

휴대부착용 신경근전기자극이 인체의 에너지 소비량에 미치는 영향

임종훈, PT¹, 유재호, PT, PhD²

¹선문대학교 일반대학원 물리치료학과, ²선문대학교 물리치료학과

Effect of Portable Neuromuscular Electrical Stimulation on Energy Expenditure

Jong-Hun Im, PT¹, Jae-Ho Yu, PT, PhD²

¹Dept. of Physical Therapy, Sunmoon University, Republic of Korea

²Dept. of Physical Therapy, Sunmoon University, Republic of Korea

Purpose The purpose of this study was to investigate the effect of neuromuscular stimulation on respiratory system and cardiovascular system according to exercise load test time. **Methods** The experiment was performed in 20 experimental groups and 20 control groups, and a total of 5 neuromuscular stimuli were attached to the rectus femoris, gluteus maximus and abdominal muscles. A total of eight measurements before, during and after exercise were compared between groups. **Results** There was no significant difference in body weight before / after comparison between groups ($p > 0.05$), but body fat mass was significantly different between groups ($p < 0.05$). Maximum oxygen uptake, maximum carbon dioxide emissions, and gas exchange rates were significantly different between the two groups at 3, 6, and 9 minutes after the exercise test. There was a significant difference in heart rate and systolic blood pressure between two groups at 3 minutes after exercise. **Conclusion** In conclusion, neuromuscular electrical stimulation could affect the respiratory system and cardiovascular variables, and it was confirmed that there was a change in body fat loss. In addition, neuromuscular electric stimulation could be applied for portable attachment, so it is possible to help weight reduction as energy expenditure would be increased while exercising.

Key words NMES, Portable electrical stimulation, Energy expenditure, Bruce protocol, Treadmill test

Corresponding author Jae-Ho Yu (naresa@sunmoon.ac.kr)

Received date 09 February 2020

Revised date 05 June 2020

Accept date 11 June 2020

I. 서론

신경근전기자극(Neuro Muscular Electrical Stimulation, NMES)은 환자가 말초 순환을 촉진하고 근력과 지구력을 높이며 운동기능을 재교육하는데 도움을 주기 위해 물리치료 및 재활에 일반적으로 사용되었다.¹⁾ 신경근전기자극은 운동의 형태를 체계화시키고 신체적인 활동을 촉진하기 위해 제공되어져 임상에서는 척수손상 환자의 사지를 수동적으로 움직이게 하거나 일상생활동작을 보조하기 위해서 사용되어진다.²⁾ 신경근전기자극의 사용이 건강에 미치는 효과로는 신체 구성비 향상과 뼈의 미네랄 밀도 감소를 최소화시키며, 심혈관계의 기능을 개선하고 운동 시 호흡기계에 순응능력을 보다 효율적이고 안전하게 만든다.³⁾ 신경근전기자극에 의한 근육활동은 불수의적으로 유발되고 이렇게 성립된 운동 단위의 동원 패턴은

수의적 근수축과는 다르다. 하지만 근수축을 위해 호흡기계와 심혈관계를 통한 에너지 소비는 반드시 필수적이다. 이론적으로, 신경근전기자극은 호흡기계 및 심혈관계 활동을 증가시켜 에너지 소비를 촉진하고 체중 관리를 위한 부가적인 중재로써 사용될 수 있다. 그러나 이 본문에서 신경근전기자극의 효과 조사한 연구는 매우 제한적이다.⁴⁾

에너지 소비는 체중을 감소할 수 있는 기본적인 활동이다. 체중 증가는 인간에게 있어서 삶의 질과 건강에 위험한 영향을 줄 수 있는 요소 중 하나이다.⁵⁾ 체중 증가는 과도한 지방 축적으로 나타나며, 이로 인해 신진대사를 변화시켜서 당뇨병과 심혈관, 호흡기계 질환을 유발할 수 있는 위험요인이다.⁶⁾ 이러한 질환을 예방하기 위해 체중감량이나 체중 조절은 심혈관 질환 예방 및 건강을 증진시키는데 주요한 관심사로 되어 오고 있다.⁷⁾ 또한 과체중은 운동과 관련된 부상을 입을 수 있으며, 과체중으로 운동을 참여하지 못할 수도 있기 때문에 삶의 질 향상과 건강을 위해서는 지방 감소를 통한 체중 감량이

<http://dx.doi.org/10.17817/2020.06.05.111544>

필수적으로 진행되어야 한다.

