부위는 rest,

active 두가지 자세에서 초음파 영상 측정을 위해 초음파 젤을 피부 위에 바른 후, 우측 몸통 측면의 액와선(axillary line)을 중심으로 12번째 갈비뼈와 엉덩뼈능선(iliac crest) 중간 지점에서 전방으로 2.5cm 부위에 탐촉자의 중앙이 닿도록 위치시켰다. 초음파 영상 화면에서 배가로근(TrA: transverse abdominis)과 등허리막(thoracolumbar fascia)이 만나는 근막 접합부위(muscle fascia-junction)로부터 2.5cm떨어진 지점에서 수직선을 그어 배가로근, 배속빗근(IO: internal obliquus abdominis), 배바깥빗근(EO: external obliquus abdominis)를 측정하였다.¹⁶

2.3.3 적외선 체열측정기(Digital Infrared Thermal Imaging: DITI)

관리 전후의 복부 체표면 온도 변화를 측정하기 위해 적외선 체열측정기(T-1000HD, Mash Co., Korea)를 사용하였다.

측정을 위해 실내 온도를 21°C로 유지하여 주변온도에 의한 오차를 줄였으며 실험장소와 밖의 온도 차에 의한 피험자의 체온의 오차를 줄이기 위해 체열을 측정하기 전 20분간 실험장소에서 실내온도에 적응시켰다. 카메라와 피험자의 거리는 1m로 고정하였고, 측정 부위는 배꼽을 기준으로 세로 1cm, 가로 4cm인 직사각형으로 하여 동일하게 측정하였으며 3회 평균 온도를 구하였다.

2.3.4 피지후계(Skinfold)

4주간의 관리 전후의 피하지방의 두께변화를 관찰하기 위해 피후지계를 사용하여 측정하였으며 측정부위는 배꼽 옆 2cm 부위로 하여 동일하게 측정되었다.

2.3.5 체지방측정기

체성분 변화를 관찰하기 위해 체지방측정기(Inbody520, Biospace, Co., Korea)를 사용하였으며 체성분 측정기를 통해 체중, 체질량지수(Body mass index: BMI, 복부지방률(Waist-hip ratio: WHR)의 변화를 측정하였다.

2.4 자료 분석

본 연구에 얻어진 자료의 분석을 위해 통계분석 프로그램인 SPSS(SPSS 16.0, Chicago, USA)를 사용하였으며, 4주간의 그룹별 종속변인의 차이 및 관리 전후 간의 유의성을 검증하기 위하여 repeated measure ANOVA를 사용하였으며, 유의수준은 p<0.05으로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 복부 근육 활성화도 변화

근전도로 관찰한 복부 근육 근활성도 변화에서 그룹 I은 실험 전에 측정된 근전도가 85.94±7.24%에서 4주 후 84.18±4.59%로 감소하였다. 반면, 그룹 II는 실험 시작 전에 측정된 근전도 81.71±15.51%에서 4주 후 84.69±15.79%로 증가하였다. 또한 본 연구에서 개발된 저주파 전기자극기기를 이용한 그룹 III에서는 84.45±9.60%에서 4주 후 95.58±1.81%로 유의하게 증가하였다(p<0.05).

체지방이 체내에 과도하게 축적되어 발생하는 비만은 기본적인 일상활동 수행 및 도구적 일상활동 수행을 포함하는 기능적인 능력의 저하에 중요한 요인이 되며, 근육량 감소 및 근력저하는 물론 전체적인 신체기능 저하를 초래한다고 보고하였다.¹⁷ 따라서 근전도를 이용한 근력변화는 비만의 개선효과를 반영할 수 있는 지표로 사용되어 질 수 있음을 의미한다.

3.2 근육 및 지방 두께 변화

Fig. 3은 Active운동 시 초음파영상에서 4주간 근육 및 지방의 두께 변화를 보여준다.

Table 5는 4주간의 배가로근, 배속빚근, 배바깥빚근 및 지방의 두께 변화를 보여준다.

