Korean Journal of Acupuncture Vol.29, No.4, pp.554~562, 2012

자화침 시스템의 자율신경계 활성화 효과 검증을 위한 동공크기변이 분석

류문학[1] · 이나라[2] · 최우혁[1] · 김수병[2] · 이용흠[2] · 신태민[1]

연세대학교 보건과학대학 의공학과 [1]의용컴퓨터시스템 연구실, [2]동서의료시스템 연구실

Analysis of Pupil Size Variability for Effectiveness Verification of Activation Level of Autonomic Nerve System by Electromagnetic Acupuncture System

Wenxue Liu[1], Na-Ra Lee[2], Woo-Hyuk Choi[1], Soo-Byeong Kim[2], Young-Heum Lee[2], Tae-Min Shin[1]

[1]Medical Computer System Lab, [2]The Eastern & Western Bio-Medical System Lab, Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University

Abstract

Objectives : The purpose of this research is to verify the effects of the Electromagnetic acupuncture(EMA) on BL15 by Pupil size variability(PSV) which is directly related to the activation of the Autonomic Nervous System.

Methods : Thirty male subjects participated in this study and were divided into three groups(non-stimulated, manual acupuncture and EMA group). The size of pupil was measured in the cube place of 60×60×60 cm in order to avoid the effect of the surrounding circumstances. All subjects were measured the size of left pupil about 200sec in the constant illumination.

Results : We observed the decrease in PSV of manual acupuncture group compared to non-stimulation group, but it was not significant statistically($p>0.05$). The decrease in PSV of EMA group was observed in comparison to two groups, and we confirmed the result of significant difference statistically($p<0.05$).

Conclusions : We concluded that EMA treatment method is enough to activate in the parasympathetic nerve system by inducing the biotransformation.

Key words : electromagnetic acupuncture, pulsed electromagnetic fields, pupil size variability, autonomic nervous system

· Corresponding author: Tae-Min Shin, Medical Computer System Lab, Department of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University, Maeji-ri, Heungup-myeon, Wonju 220-710, Korea
Tel: +82-33-760-5240, Fax: +82-33-760-2920
E-mail: tmshin@yonsei.ac.kr

· Received December 4, 2012, Revised December 17, 2012, Accepted December 18, 2012
This study was supported by a grant of the Korean Health Technology R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea [A102062].

I. 서 론

한의학에서는 경혈에 수기자극을 통하여 인체 내 다양한 화학반응과 전기반응을 동시 유도함으로서 경락의 기의 불균형 상태를 조절하여 장기의 질병을 치료하고 있다[1]. 이러한 수기자극의 객관적인 치료기전을 규명하고자 다양한 연구가 진행되

었으며, 다수의 연구에서는 수기자극의 대표적 치료기전을 신경 및 내분비 세포의 조절작용으로 설명하고 있다[2,3]. 또한 수기자극이 신경조직이나 결체조직 등의 경로를 따라 세포내액과 외액에 존재하는 전하와 이온의 변화를 일으키며[4,5], 이러한 현상은 체내의 전기신호의 전달 속도를 증가시킨다고 보고하였다[6]. 다방면으로 수기자극이 인체에 미치는 생리·병리학적인 변화가 객관적으로 규명되어짐에 따라 골다공증[7], 고지혈증[8] 그리고 통증완화[9] 등 다양한 질병에 수기자극을 적용하여 긍정적 치료효과를 확보한 연구결과가 다수 보고되었다.

이러한 수기자극은 보/사법과 경혈위치 선정 및 자침시간 조절에 따라 유도할 수 있는 치료효과가 다양하다. 그 대표적인 연구로서, 수기자극의 다양한 보/사법과 시술자에 의한 회전 주파수에 따라 전하의 이동하는 양 및 유도되는 반응이 다르게 관찰된다고 보고하였다[10]. 이러한 기존의 연구결과를 근거로 수기자극 시 유도되는 미세전류와 피하조직 사이의 화학반응으로 인하여 유발된 전기반응에 따른 전위차 발생[11]을 연속적으로 유도 가능하다면 유의한 치료효과를 얻을 수 있을 것으로 판단하였다. 이에 따라 본 연구에서는 경혈에 삽입된 침에서 연속적인 전기반응을 유도하기 위한 새로운 방법을 제시하고자 한다. 인체 내 eddy current를 발생하여 주변 신경을 탈분극화하는 자기장을 이용한다면, 수기자극 이후에도 인체 내에서 지속적인 전기반응을 유도 가능하다. 따라서 본 연구에서는 coil을 solenoid type으로 제작하고 core의 역할로서 침을 사용함에 따라 경혈에 자침된 침에서 발생하는 자속밀도에 의해 유도되는 eddy current를 이용하여 지속적인 전기반응을 유발하고자 하였다.

