

복부의 전기자극이 비만자의 신체조성과 혈중지질에 미치는 효과

김용성¹, 최아영¹, 조성현^{1*}
¹남부대학교 물리치료학과

The Effects of Electric Stimulation of Abdominal Region on the Body Composition and Blood Components in Obesity

Yong-Seong Kim¹, Ah-Young Choi¹, Sung-Hyouon Cho^{1*}

¹Department of Physical Therapy, Nambu University

요약 본 연구는 복부의 전기 자극이 비만자의 신체조성 및 혈중지질에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 실험에 동의한 자 20명을 비교군과 실험군 I, 실험군 II로 분류하여 비교군은 실험 전, 후 측정만 하고, 실험군 I 은 전기 자극 환경을 동일하게 한 후 실제로 자극하지 않지만 실험군 II는 전기 자극한다. 전기 자극은 회당 30분, 주당 5회씩 실시하였고 실험은 4주 동안 진행하였다. 본 실험 결과 실험군 II는 체중, 근육량, 체지방량, 허리둘레, 복부비만률, BMI, T-G, HDL-C에서 유의한 차이가 나타났고, 실험군 I 은 허리둘레, 복부비만률, T-C에서 유의한 차이가 나타났으며, 비교군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이상과 같은 결과로 볼 때 전기 자극이 비만자의 신체조성에 영향을 미치는 것으로 생각되고, 향후 비만 치료에 있어서 전기 자극이 좋은 방법이 될 수 있다.

Abstract The purpose of this study was to determine the effects of electric stimulation of abdominal region on the body composition and blood components in obesity. Control group measured pre and post test, and Experimental group I didn't receive electric stimulation in same environment as experimental group II. Experimental group II received electric stimulation on abdominal region. The result, experimental group II showed significant difference in weight, SLM, FFM, waist circumference, WHR, BMI, T-G, HDL-C. And experimental group I showed significant difference in waist circumference, WHR, T-C, and control group didn't show significant difference any variables. Therefore, electric stimulation effects on body composition in obesity persons.

Key Words : Body composition, Blood components, Electric stimulation, Obesity, Waist to hip ratio

1. 서론

최근 고지방, 고열량 식이의 증가, 비활동적인 생활양식으로 인해 급속히 증가하고 있는 비만은 기존의 영양부족, 감염성 질환들을 대신하여 전 세계적으로 유병률과 사망률에 가장 중요한 독립적인 위험인자로 떠오르고 있다[1]. 비만은 골격근에서의 인슐린 저항성 증대 및 고지혈증을 포함한 심장질환을 유발할 수 있을 뿐만 아니라 각종 대사성 질환을 유발하는 잠재적 위험 요인으로서 국내는 물론 전 세계적으로 중요한 건강 저해요소로서 문제시되고 있다[2].

이러한 비만을 치료하기 위해서 수술요법, 약물요법, 식이요법, 운동요법, 그리고 전기자극요법 등의 방법이 사용되고 있다. 수술요법은 기존의 보전적인 치료에 반응이 없는 고도 비만자를 주로 대상으로 하며[3], 약물요법은 어느 정도의 부작용이 있기 때문에 반드시 의사의 처방을 받아야 한다[4,5]. 식이요법의 경우, 비만자의 인내와 의지가 많이 필요하고[5], 영양이 불균형할 경우 다른 후유증을 유발할 수도 있기 때문에 전문가의 조언이 필요하다[6].

운동요법을 이용한 비만치료는 현재 가장 보편화되어 있는 프로그램의 하나이지만 비만자들의 경우 정상인들

*Corresponding Author : Sung-Hyouon Cho (Nambu Univ.)

Tel: +82-62-970-0232 email: shcho@nambu.ac.kr

Received March 15, 2015

Revised April 13, 2015

Accepted June 11, 2015

Published June 30, 2015

에 비해, 안정 시 분당 환기량은 높은 반면, 최대 운동수행 시 최대산소섭취량과 환기량, 심박수, 호흡교환율(RQ) 등은 낮은 것으로 알려져 있어, 유산소운동을 위한 장시간 운동수행의 어려운 신체적 능력을 지니고 있는 것으로 보고되고 있다[7,8].