에너지 소비를 촉진시키고 에너지 효율을 효과적으로 알아보기 위한 방법으로는 운동부하 검사가 많이 사용되어지고 있다. 운동부하검사는 비침습적인 검사로 심혈관계 질환의 진단 및 심폐능력 수준의 평가하기 위해 사용되어지며, 운동부하검사 과정에서 측정되는 운동 중 또는 운동 후의 심박수 변화를 이용하여 심혈관계 질환의 예후를 예측 할 수 있는 진단으로 사용된다.⁸⁾ 이러한 운동부하검사로 알아볼 수 있는 최대산소 섭취량(VO₂), 최대이산화탄소배출량(VCO₂)은 호흡 및 순환 기능을 평가하고 트레이닝 효과를 판단할 수 있는 객관적인 지표로 사용되어지고 있다.

선행 연구에서는 운동 외의 시간인 안정 시에 시행한 신경근전기자극이 인체의 지방 연소에 효과를 가지고 있다고 하여 심호흡계 변인에 영향을 미칠 수 있다고 하였고, 운동 중에 인체에 전기 자극을 병행하면 그 효과가 증가됨을 보고하였다.⁹⁾ 또한 Hsu 등¹⁰⁾은 신경근전기자극이 인체에 미치는 강도에 따라 호흡기계 및 심혈관계를 활성화시켰다고 보고하였다. 위의 연구에 적용된 신경근 전기자극은 휴대가 불가능한 장비로 적용을 하여 움직임이 많은 상황이 아닌 안정 시 심호흡계 변인을 측정하는데 특화되었다. 이런 형태의 전기자극은 운동 시 심호흡계 변인 측정에 적절하지 않을 수 있어 본 연구에서는 휴대가 가능하면 인체에 부작이 용이하게 되어 근육 전체적인 면적에 적용이 가능한 휴대부착용 신경근전기자극을 활용하여 운동부하 검사를 진행하였다. 따라서 본 연구의 목적은 휴대부착용 신경근전기자극이 정상 성인에게 나타나는 호흡기계(VO₂ Max, VCO₂ Max, RER, VT) 및 심혈관계(HR, SBP, DBP)에 미치는 효과와 호흡기계, 심혈관계를 통해 체중, 체지방량에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2019년 10월부터 2020년 1월까지 진행되었으며, 대상자들은 충청남도 아산시에 소재한 S대학교 정상 성인 건강한 남자 40명으로 선별하였다. 선정기준은 과거 인체관절의 질환을 가지지 않은 자, 심혈관계, 호흡기계 질환을 가지지 않는 자로 하였다. 모든 연구 대상자는 실험 전에 연구의 목적과 실험 방법에 대해서 충분한 설명을 듣고 실험에 동의하였고 연구 참여 동의서에 서명하였다. 연구 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1). 본 연구는 전문대학교 기관 생명윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다.

Table 1. General characteristics of the subjects (n=40)

Category	Investigation group(n=20)	Control group (n=20)
Age (years)	21.81±1.87 ^a	22.15±1.78
Height (cm)	173.08±5.73	173.48±6.37
Weight (kg)	74.77±8.44	76.29±7.92

^amean±standard deviation

2. 측정도구 및 실험도구

1) 체성분 분석기

체성분이란 인체를 구성하는 모든 고분자 및 체액 성분을 의미하며, 본 연구에서는 신체 부위별 임피던스를 측정하기 위해 다주파수 부위별 임피던스 측정기가 사용되었다 Inbody 520 (Biospace, Korea). 대상자들은 운동부하 검사 전/후로 체성분 분석을 실시하였고 체중, 체지방량을 측정하였다. 측정 전 수동 신장계를 사용하여 신장을 측정하였고 정확한 측정을 위하여 금속 장신구를 제거하였다(Figure 1).