그룹 I에서 배가로근은 34.23±21.87%에서 4주 후 32.05±16.40%, 배속빚근은 24.92±21.25%에서 17.26±13.72%로 각각 두께가 감소하였다. 반면 배바깥빚근은 10.93±7.63%에서 4주 후 15.59±17.28%, 지방은 20.50±11.29%에서 24.27±12.23%로 각각 두께가 증가하였다.

그룹 II에서 배가로근은 41.92±22.62%에서 4주 후 66.76±29.54%로 유의하게 증가(p<0.05)하였으나 배속빚근은 17.77±11.93%에서 15.85±10.10%, 배바깥빚근은 7.69±4.13%에서 5.84±3.99%, 지방은 9.97±6.53%에서 8.90±4.95%로 각각 두께가 감소하였다. 그룹 III에서 배가로근은 63.90±11.79%에서 4주 후 81.47±15.33%으로 유의하게 증가하였으며(p<0.05), 배속빚근은 19.12±16.77%에서 30.27±14.55%로 증가하였다.

또한 배바깥빚근은 6.81±4.00%에서 15.24±5.32% 유의하게 두께가 증가(p<0.05) 하였다. 반면 지방의 두께는 16.86±6.67%에서 4주 후 8.69±3.93로 유의하게 감소(p<0.05) 하였다.

배가로근은 복부의 근육 중 가장 깊은 곳에 위

Table 4 Changes in muscle strength after 4 weeks

	Group I	Group II	Group III
Pre-test	85.94±7.24	81.71±15.51	84.45±9.60
After 4 weeks	84.18±4.59	84.69±15.79	95.58±1.81*

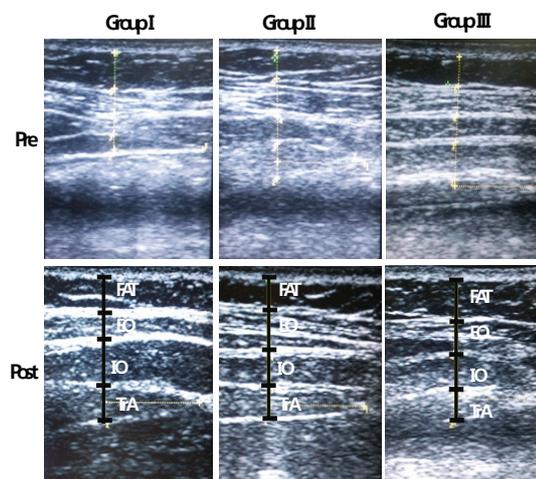


Fig. 3 Changes of muscle and fat thickness after 4 weeks during active exercise

치하고 있는 근육으로 체간을 감싸고 있는 근육으로, 배가로근이 강화되면 내장이 압박을 받기 때문에 배가로근이 강화되기 전보다 음식을 조금 섭취해도 포만감을 느끼고, 내장기능의 강화로 인해 궤변을 도와 소화흐름을 원활하게 하고, 내장지방 비만 등을 해소하는데 도움이 된다고 알려져 있다.¹⁸ 지방의 분해와 관련된 연구에서 운동할 때는 혈중 카테콜아민 (Catecholamine)의 농도증가로 인하여 지방의 분해가 촉진되고, 운동 중이나 후에는 혈중 인슐린 농도가 저하되어 내장지방 조직에서 지질분해가 촉진된다고 보고하였다.¹⁹ 따라서 저주파 전기자극 기기를 이용한 관리는 복부 지방의 확장을 억제하고 지방의 축적을 감소시킴과 동시에 인슐린 농도의 증가를 억제하여 지방의 감소를 초래한다고 사료된다.

3.3 복부 체표면 온도 변화

Fig. 4는 실험 전 후의 복부 체표면 온도변화를 보여준다.

