

# 미주신경 감각분지 분포영역의 자침이 자율신경 변화에 미치는 영향

안선주 · 금동호

동국대학교 한의과대학 한방재활의학교실

## Effect of Acupuncture at the Field of the Auricular Branch of the Vagus Nerve on Autonomic Nervous System Change

Sunjoo An, K.M.D., Dongho Keum, K.M.D.

Department of Rehabilitation Medicine of Korean Medicine, College of Korean Medicine, Dongguk University

RECEIVED March 18, 2021

ACCEPTED March 29, 2021

### CORRESPONDING TO

Dongho Keum, Department of Korean Rehabilitation Medicine, 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 © 2021 The Society of Korean Medicine Rehabilitation

**Objectives** This study was designed to identify the changes of autonomic nervous system (ANS) which was induced by acupuncture at the field of the auricular branch of the vagus nerve.

**Methods** 30 healthy adults were selected and classified into two groups; experimental group, control group. After providing mental stress, acupuncture was applied at external ear in experimental group and no treatment executed in control group. The evaluation of ANS function was measured by heart rate variability (HRV). We statically analyzed the difference of HRV parameters which include mean heart rate (MHRT), standard deviation of all N-N intervals (SDNN), square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals (RMSSD), total power (TP), low frequency power (LF), high frequency power (HF), LF/HF ratio.

**Results** All subjects showed significant increase in SDNN, LF after stress stimulation ( $p < 0.05$ ). Immediately after intervention, MHRT was significantly decreased ( $p < 0.001$ ) and RMSSD, HF were significantly increased in experimental group ( $p < 0.05$ ). After the end of intervention, SDNN, HF, RMSSD, TP, LF were significantly increased in experimental group ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ). And when comparing baseline HRV, SDNN, LF were significantly increased in control group ( $p < 0.01$ ) and SDNN, RMSSD, TP, LF were significantly increased in experimental group ( $p < 0.05$ ). In the subgroup analysis, normal balance of ANS group showed significant increase in TP, LF, SDNN, HF ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ).

**Conclusions** We suggested that acupuncture at external ear, region of the vagus nerve distribution could increase parasympathetic activity and cause changes and re-regulation of the ANS. (*J Korean Med Rehabil* 2021;31(2):81-97)

**Key words** Acupuncture, Autonomic nervous system, Vagus nerve, Heart rate

## 서론»»»»

자율신경계는 체내외적인 환경변화에 대하여 불수의

적으로 작용하여 인체 장기의 기능을 조절하고 생명유지 활동 및 신체의 항상성을 유지하도록 관여한다<sup>1,2)</sup>. 스트레스 상황에서 생명체를 보호하고 환경변화에 대

처하는 교감신경계와 에너지의 유지와 회복에 관여하는 부교감신경계로 구분하며, 이 두 개의 신경계는 동일한 장기 및 기관에 분포하여 길항적으로 작용한다. 이를 통해 자율신경계는 신체의 내적 균형을 유지하고 조절하며 인체가 건강한 생활을 유지할 수 있게 해준다<sup>1,3)</sup>. 인간이 다양한 스트레스 상황에 처하면 교감의 항진과 부교감의 억제 등의 자율신경계의 부조화가 종종 나타나고 여러가지 신체적 증상과 정신적 증상들을 동반한다<sup>1,4)</sup>. 예를 들어 피로, 위장관 문제, 심장 기능장애 및 스트레스 반응 등이 유발될 수 있다<sup>5)</sup>. 따라서 균형 있는 삶을 유지하기 위해서는 자율신경계의 기능을 정상적으로 회복하는 것이 필수적으로 요구된다.

이를 바탕으로 자율신경계의 부조화를 조절하기 위한 침 치료에 관한 연구들이 지속적으로 보고되고 있으며, 침의 작용 기전에 관한 연구 중 약 11%에서 자율신경계의 측면을 통해 접근하고자 하였다<sup>3,4,6)</sup>. 침 자극은 정상 생리적인 상태에서는 경혈의 위치에 따라 자율신경계에 미치는 상반적 작용이 보고된 바 있으며<sup>7-12)</sup>, 병리적인 상태에서는 인체의 부조화된 자율신경계를 정상으로 회복하려는 작용이 보고되었다<sup>13-16)</sup>. 대부분 부교감신경계의 활성화를 통해 항진된 교감신경을 안정시키는 작용을 하는 것으로 보고 있으며, 기존 연구들에서는 郗門(PC4)<sup>8)</sup>, 四神聰(Ex-HN1)<sup>10)</sup>, 內關(PC6)<sup>11)</sup>, 心俞(BL15)<sup>12)</sup>, 耳鍼에서 肺點 혹은 神門點<sup>9,16)</sup> 등의 혈자리들이 사용되었다.

