

기사혈(氣舍穴, ST11)에 적용한 혈위 초음파요법이 교감신경계에 미치는 영향: 전향적 무작위 대조군 연구

강신우 · 금동호

동국대학교 분당한방병원 한방재활의학과

Effect of Ultrasound Therapy at the ST11 on Sympathetic Nervous System Change: A Prospective Randomized Controlled Study

Shinwoo Kang, K.M.D., Dongho Keum, K.M.D.

Department of Korean Medicine Rehabilitation, Dongguk University Bundang Oriental Hospital

RECEIVED September 21, 2023

REVISED October 8, 2023

ACCEPTED October 10, 2023

CORRESPONDING TO

Dongho Keum, Department of Korean Medicine Rehabilitation, Dongguk University Bundang Oriental Hospital, 268 Buljeong-ro, Bundang-gu, Seongnam 13601, Korea

TEL (031) 710-3728

FAX (031) 710-3780

E-mail keumdh660@naver.com

Copyright © 2023 The Society of Korean Medicine Rehabilitation

Objectives This study was designed to assess the effectiveness of ultrasound therapy at the ST11 for regulation of sympathetic hyperactivity.

Methods Forty healthy adult subjects were assigned to experimental group and control group. After taking mental stress, ultrasound therapy was applied at the ST11 in experimental group and sham-ultrasound therapy was applied in control group. The evaluation of sympathetic activity was measured by blood pressure, pulse rate, and heart rate variability at 3 times (Time 1: before the stress stimulation, Time 2: after the stress stimulation, Time 3: after the intervention). The primary end point was consisted of normalized (norm) low frequency (LF)/high frequency (HF) ratio, LF (norm), HF (norm). The secondary end point was consisted of systolic blood pressure, diastolic blood pressure, pulse rate, mean heart rate, standard deviation of NN intervals, root mean square of the successive differences, total power (log).

Results After the stress stimulation, all subjects showed sympathetic hyperactivity. After the intervention, the experimental group showed lower sympathetic activity than the control group. Comparing the Time 3 and Time 1, the experimental group showed no significantly differences in sympathetic activity while the control group showed higher sympathetic activity in Time 3 than Time 1. Comparing the Time 3 and Time 2, the experimental group showed lower sympathetic activity in Time 3 than Time 2 while the control group showed higher sympathetic activity in Time 3 than Time 2.

Conclusions We suggest that the ultrasound therapy at ST11 can decrease sympathetic activity in sympathetic hyperactivity condition. (**J Korean Med Rehabil 2023; 33(4):167-184**)

Key words Sympathetic nervous system, Heart rate variability, Ultrasonic therapy, ST11 (Qishe)

서론»»»»

혈위 초음파요법은 한방물리요법으로 인체의 심부에 온열자극을 가해 기혈순환을 촉진시켜 전신의 균형 조절 및 기능 향상을 가져올 수 있으며, 초음파 에너지의 온열효과와 더불어 혈위의 선택을 통해 신체의 불균형 질환에 다양하게 활용할 수 있으므로 한의 임상에서 다양하게 활용할 수 있다¹⁾.

기사혈(氣舍穴, ST11)은 족양명위경(足陽明胃經)에 속하며 거풍활락(祛風活絡), 조기익원(調氣益原)하여 인체의 불균형을 바로 잡아 인두염, 소화불량, 구역질, 구토 등의 질환에 치료에 활용되어 왔다^{2,3)}. 혈위(穴位)는 목 부위에 있는 인영혈(人迎穴, ST9) 바로 아래 쇄골 안쪽 끝머리의 위가장자리에 자리하고, 목 앞쪽 부위의 작은빗장위오목, 빗장뼈복장끝의 위쪽, 목빗근의 빗장뼈머리와 복장뼈머리 사이의 오목한 곳에서 취혈할 수 있다^{2,3)}. 따라서 기사혈은 성상신경절(stellate ganglion)과 해부학적 위치적 유사성을 지닌다⁴⁾.

한편 성상신경절은 하경 교감신경절(inferior cervical ganglion)과 제1흉부 교감신경절(first thoracic ganglion)의 완전 혹은 부분적인 결합으로 형성되는 신경절이다⁴⁾. 성상신경절에 대한 치료의 방법으로는 신경차단술(nerve block)⁵⁾, 경피 전기 자극요법(transcutaneous electrical therapy, TENS)⁶⁾, 저출력 레이저요법(low-level laser therapy)⁷⁾, 선형 편광 근적외선요법(linearly polarized near-infrared, LPNIR)⁸⁾, 저강도 펄스형 초음파요법(low intensity pulsed ultrasound wave, LIPUS)⁹⁻¹¹⁾ 등을 활용한 보고가 있으며, 선행 연구에서 이러한 치료들이 교감신경계 항진 질환에 대해 효과적일 수 있음이 밝혀져 왔다.

한의 치료를 교감신경계 항진 질환에 활용한 선행 연구로는 신문(神門, HT7)에 대한 자침이 정상인의 스트레스 상황에서 항진된 교감신경을 억제할 수 있다는 Kang과 Kim¹²⁾의 연구, 미주신경 감각분지 분포영역의 자침이 정상인의 스트레스 상황에서 부교감신경의 활성을 증가시켜 자율신경계 균형을 이룰 수 있다는 An과 Keum¹³⁾의 연구가 있다. 기사혈이 해부학적으로 성상신경절과 위치적 유사성이 있다는 점과 기사혈에 대한 치료가 인체의 불균형을 바로 잡는다는 점을 고려할 때^{2,4)}, 교감신경 항진 상태에 기사혈을 치료에 활용하면

효과가 있을 것으로 생각되었다. 그러나 그동안 이에 대한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 기사혈에 혈위 초음파요법을 적용하여 교감신경계에 미치는 영향을 관찰하고 그 연관성을 탐구하고자 한다.

대상 및 방법»»»»

1. 연구 대상

2022년 5월 20일부터 2022년 9월 20일까지 동국대학교 분당한방병원에 자발적으로 임상시험에 참여 의사를 밝힌 자들 중 만 19세 이상부터 만 60세 이하까지의 기저질환이 없는 건강한 성인을 대상으로 하였다. 모든 피험자들은 연구의 목적 및 배경, 임상시험 참여에서 종료 시까지의 모든 검사 및 절차, 예견되는 부작용 가능성, 연구참여의 제한 등에 대한 설명을 충분히 듣고 연구 동의서에 자발적으로 서명하였다. 본 연구는 동국대학교 분당한방병원 기관윤리심의위원회(institutional review board, IRB)의 심의 승인을 받은 후 수행되었다(DUBOH IRB No. 2022-0007).

1) 선정 기준

자발적으로 참여 의사를 밝힌 기저질환이 없는 만 19세 이상 만 60세 이하의 건강한 인을 대상으로 하였다. 또한 최근 3개월간 특이 질환을 진단 받은 적이 없고, 최근 2주 이내에 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용한 적이 없으며, 연구의 내용을 이해하고 자발적으로 임상시험 참여에 동의한 자를 대상으로 하였다.

2) 제외 기준

시험 12시간 이내 흡연을 하거나 음주를 한 자, 카페인이 포함된 음료를 섭취한 자, 임산부 및 모유 수유부, 기타 신체적인 문제로 연구에 정상적인 참여가 불가능하다고 판단되는 자는 연구 대상에서 제외하였다.

3) 대상자 수

표본의 크기는 G*Power 3.1 프로그램을 사용하여 계산하였다¹⁴⁾. 통계의 방법은 independent t-test를 선택하였

고, Effect size d 값은 Nacitarhan 등¹⁰⁾의 선행연구에서 제시한 자율신경평가 지표의 변화를 기준으로 1.019662으로 입력하였고, 유의수준(α)은 0.05, 검정력($1-\beta$)은 0.8, Allocation ratio $N2/N1$ 은 1값을 입력하여 계산하였다. 그 결과 대상자 수는 총 34명으로 계산되었다. 탈락률 10% 정도를 고려하여 전체 대상자 수를 40명으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 연구 설계

본 연구는 기사혈에 혈위 초음파요법을 적용하였을 때 교감신경계에 대한 조절 효과를 검증하기 위해서 수행한 무작위 대조군 연구로, 실험군은 기사혈에 혈위 초음파요법을 적용한 군, 대조군은 기사혈에 Sham-혈위 초음파요법을 적용한 군으로 설정하였다. 선정된 연구 대상자들은 blocked randomization (blocked size=4)을 통해 동일한 비율로 실험군과 대조군에 배정되었다. 실험이 종료될 때까지 어느 군에 배정되었는지 알려주지 않고 실험을 진행하는 단일 맹검으로 하였다.

피험자들은 단회 방문하였고, 다음과 같은 순서로 연구가 진행되었다. 먼저 앙와위에서 5분간 안정을 취하게 하여, 실험 장소에 대해 적응하도록 하였다. 교감신경계 기능을 평가하기 위해 혈압, 맥박 검사 및 심박변이

도(heart rate variability, HRV) 검사를 시행하였다(Time 1). 이후 정신적 스트레스를 유발시키기 위한 스트레스 자극 후 두 번째 혈압, 맥박 검사 및 HRV 검사를 시행하였다(Time 2). 이후 배정된 군에 따라 대조군은 양측 기사혈에 sham-혈위 초음파요법을 시행하였고, 실험군은 양측 기사혈에 혈위 초음파요법을 시행한 후 세 번째 혈압, 맥박 검사 및 HRV 검사를 시행하였다(Time 3) (Fig. 1).

2) 교감신경계 기능 평가 방법

(1) 혈압과 맥박의 측정

피험자는 앙와위로 누운 자세에서 오른쪽 팔 위팔부에 스트랩을 묶어 자동혈압계로 systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) 및 pulse rate (PR)를 측정하였다.