기존 요법들의 단점을 보강하기 위하여 개발된 새로운 비만관리법 중의 하나가 전기자극을 이용한 방법이다. 전기 자극을 이용한 방법은 전기적 임펄스(electrical impulse)가 직접 신경이나 근육을 자극하여 근육의 수축과 이완을 주파수에 따라 빠르게 혹은 느리게 반복시킴으로써 대량으로 에너지를 소모하게 하여 비만을 해소하는 방법이다[9]. 전기 자극을 이용한 방법은 운동수행 능력이 뒤떨어지거나 운동을 심하게 할 수 없는 환자에게도 사용할 수 있다는 장점이 있다. 특히 복부 지방의 경우 복근의 운동능력이 함께 저하된 경우가 많아 복근의 직접적인 운동을 통한 지방감소는 상당히 어려운 경우가 많은데, 이런 경우 전기 자극으로 부분적인 비만 관리에 효과를 나타낼 수 있다[10,11].

전기 자극이 근력을 포함한 운동수행능력에 긍정적인 영향을 준다는 연구 결과들이 보고되면서, 다양하게 연구들이 수행되고 있다. 특히 전기 자극에 의한 근력증가는 10-500Hz 사이의 저주파(low frequency) 자극범위 중 최소 20- 30Hz 이상의 자극이 최소의 근 수축을 유발하며, 근력증가에도 영향을 미치는 것으로 보고되었다[12,13,14].

박래준[15]은 전기 자극이 흰쥐의 골격근 형태에 미치는 영향의 연구에서, 정상근을 전기자극한 결과 시간이 경과함에 따라 적근섬유가 증가하고 백근섬유는 줄어들어, 전기 자극이 백근섬유를 유산소운동에 유리한 적근섬유로 변화시킨다고 하였다. 그리고 Kemmler 등[16]은 저주파 전기자극을 통해 여성 노인의 복부 지방량이 감소하고 근육량이 증가함을 보고하였고, 선상규 등[17]은 비만인들의 신체조성, 혈중 지질성분, 운동수행능력에 있어서 전기자극을 병행 실시하는 것이 운동만을 실시하는 것 보다 더 효과적이었다고 보고하였다. 또한, Tina 등[18]은 비만치료에 있어서 전기자극이 피하신경을 자극하여 체중감소의 효과가 나타났다고 하였다.

이와 같이 전기자극이 비만에 있어 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과가 보고되고 있지만 상당수가 다른 요법과 병행했을 때의 효과를 알아본 연구들이고, 전기 자극만 단독으로 적용했을 때 비만자의 신체조성이나

혈중지질에 미치는 효과를 알아본 연구는 미비하기에 본 연구를 통해 검증하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 S시 S병원에 근무하는 30-40대 직장인 중 비만관리를 희망하는 자 30명을 선정하였다. 이들 중 병력 및 가족력을 조사해 신체적으로 이상 소견이 발견된 자 10명을 제외한 20명이 최종적으로 실험에 대상자로 참여하였다. 모든 대상자들에게 자동 체지방측정기를 측정 한 후, 복부비만률에 따라 비교군(여성: 0.80, 남성: 0.85 이상), 실험군(여성: 0.80, 남성: 0.85 이상)으로 나누고, 다시 실험군을 무작위로 실험군 I 과 실험군 II로 분류하였다[Fig. 1]. 모든 대상자들에게 전체적인 실험 절차에 대해 미리 설명한 후 실험에 대한 자발적 동의를 구하였다. 각 그룹별 신체적 특성은 Table 1과 같다.