2) 운동부하검사

심혈관계 변인, 호흡기계 변인을 측정하기 위해 운동부하검사 장비CPX(Q-STRESS TM55 2017, USA)를 사용하였다. 본 연구에서는 자동 호흡가스분석장치를 이용하여 실험 전 프로그램에 피험자의 성명, 연령, 성별, 신장, 체중 등에 관한 정보를 입력시키고, 심전도(Electrocardiogram, ECG) 모니터를 접속시켜 12 유도 심전도를 출력하였다. 운동부하검사 장비에는 호흡중의 산소 및 이산화탄소의 농도, 흐름, 성분을 분석하여 최대산소 섭취량, 운동능력, 심폐 기능 검사를 할 수 있는 호흡가스분석과 수축기혈압, 이완기혈압, 심박수를 측정할 수 있도록 설정하였다. 호흡가스분석의 실시는 실험 2시간 전 실험실의 환기를 실시한 후 산소(O₂) 16%(±2), 이산화탄소(CO₂) 5%(±2), 나머지는 질소(N₂)가 혼합된 표준가스를 이용하여 호흡가스분석기의 0점을 맞춘 후 실시하였다(Figure 2). 호흡가스분석과 혈압계의 측정변인은 Table 2와 같다.

Table 2. Variables of the system

System	Variables
Respiratory system	Oxygen Consumption Max (VO ₂ Max)
	Carbon dioxide Consumption Max (VCO ₂ Max)
	Respiratory Exchange Ratio (RER)
	Tidal Volume (Vt)
Cardiac system	Heart Rate (HR)
	Systolic blood pressure (SBP)
	Diastolic blood pressure (DBP)



Figure 1. Body composition analyser



Figure 2. Graded exercise tester



Figure 3. Neuromuscular electronic stimulator

3) 신경근전기자극

본 연구에 사용 되어진 신경근전기자극기(BARO CARE-100, Paxmedi, 2019)는 정사각형 대칭 이상파로, 20Hz의 주파수를 가지고 있으며 자극의 사이클의 활동기, 휴식기 비율은 1:2로 설정하였다. 총 10단계의 강도조절이 가능하며 강도는 대상자들이 충분히 자극이 온다고 느껴지는 6단계로 설정하였다. 본 연구에서 신경근전기자극의 적용부위는 복부근, 양측 대둔근, 양측 대퇴사두근으로 설정하였다. 신경근전기자극은 18g으로 무게가 가볍고 무선으로 되어있어 휴대가 편리하고 인체에 부착하기 편하여 인체에 적합성이 높아 전기자극 효율이 높게 나타난다. 손목, 발목 등 작은 관절 뿐만 아니라 허벅지, 허리 등 신체의 큰 부위에도 적용이 가능하여 남녀노소 쉽게 적용 할 수 있다(Figure 3).

3. 실험절차

연구대상자들은 운동부하검사 전에 체성분 분석기를 이용하여 체중, 체지방량을 측정하였다. 연구 대상자들은 실험군(20명), 대조군(20명)으로 무작위로 나누어 선별하였으며, 실험군의 중재는 신경근전기자극을 붙이고 운동부하 검사를 하였고 대

조군은 신경근전기자극을 붙이지 않고 운동부하 검사를 실시하였다. 심혈관 변인을 알아보기 위해 피험자는 알코올 섭취로 피부를 소독한 후 흉곽 주변에 심전도 전극 패치를 순서에 맞게 부착하였다. 그 후 전기 패드(9 × 12 cm)를 물에 적서 복부근, 양측 대둔근, 양측 대퇴사두근에 스트랩을 사용하여 패드가 직접 접촉되도록 하였다. 운동부하검사는 전문운동 선수들과 신체 건강한 사람들을 검사하기 위해 최초 속도 2.74(km/h)로 매 3분당 4.02(km/h), 5.47(km/h), 6.76(km/h), 8.05(km/h)로 증가되어지고 각도 최초 10%에서 매 3분마다 2%증가하게 하게 개발된 Bruce protocol (Bruce, 1968)을 사용하여 측정하였다(Table 3). Bruce protocol 검사에서 운동 종료는 대상자들이 힘들다고 판단하였을 때 트레드밀을 종료하는 것으로 마무리하였다. 신경근전기자극은 허리와 배, 양쪽 허벅지, 종아리 총 6군데에 배치를 하였다. 모든 연구 대상자는 운동부하 검사 전에 휴식 시 측정(Rest)과 운동부하검사가 실시한 후 3분마다 측정을 하였으며(E, E2, E3), 운동 최대치가 된 시점(E4)에 종료가 된 후 회복기에는 3분 동안(R1, R2, R3) 1분마다 측정하였다. 운동부하검사가 끝난 직후에는 중재 사전/사후 체중 및 체지방량의 변화를 알아보고자 체성분 분석기를 이용하여 측정하였다.