(2) HRV의 측정

HRV의 측정은 digital pulsewave analyzer (DPA 100E; (주)메리디안)를 이용하였다. 피험자들은 앙와위로 누워 오른쪽 두 번째 손가락에 집게를 연결한 뒤 약 5분간 검사를 시행 받았으며, 검사 중 수면을 취하거나 움직이거나 말을 하는 행위를 하지 않도록 하였다. HRV 검사의 지표로는 평균심박수(mean heart rate, MHR), standard deviation of NN intervals (SDNN), root mean square of the successive differences (RMSSD), total power

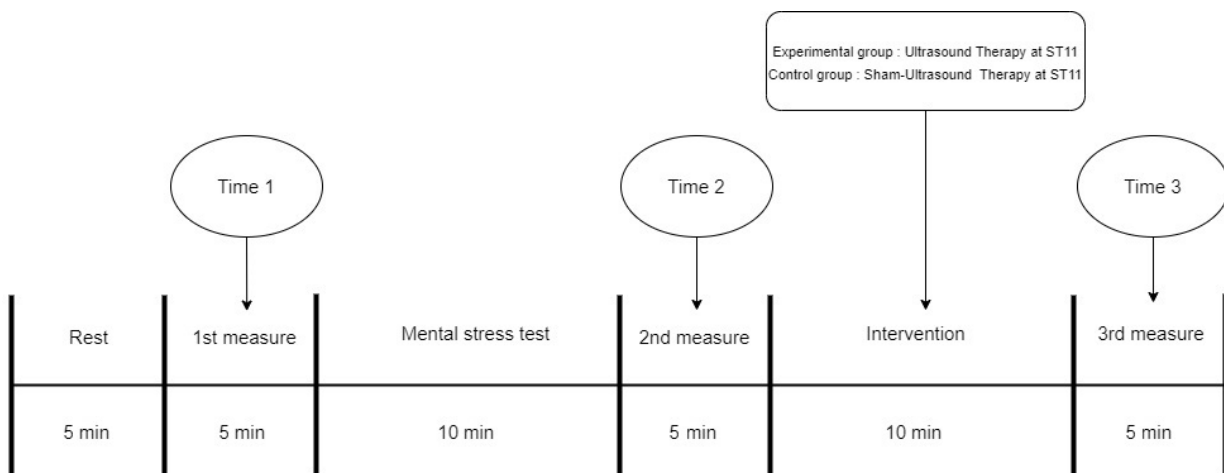


Fig. 1. Sequence of experiment. Subjects were conducted 3 times of measure which was consisted of blood pressure measure, pulse rate measure, heart rate variability (HRV) measure. Each measure was taken for 5 minutes. 1st measure (Time 1) was conducted before mental stress test, 2nd measure (Time 2) was conducted after mental stress test. 3rd measure (Time 3) was conducted after the intervention. At the intervention, the Experimental group was treated by ultrasound therapy at ST11 while the Control group was treated by sham-ultrasound therapy at ST11.

(TP) (log), nomralized (norm) low frequency (LF), norm high frequency (HF), LF/HF ratio를 측정하였다¹⁵⁾.

3) 정신적 스트레스 유발 방법

선행 연구에서 사용한 메트로놈 주의 분산 방법¹²⁾, mental arithmetic task¹⁶⁾, stroop color word task¹⁷⁾ 방법들을 이용하여 정신적 스트레스를 유발하였다.

(1) 메트로놈 주의 분산 방법¹²⁾

mental arithmetic task, stroop color word task가 진행되는 10분간의 스트레스 유발시험 동안 메트로놈을 이용하여 120회/min의 속도로, 매 3회 마다 1회의 alarm이 울리도록 조작하여 주의 집중을 어렵게 하였다.

(2) Mental arithmetic task¹⁶⁾

5분 동안 피험자에게 1,079에서 13을 연속적으로 빼도록 지시하였으며, 계산은 필기구나 전자기기의 활용 없이 암산을 하여 7초 안에 정답을 말하도록 지시하였다. 제한 시간 내 답을 말하지 못하거나 오답을 말한 경우 정답을 알려주고 다음 암산을 진행하였다. 제한 시간 내에 완료한 경우 다시 1,079에서 13을 빼도록 반복하였다.

(3) Stroop color task¹⁷⁾

Mental arithmetic task가 끝난 이후 즉시 stroop color task를 진행하였다. 5분 동안 피험자에게 ‘노랑’, ‘초록’, ‘빨강’, ‘파랑’의 색상을 가리키는 네 가지 글자에 실제 색상을 다르게 입힌 글자를 보여주고 글자의 색상을 맞추도록 하였다. 제한 시간을 설정하여 5초 안에 정답을 말하도록 지시하여 적절한 스트레스 자극이 가해지도록 하였고, 재촉하며 정답을 맞힐 때까지 기다리고, 정답을 맞혀야 다음 문제로 넘어가도록 하였다.

4) 중재 방법

초음파자극기(CM-7000V; I.B.I)를 중재에 활용하였고, 초음파 주파수는 1.2 MHz±10%로 출력되었다. 기존의 초음파를 활용한 치료에 대한 연구^{10,11)}에서 사용한 방법을 참고하여 실험군에는 혈위 초음파요법을, 대조군에는 sham-혈위 초음파요법을 시행하였다.

숙련된 한의사가 양측 기사혈을 취혈하여 실험군과 대조군에 각각 혈위 초음파요법 및 sham-혈위 초음파요법을 시행하였다. 기사혈의 취혈은 피험자가 앙와위 상태에서 제7경추 횡돌기와 제1흉추 횡돌기 사이의 높

이에 있는 양측 쇄골의 내측단에서 흉쇄유돌근을 외측으로 밀어내어 취혈하였다. 피험자의 양측 기사혈에 초음파 겔을 도포 후 초음파 프로브를 고정하였다. 실험군은 조사 출력을 1 W/cm²로 하여 좌측에 먼저 5분씩 실시 이후 우측에 5분씩 실시하였다. 대조군은 초음파 기계의 전원을 켜지 않은채 초음파 프로브를 실험군과 동일한 부위 및 순서로 동일 시간 고정하였다.

3. 자료분석 및 통계방법

1) 자료분석

본 연구는 기사혈에 대한 혈위 초음파요법이 교감신경계에 미치는 영향을 알아보고자 한 것으로, 1차 평가변수를 교감신경계의 활성도를 반영하는 LF/HF ratio, LF (norm), HF(Norm)으로 설정하였다. LF와 HF는 각각 심장의 동방결절에 대한 교감신경과 부교감신경성 조절을 반영하며^{15,18)}, 본 연구에서는 전체 TP에 대한 비율로 norm LF, norm HF 측정값을 활용하였다. LF/HF ratio는 교감신경과 부교감신경의 전체적인 균형정도를 반영하여 자율신경계의 균형도를 평가하는 데 가장 많이 활용되는 지표로^{15,18)}, 0.67 이하로 측정되는 경우를 부교감신경 과항진, 1.5 이상으로 측정되는 경우를 교감신경 과항진으로 판단하기도 한다¹⁹⁾.

2차 평가변수는 교감신경계의 활성도에 영향을 받는 SBP, DBP, PR, MHRT, SDNN, RMSSD, TP로 설정하였다. 교감신경이 항진될 경우 barosensitive sympathetic efferent가 활성화되어 SBP, DBP, PR을 모두 증가시킬 수 있다²⁰⁾. MHRT는 HRV 측정이 진행되는 약 5분간의 측정 시간 동안 심박수의 평균값을 계산한 것으로 교감신경이 활성화 될수록 증가한다^{15,18)}. SDNN은 검사가 진행되는 약 5분간의 전체 RR 간격의 표준편차값을 계산한 것으로, SDNN의 증가는 생리적 저항의 활성으로 해석할 수 있다^{15,18)}. RMSSD는 인접한 NN 간격의 차이에 대한 제곱의 합의 평균값에 제곱근을 표현한 것으로, 심장에서의 부교감신경성 조절을 반영하는 지표이다^{15,18)}. TP는 전체 주파수 영역대의 강도를 반영하는 지표로 SDNN과 같이 신체의 생리적 저항 활성을 반영한다^{15,18)}.

2) 통계방법

피험자로부터 얻은 측정값은 SPSS 21.0 for window (IBM Corp.)를 사용하여 처리하였다. 각 시점별(Time 1, Time 2, Time 3) 측정값을 평균±표준편차로 표시하였다. 각 측정값에 대해 단일군 내 시점별 차이, 동일 시점 내 양군 간의 차이에 대한 통계적 검정을 실시하였다. 단일군 내에서 시점별 차이는 각 측정값의 정규성 검정을 실시하였고, 정규성을 만족시키는 경우 paired t-test, 정규성을 만족시키지 않는 경우는 Wilcoxon signed rank test를 시행하였다. 실험군, 대조군 사이의 비교는 정규성을 만족시키는 경우는 independent t-test를 시행하였고, 정규성을 만족시키지 않는 경우 Mann-Whitney U-test를 이용하여 통계적 검정을 수행하였다. Paired t-test, Wilcoxon signed rank test, independent t-test, Mann-Whitney U-test의 통계적 신뢰도는 95%로 설정하였다.

결과»»»»

1. 연구 대상자들의 일반적 특성

총 40명의 피험자가 모집되었으며, 피험자들은 동일한 비율로 실험군과 대조군으로 배정되어 각각 20명씩 두 군에 무작위로 배정되었다(Fig. 2). 전체 피험자들의 평균 연령은 34.8±1.75세로 남성이 16명, 여성이 24명이었다. 대조군 20명의 평균 연령은 34.2±2.42세로 남성이 5명, 여성이 15명이었으며, 실험군 20명의 평균 연령은 35.4±2.56세로 남성이 11명, 여성이 9명이었다. 두 군 사이의 평균 연령 및 성별은 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(Table I).

2. 전체 피험자의 스트레스 자극 전(Time 1)과 스트레스 자극 후(Time 2)의 측정값 비교

1) 1차 평가 변수

전체 피험자의 LF/HF ratio는 Time 1에서 1.13±1.03,

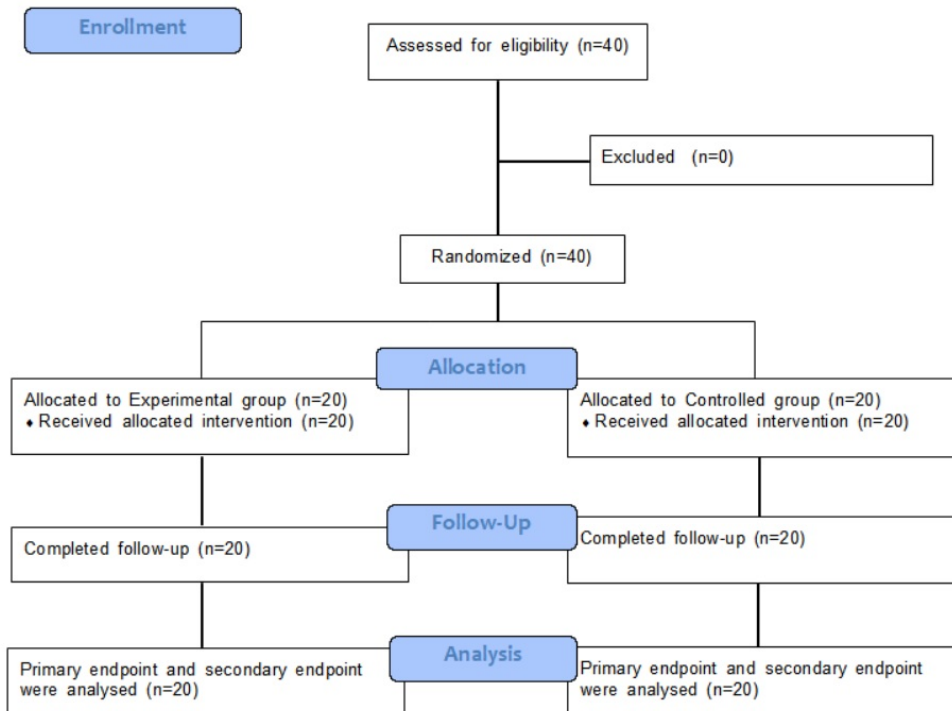


Fig. 2. CONSORT flow diagram representing the process of this study composed of enrollment, allocation, follow-up and analysis.