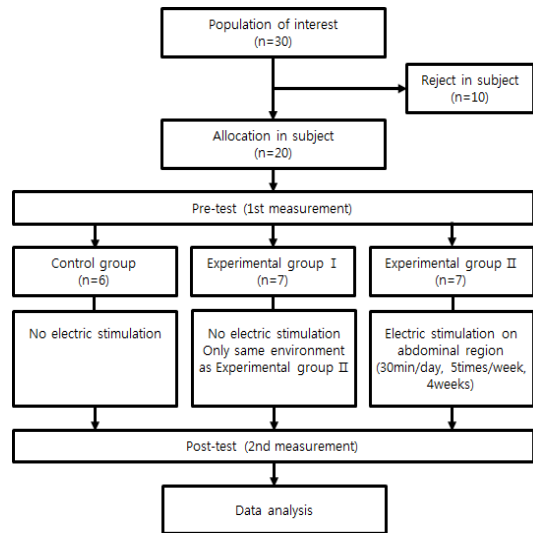


Fig. 1 Frame of study

Table 1. General characteristics in subjects

Characteristics	Control group (n=6)	Experimental group I (n=7)	Experimental group II (n=7)
Age(Yrs)	34.00±4.96	31.83±5.41	38.83±4.31
Height(cm)	154.83±8.29	158.00±5.58	164.16±8.76
Weight(kg)	55.15±11.01	57.38±9.38	71.43±12.28
WHR	0.85±0.02	0.86±0.03	0.90±0.05
BMI(kg/m ²)	23.02±2.13	22.92±2.27	26.57±3.87

M±SD : mean ± standard deviation

WHR: Waist to hip ratio, BMI: Body mass index

2.2 연구방법

2.2.1 실험방법

연구 대상자들은 모두 실험 전에 채혈 및 체지방측정, 허리둘레 측정을 실시하였다. 실험 전 각 그룹 간의 동질성을 확보하기 위해서 대상자에게 세 가지 코드의 번호를 뽑게 하여 세 그룹을 무작위로 배정하였다. 비교군은 전기 자극없이 실험 전, 후에 측정만 실시하고, 실험군 I은 실험군 II와 전기 자극조건을 동일 시 하되 실제로 자극은 하지 않는다. 실험군 II는 매일 30분씩 주 5회, 4주간 전기자극을 실시하였다.

실험에 사용된 전기자극기는 ENDOMED-CV501 (ENRAF NONIUS, Holland)을 선택하여 사용하였고, 침대에 편안히 누운 자세에서 배꼽을 중심으로 상, 하 5cm 떨어진 부위와 배바깥경사근과 배속경사근(oblique muscle)에 자극을 주기 위해 겨드랑선(axilla line)을 기점으로 엉덩뼈능선 바로 위 부분과 그 교차점에서 약 5cm 떨어진 상단 부분에 전극을 부착하여 자극을 부여하였다[Fig. 2].

실험군 II에 적용된 전기자극은 균형적 대칭성 양상 맥동(balanced symmetrical biphasic pulse)으로, 맥동 주파수(pulse frequency)는 50Hz, 맥동기간(pulse duration)은 250 μ s로 하였으며, 맥동열(Current mode)은 Spectrum으로 정하였으며, 자극 강도는 가시수축이 나타나면서 느낌이 좋은 상태까지 하였다.

근육의 가시수축(visible contraction)을 관찰하는데 지장이 없도록 약 200Lux 정도의 밝기로 하고, 실내적정 온, 습도를 유지하였다.



Fig. 2 Electric stimulation in patient

2.2.2 측정방법

모든 대상자들은 실험 전, 후 혈중지질을 검사하기 위해 채혈을 실시하였고, 신체조성을 측정하기 위해 체

지방 측정을 실시하였으며, 줄자를 사용해 허리둘레를 측정하였다.

혈중지질을 검사하기 위해 채혈 전 10시간이상 음식물 섭취를 금지하도록 하여 공복의 상태를 유지 한 후 위팔정맥에서 약 5cc(ml)의 혈액을 채혈한 후, 원심분리 후 혈액분석을 통해 혈중지질 변인인 총 콜레스테롤 (Total cholesterol; TC), 중성지방(Triglyceride; TG), 고밀도 지단백 콜레스테롤(High density lipoprotein cholesterol; HDL-C)을 측정하였다[Fig. 3].