자기장을 발생시키는 다양한 방법 중, PEMFs (Pulsed electromagnetic fields)의 extremely low frequency(ELF≤300 Hz) 대역이 골절(bone fracture), 피부궤양(skin ulcer), 편두통(migraine), 퇴행성 신경(degenerative nerve), 근골격계 질환(musculoskeletal disorders) 외 다양한 질병에 치료효과가 있다고 알려져 있다[12]. 이에 따라 침의 삽입 가능한 Coil을 제작하였으며, ELF 대역으로 다수 경혈을 자극 가능한 8 Channel MA(magnetic acupuncture) Stimulator를 제작하였다[13]. 또한 수기자극과 개발한 시스템을 이용하여 침을 자화한 자화침 자극이 인체 내 미치는 영향을 객관적으로 확인하고자 하였다.

수기자극에 대한 치료기전 및 효과를 규명하고자 뇌전도(EEG: electroencephalogram), 심박변이율(HRV: Hear Rate Variability), 피부전도도(SCR: skin conductance response), 동공크기변이도(PSV: Pupil Size Variability) 등[14,15]의 측정을 통하여 자율신경계에 미치는 영향을 분석한 기존의 연구가 다수 보고되었다. 그 중 동공크기 변이는 평활근에 의해 변화하는 동공크기를 측정함으로서 졸음이나 피로에 의한 부교감신경 활성화, 냉자극에 의해 유도된 수축 메커니즘에 따른 부교감신경 활성화 등 자율신경계 평가를 위한 다양한 연구에 접목되고 있다[16-21]. 이에 따라 본 연구에서는 기초실험을 통하여 피험자들의 동공크기변화의 지속적인 측정 가능한 시간을 확보하고 이를 근거로 무자극, 수기자극과 자화침 자극에 의한 동공크기 변이를 측정함으로써 자율신경계 중 부교감신경계의 균형 상태와 활성도를 평가하고자 하였다.

Table 1. Characteristics of Subjects

Groups	Number of subjects(male)	Age	Height(cm)	Weight(kg)
Non-stimulation group	10	26.50±2.33	172.38±7.25	73.75±9.23
Manual acupuncture group	10	25.38±2.67	173.50±6.91	72.13±12.43
EMA group	10	25.63±1.30	174.38±4.44	71.25±12.43

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 실험대상은 과거 안과, 정신과의 병력 및 심혈관 질병이 없는 평균 연령이 25.75±2.11세, 평균 키가 173.44±6.03 cm, 평균 몸무게가 71.94±11.05 kg인 건강한 성인남성 총 30명을 대상으로 하였으며 실험 절차를 충분히 인지하고 자발적으로 참여에 동의한 자로 선정하였다. 피험자는 무자극군 10명, 수기자극군 10명, 자화침 자극군 10명으로 무작위 배정하였다.

피험자들이 졸음 및 피로에 의한 부교감 신경 활성화로 인한 동공크기 감소의 영향을 최소화하기 위하여 실험 전 충분한 휴식을 취하도록 권하였다. 또한 교감신경과 부교감신경에 영향을 미치는 운동, 음식섭취, 흡연, 카페인이 첨가된 음식 등을 자제하도록 하였다.