최근 국내외 연구들에서 귀 주위 자침이 부교감신경을 활성화시킨다고 보고되었고<sup>9,16,17)</sup>, 자율신경 기능과 연관성이 깊은 미주신경을 자극할 수 있다고 보고되었다<sup>18,19)</sup>. 미주신경은 부교감신경의 대표적인 뇌신경으로 중추에서 감각을 원심성 경로를 통해 말초 감각기관에 전달하기도 하지만, 대부분 말초 감각기로부터의 감각을 중추로 전달하는 구심성 경로가 더 많은 비율을 차지한다<sup>20)</sup>. 따라서 미주신경 자극은 먼 쪽의 감각을 조절함으로써 간접적으로 뇌의 신경활성 변화를 유발할 수 있는 방법으로 최근 각광받고 있다. 피부를 절개하여 미주신경 자극기를 매입하는 형태의 침습적인 방법은 감염, 쇠목소리 등의 부작용이 발생할 수 있을 뿐만 아니라 주기적인 배터리 교체 등의 번거로움이 있다<sup>21)</sup>. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 Frangos 등<sup>22)</sup>은 미주신경의 감각분지 분포영역인 외이(external ear)에 실시한 전기

자극이 직접적으로 미주신경에 전기자극을 주었을 때와 같은 뇌 영역이 활성화되는 것을 확인함으로써 동일한 효과가 발생할 수 있음을 증명하였다.

따라서 외이는 접근법이 쉽고 피내에 장시간 유지하는 방법을 적용하기에 용이하기 때문에 만약 자율신경의 변화를 유발시킬 수 있다면 유용한 미주신경 자극의 접근방법이 될 수 있다. 자율신경계 기능과 연관된 선행 연구들에서 미주신경 자극을 활용한 단기간의 부교감신경의 활성이 보고되었지만<sup>9,11,16,17)</sup>, 해부학적 미주신경 분포영역에 근거하여 외이에서 치료점을 설정한 연구는 보고된 바가 없다. 이에 실험적 스트레스 상태에서 미주신경의 감각분지 분포영역에 자침을 시행하여 자율신경계의 변화 및 조절효과를 확인하고자 성인 남녀 30명을 대상으로 탐색적 연구를 진행하였다.

## 대상 및 방법»»»»

### 1. 연구 대상

2020년 5월 7일부터 2020년 9월 15일까지 동국대학교 분당한방병원 원내 모집광고를 통해 자발적으로 내원한 만 19세 이상 만 60세 이하의 기저질환이 없는 성인 남녀 30명을 대상으로 하였다. 모든 피험자들은 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 듣고 자발적으로 동의서에 서명하였다. 모집된 연구 대상자들은 Microsoft Excel 2016 (Microsoft Inc., Redmond, WA, USA)을 이용한 blocked randomization (blocked size=2)을 통해 같은 비율로 실험군과 대조군에 배정되어 연구를 진행하였다. 임상시험은 동국대학교 분당한방병원 기관윤리심의위원회의 승인을 받은 후 실시하였다(DUBOH 2020-0004).

#### 1) 선정 기준

자발적으로 연구 참여에 동의한 만 19세 이상 만 60세 이하의 기저질환이 없는 성인 남녀를 대상으로 하였다. 또한 최근 3개월 이내 특이 질환을 진단받지 않고, 최근 2주 이내 아드레날린 및 콜린성 약물 제제 등의 자율신경계에 영향을 미치는 약물을 복용한 적이 없는 자를 대상으로 하였다.

2) 제외 기준

뇌졸중 등을 포함하는 중추신경계의 손상이 있는 자, 고혈압, 부정맥, 허혈성 심질환, 전도 장애 등을 포함하는 심장질환을 가진 자, 당뇨 혹은 갑상선 질환 등을 포함하는 내분비계 질환을 가진 자, 시험 12시간 이내 심박변이도에 영향을 줄 수 있는 음주나 흡연을 하였거나 카페인 함유 음료 섭취한 자, 임산부 및 모유 수유부, 기타 신체상의 문제로 연구에 참여가 불가하다고 판단되는 자는 선정대상에서 제외하였다.

2. 연구 방법

1) 연구 설계

본 연구는 미주신경의 감각분지 분포영역 자침을 통한 자율신경계 변화를 확인하기 위한 실험군-대조군 비교 연구로 실험군은 미주신경의 감각분지 분포영역에 자침을 하는 군, 대조군은 무처치군으로 설정하였다. 선정된 연구 대상자들은 blocked randomization (blocked size=2)을 통해 같은 비율로 실험군과 대조군에 배정되어 연구를 진행하였다.