적외선 체열진단기로 체열 진단한 결과 그룹 I은 32.74±1.45℃에서 4주 후 32.98±1.09도로 증가하였으며, 그룹 II는 30.63±0.64℃에서 4주 후

Table 5 Changes in muscle and fat thickness after 4 weeks

Muscle	Group I		Group II		Group III	
	Pre-test	After 4 weeks	Pre-test	After 4 weeks	Pre-test	After 4 weeks
TrA	34.23±21.87	32.05±16.40	41.92±22.62	66.76±29.54*	63.90±11.79	81.47±15.33*
IO	24.92±21.25	17.26±13.72	17.77±11.93	15.85±10.10	19.12±16.77	30.27±14.55
EO	10.93±7.63	15.59±17.28	7.69±4.13	5.84±3.99	6.81±4.00	15.24±5.32*
FAT	20.50±11.29	24.27±12.23	9.97±6.53	8.90±4.95	16.86±6.67	8.69±3.93*

*: p<0.05

Table 6 Changes in body components after 4 week

Body Composition	Group I		Group II		Group III	
	Pre-test	After 4 weeks	Pre-test	After 4 weeks	Pre-test	After 4 weeks
Weight (kg)	66.88±4.70	67.32±4.14	74.53±2.86	73.00±1.43	65.40±4.46	64.78±4.82
BMI (kg/m ²)	25.82±0.91	25.80±1.36	27.30±1.34	26.53±0.98	26.18±1.22	25.32±1.24
WHR (%)	0.89±0.03	0.88±0.04	0.87±0.03	0.88±0.03	0.86±0.04	0.87±0.04

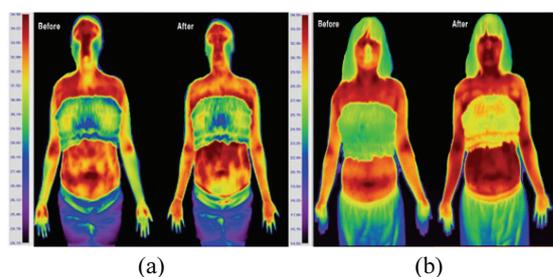


Fig. 4 (a) change of surface temperature after treatment using commercial device, (b) change of surface temperature after treatment using developed device

33.15 ±0.54도로 유의하게 증가하였다(p<0.05). 또한 그룹 III에서도 실험 시작 전 32.43±1.17℃였던 복부 체온이 4주 후 34.94±0.54℃로 7.74% 유의하게 증가하였다 (p<0.05).

Flegal 등²⁰은 비만환자의 혈액순환 장애가 피부의 미세순환과 대순환의 변화와 비만과 연관성이 있다고 하였다. Ha 등²¹은 적외선 체열검사로 비만 환자와 정상인을 나누어 체표 온도를 upper arm, lower arm, palm, upper leg, lower leg, foot, upper abdomen, lower abdomen에서 측정하여, palm과 foot에서는 일반인이 비만환자보다 낮은 체표온도가 보였지만 그 외의 upper arm, lower arm, upper leg, lower leg, upper abdomen, lower abdomen에서는 일반인이 비만환자보다 높은 체표 온도를 보였다고 했다. Yeo 등²²은 적외선 체열진단기로 복부 비만 진단의 임상적 유용성에 대해 정상체중군이 과체중군의 복부 영역에서 평균온도가 높으며, BMI가 감

소할수록 체표온도가 증가했다고 하였다. Shin 등²³은 비만치료를 위한 5주간의 진공음압롤러 기기 마사지 후 하복부의 혈액순환이 원활해지고 체표면 온도가 상승하였다고 보고하였다.

3.4 피하지방 두께 및 체성분변화

피지후계로 측정된 피하지방의 두께에서 그룹 I은 40.60±6.62mm에서 40.20±7.44mm로, 그룹 II은 44.75±4.66mm에서 43.50±4.50mm으로 감소하였다. 또한 그룹 III에서도 44.40±5.92mm에서 40.60±5.57 mm로 유의하게 감소하였다(p<0.05).