2. 8 Channel MA Stimulator 설계 및 동공크기 획득 분석방법

8 Channel MA Stimulator에 사용된 solenoid coil은 SM45C 재질의 core에 직경 0.35 mm의 wire을 총 370번 감았으며, 직경 2 mm의 hole을 가공함으로서 침이 삽입 가능하도록 제작하였다[13]. 전기안정성을 확보하기 위하여 core의 접촉면을 코팅한 뒤 절연 테이프를 이용하여 전기적으로 절연시켜 인체로 흐를 수 있는 누설전류를 차단하였으며 과전압, surge voltage 등의 발생에 대비하여 안전회로 및 안전 소자를 사용하여 회로를 구성하였다. 또한 자속밀도의 세기를 조절하기 위하여 coil에 인가전압을 8 V에서 24 V까지 가변 가능하며 자속밀도의 발생빈도를 조절하기 위하여 1 Hz에서 30 Hz까지 선택 가능하다(Fig. 1).

동공크기 변이도를 실시간 측정하기 위하여 Logitech HD Pro Webcam C910을 기반으로 자체 제작한 적외선 카메라를 이용한 영상획득 시스템을 제작하였다(Fig. 2). 제작된 영상획득 시스템은 24 Frame/s, 640×480 해상도로 녹화하며 실시간으로 시간에 따른 동공크기 변화의 측정이 가능하다. 기존의 동공크기 변이도를 관찰한 연구에서는 circle fitting을 이용하여[16-18] 동공크기를 실시간 검출하였다. 그러나 동공은 일반적으로 타원에 근접한 형태이므로 Fig. 3의 영상처리방식으로 곡률 알고리즘과 Ellipse Fitting을 이용하여 동공크기 측정의 정확도를 확보하였다. 그리고 각 Frame 사이에서 측정된 동공 크기의 상대적 변화율이 5% 이상일 시, 눈 깜빡임이나 미동으로 인한 오차로 간주하였다.

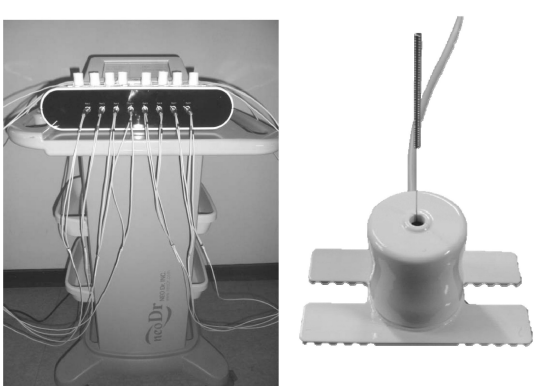

Fig. 1. 8 Channel PEMFs Stimulator.

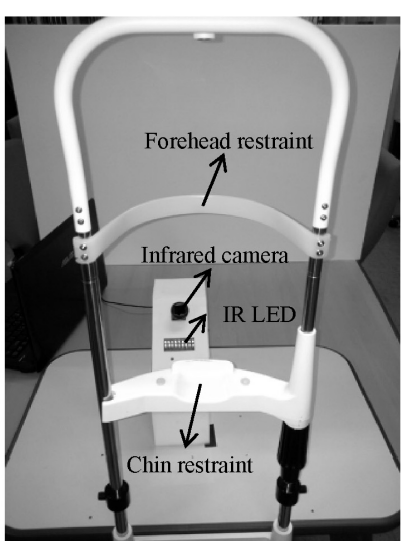

Fig. 2. Infrared Rays(IR) VOG(Video Oculography) System.

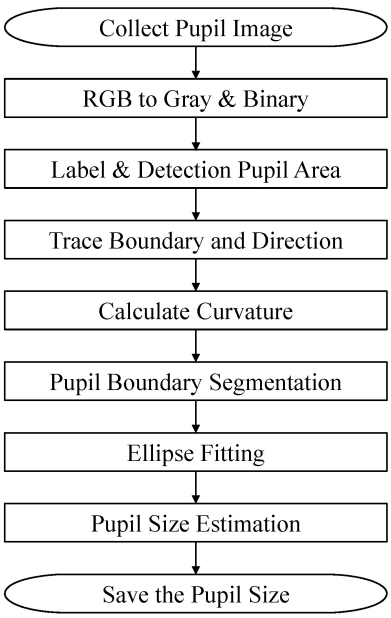

Fig. 3. Flowchart for Pupil Size Detection.