Table 3. Bruce protocol

stage	time [min]	km/hr	slope
1	1	2.74	10%
	2		
	3		
2	4	4.02	12%
	5		
	6		
3	7	5.47	14%
	8		
	9		
4	10	6.76	16%
	11		
	12		
5	13	8.05	18%
	14		
	15		

4. 자료분석

모든 측정값들은 SPSS/PC ver.22.0 for windows programs(SPSS INC. Chicago. IL)을 이용하여 산출 하였다. 대상자들의 일반적 특성, 체지방량, 호흡기계 및 심혈관계 변인의 변화를 비교하기 위해 기술통계량을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 그룹 내 신경근전기자극에 따른 종속변수의 전후 비교를 위하여 일원분산반복측정(one way repeated ANOVA)를 실시한 후에 bonferroni로 사후 검정하였다. 그룹 간 체중 및 체지방량 변화를 알아보기 위해 독립표본 t 검정 신경근전기자극에 따른 종속변수의 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t 검정을 실시하였다. 그리고 모든 통계학 검증을 위하여 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정 하였다.

III. 연구결과

1. 그룹 내 체중 및 체지방량 비교

본 연구에 참여한 대상자는 그룹마다 20명씩이며 체중 및 체지방량의 변화는 아래 Table 4와 같다. 체중에서 그룹간 전/후 비교에서는 유의한 차이가 없었지만($p>0.05$), 체지방량에서는 그룹간 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

2. 그룹 내 신경근전기자극 전·후 비교

1) 호흡기계 비교

각 그룹 내 전기 자극에 따른 호흡기계 변인의 차이는 다음과 같다(Table 5) (Table 6). 최대 산소섭취량, 최대 이산화탄소 배출량, 가스교환율, 일회호흡량에서는 실험군과 대조군에서 실험 전/중/후 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

2) 심혈관계 비교

각 그룹 내 전기 자극에 따른 심혈관계 변인의 차이는 다음과 같다(Table 5) (Table 6). 심박수, 수축기혈압에서는 실험군과 대조군에서 실험 전/중/후 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 그러나 확장기혈압에서는 각 그룹 내에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

3. 각 그룹 간 신경근전기자극 전·후 비교

1) 호흡기계 비교

실험군과 대조군의 신경근전기자극에 따른 호흡기계 변인의 차이는 다음과 같다(Figure 4). 최대 산소 섭취량, 최대 이산화탄소 배출량, 가스교환율은 운동부하 검사 시작 후 3분 후, 6분 후, 9분 후인 E1, E2, E3에서 두 그룹간 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

Table 4. Body weight and fat mass between groups

		Investigation group (n=20)	Control group (n=20)	t
Weight (kg)	pre	74.77±8.44	76.29±7.92	1.581
	post	73.81±7.54	75.86±6.17	1.826
Body fat (%)	pre	16.58±3.12	18.75±4.09	1.862
	post	15.93±2.83	18.32±3.87	2.387*