Table I. General Characteristics of the Subjects

Parameter	Total (n=40)	Control (n=20)	Experimental (n=20)	p-value
Age (yr)	34.8±1.75	34.2±2.42	35.4±2.56	0.841
Sex				0.105
Male	16 (40.0)	5 (25.0)	11 (55.0)	
Female	24 (60.0)	15 (75.0)	9 (45.0)	

Values are presented as mean±standard deviation or number (%). Statistical significances of age between two groups was calculated by Mann-Whitney test. Statistical significances of sex between two groups was calculated by chi-square test.

Table II Change of Primary Endpoint Values in Total Subjects between Time 1 and Time 2

Parameter	Time 1	Time 2	p-value
LF/HF ratio*	1.13±1.03	1.71±1.43	0.000***
LF (norm)	46.81±15.72	57.22±13.78	0.000***
HF (norm)	53.20±15.72	42.79±15.77	0.000***

Values are presented as mean±standard deviation. Time 1 presents the value which was measured before the stress stimulation. Time 2 presents the value which was measured after the stress stimulation.

LF: low frequency, HF: high frequency, norm: normalized. *A ratio of LF to HF. ***p<0.001.

Time 2에서 1.71±1.43으로 유의미한 증가를 보였다(p=0.000). LF (norm)는 Time 1에서 46.81±15.72, Time 2에서 57.22±13.78로 유의미한 증가를 보였다(p=0.000). HF (norm)는 Time 1에서 53.20±15.72, Time 2에서 42.79±15.77로 유의미한 감소를 보였다(p=0.000) (Table II).

2) 2차 평가 변수

전체 피험자의 SBP는 Time 1에서 110.48±11.22 mmHg, Time 2에서 116.53±14.87 mmHg로 유의미한 증가를 보였다(p=0.001). DBP는 Time 1에서 68.83±7.70 mmHg, Time 2에서 72.15±9.15 mmHg로 유의미한 증가를 보였다(p=0.003). PR은 Time 1에서 66.68±10.99 rpm, Time 2에서 70.93±10.83 rpm으로 유의미한 증가를 보였다(p=0.001).

MHRT는 Time 1에서 68.95±10.92 bpm, Time 2에서 71.17±11.06 bpm으로 유의미한 변화가 없었다(p=0.070). TP (log)는 Time 1에서 7.69±1.16, Time 2에서 7.63±1.05로 유의미한 변화가 없었다(p=0.600). SDNN은 Time 1에서 64.72±63.88 msec, Time 2에서 56.32±31.03 msec

Table III Change of Secondary Endpoint Values in Total Subjects between Time 1 and Time 2

Parameter	Time 1	Time 2	p-value
SBP (mmHg)	110.48±11.22	116.53±14.87	0.001**
DBP (mmHg)	68.83±7.70	72.15±9.15	0.003**
PR (rpm)	66.68±10.99	70.93±10.83	0.001***†
MHRT (bpm)	68.95±10.92	71.17±11.06	0.070†
SDNN (msec)	64.72±63.88	56.32±31.03	0.368†
RMSSD (msec)	33.55±20.03	30.91±19.39	0.320†
TP (log)	7.69±1.16	7.63±1.05	0.600†

Values are presented as mean±standard deviation. Time 1 presents the value which was measured before the stress stimulation. Time 2 presents the value which was measured after the stress stimulation.

SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, PR: pulse rate, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of NN intervals, RMSSD: root mean square of the successive differences, TP: total power.

**p<0.01. †p-value was calculated by Wilcoxon signed rank test.

로 유의미한 변화가 없었다(p=0.368). RMSSD는 Time 1에서 33.55±20.03 msec, Time 2에서 30.91±19.39 msec로 유의미한 변화가 없었다(p=0.320) (Table III).

3. 중재 후(Time 3)의 실험군, 대조군 간 측정값 비교

1) 1차 평가 변수

중재 후(Time 3) LF/HF ratio에서 실험군은 1.24±1.15, 대조군은 2.42±1.83으로 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(p=0.000). LF (norm)에서 실험군은 49.98±15.29, 대조군은 65.32±12.80으로 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(p=0.001). HF (norm)에서는 실험군이 51.02±14.83, 대조군이 34.68±12.80으로 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(p=0.001) (Table IV).

2) 2차 평가 변수

중재 후(Time 3) SBP는 실험군에서 107.50±11.75 mmHg, 대조군은 110.45±14.71 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.448). DBP는 실험군에서 68.50±8.27 mmHg, 대조군에서 70.10±10.64 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.599). PR은 실험군에서 65.35±

Table IV. Values of Primary Endpoint in Control and Experimental Group at Time 3

Parameter	Experimental	Control	p-value
LF/HF ratio*	1.24±1.15	2.42±1.83	0.000***†
LF (norm)	49.98±15.29	65.32±12.80	0.001**
HF (norm)	51.02±14.83	34.68±12.80	0.001**

Values are presented as mean±standard deviation. Time 3 presents the value which was measured after the intervention. LF: low frequency band, HF: high frequency band, norm: normalized.

*A ratio of LF to HF. **p<0.01, ***p<0.001. †p-values were calculated by Mann-Whitney test.

Table V. Values of Secondary Endpoint in Control and Experimental Group at Time 3

Parameter	Experimental	Control	p-value
SBP (mmHg)	107.50±11.75	110.45±14.71	0.488
DBP (mmHg)	68.50±8.27	70.10±10.64	0.599
PR (rpm)	65.35±11.27	67.20±11.19	0.495*
MHRT (bpm)	66.46±9.44	69.06±11.85	0.448
SDNN (msec)	55.39±24.54	64.20±50.66	0.989*
RMSSD (msec)	31.66±20.83	33.53±15.47	0.495*
TP (log)	7.65±1.12	7.96±1.31	0.758*

Values are presented as mean±standard deviation. Time 3 presents the value which was measured after the intervention. SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, PR: pulse rate, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of NN intervals, RMSSD: root mean square of the successive differences, TP: total power.

*p-values were calculated by Mann-Whitney test.

11.27 rpm, 대조군에서 67.20±11.19 rpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.495).

MHRT는 실험군에서 66.46±9.44 bpm, 대조군은 69.06±11.85 bpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.448). SDNN은 실험군에서 55.39±24.54 msec, 대조군에서 64.20±50.66 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.989). RMSSD는 실험군에서 31.66±20.83 msec, 대조군에서 33.53±15.47 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.495). TP (log)는 실험군에서 7.65±1.12, 대조군에서 7.96±1.31로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.758) (Table V).

4. 각 시점별 실험군, 대조군 내 측정값 비교

동일군 내에서 중재 후(Time 3)의 측정값과 스트레스 자극 전(Time 1)의 측정값을 비교하였고, 중재 후(Time 3)의 측정값과 스트레스 자극 후(Time 2)의 측정값을 비교하였다.

1) 중재 후(Time 3)의 측정값과 스트레스 자극 전(Time 1)의 측정값 비교

(1) 1차 평가 변수

실험군 내에서는 LF/HF ratio의 측정값이 Time 3에서 1.24±1.15, Time 1에서 1.05±0.77로 두 시점 사이에 유의미한 차이가 없었다(p=0.091). LF (norm)의 측정값은 Time 3에서 49.98±15.29, Time 1에서 46.32±15.16으로 두 시점 사이에 유의미한 차이가 없었다(p=0.268). HF (norm)의 측정값은 Time 3에서 51.02±14.83, Time 1에서 53.69±15.15로 두 시점 사이에 유의미한 차이가 없었다(p=0.268) (Table VI, Fig. 3).

대조군 내에서는 LF/HF ratio의 측정값이 Time 3에서 2.42±1.83, Time 1에서 1.22±1.26으로 두 시점 사이에 유의미한 차이가 있었다(p=0.000). LF (norm)의 측정값은 Time 3에서 65.32±12.80, Time 1에서 47.30±16.64로 두 시점 사이에 유의미한 차이가 있었다(p=0.000). HF (norm)의 측정값은 Time 3에서 34.68±12.80, Time 1에서 52.70±16.64로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(p=0.000) (Table VI, Fig. 3).

(2) 2차 평가 변수

실험군 내에서는 SBP의 측정값이 Time 3에서 107.50±11.75 mmHg, Time 1에서 111.75±11.18 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(p=0.000). DBP의 측정값은 Time 3에서 68.50±8.27 mmHg, Time 1에서 68.40±6.62로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.926). PR의 측정값은 Time 3에서 65.35±11.27 rpm, Time 1에서 66.40±11.57 rpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.590).

실험군 내에서는 MHRT의 측정값이 Time 3에서 66.46±9.44 bpm, Time 1에서 69.55±11.25 bpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(p=0.001). SDNN의 측정값은 Time 3에서 55.39±24.54 msec, Time 1에서 77.16±81.43 msec

Table VI. Values of Primary Endpoint in Control and Experimental Group at Each Time

Parameter		Experimental	Control	p-value comparing with Time 3 values	
				p-value (experimental)	p-value (control)
LF/HF (ratio)*	Time 1	1.05±0.77	1.22±1.26	0.091 [†]	0.000 ^{***}
	Time 2	1.78±1.31	1.65±1.58	0.000 ^{***†}	0.001 ^{**}
	Time 3	1.24±1.15	2.42±1.83	-	-
LF (norm)	Time 1	46.32±15.16	47.30±16.64	0.268	0.000 ^{***}
	Time 2	58.34±14.91	56.09±12.82	0.000 ^{***}	0.001 ^{**}
	Time 3	49.98±15.29	65.32±12.80	-	-
HF (norm)	Time 1	53.69±15.15	52.70±16.64	0.268	0.000 ^{***}
	Time 2	41.66±14.91	43.91±12.82	0.004 ^{**†}	0.001 ^{**}
	Time 3	51.02±14.83	34.68±12.80	-	-

Values are presented as mean±standard deviation. Time 1 presents the value which was measured before the stress stimulation. Time 2 presents the value which was measured after the stress stimulation. Time 3 presents the value which was measured after the intervention.