3. 실험방법 및 절차

주변 환경에 존재하는 잡음 및 빛 자극 의한 눈동자의 움직임을 최소화하고자 실험환경은 일정한 낮은 조명을 유지한 채로 60×60×60 cm의 작은 밀폐 공간에서 측정하였다. 실온은 25°C를 유지하도록 하였고 모든 피험자는 암순응을 현상에 의한 측정오차를 최소화하기 위하여 앉은 자세로 하관을 턱 받침대에 고정한 채로 10분간 적응시간을 보냈다. 그 이후 60 cm 앞의 고정된 직경 5 cm의 시표를 응시하도록 하였으며, 자극에 의해 좌/우측 동공의 크기가 동일한 변화추이[22]를 가진다는 기존의 연구결과에 의하여 좌측 동공크기 변이도를 측정하였다. 졸음 혹은 집중력 저하에 따른 동공크기 변이도에 대한 실험 오차를 최소화하기 위하여 피험자 10명에 대하여 시간에 따른 좌측 동공크기 변이도를 측정하여 유의한 측정시간을 확인하고자 하였다. 유의한 측정시간을 확보한 후, 자극군은 10분간의 암순응에 대한 적응시간 중 5분에 좌/우 심수에 수기자극을 하고 나머지 시간을 다시 안정상태를 취하였다. 그 후 확보된 유의한 측정시간만큼 해당된 자극을 취하였으며 그에 따른 좌측 동공크기 변이도를 측정하였다.

4. 경혈선정 및 자극방법

말초신경계의 12쌍의 뇌신경과 31쌍의 척수신경 중 불수의적 평활근과 심근의 운동, 내분비 샘 및 위장관을 제어하는 원심성 부분은 중추신경계로부터 정보를 전달받는다. 그 중 1~4번 등뼈(thoracic vertebrae; T)는 심장질환과 호흡활동에 관련이 있음이 보고되었다[23]. 이에 따라 T 1~4와 근접한 T5에 위치하고 있으며, 심장의 사기가 주입되는 족태양방광경(Bladder meridian)의 심수(BL15)를 자극부위로 선정하였다. 심수는 보편적으로 사자(斜刺)시 30도의 기울기로 1.5 寸, 직자(直刺)시 0.3~0.5寸를 삽입하여 치료를 이행하고 있다[24]. 본 실험에서 8 Channel MA Stimulator는 코일의 구조상 수직으로만 침 삽입이 가능하다. 이에 상지부위의 1寸는 2.14±0.1 cm라고 보고된 연구결과에 의하여 직자(直刺) 깊이 1 cm를 삽입 깊이로 선정하였다. 또한 수기자극은 직침 후 별도의 보/사법을 시행하지 않았다. 심수의 해부학적 위치가 큰 근육인 등세모근(trapezius muscle)과 큰마름근(rhomboideus major muscle)에 위치하고 있으므로, 근육 아래의 신경을 효과적으로 자극하기 위하여 개발된 시스템이 발생 가능한 최대 자극 주파수인 30 Hz biphasic wave 형태의 자극방법을 선정하였으며, Teslameter(Model 460, 3 Channel Gaussmeter, Lake Shore Crytronics, Inc., USA)을 이용하여 자속밀도를 측정해본 결과, 57.01 mT였다.

5. 통계처리

통계분석은 SPSS19.0 for Windows를 이용하였다. 각 군의 동공크기 변화 추이를 분석하기 위하여 One-way Repeated Measures Analysis of Variance(ANOVA)의 대비검정 분석을 실시하였으며, 유의수준은 $p<0.05$로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 동공크기 지속측정시간 확인을 위한 기초 실험 결과

Fig. 4는 10분 동안 시간에 따른 좌측 동공크기 변이도 결과이다. 180초 이내의 시간에서의 좌측동공크기는 안정 상태에서의 좌측동공크기와 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었다. 180초 이후 시간에 따라 동공크기가 감소되는 추이가 관찰되었다. One-way repeated measures analysis of variance를 이용하여 대비검정을 통하여 분석한 결과, 180~210초 구간에서 처음으로 유의한 차이가 확인되었다($p=0.020$). 이에 시간에 따른 피험자의 졸음과 집중력 저하 등 다양한 정신적면에 의한 오차를 최소화하기위하여 180초 동안의 측정시간이 유의하다고 판단하였다. 이에 실험적 지연이 있는 경우를 고려하여 180초에 근접한 200초의 측정시간을 선정하였다.