all variables are mean±standard deviation

Table 5. Variables of experimental group

	Rest	Exercise				Recovery			F	
		E1	E2	E3	E4	R1	R2	R3		
Respiratory system	VO ₂ Max	0.63±0.15	0.91±0.12	1.50±0.23	2.24±0.32	2.63±0.67	2.30±0.56	1.96±0.59	1.66±0.55	13.682***
	VCO ₂ Max	0.58±0.15	0.63±0.12	0.97±0.22	1.53±0.26	2.21±0.66	2.02±0.61	1.85±0.56	1.67±0.52	7.851**
	RER	0.94±0.11	0.83±0.13	0.75±0.05	0.77±0.04	0.82±0.05	0.88±0.13	0.94±0.12	1.01±0.15	4.438**
	VT	504.24±136.33	561.25±104.35	592.32±101.14	649.85±132.51	678.28±138.24	603.86±143.28	572.70±152.82	547.86±108.38	7.446**
Circulatory system	HR	73.73±11.23	79.93±13.57	82.78±10.42	94.75±12.85	108.43±15.84	102.53±12.27	93.24±9.24	77.60±13.26	21.758***
	SBP	124.83±14.28	129.31±16.73	133.79±14.27	140.23±16.35	143.24±15.24	136.83±15.47	131.13±15.77	128.58±12.85	4.175**
	DBP	85.30±7.10	82.30±10.01	85.80±7.91	89.09±7.35	95.78±6.87	87.27±7.61	85.38±5.76	84.78±6.18	1.973

all variables are mean±standard deviation; Rest: Before exercise, E1: 3 minutes after exercise; E2:6 minutes after exercise ; E3:9 minutes after exercise , E4:exercise max, R1:1 minutes after finish exercise , R2:2 minutes after finish exercise , R3:3 minutes after finish exercise

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

Table 6. Variables of control group

	Rest	Exercise				Recovery			F	
		E1	E2	E3	E4	R1	R2	R3		
Respiratory system	VO ₂ Max	0.58±0.14	0.69±0.15	1.31±0.31	1.96±0.50	2.74±0.86	2.33±0.82	2.09±0.78	1.70±0.71	11.758***
	VCO ₂ Max	0.54±0.13	0.58±0.12	0.93±0.24	1.48±0.42	2.26±0.71	1.97±0.65	1.87±0.62	1.61±0.55	7.308**
	RER	0.91±0.10	0.78±0.09	0.72±0.06	0.74±0.08	0.85±0.09	0.86±0.12	0.96±0.17	1.02±0.17	4.278*
	VT	505.77±128.23	542.70±89.37	564.33±101.78	607.81±135.74	638.29±132.01	595.16±108.79	567.32±137.29	531.82±99.89	7.576**
Circulatory system	HR	74.18±9.51	76.70±8.33	81.32±10.47	93.15±11.93	107.68±16.28	100.27±10.01	93.27±8.21	76.90±6.55	20.786***
	SBP	125.24±13.86	126.13±10.32	132.42±12.74	141.30±16.84	144.23±13.27	138.35±14.82	130.86±14.91	127.89±11.27	3.973*
	DBP	85.92±6.86	83.30±5.98	83.76±6.21	89.60±10.06	96.83±6.18	86.82±6.89	84.90±8.08	85.08±7.94	2.048

all variables are mean±standard deviation; Rest: Before exercise, E1: 3 minutes after exercise; E2:6 minutes after exercise ; E3:9 minutes after exercise , E4:exercise max, R1:1 minutes after finish exercise , R2:2 minutes after finish exercise , R3:3 minutes after finish exercise