LF: low frequency band, HF: high frequency band, norm: normalized.

*A ratio of LF to HF. **p<0.01, ***p<0.001. †p-values were calculated by Wilcoxon signed rank test.

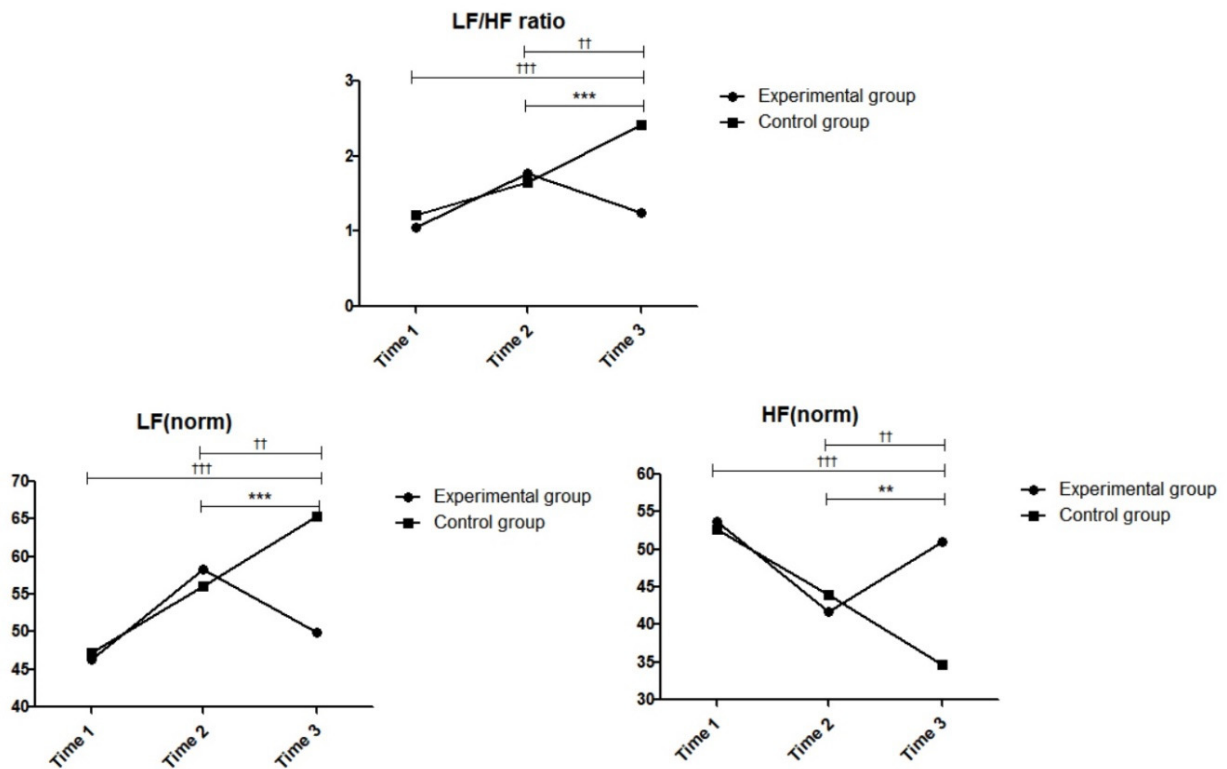


Fig. 3. Measured values of the primary end point at each time in experimental group and control group. Time 1 presents the value which was measured before the stimulation. Time 2 presents the value which was measured after the stress stimulation. Time 3 presents the value which was measured after the intervention. Measured values of Time 3 was compared with the values Time 1 and Time 2. LF: low frequency, HF: high frequency, norm: normalized. p-value means the significant difference within experimental group; **p<0.01, ***p<0.001. p-value means the significant difference within control group; †p<0.05, ††p<0.01, †††p<0.001.

로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.778$). RMSSD의 측정값은 Time 3에서 31.66 ± 20.83 msec, Time 1에서 34.40 ± 18.19 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.533$) (Table VII, Fig. 4).

대조군 내에서는 SBP의 측정값이 Time 3에서 110.45 ± 14.71 mmHg, Time 1에서 109.20 ± 11.39 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.000$). DBP의 측정값은 Time 3에서 70.10 ± 10.64 mmHg, Time 1에서 69.25 ± 8.80 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.732$). PR의 측정값은 Time 3에서 67.20 ± 11.19 rpm, Time 1에서 66.95 ± 10.68 rpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.343$).

대조군 내에서는 MHRT의 측정값이 Time 3에서 69.06 ± 11.85 bpm, Time 1에서 68.35 ± 10.84 bpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.337$). SDNN의 측정값은 Time 3에서 64.20 ± 50.66 msec, Time 1에서 52.29 ± 37.68 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.003$). RMSSD의 측정값은 Time 3에서 33.53 ± 15.47 msec, Time 1에서 32.70 ± 22.15 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.450$). TP (log)의 측정값은 Time 3에서 7.96 ± 1.31 , Time 1에서 7.49 ± 1.12 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.000$) (Table VII, Fig. 4).

Table VII. Values of Secondary Endpoint in Control and Experimental Group at Each Time

Parameter		Experimental	Control	p-value comparing with Time 3 values	
				p-value (experimental)	p-value (control)
SBP (mmHg)	Time 1	111.75±11.18	109.20±11.39	0.000***	0.000***
	Time 2	120.55±14.27	112.50±14.71	0.000***	0.001**
	Time 3	107.50±11.75	110.45±14.71	-	-
DBP (mmHg)	Time 1	68.40±6.62	69.25±8.80	0.926	0.732†
	Time 2	74.10±8.56	70.20±9.52	0.005**	0.348†
	Time 3	68.50±8.27	70.10±10.64	-	-
PR (rpm)	Time 1	66.40±11.57	66.95±10.68	0.590	0.343†
	Time 2	72.15±9.97	69.70±11.75	0.004**	0.048*
	Time 3	65.35±11.27	67.20±11.19	-	-
MHRT (bpm)	Time 1	69.55±11.25	68.35±10.84	0.001***†	0.337
	Time 2	72.11±9.83	70.22±12.35	0.000****	0.391†
	Time 3	66.46±9.44	69.06±11.85	-	-
SDNN (msec)	Time 1	77.16±81.43	52.29±37.68	0.778†	0.003***†
	Time 2	56.07±25.16	55.57±36.65	0.843	0.191
	Time 3	55.39±24.54	64.20±50.66	-	-
RMSSD (msec)	Time 1	34.40±18.19	32.70±22.15	0.533†	0.450
	Time 2	29.22±13.47	32.60±24.17	0.057	0.513
	Time 3	31.66±20.83	33.53±15.47	-	-
TP (log)	Time 1	7.89±1.20	7.49±1.12	0.687†	0.000***
	Time 2	7.71±1.04	7.54±1.07	0.526†	0.031*
	Time 3	7.65±1.12	7.96±1.31	-	-

Values are presented as mean±standard deviation. Time 1 presents the value which was measured before the stress stimulation. Time 2 presents the value which was measured after the stress stimulation. Time 3 presents the value which was measured after the intervention.

SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, PR: pulse rate, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of NN intervals, RMSSD: root mean square of the successive differences, TP: total power.

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$. †p-values were calculated by Wilcoxon signed rank test.

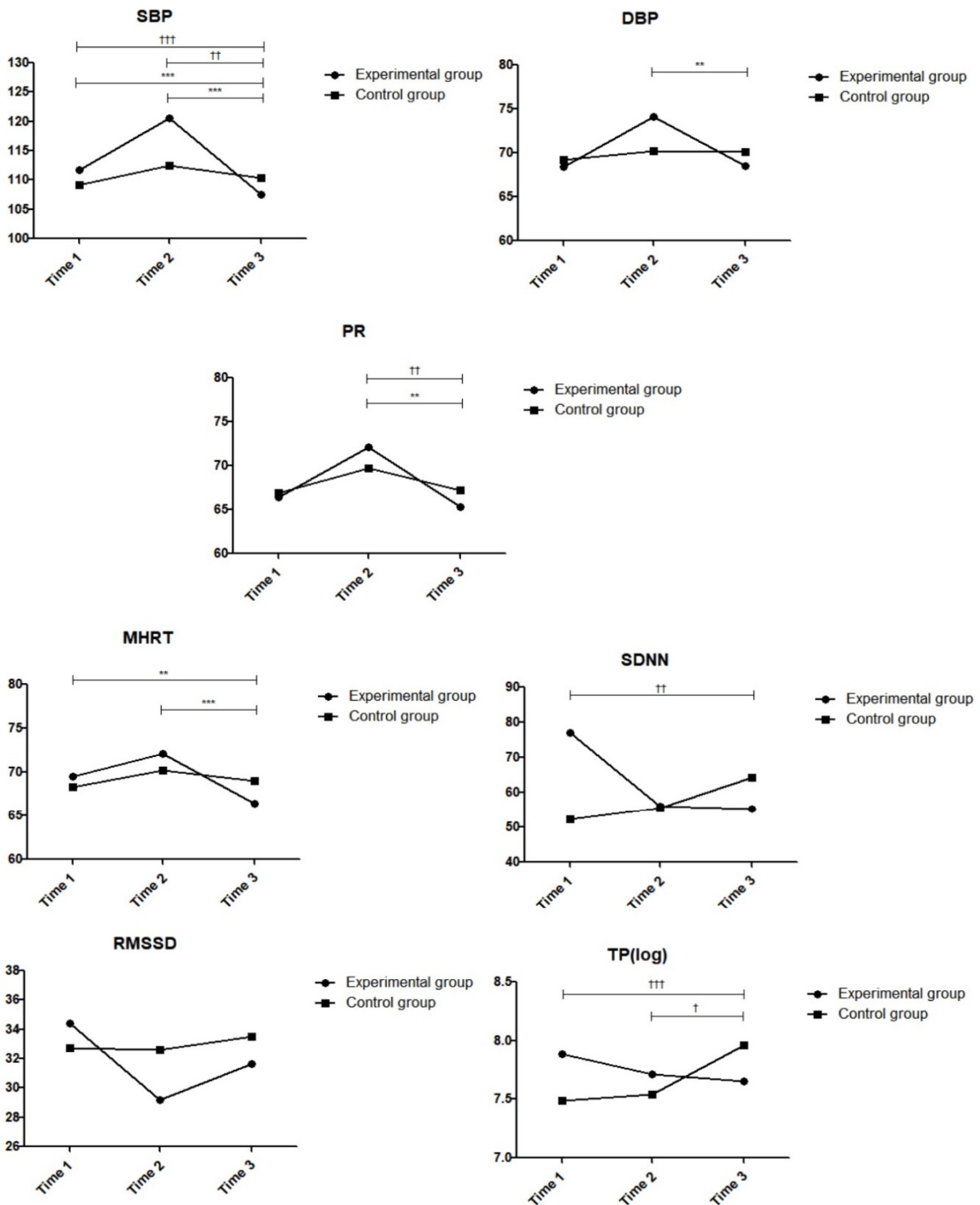


Fig. 4. Measured values of the secondary end point at each time in experimental group and control group. Time 1 presents the value which was measured before the stimulation. Time 2 presents the value which was measured after the stress stimulation. Time 3 presents the value which was measured after the intervention. Measured values of Time 3 was compared with the values Time 1 and Time 2. SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, PR: pulse rate, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of NN intervals, RMSSD: root mean square of the successive differences, TP: total power. p-value means the significant difference within experimental group; **p<0.01, ***p<0.001. †p-value means the significant difference within control group (p<0.05); ††p<0.01, †††p<0.001.