2. 동공크기 변화 실험 결과

Fig. 5는 무자극군, 수기자극군, 자화침 자극군의 180초 동안 측정한 동공크기 변이도이고, Table 2는 One-way repeated measures analysis of variance를 이용하여 대비검정한 결과이다. 대비검정은 최초의 동공크기를 기준으로 시행하였다. 무자극군은 모든 시간구간에서 유의한 차이가 확인되지 않았다($p>0.05$). 수기자극군과 자화침 자극군은 모두 110초 이후부터 동공크기가 감소하는 추이가 관찰되었으며, 180초일 때 수기자극군은 86.89±15.22(%)로 최대 감소비율이 관찰되었으나 대비검정을 통한 분석 결과로는 모든 시간구간에서 유의한 차이가 확인되지 않았다($p>0.05$). 자화침 자극군은 140초에서부터 안정상태의 동공크기에 비한 유의한 차이가 확인되었으며($p<0.05$), 최대 감소비

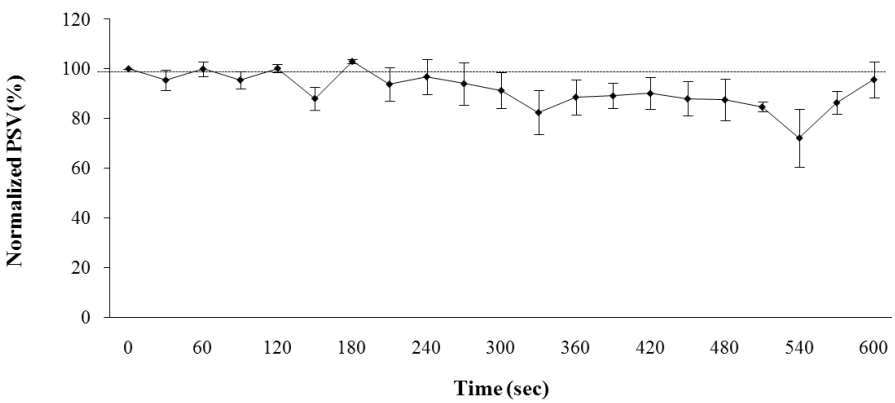

Fig. 4. The changes in size of pupil with the passage of time.

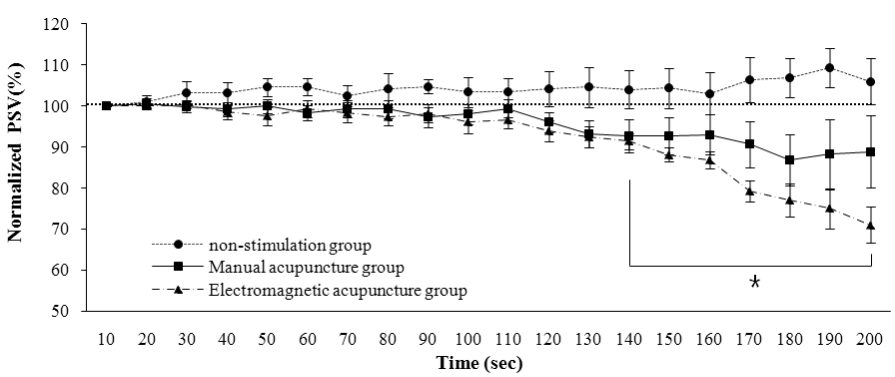

Fig. 5. The mean and Standard error of the PSV in the non-stimulation, Manual acupuncture and EMA group.
*The significant differences in the EMA group($p<0.05$).