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

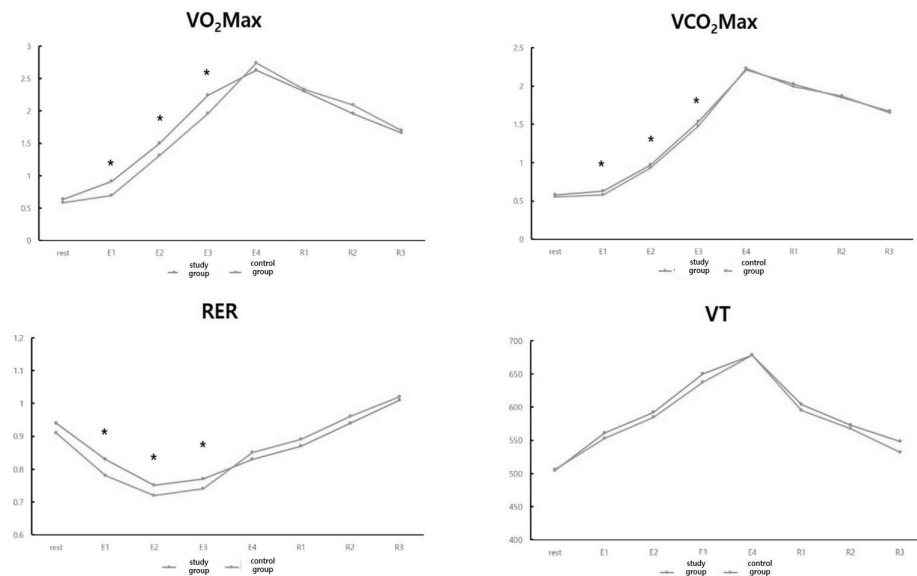


Figure 4. Respiratory system comparison between groups

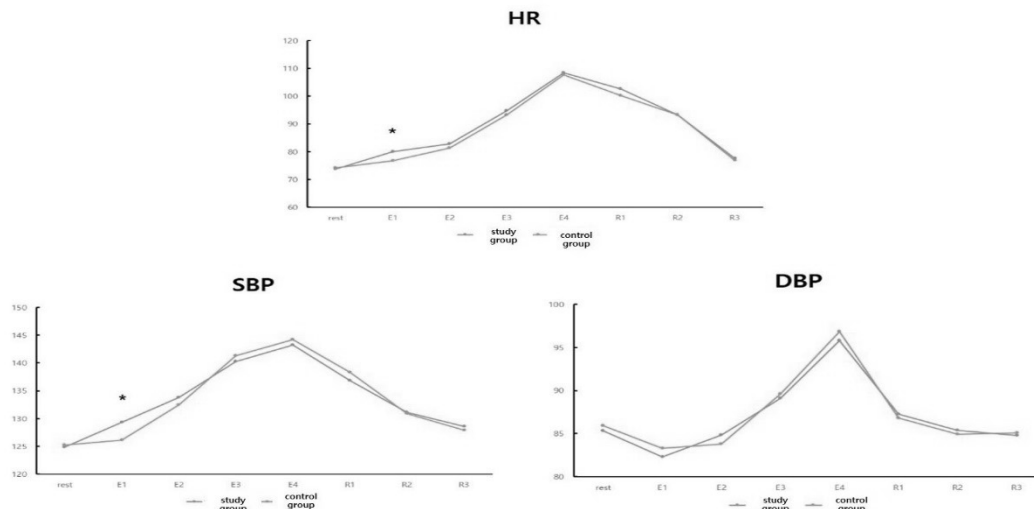


Figure 5. Comparison of cardiovascular system between groups

2) 심혈관계 비교

실험군과 대조군의 신경근전기자극에 따른 심혈관계 변인의 차이는 다음과 같다(Figure 5). 심박수와 수축기혈압에서 운동 후 3분 후인 E1에서 두 그룹간 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$).

IV. 고찰

본 연구는 휴대부착용 신경근전기자극의 유무에 따라 성인에 있어 운동부하 감사를 진행하였을 때 호흡기계 및 심혈관계에 미치는 영향을 알아보고, 체중 및 체지방량의 변화에 대해 알

아보았다.

실험군, 대조군 각 그룹 간 체중과 체지방량의 변화에서는 신경근 전기자극을 중재한 실험군에서 유의한 차이가 있었다. 이는 Valtueña³⁾은 VO₂max와 VCO₂max와 같은 호흡기계 변인은 칼로리를 낮춘 식이섭취에서 체중감소를 유도하는데 사용될 수 있다고 보고하였다. Wijesinghe¹¹⁾은 산소포화도가 서로 다른 환경에서 따른 심호흡계 변인들을 비교 분석한 결과, 100% 산소를 호흡할 때 이산화탄소분압이 5.0mmHg로 증가하였고 분당환기량은 1.4L/min로 감소하였으며 사강 (Dead space)의 부피와 일회호흡량의 비율은 0.067 정도의 증가를 보여 산소소비량의 변화를 주게 되는데 이는 인체 내 칼로리 소모에 영향을 미쳐 체중 감소 효과를 만들 수 있다.