Table 6은 4주간의 체성분 변화를 보여준다. 체지방 측정기로 측정된 BMI와 WHR, 체중 변화는 그룹 I에서는 BMI가 25.82±0.91kg/m²에서 25.80±1.36kg/m²로 감소하였고, WHR은 0.89±0.03%에서 0.88±0.04%로 감소하였다. 반면 체중은 66.88±4.70kg에서 67.32±4.14kg로 증가하였다.

그룹 II는 BMI가 27.30±1.34kg/m²에서 26.53±0.98kg/m²로 감소하였고, WHR은 0.87±0.03%에서 0.88±0.03%로 증가하였다. 또한 체중은 74.53±2.86 kg에서 73.00±1.43kg로 감소하였다.

그룹 III은 BMI가 26.18±1.22kg/m²에서 25.32±1.24kg/m²로 감소하였고, WHR은 0.86±0.04%에서 0.87±0.04%로 0.46% 증가하였고, 체중은 65.40±4.46kg에서 64.78±4.82kg로 감소하였다.

가장 일반적으로 사용되는 비만 진단 검사법은 Broca법, 체질양지수법(BMI), 피지후계(skinfold)법, 임피던스법(BIA), 컴퓨터 단층촬영(CT)법 등이 있다. 본 연구에서는 피지후계를 이용해 측정된 피하지방 두께는 그룹 III에서 유의하게 감소하였으

며 체지방분석기를 이용한 체중, BMI, HWR 측정에서 체중, BMI는 그룹 II 및 그룹 III에서 모두 감소하였으나 유의하지 않았다. 반면 WHR의 변화는 오히려 증가함을 관찰하였다. Jun 등²⁴은 비만여성 30명을 대상으로 8주간의 저주파 전기자극(60Hz, 200Hz)와 유산소 운동을 병행한 실험에서 체중, 체지방률, 체지방량의 감소를 보였다. 또한 Xing 등²⁵의 연구에서 저주파 자극을 가했을 때 음식섭취의 감소효과가 나타났으며, 체중의 감소효과도 동시에 일어난다고 보고하였다.

반면 WHR에 대한 본 결과와 동일하게 Ko²⁶는 셀룰라이트 분해 크림 도포 후 복부마사지와 진공석션기 12회 병행요법이 체중과 BMI를 유의하게 감소시키지만($p < 0.05$), WHR은 오히려 시술 전보다 0.002%를 증가시킨다고 보고하였다. BMI의 경우 체질량지수이기 때문에 초음파 데이터처럼 지방의 감소와 근육의 증가가 동시에 이루어질 경우 오히려 근육의 증가량이 지방의 감소량 보다 높아지게 되면 BMI 값은 올라가게 되기 때문에 지방분해만을 위한 실험이 아니라면 신뢰되지 못한다. 이는 Lopez-Jimenez 등²⁷의 연구에서 성인의 BMI 정확성에 대해 BMI가 비만의 지표로 신뢰성이 부족하다고 하였다. 또한 WHR은 허리와 엉덩이의 비를 구한 값으로, WHR 역시 정확한 계측에 의한 데이터가 아니라 단순히 허리와 엉덩이의 비를 구한 값이기 때문에, 지방이 엉덩이에 많이 늘어나는 등의 다양한 체질에 의한 차이와 특히 여성들의 경우 엉덩이에 지방이 축적되는 경우가 많아 정확도가 떨어진다. Kim²⁸은 WHR을 이용하여 여러 요인들을 대입하여 비만을 분류하였는데 정확성은 60~70% 였다. 이렇듯 연구자마다 WHR에 대해 서로 상이한 결과를 보이는 것은 시술 부위와 관리 방법, 그리고 측정 방식에 따른 차이일 가능성이 높으며, 향후 비만의 지표로 WHR의 사용 시에는 비만 경감의 폭이 크거나 장기간 관찰에 사용하는 것이 더 바람직하다고 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 전기 생리학적 기전을 고려하여 복부 비만 관리용 저주파 전기자극기기를 개발하고 개발된 전기자극 기기의 비만 개선효과를 검증하기 체성분 분석, 근전도 검사, 초음파검사, 적외선 체열측정 등을 통해 복부 비만 개선에 미치는 영향을 관찰하였다.