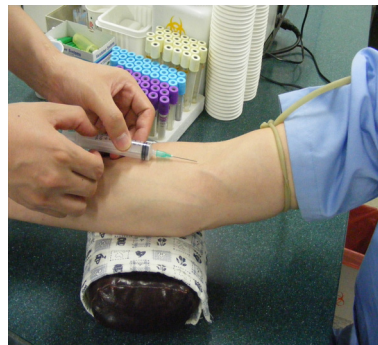


Fig. 3 Blood-gathering in patient

체지방 측정은 채혈 직후 자동체지방측정기(InBody 3.0, BioSpace, Seoul, Korea)를 이용하여 실시하였다. 신체조성 변인인 체중(Weight), 근육량(Soft lean mass; SLM), 체지방량(Free fat mass, FFM), 복부비만률 (Waist hip ratio; WHR), 체질량지수(Body mass index, BMI) 등을 측정하였다.

허리둘레 측정은 동일인이 시행하였으며, 직립자세에서 갈비뼈의 하위부와 골반 엉덩뼈능선 간의 중간부위를 측정했다[3]. 실험군과 비교군을 환경적 오차를 줄이기 위해 실내적정 온, 습도인 18 \pm 2 $^{\circ}$ C, 60~70 \pm 10%를 유지하였다.

2.3 자료분석

본 연구에서 수집된 자료의 모든 통계분석은 SPSS 18.0 program을 이용하여 평균과 평균편차를 산출하였으며, 각 그룹 간의 차이는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)에 의하여 검정하고, Duncans multiple range test를 실시하여 p=0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

3. 연구결과

3.1 각 그룹별 신체조성의 변화

3.1.1 체중, 근육량, 체지방량의 변화

체중, 근육량, 체지방량 모두 실험군 II에서 유의한 수준으로 변화하였다($p < 0.05$)[Table 2].

3.1.2 허리둘레, 복부비만률, BMI의 변화

허리둘레와 복부비만률은 실험군 I 과 실험군 II에서 유의하게 나타났으며, BMI는 실험군 II에서 유의하게 나타났다($p < 0.05$)[Table 3].

3.2 각 그룹별 혈중 지질성분의 변화

총 콜레스테롤(T-C)의 경우 실험군 I 에서 유의한 감소가 나타났고($p < 0.05$), 중성지방(T-G)과 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-C)의 경우 실험군 II에서 유의한 수준

으로 변화하였다($p < 0.05$)[Table 4].

4. 고찰

비만은 주로 서구사회에서 흔하게 문제가 되는 영양 장애의 하나였으나, 우리나라의 경우에도 1970년대 이후 경제발전에 의한 물질적 풍요로움이 본격화되면서 식생활의 향상과 서구화로 섭취열량은 증가한 반면, 활동량은 오히려 감소하여 비만인구가 증가하는 추세에 있어 비만은 치료를 필요로 하는 하나의 질환으로 인식되고 있다[19,20,21].

비만을 극복하는 방법은 비만의 원인의 따라 다소 차이가 있지만 본 연구에서는 전기자극을 사용한 방법이 복부에 비만자의 신체조성과 혈중지질에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

Table 2. Changes of the weight, soft lean mass, and free fat mass

Group		Weight(kg)		Soft lean mass(kg)		Free fat mass(kg)	
		pre	post	pre	post	pre	post
Control group	M	55.15	55.10	39.04	39.06	29.88	29.85
	SD	±10.01	±10.24	±10.11	±9.64	±1.28	±1.08
Experimental group I	M	57.38	57.15	37.30	37.54	30.48	29.66
	SD	±9.26	±9.34	±6.11	±6.37	±3.25	±3.23
Experimental group II	M	71.43	69.63*	46.00	47.36*	30.23	28.38*
	SD	±10.28	±11.22	±9.38	±9.25	±6.33	±7.08

Value are mean±SD, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Table 3. Changes of the waist circumference, waist hip ratio, and body mass index