2) 중재 후(Time 3)의 측정값과 스트레스 자극 후 (Time 2)의 측정값 비교

(1) 1차 평가 변수

실험군 내에서는 LF/HF ratio 측정값이 Time 3에서 1.24 ± 1.15 , Time 2에서 1.78 ± 1.31 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.000$). LF (norm)의 측정값은 Time 3에서 49.98 ± 15.29 , Time 2에서 58.34 ± 14.91 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.000$). HF (norm)의 측정값은 Time 3에서 51.02 ± 14.83 , Time 2에서 41.66 ± 14.91 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.004$) (Table VI, Fig. 3).

대조군 내에서는 LF/HF ratio 측정값이 Time 3에서 2.42 ± 1.83 , Time 2에서 1.65 ± 1.58 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.001$). LF (norm)의 측정값은 Time 3에서 65.32 ± 12.80 , Time 2에서 56.09 ± 12.82 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.001$). HF (norm)의 측정값이 Time 3에서 34.68 ± 12.80 , Time 2에서 43.91 ± 12.82 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.001$) (Table VI, Fig. 3).

(2) 2차 평가 변수

실험군 내에서는 SBP의 측정값이 Time 3에서 107.50 ± 11.75 mmHg, Time 2에서 120.55 ± 14.27 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.000$). DBP의 측정값이 Time 3에서 68.50 ± 8.27 mmHg, Time 2에서 74.10 ± 8.56 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.005$). PR의 측정값은 Time 3에서 65.35 ± 11.27 rpm, Time 2에서 72.15 ± 9.97 rpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.004$).

실험군 내에서는 MHRT의 측정값이 Time 3에서 66.46 ± 9.44 bpm, Time 2에서 72.11 ± 9.83 bpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.000$). SDNN의 측정값은 Time 3에서 55.39 ± 24.54 msec, Time 2에서 56.07 ± 25.16 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.843$). RMSSD의 측정값은 Time 3에서 31.66 ± 20.83 msec, Time 2에서 29.22 ± 13.47 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.057$). TP (log)의 측정값은 Time 3에서 7.65 ± 1.12 , Time 2에서 7.71 ± 1.04 로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.526$) (Table VII, Fig. 4).

대조군 내에서는 SBP의 측정값이 Time 3에서 $110.45 \pm$

14.71 mmHg, Time 2에서 112.50 ± 14.71 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.001$). DBP의 측정값은 Time 3에서 70.10 ± 10.64 mmHg, Time 2에서 70.20 ± 9.52 mmHg로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.348$). PR의 측정값은 Time 3에서 67.20 ± 11.19 rpm, Time 2에서 69.70 ± 11.75 rpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.048$).

대조군 내에서는 MHRT의 측정값이 Time 3에서 69.06 ± 11.85 bpm, Time 2에서 70.22 ± 12.35 bpm으로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.391$). SDNN의 측정값은 Time 3에서 64.20 ± 50.66 msec, Time 2에서 55.57 ± 36.65 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.191$). RMSSD의 측정값은 Time 3에서 33.53 ± 15.47 msec, Time 2에서 32.60 ± 24.17 msec로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다($p=0.513$). TP (log)의 측정값은 Time 3에서 7.96 ± 1.31 , Time 2에서 7.54 ± 1.07 로 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p=0.031$) (Table VII, Fig. 4).

5. 실험군, 대조군 간 측정값의 시점별 변화량 비교

중재 후(Time 3)의 측정값에서 스트레스 자극 전(Time 1)의 측정값을 뺀 값을 ΔTime3_1 , 중재 후(Time 3)의 측정값에서 스트레스 자극 후(Time 2)의 측정값을 뺀 값을 ΔTime3_2 로 설정하였고, ΔTime3_1 과 ΔTime3_2 에 대해 양군 간의 차이를 비교하였다.

1) 양군 간의 중재 후(Time 3)와 스트레스 자극 전 (Time 1)의 측정값 변화량(ΔTime3_1) 비교

(1) 1차 평가 변수

LF/HF ratio의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 0.20 ± 0.62 , 대조군에서 1.20 ± 1.00 로 실험군의 ΔTime3_1 값이 대조군의 ΔTime3_1 값보다 작았다($p=0.001$). LF (norm)의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 3.66 ± 10.63 , 대조군에서 18.02 ± 14.74 로 실험군의 ΔTime3_1 값이 대조군의 ΔTime3_1 값보다 작았다($p=0.001$). HF (norm)의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 -2.67 ± 10.47 , 대조군에서 -18.02 ± 14.74 로 실험군의 ΔTime3_1 값이 대조군의 ΔTime3_1 값보다 컸다($p=0.001$) (Table VIII).

Table VIII Changes of Primary Endpoint Values in Time 3 from Time 1 and Time 2

Parameter		Experimental	Control	Between group p-value
LF/HF ratio*	ΔTime3_1	0.20±0.62	1.20±1.00	0.001***†
	ΔTime3_2	-0.53±0.53	0.77±0.84	0.000***†
LF (norm)	ΔTime3_1	3.66±10.63	18.02±14.74	0.001**
	ΔTime3_2	-8.37±7.88	9.23±10.48	0.000***
HF (norm)	ΔTime3_1	-2.67±10.47	-18.02±14.74	0.001***†
	ΔTime3_2	9.36±8.00	-9.23±10.48	0.000***

Values are presented as mean±standard deviation. ΔTime3_1 presents the value which subtracted Time 1 value from Time 3 value. ΔTime3_2 presents the value which subtracted Time 2 value from Time 3 value.

LF: low frequency, HF: high frequency, norm: normalized.

*A ratio of LF to HF. **p<0.01, ***p<0.001. †p-values were calculated by Mann-Whitney test.

(2) 2차 평가 변수

SBP의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 -4.25±5.89, 대조군에서 1.25±10.25로 실험군의 ΔTime3_1 값이 대조군의 ΔTime3_1 값보다 작았다(p=0.044). DBP의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 0.10±4.75, 대조군에서 0.85±7.93이며 실험군의 ΔTime3_1 값과 대조군의 ΔTime3_1 값 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(p=0.659). PR의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 -1.05±8.57, 대조군에서 0.25±9.85이며 실험군의 ΔTime3_1 값과 대조군의 ΔTime3_1 값 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(p=0.947).

MHRT의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 -3.09±5.56, 대조군에서 0.71±3.22로 실험군의 ΔTime3_1 값이 대조군의 ΔTime3_1 값보다 작았다(p=0.001). SDNN의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 -21.76±88.91, 대조군에서 11.91±19.35로 실험군의 ΔTime3_1 값과 대조군의 ΔTime3_1 값 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.056). RMSSD의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 -0.86±18.88, 대조군에서 -1.05±6.06으로 실험군의 ΔTime3_1 값과 대조군의 ΔTime3_1 값 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.174). TP (log)의 ΔTime3_1 값은 실험군에서 -0.24±1.84, 대조군에서 0.47±0.44로 실험군의 ΔTime3_1 값이 대조군의 ΔTime3_1 값보다 작았다(p=0.021) (Table IX).

2) 양군 간의 중재 후(Time 3)와 스트레스 자극 후 (Time 2)의 측정값 변화량(ΔTime3_2) 비교

(1) 1차 평가 변수

LF/HF ratio의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -0.53±0.53, 대조군에서 0.77±0.84로 실험군의 ΔTime3_2 값이 대조

군의 ΔTime3_2 값보다 작았다(p=0.000). LF (norm)의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -8.37±7.88, 대조군에서 9.23±10.48로 실험군의 ΔTime3_2 값이 대조군의 ΔTime3_2 값보다 작았다(p=0.000). HF (norm)의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 9.36±8.00, 대조군에서 -9.23±10.48로 실험군의 ΔTime3_2 값이 대조군의 ΔTime3_2 값보다 컸다(p=0.000) (Table VIII).

(2) 2차 평가 변수

SBP의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -13.05±10.61, 대조군에서 -2.05±9.58로 실험군의 ΔTime3_2 값이 대조군의 ΔTime3_2 값보다 작았다(p=0.001). DBP의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -5.60±7.90, 대조군에서 -0.10±9.56이며 실험군의 ΔTime3_2 값이 대조군의 ΔTime3_2 값 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(p=0.086). PR의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -6.80±9.22, 대조군에서 -2.50±5.28이며 실험군의 ΔTime3_2 값과 대조군의 ΔTime3_2 값 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(p=0.080).