본 연구에서 사용된 복부 근력의 변화, 복부 체열변화, 근육, 지방 두께의 변화 및 체성분 변화에 미치는 영향을 관찰하였으며 이러한 지표 등은 비만개선 기기의 효과를 검증하기 위한 객관적인 측정도구로 유용하게 사용되어질 것으로 판단된다.

향후 근육두께 변화와 근력변화, 지방두께 변화와 피하지방두께 변화, 혈액순환 개선과 지방분해, 지방두께 변화와 근육두께 변화의 상관관계 등의 규명이 필요하다. 또한 연구의 정확성을 높이기 위해 실험 피검자수를 확대, 관리기간을 최소 8주 이상으로 확대, 식이요법과 유산소 운동을 병행하는 등의 비만 관리에 대한 다양한 접근이 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

1. Horowitz, J. F., "Regulation of Lipid Mobilization and Oxidation during Exercise in Obesity," Exercise and sport sciences reviews, Vol. 29, No. 1, pp. 42-46, 2001.
2. Kemmler, W. and von Stengel, S., "Whole-Body Electromyostimulation as a Means to Impact Muscle Mass and Abdominal Body Fat in Lean, Sedentary, Older Female Adults: Subanalysis of the TEST-III Trial," Clinical Interventions in Aging, Vol. 8, pp. 1353-1364, 2013.
3. Hwang, D. S., Lee, D. Y., Kim, S. J., and Lee, C. W., "The Clinical Study of Foot Reflex Area Stimulation using Low Frequency Stimulator (Pulsetron SS-2000) to Diabetic Patients," Healthcare Informatics Research (HIR), Vol. 10, pp. 26-41, 2004.
4. Lee, J. H., "The Effects of Meridian Massage and Functional Electrical Stimulation on Female Abdominal Obesity Treatment," M.Sc. Thesis, School of Physical Therapy, Daegu University, 2007.
5. Selkowitz, D. M., "High Frequency Electrical Stimulation in Muscle Strengthening," Am, J. Sports Med., Vol. 17, pp. 103-111, 1984.
6. Sun, S. K., Jung, D. S., and Hong, Y., "The Effect of Excise and Functional Electric Stimulation on the Body Composition, Blood Components and Excise Capacity of Obese Women," The Korean Journal of Physical Education, Vol. 41, pp. 269-281, 2002.
7. Wadsworth, H. and Chanmugan, A., "Electrophysical Agents in Physiotherapy," Marrickville, Australia:

- Science Press, pp. 347-372, 1980.
8. Leandri, M., Brunetti, O., and Parodi, C. I., "Telethermographic Findings After Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation," *Physical therapy*, Vol. 66, No. 2, pp. 210-213, 1986.
 9. Lee, J. H., "Electrical Therapy," Daehak Publish Company, pp. 348-350, 2011.
 10. Prentice, W. E., "Therapeutic Modalities in Rehabilitation," McGraw-Hill Medical, 4th Ed., pp. 122-127, 2011.
 11. Chae, Y. W., "Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation," *Bummun Education*, 2nd Ed., pp. 403-404, 2011.
 12. Smania, N., Corato, E., and Fiaschi, A., "Repetitive Magnetic Stimulation: A Novel herapeutic Approach for Myofascial Pain Syndrome," *J. Neurol.*, Vol. 252, No. 3, pp. 307-314, 2005.
 13. Escortell-Mayor, E., Riesgo-Fuertes, R., Garrido-Elustondo, S., Asúnolo-del Barco, A., Díaz-Pulido, B., et al., "TEMA-TENS Group. Primary Care Randomized Clinical Trial: Manual Therapy Effectiveness in comparison with TENS in Patients with Neck Pain," *Manual therapy*, Vol. 16, No. 1, pp. 66-73, 2011.
 14. Kroeling, P., Gross, A., and Goldsmith, C. H., "Electrotherapy for Neck Pain," *Cochrane Library*, pp. 1-71, 2010.
 15. Carm, J. R., Kasman, G. S., and Holtz, J., "Introduction to Surface Electromyography," Aspend Publishers Inc, 2010.
 16. Teyhen, D. S., Williamson, J. N., Carlson, N. H., Suttles, S. T., O'Laughlin, S. J., et al., "Ultrasound Characteristics of the Deep Abdominal Muscles During the Active Straight Leg Raise Test," *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol. 90, No. 5, pp. 761-767, 2009.
 17. Wang, Z. M., Heu, M., Lee, R. C., Kotler, D. P., Withers, R. T., and Heymsfield, S. B., "Muscularity in Adult Humans: Proportion of Adipose Tissue-Free Body Mass as Skeletal Muscle," *American J. of Human Biology*, Vol. 13, No. 5, pp. 612-619, 2001.
 18. Amer, P., "Impact of Exercise on Adipose Tissue Metabolism in Humans," *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, Vol. 19, pp. 18-21, 1995.
 19. Kirwan, J., Kohrt, W., Wojta, D., Bourey, R., and Holloszy, J., "Endurance Exercise Training Reduces Glucose-Stimulated Insulin Levels in 60-to 70-Year Old Men and Women," *Journal of Gerontology*, Vol. 48, No. 3, pp. M84-M90, 1993.
 20. Flegal, K. M., Carroll, M. D., Ogden, C. L., and Curtin, L. R., "1999-2008 Prevalence and Trends in Obesity among US Adults," *JAMA*, Vol. 330, No. 3, pp. 235-241, 2010.
 21. Ha, J. Y., Joe, J. H., Jang, J. B., and Lee, K. S., "DITI of the Obesity Patients Compared with Non Obesity Group," *J. of Oriental Medical Thermology*, Vol. 2, pp. 43-48, 2003.
 22. Yeo, J. D. and Jeon, B. K., "Analysis of CT, MRI, DITI for the Diagnosis of Abdominal Obesity and Clinical Usefulness," *J. of Korea Contents Associate*, Vol. 11, No. 6, pp. 252-259, 2011.
 23. Shin, K. O., Ahm, K. M., and Kim, K. Y., "A study on Lipovac Massage for Obesity Improvement Effect by Observation of Ultrasonography and DITI," *J. Kor. Soc. Cosm.*, Vol. 16, No. 4, pp. 1217-1224, 2010.
 24. Jun, S. C., Hong, Y. S., Jung, E. Y., and Chang, U. J., "The Effects of Low Electrostimulation on Body Composition, Circumference and Weight Control of Obese Women," *Korean J. of Sport Science*, Vol. 12, pp. 15-25, 2007.
 25. Xing, J., Brody, F., Brodsky, J., Rosen, M., Larive, B., et al., "Gastric Electrical Stimulation Effects on Canine Gastric Emptying, Food Intake, and Body Weight," *Obesity research*, Vol. 11, No. 1, pp. 41-47, 2003.
 26. Ko, S. J., "Effect of Vacuum Suction on the Body Treatment," M.Sc. thesis, School of Beauty Industry, Soongsil University, 2006.
 27. Romero-Corral, A., Somers, V. K., Sierra-Johnson, J., Thomas, R. J., Collazo-Clavell, M., et al., "Accuracy of Body Mass Index to Diagnose Obesity In the US Adult Population," *Int. J. Obes.*, Vol. 32, No. 6, pp. 959-966, 2008.
 28. Kim, W. K., "A Predictive Model for Establishing Criteria about Obesity of Adult Women," Ph.D. thesis, School of Physical Education, Sookmyung Wonen's University, 2005.