Group		Waist circumference(cm)		Waist hip ratio		Body mass index(kg/m ²)	
		pre	post	pre	post	pre	post
Control group	M	77.25	76.85	0.85	0.85	23.02	22.98
	SD	±7.43	±7.32	±0.12	±0.15	±2.03	±2.05
Experimental group I	M	81.75	79.62*	0.86	0.85*	22.92	22.55
	SD	±6.80	±7.23	±0.07	±0.06	±2.23	±2.12
Experimental group II	M	91.92	88.45**	0.90	0.89*	26.56	25.63**
	SD	±8.34	±8.35	±0.05	±0.05	±3.27	±3.61

Value are mean±SD, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Table 4. Changes of the blood components

Group		T-C		T-G		HDL-C	
		pre	post	pre	post	pre	post
Control group	M	161.67	154.83	71.16	67.00	51.67	49.50
	SD	±23.80	±25.50	±38.58	±38.59	±6.27	±4.89
Experimental group I	M	188.83	178.50*	106.00	102.33	50.00	48.00
	SD	±33.14	±28.43	±45.16	±42.15	±10.26	±9.57
Experimental group II	M	156.83	155.33	136.50	114.33*	41.00	48.33*
	SD	±30.78	±31.69	±44.54	±44.13	±8.63	±9.36

Value are mean±SD, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

먼저 신체조성에서의 변화를 살펴보면 체중, 근육량, 체지방량과 BMI는 실험군Ⅱ에서 유의한 수준으로 변화하였고($p<0.05$), 허리둘레와 복부비만률은 실험군Ⅰ과 실험군Ⅱ에서 유의하게 나타났다($p<0.05$).

Xing 등[22]의 연구에서 저주파 자극을 가했을 때 음식섭취의 감소효과가 나타났으며, 체중의 감소효과도 동시에 일어난다고 하였고, Kemmler 등[16]은 저주파 전기자극을 통해 여성 노인의 복부 지방량이 감소하고 근육량이 증가함을 보고하였다. 또한, 이현주, 태기식의 연구[23]에서 복부비만을 가지고 있는 성인여성을 대상으로 전기자극이 미치는 효과를 실험한 결과 전기자극을 시행한 실험군에서 지방의 두께가 감소하였다고 하였으며, Jun 등[24]은 비만여성 30명을 대상으로 8주간의 저주파 전기자극과 유산소 운동을 병행한 실험에서 체중, 체지방률, 체지방량의 감소를 보였다. 그리고 Lee 등[25]은 기능적 전기자극에 의해 체중, BMI, 체지방률, 복부둘레, 엉덩이 둘레가 감소하였고, 복부의 피하지방을 감소시키는 비만관리에는 기능적 전기자극이 긍정적인 효과가 있다고 하여 본 연구의 결과와 가장 일치하였다.

김지영 등[26]은 지방층으로 통전되는 저주파가 교감신경을 흥분시켜 카테콜아민(catecholamine)을 분비하여 지방세포의 지방분해효소를 강력히 자극하여 유리지방산과 글리세롤로 분해시키며, 전류자극이 세포막 수준의 전위차에 영향을 미쳐 대사증진과 지방분해 증진을 조장한다고 하였으며, Theriault 등[27]과 Delitto 등[28]은 전기 자극이 뼈대근육 섬유 중 TypeⅡ 섬유를 증가시키고, 근 수축을 유발하는 활동전위의 역치수준의 증가시키며 근 섬유 동원율을 증가시킨다고 하였다. 본 연구에서도 전기를 통해 주입된 저주파가 지방분해능력을 촉진시키고 뼈대근육 섬유의 생리적인 변화에 영향을 미쳐 실제 전기자극을 가한 실험군Ⅱ의 모든 신체조성에서 유의한 결과가 나타났다고 생각된다.

반면, 실험군Ⅰ에서는 허리둘레와 복부비만률이 감소하는 결과를 보여줬는데, 이는 실제적으로 자극은 가하지 않았지만 환경적 동일성을 갖췄다는 면에서 심리적인 면이 다소 작용한 것으로 사료된다. 황정하, 김찬호, 김종경[29]은 발목 테이핑 적용 전과 후, 그리고 30분간의 운동으로 인해 테이핑이 느슨해졌을 때의 발목관절 가동범위와 자세조절기능을 비교한 결과 테이핑 적용 전에 비해 관절가동범위가 감소하고, 자세조절도 향상되는 결과를 보여 실제 치료를 가하지 않고 심리적인 측면

으로도 어느 정도 영향을 보여줄 수 있다는 것을 보여주었다. 그러나 다른 요소들에서는 유의한 결과를 보여주지 않은 것으로 보아 이 심리적 영향이 실제 전기자극만큼 극명한 효과를 나타내기에는 한계가 있는 것으로 생각된다.