MHRT의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -5.65±5.96, 대조군에서 -1.17±4.06으로 실험군의 ΔTime3_2 값이 대조군의 ΔTime3_2 값보다 작았다(p=0.007). SDNN의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -0.68±15.12, 대조군에서 7.63±25.14로 실험군의 ΔTime3_2 값과 대조군의 ΔTime3_2 값 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p=0.369). RMSSD의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 4.31±9.52, 대조군에서 -0.94±6.33으로 실험군의 ΔTime3_2 값이 대조군의 ΔTime3_2 값보다 컸다(p=0.047). TP (log)의 ΔTime3_2 값은 실험군에서 -0.06±0.99, 대조군에서 0.43±0.82로 실험군의 ΔTime3_2 값과 대조군의 ΔTime3_2 값 사이에

Table IX. Changes of Secondary Endpoint Values in Time 3 from Time 1 and Time 2

Parameter		Experimental	Control	Between group p-value
SBP (mmHg)	ΔTime3_1	-4.25±5.89	1.25±10.25	0.044 [†]
	ΔTime3_2	-13.05±10.61	-2.05±9.58	0.001 ^{**}
DBP (mmHg)	ΔTime3_1	0.10±4.75	0.85±7.93	0.659 [†]
	ΔTime3_2	-5.60±7.90	-0.10±9.56	0.086 [†]
PR (rpm)	ΔTime3_1	-1.05±8.57	0.25±9.85	0.947 [†]
	ΔTime3_2	-6.80±9.22	-2.50±5.28	0.080
MHRT (bpm)	ΔTime3_1	-3.09±5.56	0.71±3.22	0.001 ^{***†}
	ΔTime3_2	-5.65±5.96	-1.17±4.06	0.007 ^{***†}
SDNN (msec)	ΔTime3_1	-21.76±88.91	11.91±19.35	0.056 [†]
	ΔTime3_2	-0.68±15.12	7.63±25.14	0.369 [†]
RMSSD (msec)	ΔTime3_1	-0.86±18.88	-1.05±6.06	0.174 [†]
	ΔTime3_2	4.31±9.52	-0.94±6.33	0.047 [*]
TP (log)	ΔTime3_1	-0.24±1.84	0.47±0.44	0.021 ^{**}
	ΔTime3_2	-0.06±0.99	0.43±0.82	0.086 [†]

Values are presented as mean±standard deviation. ΔTime3_1 presents the value which subtracted Time 1 value from Time 3 value. ΔTime3_2 presents the value which subtracted Time 2 value from Time 3 value.

SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, PR: pulse rate, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of NN intervals, RMSSD: root mean square of the successive differences, TP: total power.

*p<0.05, **p<0.01. †p-values were calculated by Mann-Whitney test.

통계적으로 유의미한 차이는 없었다(p=0.086) (Table IX).

고찰

혈위 초음파요법은 신체에 전환열을 이용한 온(溫) 자극 치료를 통해 경락(經絡)과 경혈(經穴)을 온(溫)하게 하고 소통(疏通)을 시켜 이와 관련된 내부 장기 및 각종 기관에 온열효과 및 통경락(通經絡)을 도모하는 한방물리요법의 전기치료 중 하나이다¹⁾. 《소문(素問)》 <비론(痺論)>에서 한(寒)하면 기혈(氣血)이 잘 흐르지 못해 통증을 유발한다고 하여 통증의 원인을 한기(寒氣)와 기체(氣滯)라고 하였고, 이를 근거로 혈위 초음파요법을 통한 온열효과를 이용하여 한의 임상에서 통증 질환에 광범위하게 활용되고 있다¹⁾. 또한 혈위 초음파요법은 온열효과 외에도 기계적 진동 작용을 통한 통경락의 효능이 있어 기(氣)의 소통이상과 관련되어 나타나는 기울(氣鬱), 기역(氣逆), 기기불리(氣機不利) 등의 증상에도 활용된다¹⁾. 경혈은 피부의 전기 저항이 낮아 통전성이 높으므로 증상에 알맞게 선혈(選穴)하여 혈위 초음파요법을

시행하면 질병과 관련된 경기(經氣)의 흐름을 조절하여 질병의 치료를 도모할 수 있다¹⁾. 따라서 혈위 초음파요법은 혈위의 선택에 따라 다양한 질환에 대해 임상적 활용도가 높은 치료방법이며, 현재까지 통증 질환 외에도 혈위의 선택에 따라 비만²¹⁾, 현훈²²⁾ 등의 다양한 질환에 활용된 증례들이 보고되었다.

족양명위경의 기사혈(氣舍穴, ST11)은 《침구갑을경(鍼灸甲乙經)》에서 제시된 혈위이며, 취혈(取穴)은 목의 앞쪽 부위로 작은빗장위오목, 빗장뼈복장끝의 윗쪽 빗장뼈갈래와 복장뼈갈래 사이의 오목한 곳에서 한다^{2,3)}(Fig. 5). 혈성(穴性)이 거풍활락(祛風活絡), 조기익원(調氣益原)으로 인체의 불균형을 바로 잡아 소화불량, 구역질, 구토, 인두염, 갑상선질환 등의 질환에 적용할 수 있다^{2,3)}. 기존에 보고된 연구로는 Wallenberg syndrome에 내관혈, 단중혈, 기사혈에 자침하였을 때 딸꾹질 증상에 효과가 있었다는 인체 대상 연구²³⁾, 전고혈압 단계에 족삼리혈과 기사혈에 전침 자극을 했을 때 TLR4 신호 체계의 조절을 통해 면역 결핍을 개선하는 효과가 있었다는 동물 실험 연구²⁴⁾ 등이 있었으나 기사혈의 단독 치료에 대한 연구는 부족하였다. 또한 기사혈에 대한 자

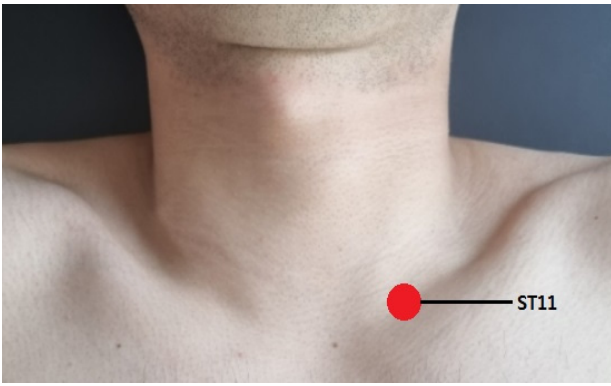


Fig. 5. Location of acupuncture point ST11.

침 시에는 3~5分 (1.2~2 cm)의 깊이로 斜刺하며 늑막 천자에 주의해야 한다고^{2,3)} 하여 침습적 치료 시의 주의가 요구되는 혈위이나 혈위 초음파요법 등을 포함한 비침습적 치료의 활용에 대하여 보고가 부족한 실정이다.

기사혈과 성상신경절이 해부학적으로 위치적 유사성을 가진다는 점을 고려할 때, 기사혈에 대한 혈위 초음파요법을 시행 시에 성상신경절이 자극 받을 수 있다⁴⁾. 성상신경절은 하경 교감신경절과 제1흉부 교감신경절의 완전 혹은 부분적인 결합으로 형성되는 신경절이며⁴⁾, 치료 목적을 위한 LIPUS를 시행할 때 초음파 프로브를 흉쇄관절 위의 쇄골 내측단에 고정하고 조사하므로⁹⁻¹¹⁾ 기사혈의 취혈 방법과 유사하다. 성상신경절은 자율신경계의 불균형 해소 및 두경부와 상지의 혈류 개선을 통해 다양한 질환의 치료에 활용되어 임상적 중요성이 높은 해부학적 구조물이다²⁵⁻²⁸⁾. 관련 선행 연구로는 성상신경절에 LIPUS를 적용하여 자율신경계의 변화를 탐색한 연구가 1예¹⁰⁾ 있었는데, 해당 연구에서는 12명의 건강한 성인을 대상으로 성상신경절에 LIPUS 및 sham-LIPUS 후 HRV의 변화를 조사하였다. 그 결과 초음파 치료를 적용한 군에서 교감신경 항진과 관련된 지표 값이 감소하여, 교감신경 항진과 관련된 자율신경계 불균형 질환에 대한 적용 가능성을 제시했다¹⁰⁾.

기사혈이 성상신경절과 해부학적 연관성이 있다는 점과 기사혈에 대한 치료가 인체의 불균형 질환을 바로잡을 수 있다는 점을 고려하여 기사혈에 대한 혈위 초음파요법이 항진된 교감신경에 대한 억제 효과가 있을 것으로 생각하였고, 본 연구를 통해 이를 탐구해보고자 하였다.

연구 대상자들은 총 40명으로 실험군, 대조군에 각각 20명씩 배정되었다. 평균 연령은 대조군에서는 34.2±2.42세였고 실험군은 35.4±2.56세였으며, 남녀 구성은 대조군에서는 남성 5명, 여성 15명, 실험군에서는 남성 11명, 여성 9명으로 양군 간에 평균 연령 및 성별은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

본 연구에서는 교감신경계 기능의 평가 방법으로 1차 평가 변수(primary end point)를 교감신경계의 활성 상태를 직접적으로 반영하는 LF/HF ratio, LF (norm), HF (norm)로 설정하였고, 2차 평가 변수(secondary end point)를 교감신경계의 활성화에 영향을 받는 SBP, DBP, PR, MHRT, SDNN, RMSSD, TP (log)를 사용하였다.

피험자들에게 스트레스 자극을 가한 후(Time 2), 전체 실험군에서 1차 평가 변수 중 LF/HF ratio, LF (norm) 값이 증가하였고, HF (norm) 값은 감소하였고, 2차 평가 변수는 SBP, DBP, PR 값이 증가하였다($p<0.05$). 이는 본 연구에서 활용한 스트레스 자극이 피험자들에게 교감신경의 항진을 유발한 것을 의미하고, 항진된 교감신경이 barosensitive sympathetic efferent를 활성화하여 SBP, DBP, PR 값이 증가한 것으로 생각된다. 따라서 중재 전에 교감신경 항진 상태를 유발하고자 한 본 연구의 목적과 일치한 결과를 보였다.

피험자들에게 중재 후(Time 3), 실험군과 대조군의 측정값을 비교한 결과, 1차 평가 변수 중 LF/HF ratio, LF (norm) 측정값은 실험군이 대조군보다 낮은 것으로 나타났으며, HF (norm)의 측정값은 실험군이 대조군보다 높은 것으로 나타났다($p<0.05$). 2차 평가 변수는 실험군과 대조군 사이에 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 항목이 없었다($p>0.05$). 이는 중재 후에 실험군이 대조군보다 교감신경의 활성화도가 낮았음을 반영한다.

중재 후(Time 3)와 스트레스 자극 후(Time 2)의 측정값을 각 군별로 비교했을 때, 실험군에서는 1차 평가 변수인 LF/HF ratio, LF (norm)의 Time 3 측정값이 Time 2의 측정값보다 낮았으며, HF (norm)의 측정값은 Time 3에서 Time 2보다 높았다($p<0.05$). 2차 평가 변수 중 SBP, DBP, PR, MHRT 측정값이 Time 3에서 Time 2보다 낮았다($p<0.05$). 대조군에서는 1차 평가 변수인 LF/HF ratio, LF (norm) 측정값이 Time 3에서 Time 2보다 높았으며, HF (norm)의 측정값이 Time 3에서 Time 2의 측정값보다 낮았다($p<0.05$). 2차 평가 변수는 PR, TP (log) 측

정값이 Time 3에서 Time 2의 측정값보다 높았고, SBP의 측정값이 Time 3에서 Time 2의 측정값보다 낮았다($p < 0.05$). 이는 실험군에서는 스트레스 자극 후 항진된 교감신경이 중재에 의해 억제되였으며, 대조군에서는 스트레스 자극 후 항진된 교감신경이 중재에 의해 억제되지 않았다는 것을 반영한다.