Table 2. The Significant Probability Analysis of the PSV in the Non-stimulation, Manual Acupuncture and EMA group

p value(n=30)	After 20 sec	After 40 sec	After 60 sec	After 80 sec	After 100 sec	After 120 sec	After 140 sec	After 160 sec	After 180 sec	After 200 sec
Non-stimulation group	0.607	0.319	0.077	0.326	0.402	0.380	0.420	0.583	0.218	0.341
Manual acupuncture group	0.668	0.668	0.423	0.736	0.454	0.167	0.135	0.209	0.089	0.264
EMA group	0.872	0.497	0.782	0.383	0.292	0.119	0.031	0.010	0.014	0.010

The result of contrast test based on the one-way repeated measured ANOVA. The main criteria is the initial size of pupil.

율은 200초일 때 71.04±10.09%로 확인되었다.

Ⅳ. 고 찰

동공은 자율신경계의 변화에 신속히 반응하여 빛의 세기 및 심리활동의 영향을 많이 받으므로, 실험환경 및 측정 시간에 따른 오차 발생 요인을 최소화하기 위하여 동공크기가 동일하게 유지되는 시간을 확인하였다. 그 결과, 180~210초 구간까지 최초의 동공크기를 유지하였으며 이후 점차 동공크기가 감소한 결과를 확인하였다. 이는 외부에서 가해지는 자극은 없으나 피험자들이 장시간 고정자세로 목표물을 바라보는 동안 심리적, 생리적인 스트레스나 피로에 따른 집중력 저하에 의해 동공의 크기가 변화되는 것으로 사료된다. 이에 본 연구에서는 지속측정 가능한 시간을 200초로 설정하였으며 이 시간동안의 동공크기의 변화를 관찰하였다.

자율신경계는 자신의 의지로 제어할 수 없는 불수의적 말초신경이며, 자율신경계의 지배를 받는 동공 역시 자체적으로 그 크기를 변화할 수 없다. 이러한 동공크기의 변화는 교감신경이 활성화 될 시 홍채의 산대근이 조절되어 동공의 크기가 증가되며, 부교감신경이 활성화 될 시 홍채의 괄약근이 조절되어 동공의 크기가 축소된다[25]. 동공크기는 자율신경계의 활성화 외에 변화가 발생하지 않는다는 기존 연구결과와 동일하게 무자극군은 200초 동안 동공크기변이가 관찰되지 않았다.

수기자극의 치료 기전은 다양한 방법으로 규명되고 있는데, 그 중 수기자극 시 침이 인체에 삽입되는 순간 최고치(peak) 전위가 나타나고 침에 시술자의 접촉자극을 가할 시만 전위가 재생성 되며, 최고치 전위에 의해 발생하는 미세 전류 및 화학반응에 의해 수기자극의 치료효과가 발생함을 보고하였다[26]. 또한, 기존 선행연구에서 심수에 자침한 후 HRV를 통하여 MHRT(Mean Heart Rate)의 유의성을 확인하였으며[27], HRV, PRV(pulse rate variability) 측정을 통하여 침 자극 후 자극전에 비해 부교감신경의 활성화 지표인 HF(High Frequency)가 증가하고 교감신경항진의 지표인 LF(Low Frequency)와 LF/HF ratio가 감소하였다는 결과를 얻었다[28]. 수기자극군은 110초 이후부터 동공크기가 감소하는 추이가 관찰되었으나, 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았다. 이는 본 연구에서 수기자극을 별도의 보/사법을 시행하지 않고 단순히 직자(直刺)만으로 자극을 한 결과로 판단된다. 그럼에도 불구하고 동공크기가 감소하는 추이가 관찰된 것은 기존의 연구결과와 같이 심수에 수기자극이 부교감신경을 활성화시킴으로써 동공크기가 감소한 것으로 사료된다.