혈중지질에서의 변화를 살펴보면 총 콜레스테롤(T-C)의 경우 실험군Ⅰ에서 유의한 감소가 나타났고($p<0.05$), 중성지방(T-G)과 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-C)의 경우 실험군Ⅱ에서 유의한 수준으로 변화하였다($p<0.05$).

Durstine 등[30]의 연구에서 보편적으로 혈중 지질성분들 중 TC와 LDL의 경우에는 그 감소정도가 다른 성분들에 비해 쉽게 변화된다고 보고하였다. 본 연구에서 실제 자극을 가하지 않은 채 동일한 환경수준에만 놓였던 실험군Ⅰ에서 혈중지질성분 중 TC만 유일하게 변화를 가져온 것도 이러한 결과와 맥락을 같이 한다고 생각된다. TC는 혈중지질성분들 중 가장 변화가 쉽게 나타날 수 있는 성분이어서 직접적 자극 없이 환경적 요인의 통제만으로도 변화를 나타낼 수 있었던 것으로 생각된다.

본 연구에서는 전기자극을 시행한 후 TG와 HDL-C에서 유의한 변화를 보인 반면, 선상규, 정동춘, 홍용[17]의 연구에서 운동만 적용한 그룹에서는 처치 후 TC에서 유의한 감소가 나타났고, 운동과 전기자극을 병행해서 적용한 그룹에서는 HDL을 제외한 TC, LDL, TG가 유의하게 감소한 것으로 나타났다고 보고하였고, 송성민, 송윤경, 임형호[31]는 전기자극 시행 후 혈중지질 농도에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이렇게 연구들마다 혈중지질성분에서 상이한 결과가 나타난 이유는 식이요법을 통제요인으로 선택하지 않은 데에 기인한 것으로 생각된다. 혈중지질성분의 경우 식습관과 높은 관련성이 있는데 선상규, 정동춘, 홍용[17]의 연구에서는 통제변인에 대상자들의 식이요법을 선택하지 않았고, 송성민, 송윤경, 임형호[31]의 연구에서는 식이요법으로 평상시의 식사량을 유지하게끔 하였으나 엄격하게 통제하지 않았다고 하였다.

본 연구 또한 식이요법을 통제를 실시하지 못한 것이 혈중지질성분의 결과에 영향을 미쳤다고 생각된다. 본 연구는 각 그룹의 식이요법과 운동량을 동일하게 제한하지 못하였고, 표본수의 부족으로 결과를 일반화 하는데 한계가 있었다. 그러나 비만에 있어 전기자극 단독의 효과를 알아본 많지 않은 연구 중 하나라는데 의미가 있

다고 생각된다. 향후 더 많은 표본군으로 좀 더 세분화 된 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

5. 결론

이상과 같은 결과로 볼 때 전기 자극이 비만자의 신체조성에 영향을 미치는 것으로 생각되고, 혈중지질 성분에도 변인이 될 수 있는 식사조절을 통제한다면 더욱 더 좋은 결과가 있었으리라 생각된다. 향후 비만 치료에 전기 자극이 임상에서 활용되는데 있어서 의미 있는 자료가 될 것이다.