중재 후(Time 3)와 스트레스 자극 전(Time 1)의 측정값을 각 군별로 비교했을 때, 실험군에서는 1차 평가 변수인 LF/HF ratio, LF (norm), HF (norm) 값 모두 유의미한 변화가 없었으며($p > 0.05$), 2차 평가 변수 중 SBP, MHRT 값이 Time 3에서 Time 1보다 낮았다($p < 0.05$). 대조군에서는 1차 평가 변수인 LF/HF ratio, LF (norm) 값이 Time 3에서 Time 1보다 높았으며, HF (norm) 값이 Time 3에서 Time 1보다 낮게 측정되었고, 2차 평가 변수는 SBP, SDNN, TP (log) 값이 Time 3에서 Time 1보다 높게 측정되었다($p < 0.05$). 이는 실험군에서는 스트레스 자극 후 항진된 교감신경이 중재에 의해 억제되어 중재 후의 교감신경 활성도가 스트레스 자극 전의 교감신경 활성도와 차이를 보이지 않는 것으로 생각된다. 대조군에서는 스트레스 자극 후 항진된 교감신경이 중재에 의해 억제되지 않았으므로 중재 후의 교감신경 활성도가 스트레스 자극 전의 교감신경 활성도보다 더 높았던 것으로 생각된다. 대조군의 2차 평가 변수 중 SDNN, TP (log) 값이 중재 후에 높아진 것은 스트레스로 인한 자극이 중재 후에도 해소되지 않아 생리적 저항 반응이 활성화된 것으로 생각된다.

자율신경계는 교감신경계(sympathetic division), 부교감신경계(parasympathetic division), 장신경계(enteric nervous system)로 나뉘며, 자율신경 반사를 통해 신체의 항상성을 유지하고 제어하는 역할을 한다²⁹. 이 중 교감신경계와 부교감신경계는 전신에 분포하며 상호 길항 작용을 통해 자율신경계의 균형을 유지하여 인체의 항상성을 도모한다²⁹. 교감신경계는 신경절후 섬유에서 노르에피네프린을 방출시키고 부신수질에서 에피네프린 분비를 통해 신체의 ‘격투 도주 반응(fight or flight reaction)’을 활성화시키고, 부교감신경계는 신경절후 섬유에서 아세틸콜린을 방출시켜서 교감신경과의 길항적 효과를 나타낸다²⁹⁻³¹. 스트레스 자극 등의 심리적 요인과 당뇨병, 파킨슨 병과 같은 신체적 요인으로 자율신경계의 불균형이 야기될 수 있으며, 이로 인해 전신 통증, 장 기능 장

애, 발한 조절 장애, 정신적 장애, 심혈관 기능 장애, 대사 장애 등 다양한 증상을 초래할 수 있다^{32,33}.

각각의 신경계는 구심 성분과 원심 성분으로 구성된다. 구심 성분은 전신의 내장과 혈관에서 기원하여 감각, 혈액 내의 산소 및 이산화탄소 분압, pH 등의 다양한 정보를 감지하고, 원심 성분은 되먹임 기전을 통해 신체 여러 기관의 기능을 조절한다²⁹⁻³¹. 체성신경계의 원심신경원이 하나의 세포로 이루어진 것과 다르게 자율신경계는 신경절이라는 특수한 구조를 가지며, 신경절을 기준으로 신경절 이전 신경, 신경절 이후 신경으로 나뉘어 구성된다²⁹⁻³¹. 신경절 이전 신경의 신경원은 중추신경계 내에 있으며, 신경절 이후 신경의 신경원은 말초신경계의 자율신경절(autonomic ganglion)에 위치해 있다²⁹⁻³¹. 교감신경계의 신경절 이전 신경원은 C8 또는 T1에서 L2까지의 척수 외측각(lateral horn)에 있는 중간외측핵(intermediolateral nucleus)에 위치해 있고, 신경절 이후 신경원은 척추옆신경절(paravertebral ganglion)의 교감신경줄기(sympathetic trunk)와 전척수신경절(prevertebral ganglion)에 위치한다²⁹⁻³¹. 교감신경계의 신경절은 척추(vertebral column)의 양쪽을 따라 척수분절마다 하나씩 존재하며, 주위 신경절들과 융합을 이루기도 한다²⁹⁻³¹. 경수 분절의 척추옆신경절은 주위의 신경절들과 합쳐져 큰 신경절을 이루며, 그중 하경 교감신경절은 제1 흉부 교감신경절과 융합되어 성상신경절을 형성한다^{4,29-31}.

성상신경절은 해부학적으로 제1늑골의 경부로부터 제7경추의 횡돌기 사이에 걸쳐있고, 추골동맥(vertebral artery)이 전측방으로 주행하며 늑막첨단이 성상신경절의 하방 1/3을 덮고 있다⁴. 후방으로는 경장근이 경추 위에 상하로 뻗어 있고, 전방으로는 경동정맥 및 사각근으로 둘러싸여 있다⁴.

성상신경절의 활성을 억제하면 신경절 전후 교감신경 섬유에 흥분전도가 감소된다³⁴⁻³⁶. 알파 또는 베타 차단제는 노르에피네프린만의 활성을 억제시키지만 성상신경절의 활성 억제는 뇌동맥 수축 물질인 Neuropeptide Y의 활성도 억제한다^{37,38}. 또한 구심성 C nociceptive fiber가 성상신경절에도 축지를 내어서 성상신경절 내에 substance P, calcitonin related peptide, neurokinin A 등의 신경전도 물질을 방출하는데, 피부가 손상되어 C nociceptive fiber가 흥분되면 이 축지를 통해 반사작용의 악순환이 일어나게 된다³⁹. 이러한 상황에서 성상신

경질의 활성을 억제하면 이와 같은 악순환을 치료할 수 있다³⁹⁾. 정상신경절은 내분비계와도 관련이 있는데, 망막으로부터의 정보가 교감신경절을 거쳐 송과체에 도달하여 melatonin의 분비를 조절한다⁴⁰⁾. 교감신경계의 흥분이 melatonin의 분비를 감소시키므로 이로 인한 군발성 두통 등에 정상신경절의 활성을 억제하는 치료가 활용된다⁴⁰⁾.

정상신경절의 활성을 억제하는 방법으로 기존에는 국소 마취제를 주사로 투여하는 침습적 치료인 정상신경절 차단술이 주로 활용되어 왔으나⁵⁾, 기흉, 반회신경 차단, 주사부위의 통증, 상박신경총 차단, 혈관 천자 및 출혈, 동맥 및 정맥 내 주입, 경막외 및 지주막하 주입 등의 부작용이 보고되어 왔다⁴¹⁾. 따라서 최근 비침습적인 치료의 필요성이 강조되며, 정상신경절의 활성을 억제하는 방법으로 TENS⁶⁾, LPNIR⁸⁾, LIPUS⁹⁻¹¹⁾ 등이 활용되고 있다. 이들의 치료 기전에 대해서는 명확한 기전이 밝혀지지 않았지만 TENS는 정상신경절의 교감신경성 방출을 방해하고⁶⁾, LIPUS는 정상신경절의 교감신경성 활동 전위를 억제한다는 연구 결과가 있었다⁴²⁻⁴⁴⁾. 또한 정상신경절은 분자량이 큰 단백질로 이루어져 있어 초음파의 흡수계수가 높으므로 정상신경절에 초음파요법을 적용하면 다른 조직에 비해 우선적으로 온도가 높아지게 되어 활동 전위의 생성을 방해할 수 있다는 보고도 있었다⁴²⁻⁴⁴⁾.

정상신경절에 적용한 LIPUS가 교감신경의 활성을 억제하는 효과에 관련된 기존의 선행 연구로 Nacitarhan 등¹⁰⁾의 연구가 있었다. 건강한 12명을 대상으로 LIPUS와 sham-LIPUS를 적용하여 HRV의 변화를 조사하였는데, 실험군에서는 LF/HF ratio 측정값이 감소하였고 대조군에서는 변화가 없었으므로 정상신경절에 적용한 LIPUS가 교감신경의 활성을 감소시킬 수 있다고 하였다. 앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서의 기사혈 취혈 부위와 선행 연구에서의 정상신경절에 대한 초음파 조사 부위가 위치적으로 유사하였다. 그러나 선행 연구에서는 건강한 정상 상태에서 중재를 시행하였고, 본 연구에서는 건강한 사람에게 스트레스 자극을 가하여 인위적으로 교감신경 항진 상태를 조성한 후에 중재를 시행하였다는 점에서 차이가 있다. 또한 선행 연구는 피험자 수가 12명으로 측정값이 통계적 의미를 갖기에 부족하지만 본 연구에서는 선행 연구의 측정값을 참고해 sample size

를 계산하였고, 탈락률까지 고려하여 피험자 40명을 모집하였으므로 본 연구의 측정값은 통계적 의미를 가질 수 있었다.

기사혈에 대한 현대적 연구 보고가 부족하지만 본 연구에서는 기사혈이 정상신경절과 해부학적으로 연관성이 있다는 점과 기사혈의 주치증이 인체의 불균형 질환이라는 점을 고려하였다. 따라서 기사혈에 대한 치료가 항진된 교감신경을 억제하는 효과가 있을 것으로 생각되어, 이를 본 연구에서 확인하고자 하였다. 또한 기사혈에 자침 등의 침습적 치료를 하면 주위 해부학적 구조물이 손상될 위험성이 있는데, 본 연구에서는 비침습적인 치료인 혈위 초음파요법을 시행하여 효과를 확인하였다는 점에서 의의가 있다.

하지만 본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 실험적 스트레스를 유발하였고, 대상자들의 자율신경계 조절 능력이 정상의 범주에 속하여 병리적인 교감신경 항진 상태를 반영하지 못하였다는 점에서 한계가 있다. 또한 단회 연구로 기사혈에 대한 혈위 초음파요법의 단기 효과만을 확인할 수 있었다는 점에서 한계가 있다. 추후 이와 같은 한계점을 보완할 수 있는 병리적 교감신경 항진 환자를 대상으로 장기간 추적관찰 등의 후속 연구를 통해 기사혈에 대한 혈위 초음파요법이 항진된 교감신경을 억제하는 효과가 있음을 검증할 필요가 있을 것으로 사료된다.