자화침 자극군은 수기자극군과 동일하게 110초부터 감소하는 추이가 확인되었으며 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않은 수기자극군과는 달리 140초부터 안정상태의 동공크기에 비하여 유의한 차이가 확인되었다. 펄스형 자기장이 인체에 투과되면 생체 전류가 발생하며, 이는 전기 생리학적인 기전에 의해 각 조직을 효과적으로 자극하게 된다. 기존의 연구 결과, 자화침 자극이 전하와 이

온의 이동을 일으키는 최고치(peak) 전위를 지속적으로 유발 가능하며 그 크기가 수기자극 시 발생하는 전위의 36.2~42.6배 더 크게 유발시킴을 확인하였다[13]. 또한 PEMFs는 신경 조직을 효과적으로 자극하여 신경 전도성을 향상시키고 신경 재생 속도를 높이는 효과가 있음이 밝혀졌다[29,30]. 이와 같은 기전에 의하여 심수에 자화침 자극이 전기 반응을 지속적으로 발생시켜 부교감 신경을 가장 효과적으로 활성화시킴으로써 동공 크기 변화가 최대로 나타난 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구에서는 인체 내에 전기반응을 지속적으로 유도 가능한 8 Channel MA Stimulator의 자율신경계의 활성화에 미치는 영향을 동공크기 변이를 통하여 확인하고자 하였다. 이에 피험자 30명을 대상으로 무자극군, 수기자극군, 자화침 자극군으로 나누어 심수에 각 자극을 인가하여 200초 동안의 동공크기 변이도를 분석하였다. 그 결과, 무자극군에서는 동공크기의 감소가 관찰되지 않았으며, 수기자극군과 자화침 자극군에서 동공크기의 감소가 확인되었다. 또한 수기자극군에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 자화침 자극군에서만 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. 이에 연속적으로 eddy current를 인체에 발생시켜 전기 반응을 유도하는 자화침 자극이 경혈과 경혈 주변 신경조직을 효과적으로 자극함으로써 부교감 신경 활성화에 유의한 효과를 가짐을 확인하였다.

감사의 글

This study was supported by a grant of the Korean Health Technology R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea [A102062].

참고문헌

1. Beinfield H, Korngold E. Between heaven and earth: a guide to chinese medicine. 1st ed. New York : Ballantine Books. 1992.
2. Ulett GA, Han J, Han S. Traditional and evidence-based acupuncture: history, mechanism, and present status. South Med J. 1998 ; 91(12) : 1115-20.
3. Research Group of Acupuncture anesthesia, The role of some neurotransmitter of brain in finger-acupuncture analgesia. Scientia Sinica. 1974 ; 17 : 112-30.
4. Foster JM, Sweeney BP. The mechanisms of acupuncture analgesia. Br J Hosp Med. 1987 ; 38(4) : 308-12.
5. Qian XZ. Progress in scientific research on acupuncture, moxibustion and acupuncture anesthesia by integrating traditional Chinese and Western medicine. In: Zhang XT, Research on Acupuncture, Moxibustion, and Acupuncture anesthsia. Beijing : Science Press. 1986 : 1-18.
6. Takeshige C. Mechanism of acupuncture analgesia based on animal experiments. In: Pomeranz B, Stux G. Scientific bases of acupuncture. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag. 1989 : 53-78.
7. Choi SH, Lee BR, Yang GY, Kim JK, Seo YS, Yim YK. Effects of herbal-acupuncture with evodiae fructus at KI10 on osteoporosis in ovariectomized mice. Korean Journal of Acupuncture. 2010 ; 27(2) : 217-42.
8. Lee SH, Lee HA. Study on the effect of herbal-acupuncture with schizandrae fructus solution on hyperlipidemia in rats induced by high fat diet. The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society. 2011 ; 28(2) : 143-53.
9. Kim JL, Yoo HS, Lee NH, Yoon DH, Cho JH, Lee YW, et al. An overview of acupuncture for cancer related pain. Journal of Oriental Medicine, Daejeon University. 2006 ; 15(1) : 41-5.
10. Ogata A, Sugenoya J, Nishimura N, Matsu-