Reference

- [1] WHO. Obesity : Preventing and Managing the Global Epidemic: report of a WHO consultation. p.5-37, Geneva, Switzerland : WHO, 2000.
- [2] Horowitz, J. F, "Regulation of Lipid Mobilization and Oxidation during Exercise in Obesity", Exercise and Sport Sciences Reviews, 29(1), pp. 42-46, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00003677-200101000-00009>
- [3] Y. W. Park, Office Management of Obesity, p.265-287, Hanmi Medical Publishers, 2005.
- [4] Korean Society for the Study of Obesity, Obesity Guidelines for Korean, p.90-91, Korean Society for the Study of Obesity, 2012.
- [5] M. S. Kim, H. S. An, "Study on the Effect of Obesity Management Program in Middle Aged Abdominal Obese Women", Journal of Korean Society for the Study of Obesity, 12(1), pp. 54-67, 2003.
- [6] M. S. Kim, J. H. Kwon, S. Y. Kim, E. M. Lee, M. S. Ko, S. H. Lee, W. J. Kim, "Iatrogenic Wernicke Encephalopathy in a Patient with Weight Reduction Diet Therapy", Journal of Korean Society for the Study of Obesity, 22(2), pp. 114-117, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7570/kjo.2013.22.2.114>
- [7] Babb TG, Korzick D, Meador M, Hodgson JL, Buskirk ER, "Ventilatory Response of Moderately Obese Women to Submaximal Exercise", International Journal of Obesity, 15(1), pp. 59-65, 1991.
- [8] Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E, "Exercise Capacity in Lean Versus Obese Women", Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 11(5), pp. 305-9, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0838.2001.110509.x>
- [9] D. S. Shin, S. D. Kim, J. C. Ihn, Y. W. Kim, S. K. Lee, "The Effects of Electrical Nerve Stimulation on Glycogen Content of the Slow and Fast Twitch Muscles in Rats", The Journal of the Korean Orthopaedic Association, 24(2), pp. 613-8, 1989.
- [10] Davies KJ, Packer L, Brooks GA., "Biochemical Adaptation of Mitochondria, Muscle, and Whole-animal Respiration to Endurance Training", Archives of Biochemistry and Biophysics, 209(2), pp. 539-54, 1981.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861\(81\)90312-X](http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861(81)90312-X)
- [11] Hudlicka O, Brown M, Cotter M, Smith M, Vrbova G, "The Effect of Long-term Stimulation of Fast Muscles on Their Blood Flow, Metabolism and Ability to Withstand Fatigue", Pflugers Archiv, 369(2), pp. 141-9, 1977.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00591570>
- [12] T. R. Han, J. H. Kim, N. J. Paik, S. J. Lim, K. R. Ko, H. C. Kim, "Ideal Carrier Waveform for Functional Electrical Stimulation in Upper Extremity", Annals of Rehabilitation Medicine, 24(3), pp. 492-501, 2000.
- [13] Gundersen K, Eken T, "The Importance of Frequency and Amount of Electrical Stimulation for Contractile Properties of Denervated Rat Muscles". Acta Physiologica Scandinavica, 145(1), pp. 49-57, 1992.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-1716.1992.tb09335.x>
- [14] Riu PJ, Rosell J, Lozano A, Pallas-Areny R, "Multi-frequency Static Imaging in Electrical Impedance Tomography", Medical and Biological Engineering and Computing, 33(6), pp. 784-92, 1995.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02523010>
- [15] R. J. Park, "Effects of Electrical Stimulation on Skeletal Muscle in Rat", Hyo-song Women's University, Dissertation of Doctoral Degree, 1993.
- [16] Kemmler. W, 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, 8, pp.1353-64, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/CIA.S52337>
- [17] S. S. Kyu, J. D. Choon, H. Yong, "The Effect of Exercise and Functional Electric Stimulation on the Body Composition, Blood Components and Exercise Capacity of Obese Women", Korean Journal of Physical Education, 41(5), pp. 633-645, 2002.