결론»»»»

본 연구는 기사혈에 적용한 혈위 초음파요법이 항진된 교감신경에 대해 억제 효과가 있음을 확인하고자 건강한 피험자를 모집하여 실험군에는 기사혈에 대한 혈위 초음파요법을 시행하고 대조군에는 sham-혈위 초음파요법을 시행하였고 양군의 교감신경 활성도를 통계적으로 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험군과 대조군은 각각 20명으로 양군 간의 평균 연령 및 성별에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 전체 피험자들에게 인위적으로 스트레스 자극을 가한 후 교감신경의 항진이 유발되었다.

2. 중재 후 실험군이 대조군보다 교감신경의 활성도가 낮았다.
3. 중재 후와 스트레스 자극 후의 측정값을 비교했을 때 실험군에서는 스트레스 자극 후 항진된 교감신경이 중재 후에 억제된 것으로 확인되었으나 대조군에서는 스트레스 자극 후에 항진된 교감신경이 중재 후에 억제되지 않은 것으로 확인되었다.
4. 중재 후와 스트레스 자극 전의 측정값을 비교했을 때 실험군에서는 스트레스 자극 후 항진된 교감신경이 중재에 의해 억제되어 중재 후와 스트레스 자극 전의 교감신경 활성도가 차이를 보이지 않았다. 반면 대조군에서는 스트레스 자극 후 항진된 교감신경이 중재에 의해 억제되지 않아 중재 후의 교감신경 활성도가 스트레스 자극 전의 교감신경 활성도 보다 높았다.

이상을 종합하면, 본 연구에서는 기사혈에 적용한 혈위 초음파요법이 스트레스 자극으로 유발된 교감신경의 항진을 억제시키는 효과가 있음을 확인하였다. 기사혈이 성상신경절과 해부학적 유사성을 가진다는 점과 기사혈에 대한 치료가 인체의 불균형을 치료한다는 점을 고려할 때, 기사혈에 대한 치료가 항진된 교감신경을 억제하는 효과가 있을 것으로 생각되어 본 연구를 통해 이를 확인하였다. 또한 상대적으로 안전한 비침습적 치료인 혈위 초음파요법을 활용하여 치료 효과를 확인했다는 것에 의의가 있다.

References»»»»»

1. The Society of Korean Medicine Rehabilitation. Korean rehabilitation medicine. 5th ed. Koonja Publishing. 2020: 393-8, 408-10.
2. Meridians & Acupoints Compilation Committee of Korean medical Colleges. Acupuncture points. 1st ed. Jeongdam Publishing. 2020:165-7.
3. Micael H, Norbert K, Karl C. Handbook of acupuncture. 1st ed. Hansol medical book. 2011:44.
4. Mehrotra M, Reddy V, Singh P. Neuroanatomy, stellate ganglion. StatPearls Publishing. 2022.
5. Narouze S. Ultrasound-guided stellate ganglion block: safety and efficacy. *Current Pain and Headache Reports*. 2014;18(6):424.
6. Larsen B, Macher F, Bolte M, Larsen R. Stellate ganglion block with transcutaneous electric nerve stimulation (TENS): a double-blind study with healthy probands. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 1995; 30(3):155-62.
7. Otsuka H, Kemmotsu O, Imai M, Kaseno S. The combination of low reactive-level laser therapy (LLLT) and stellate ganglion block for the treatment of allergic rhinitis. *Laser Therapy*. 1992;4(3):117-20.
8. Momota Y, Kani K, Takano H, Matsumoto F, Aota K, Takegawa D. High-wattage pulsed irradiation of linearly polarized near-rared light to stellate ganglion area for burning mouth syndrome. *Case Reports in Dentistry*. 2014;2014:171657.
9. Hazneci B, Tan AK, Özdem T, Dinçer K, Kalyon TA. The effects of transcutaneous electroneurostimulation and ultrasound in the treatment of reflex sympathetic dystrophy syndrome. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005;51(3):83-9.
10. Nacitarhan V, Elden H, Kisa M, Kaptanoglu E, Nacitarhan S. The effects of therapeutic ultrasound on heart rate variability: a placebo controlled trial. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 2005;31(5):643-8.
11. Askin A, Savas S, Koyuncuoglu HR, Baloglu HH, Inci MF. Low dose high frequency ultrasound therapy for stellate ganglion blockade in complex regional pain syndrome type I: a randomised placebo controlled trial. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2014;7(12):5603-11.
12. Kang MS, Kim LH. The effect of mental stress stimulation and acupuncture at Shinmun (HT7) on heart rate variability. *Journal of Oriental Neuropsychiatry*. 2009; 20(1):165-76.
13. An SJ, Keum DH. Effect of acupuncture at the field of the auricular branch of the vagus nerve on autonomic nervous system change. *J Korean Med Rehabil*. 2021; 31(2):81-97.
14. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*. 2009;41(4):1149-60.
15. Pham T, Lau ZJ, Chen SHA, Makowski D. Heart rate variability in psychology: a review of HRV indices and an analysis tutorial. *Sensors (Basel)*. 2021;21(12):3998.
16. Reims HM, Sevre K, Fossum E, Høiegggen A, Eide I, Kjeldsen SE. Plasma catecholamines, bloodpressure responses and perceived stress during mental arithmetic stress in young men. *Blood Pressure*. 2004;13(5):287-94.
17. Middlekauff HR, Nguyen AH, Negrao CE, Nitzsche

- EU, Hoh CK, Natterson BA, Hamilton MA, Fonarow GC, Hage A, Moriguchi JD. Impact of acute mental stress on sympathetic nerve activity and regional blood flow in advanced heart failure: implications for 'triggering' adverse cardiac events. *Circulation*. 1997; 96(6):1835-42.
18. Park KJ, Jeong HJ. Assessing methods of heart rate variability. *The Korean Society of Clinical Neurophysiology*. 2014;16(2):49-54.
 19. Kim SY, Han CW, Park SH, Kwon JN, Lee I, Hong JW, Choi JY. Correlation study between electrogastrography and heart rate variability in dyspeptic patients. *Journal of Physiology & Pathology in Korean Medicine*. 2012; 26(4):532-8.
 20. Prabhakar NR, Kumar GK. Mechanisms of sympathetic activation and blood pressure elevation by intermittent hypoxia. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 2010; 174(1-2):156-61.
 21. Kim JY, Kim SJ, Jeong SH. The effects of ultrasonic lipolysis treatment on obesity compared to electroacupuncture. *J Korean Med Rehabil*. 2012;22(3):141-9.
 22. Choi SH, Kang SW, Park HS, Park SH, Keum DH. Three cases of cervical vertigo improved by traditional Korean medicine treatment. *J Korean Med Rehabil*. 2022;32(1):145-55.
 23. Shuai Q. Clinical effect of Neiguan acupoint and Danzhong acupoint combined Qishe acupoint in the treatment of recalcitrant hiccups in the lateral medullary syndrome. *World Latest Medicine Information*. 2019; 19(48):179-87.
 24. Jiarui M, Duo W. Effects of electro-acupuncture treatment on TLR4 signaling pathway in prehypertension rats. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*. 2017;32(07):3256-8.
 25. Liu LD, Duricka DL. Stellate ganglion block reduces symptoms of Long COVID: a case series. *Journal of Neuroimmunology*. 2022;362:577784.
 26. Wittwer ED, Radosevich MA, Ritter M, Cha YM. Stellate ganglion blockade for refractory ventricular arrhythmias: implications of ultrasound-guided technique and review of the evidence. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2020;34(8):2245-52.
 27. Lee YS, Wie C, Pew S, Kling JM. Stellate ganglion block as a treatment for vasomotor symptoms: clinical application. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2022; 89(3):147-53.
 28. Guttuso T. Stellate ganglion block for treating hot flashes: a viable treatment option or sham procedure? *Maturitas*. 2013;76(3):221-4.
 29. Gibbons CH. Basics of autonomic nervous system function. *Handbook of Clinical Neurology*. 2019;160:407-18.
 30. Wehrwein EA, Orer HS, Barman SM. Overview of the anatomy, physiology, and pharmacology of the autonomic nervous system. *Comprehensive Physiology*. 2016;6(3):1239-78.
 31. Mulkey SB, du Plessis AJ. Autonomic nervous system development and its impact on neuropsychiatric outcome. *Pediatric Research*. 2019;85(2):120-6.
 32. Goldberger JJ, Arora R, Buckley U, Shivkumar K. Autonomic nervous system dysfunction: JACC focus seminar. *Journal of the American College of Cardiology*. 2019;73(10):1189-206.
 33. Chen Z, Li G, Liu J. Autonomic dysfunction in Parkinson's disease: implications for pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Neurobiology of Disease*. 2020;134:104700.
 34. Piraccini E, Munakomi S, Chang KV. Stellate ganglion blocks. *StatPearls Publishing*. 2022.
 35. Shanks J, Gao L, Zucker IH. Sympathomodulation in heart failure: a role for stellate ganglia Nrf2. *FASEB Journal*. 2019;33:564-565.
 36. Li YL. Stellate ganglia and cardiac sympathetic over-activation in heart failure. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(21):13311.
 37. Hasan W. Autonomic cardiac innervation: development and adult plasticity. *Organogenesis*. 2013;9(3):176-93.
 38. Hoang JD, Salavatian S, Yamaguchi N, Swid MA, David H, Vaseghi M. Cardiac sympathetic activation circumvents high-dose beta blocker therapy in part through release of neuropeptide Y. *JCI Insight*. 2020;5: e135519.
 39. Wang QX, Wang XY, Fu NA, Liu JY, Yao SL. Stellate ganglion block inhibits formalin-induced nociceptive responses: mechanism of action. *European Journal of Anaesthesiology*. 2005;22(12):913-8.
 40. Uchida K, Tateda T, Hino H. Novel mechanism of action hypothesized for stellate ganglion block related to melatonin. *Medical Hypotheses*. 2002;59(4):446-9.
 41. Goel V, Patwardhan AM, Ibrahim M, Howe CL, Schultz DM, Shankar H. Complications associated with stellate ganglion nerve block: a systematic review. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 2019;44(6):669-78.
 42. Anderson TP, Wakim KG, Herrick JF, Bennett WA, Krusen FH. An experimental study of the effects of ultrasonic energy on the lower part of the spinal cord and peripheral nerves. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1951;32(2):71-83.
 43. Haar GT. Therapeutic ultrasound. *European Journal of Ultrasound*. 1999;9:3-9.
 44. Herrick JF. Temperatures produced in tissues by ultrasound: experimental study using various technics. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1953;25: 12-6.