moto T. Low and high frequency acupuncture stimulation inhibits mental stress-induced sweating in humans via different mechanisms. Auton Neurosci. 2005 ; 118(1-2) : 93-101.
11. Nordenstrom BE. An electrophysiological view of acupuncture: role of capacitive and closed circuit currents and their ckinical effects in the treatment of cancer and chronic pain. Am J Acupuncture. 1989 ; 17 : 105-17.
12. Shupak NM. Therapeytic uses of pulsed magnetic-field exposure: a review. The Radio Science Bulletin. 2003 ; 307 : 9-32.
13. Kim SB, Park SW, Ahn SJ, Lee NR, Lee SW, Min SE, et al. Evaluation of muscle fatigue recovery effect and meridian potential change using magnetic acupuncture system. Korean Journal of Acupuncture. 2012 ; 29(1) : 83-92.
14. Moffet HH. How might acupuncture work? A systematic review of physiologic rationales from clinical trials. BMC Complement Altern Med. 2006 ; 6(1) : 25.
15. Censi F, Calcagnini G, Pasquale FD, Lino S, Cerutti S. Baroceptor-sensitive Fluctuations of human pupil diameter. Computers in Cardiology. 1999 ; 26 : 233-6.
16. Lee JC, Kim JE, Park KM. Pupil size variability as an index of autonomic activity - from the experiments of posture, sleepiness and cognitive task. J Biomed Eng Res. 2007 ; 28(1) : 55-65.
17. Choi WJ, Hu YS, Lee SG, Park KM, Kim JE. A study on the relationship with acupuncture stimulation and stress - using pupil size variability. Journal of Oriental Neuropsychiatry. 2005 ; 16(2) : 113-24.
18. Kwak S, Choi WJ, Lee SG, Park KM. The effects of acupuncture stimulation and progressive relaxation therapy on examination stress of students - using heart rate variability and pupil size variability. The Korean Journal of Meridian & Acupoint. 2004 ; 21(2) : 161-76.
19. Wilhelm H. Neuro-opthalmology of pupillary function - practical guidelines. Journal of Neurology. 1998 ; 245(9) : 573-83.
20. Wilhelm H, Lüdtke H, Wilhelm B. Pupillogralhic sleepiness testing in hypersomniacs and normals. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. 1998 ; 236(10) : 725-9.
21. Tassorelli C, Micieli G, Osipova V, Rossi F, Nappi G. Pupillary and cardiovascular responses to the cold-pressor test. Journal of the Autonomic Nervous System. 1995 ; 55(1-2) : 45-9.
22. Lee JC. Effect of lateralized acupuncture stimulation on binocular pupil size. Master Degree Dissertation, Kyunghee Graduate School. 2006.
23. Kim JY, Jun HJ, Lee SR, Lee CH, Jung OB. Central Localization of the Neurons Projecting to the Urinary Bladder Meridian. The Korean Journal of Meridian & Acupoint. 2000 ; 17(1) : 81-100.
24. Sung BS, Kwon OS, Jeon IS, Kim JH, Ahn SH, Sohn IC. Survey on setting new standards for estimation of acupoints in the upper limb of normal adults. Journal of Meridian & Acupoint. 2008 ; 25(3) : 1-14.
25. Lee NR, Lee SW, Kim YD, Kim SB, Lee KJ, Lee YH. Analysis of body surface temperature by Pulsed Magnetic Fields system for evaluation of therapeutic effect of Delayed Onset Muscle Soreness. The Korean Institute of Maritime Information and Communication. 2011 ; 15(3) : 645-53.
26. Nordenstrom B. An electro physiological view of acupuncture: role of capacitive and closed circuit currents and their clinical effects in the treatment of cancer and chronic pain. Am J Acupuncture. 1989 ; 17 : 105-17.
27. Lee HJ, Lee DG, Hwang JH. The effect of

the electro-acupuncture on simsu(BL15) with the heart rate variability as the means of measurement for autonomic nerve system. The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society. 2007 ; 24(5) : 1-12.
28. Hsu CC, Weng CS, Liu TS, Tsai YS, Chang YH. Effects of electrical acupuncture on acupoint BL15 evaluated in terms of heart rate variability, pulse rate variability and skin conductance response. Am J Chin Med. 2006 ; 34(1) : 23-36.
29. Wilson DH, Jagadeesh P. Experimental regeneration in peripheral nerves and the spinal cord in laboratory animals exposed to a pulsed electromagnetic field. J Int Med Soc Paraplegia. 1976 ; 14 : 12-20.
30. Raji AM. An experimental study of the effects of pulsed electromagnetic field(diapulse) on nerve repair. The Journal of Hand Surgery. 1984 ; 9(2) : 105-12.