- [18] Tina D, Liu Y, Han J, “Study on the Effect of Transcutaneous Electric Nerve Stimulation on Obesity”, Beijing Da Xue Xue Bao, 35(3), pp. 277-9, 2003.
- [19] J. H. Kim, T. S. Park, H. J. Koh, “Comparison of usefulness in the variable standards of waist circumference measurement”, Korean Journal of Family Medicine, 22(4), pp. 548-555, 2001.
- [20] O. K. Yu, Y. K. Rhee, H. S. Sohn, Y. S. Cha, “Effects of Nutrition Education on Overweight and Obese Children in Chonbuk Area: Focus on Food Habit, Eating Behaviors, Dietary Attitude, Nutrition Knowledge and Nutrients Intake”, Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 39(9), pp. 1286-94, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.9.1286>
- [21] H. N. Kim, S. N. Han, “Psychological Characteristics of Obese Adult Participants in the Weight Management Program”, Korean J Obes, 23(4), pp. 281-288, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7570/kjo.2014.23.4.281>
- [22] Xing J, Brody F, Brodsky J, Rosen M, Larive B, Ponsky J, Soffer E, “Gastric Electrical Stimulation Effects on Canine Gastric Emptying, Food Intake, and Body Weight”, Obesity Research, 11(1), pp. 41-47, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2003.8>
- [23] H. J. Lee, K. S. Tae, “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, 31(11), pp. 1051-58, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7736/KSPE.2014.31.11.1051>
- [24] S. C. Jun, Y. S. Hong, E. Y. Jung, and U. J. Chang, “The Effects of Low Frequency Electrostimulation on Body Composition, Circumference and Weight Control of Obese Women”, Dongduk Journal of Life Science Studies, 12, pp. 15-25, 2007.
- [25] J. H. Lee, R. J. Park, J. S. Lim, “The Effects of Meridian Massage and Functional Electrical Stimulation on Abdominal Obesity”, Journal of the Korea Society Beauty and Art, 10(4), pp. 65-74, 2009.
- [26] J. Y. Kim, S. J. Kim, S. H. Jeong, “The Effects of Ultrasonic Lipolysis Treatment on Obesity Compared to Electroacupuncture”, Journal of Oriental Rehabilitation Medicine, 22(3), pp. 141-9, 2012.
- [27] Theriault R, Boulay MR, Theriault G, Simoneau JA, “Electrical Stimulation-induced Changes in Performance and Fiber Type Proportion of Human Knee Extensor Muscles”, European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 74(4), pp. 311-7, 1996.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02226926>
- [28] Delitto A, Brown M, Strube MJ, Rose SJ, Lehman RC. “Electrical Stimulation of Quadriceps Femoris in an Elite Weight Lifter: a Single Subject Experiment”, International Journal of Sports Medicine, 10(3), pp. 187-91, 1989.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-1024898>
- [29] J. H. Hwang, C. H. Kim, J. K. Kim, “Effects of Ankle Taping on Range of Motion, Postural Stability, and Placebo Effect Before and After Exercise”, The Korea Journal of Sports Science, 20(2), pp. 793-803, 2011.
- [30] Durstine, J. L, Grandjean, P. W, Davis P. G, Ferguson, M. A, Alderson, N. L, Dubose, K. D, “Blood Lipid and Lipoprotein Adaptations to Exercise”, Sports Medicine, 31(15), pp. 1033-62, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200131150-00002>
- [31] S. M. Song, Y. K. Song, H. H. Lim, “The Effect of Electroacupuncture on Abdominal Fat Deposit and Parameters for Obesity”, Journal of Oriental Rehabilitation Medicine, 20(2), pp. 113-27, 2010.

김 용 성(Yong-Seong Kim)

[정회원]



- 2004년 8월 : 용인대학교 재활과 학대학원 비만관리학전공 (이학석사)
- 2009년 2월 : 용인대학교 일반대학원 물리치료전공 (물리치료학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 물리치료학과 조교수

<관심분야>

신경과학, 신경계 진단 및 평가, 소아물리치료학

최 아 영(Ah-Young Choi)

[정회원]



- 2014년 2월 : 남부대학교 보건경영대학원 물리치료전공 (이학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 물리치료학과 외래교수

<관심분야>

신경계 물리치료, 노인 물리치료, 운동생리학

조 성 현(Sung-Hyoum Cho)

[정회원]



- 2010년 8월 : 대구대학교 재활과학대학원 물리치료전공 (이학석사)
- 2013년 8월 : 대구대학교 대학원 물리치료전공 (이학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 물리치료학과 조교수

<관심분야>

전기치료학, 신경계 물리치료, 운동치료학