이와 같은 선행 연구들의 결과들은 본 연구의 정상 성인의 호흡기계, 심혈관계 변인의 차이와 유사한 결과로 보인다. 호흡기계와 심혈관계는 밀접한 상호연관성을 가지고 있는데 이는 두 기관 모두 숨뇌의 조절을 받고 동맥과 정맥으로 서로 연결되어 있기 때문이다. 증가된 최대 산소섭취량과 최대 이산화탄소배출량은 심장의 박출량을 증가 시키고 이는 혈관벽의 압력을 증가시켜 심혈관계 변인까지 영향을 준다고 하였다.¹²⁾ 본 연구의 결과에서는 운동 부하검사를 실시한 3분 후, 6분 후, 9분 후에는 호흡기계의 변인들에서 유의한 차이의 나타났고, 심혈관계 변인에서는 운동 후 3분 후 유의한 차이가 나타났다. 이에 따라 신경근전기자극은 실험군과 대조군 모두 대사를 증가시키고 에너지 소비에 효과가 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 결과에서 휴대부착용 신경근전기자극이 유무에 따라 호흡기계 및 심혈관계 변인들을 증가시켰고 회복기에 다시 감소하는 패턴을 보였다. Ponomarenko¹³⁾의 연구에서는 전기자극 치료를 적용한 연구들을 살펴보면 발기 부전군과 복부 비만군에 경두개자기자극과 전기 자극은 발기 능력과 지질 대사를 향상시켜주고 더불어 저혈압과 진정 효과 영향을 미친다고 하였다. 특히 발기부전군에서 치료 전보다 치료 후 테스토스테론이 의미 있게 증가되었다고 하였다. Chien⁷⁾의 연구에서는 폐경 여성 비만군에게 침을 이용한 경피전기자극 적용 시 체지방률과 허리둘레가 유의하게 감소되었다고 보고하였다. 위의 결과는 경피전기자극은 폐경 여성 비만군에게 심박변동수(heart rate variability)와 신체 구성요소를 증가시킨다고 하였다. Lin¹⁴⁾은 폐경 후 비만 여성을 대상으로 복부 부위에 다양한 주파수의 전기 자극을 주어 신체 구성(몸무게, 허리/엉덩이 비율, 체지방률, 순수근육부피율)에 미치는 효과를 연구하였다. 위의 전체적인 연구 결과로 중주파의 전기자극을 주었을 때 실험군의 심혈관계, 호흡기계 변인에서 상당한 변화를 보였다. 이 연구는 중주파 전기 자극이 폐경 후 비만 여성의 신체 조성비 향상에 도움을 주고, 그들에게 더 나은 건강의 가능성을 입증하였다. 따라서 본 연구의 결과와 같이 신경근전기자극은 호흡기계 및 심혈관계에 영향을 주어 체중 및 체지방률에 변화를 줄 것으로 생각된다. Doheny¹⁵⁾의 연구에서 전기 자극은 다양한 신경계, 근골격계 장애의 증상을 완화시키고 근력을 증가시키는데 널리 사용되고 있고 하였고, 또한 체중 감량에 있어 물리적으로 활성화되고 자발적인 운동의 증가를 이끌고 있고 하였고, Andrade¹⁶⁾은 남녀의 1년간 체중과 체질량지수의 변화를 관찰하였을 때 수축기 혈압과 확장기 혈압 증감에 연관이 있다고 하였다.

결론적으로 본연구에 사용되어진 휴대부착용 신경근전기자극은 성인에 있어 호흡기계 및 심혈관계를 활성화시키고 운동 시 체중감량의 효과가 있다고 말할 수 있다. 본 연구의 제한

점은 체중감량에 있어서 비만 성인과 정상 성인간의 신경근전기자극을 비교하지 않았다. 또한 전기 자극의 강도는 개인마다의 객관적인 강도로 적용하여 일반화하지를 못하였다. 하지만 본 연구는 신경근전기자극이 호흡기계 및 심혈관계에 미치는 영향에 대해 알아보았고 물리치료분야에서 전기 자극 치료의 다양한 영역을 찾아내기 위하여 체중 감소와 관련된 추후 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 운동부하 검사시 휴대부착용 신경근 전기자극 유무에 따라 정상 성인에 있어 호흡기계 및 심혈관계에 미치는 효과를 알아보고 체중 및 체지방률 감소의 차이를 확인하기 위하여 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 그룹 내 비교에서는 실험군과 대조군에서 심박수, 수축기혈압에서는 실험군과 대조군에서 실험 전/중/후 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 각 그룹 간 신경근 전기자극 전/후 비교를 하였을 때는 운동 부하 검사 시작 3, 6, 9분 후에 대 산소 섭취량, 최대 이산화탄소 배출량, 가스교환율이 유의한 차이를 보였으며, 심박수와 수축기혈압에서 운동 후 3분 후인 E1에서 두 그룹간 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 결론적으로 신경근 전기자극 호흡기계, 심혈관계 변인에 영향을 줄 수 있으며 이는 체지방률 감소에 변화가 있다는 것을 확인 하였다. 또한 신경근전기자극이 휴대부착용으로 적용이 가능했기 때문에 운동을 함과 동시에 전기자극을 적용 할 수 있었다.

Reference

1. Alon G, Levitt AF, McCarthy PA. Functional electrical stimulation (FES) may modify the poor prognosis of stroke survivors with severe motor loss of the upper extremity: A preliminary study. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2008;87(8):627-36.
2. Griffin L, Decker MJ, Hwang JY, et al. Functional electrical stimulation cycling improves body composition, metabolic and neural factors in persons with spinal cord injury. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2009;19(4):614-22.
3. Valtueña S, Salas-Salvador J, Lorda PG. The respiratory quotient as a prognostic factor in weight-loss rebound. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1997 Sep;21(9):811-7.
4. Bener A. Prevalence of obesity, overweight, and underweight in Qatari adolescents. *Food Nutr Bull.* 2006;27(1):39-45.
5. Barlocher A, Vetter W, Suter PM. Prevalence of overweight and obesity in Swiss adolescents. *Praxis (Bern 1994).* 2008;97(3):119-28.
6. Hu FB. *Obesity Epidemiology.* Oxford. Oxford University Press, 2008.

7. Chien, LW, Lin MH, Chung HY, et al. Transcutaneous electrical stimulation of acupoints changes body composition and heart rate variability in postmenopausal women with obesity. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2011.
8. Lauer MS. Heart rate response in stress testing : clinical implications. *ACC Curr J Rec*. 2001;10:16-19.
9. Eijssbouts XH, Hopman MT, Skinner JS. Effect of electrical stimulation of leg muscles on physiological responses during arm-cranking exercise in healthy men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75(2):177-81.
10. Hsu MJ, Wei SH, Chang YJ. Effect of neuromuscular electrical muscle stimulation on energy expenditure in healthy adults. *Sensors (Basel)*. 2011;11(2):1932-42.
11. Wijesinghe M, Williams M, Perrin K, et al. The effect of supplemental oxygen on hypercapnia in subjects with obesity-associated hypoventilation: a randomized, crossover, clinical study. *Chest*. 2011;139(5):1018-24.
12. Sabo R, Roy T, Lu Z, et al. Serial childhood BMI and associations with adult hypertension and obesity: the Fels Longitudinal Study. 2012;20.8:1741-3.
13. Ponomarenko GN, Bin'iash TG, Raĭgorodskiĭ IuM, et al. Transcranial magneto- and electrostimulation in patients with obesity and erectile Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult. 2009;(5):30-3.
14. Lin CH, Lin YM, Liu CF. Electrical acupoint stimulation changes body composition and the meridian systems in postmenopausal women with obesity. *Am J Chin Med*. 2010;38(4):683-94.
15. Doheny EP, Caulfield BM, Minogue CM, et al. The effect of subcutaneous fat thickness on the efficacy of transcutaneous electrical stimulation. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2008;5684-7.
16. Andrade FC, Vazquez-Vidal I, Flood T, et al. One-year follow-up changes in weight are associated with changes in blood pressure in young Mexican adults. *Public Health*. 2012;126(6):535-40.