피험자들은 1회 방문하였으며 다음과 같은 순서로 연구를 진행하였다. 먼저 양와위에서 충분한 안정을 취한 뒤 중재 전 자율신경계의 기능을 평가하기 위한 심박변이도 검사를 시행하였다. 이후 정신적 스트레스를 유발시키는 스트레스 자극 후 두 번째 심박변이도 검사를 시행하였다. 이후 배정된 군에 따라 대조군은 아무런 처치를 하지 않고 실험군은 외이의 표면에 위치하는 미주신경의 감각분지 분포영역에 자침을 한 뒤 세 번째 심박변이도 검사를 시행하였다. 실험군에서는 15분간 유

침을 시행하고 발침 후, 대조군에서는 같은 시간 동안의 휴식 후 마지막 심박변이도 검사를 진행하였다(Fig. 1).

2) 심박변이도(heart rate variability, HRV)

심박변이도는 digital pulsewave analyzer (DPA 100E; (주)메리디안, 서울, 한국)를 이용하여 측정하였다. 피험자들은 양와위로 누워 약 5분간 안정을 취한 뒤 검사를 시행하였다. 피험자의 오른쪽 두 번째 손가락에 심박변이도 검사를 위한 집계를 연결한 뒤 약 5분간 심박변이도 검사를 시행하였으며 검사 중 말을 하거나, 움직이거나, 수면을 취하지 않도록 하였다. 심박변이도 검사의 지표로는 시간 영역 분석에 대한 지표인 mean heart rate (MHRT), standard deviation of all N-N intervals (SDNN), square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals (RMSSD), 주파수 영역 분석에 대한 지표인 total power (TP), low frequency power (LF), high frequency power (HF), LF/HF ratio를 확인하였다.

3) 정신적 스트레스 유발 방법

Middlekauff 등의 연구<sup>13)</sup>에서 사용한 mental arithmetic test, stoop color word test를 사용하여 정신적 스트레스를 유발하였다.

(1) Mental arithmetic test<sup>13)</sup>

피험자에게 5분 동안 1079에서 13을 연속적으로 빼도록 하였다. 계산은 손이나 펜을 사용하지 않고 암산을 하도록 하고 7초 안에 답을 말하도록 하였다. 오답을 말하거나 7초 안에 답을 말하지 못할 경우 정답을 알려준 후 다음 빨셈을 진행하였다. 시간 내에 빨셈을 완료할 경우, 다시 1079에서 13을 빼는 것을 반복하도록 하였다.

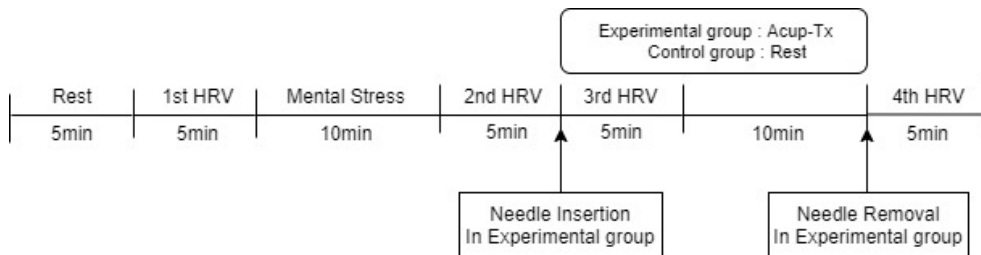


Fig. 1. Protocol of experiment. 1st HRV was measured before stress stimulation, 2nd HRV was measured after stress stimulation, 3rd HRV was measured immediately after intervention, 4th HRV was measured after the end of the intervention. HRV: heart rate variability.

(2) Stoop color word test<sup>13)</sup>

Mental arithmetic test가 끝난 뒤 피험자에게 5분 동안 ‘빨강’, ‘파랑’, ‘초록’, ‘노랑’ 네 가지 색상으로 구성 되어 있는 색상을 가리키는 글자와 실제 색상과 다른 색상으로 써진 글자를 보여주고 글자의 색상을 구두로 대답하게 하였다. 적절한 스트레스가 가해지도록 가능한 한 빨리 대답하도록 재촉하면서 정답을 맞히지 못한 경우에는 정답을 맞힐 때까지 기다리고, 답을 맞힌 경우에만 다음 색상 글자로 넘어가도록 하였다.

4) 미주신경의 감각분지 분포영역 자침

양측 외이의 표면에서 미주신경의 감각분지 분포영역 중 대이륜(antihelix) 하각의 아래부위인 이개강(concha cymba), 이륜각(crus of helix)의 아래부위인 이개정(concha cavum), 이주(tragus)의 내측벽(inner wall)을 각각 표지 하여 편측 3부위씩 양측 총 6부위에 자침을 시행하였다 (Fig. 2)<sup>23)</sup>. 자침은 규격화된 일회용 멸균 호침(stainless steel 0.20x30 mm; 동방메디칼, 성남, 한국)를 사용하여 해당 부위에 2.0 mm 내외의 깊이로 시행하였다. 15분간 유침하였으며 유침 중 피험자가 말을 하거나 움직이거나 수면을 취하지 않도록 하였고, 경피적외선조사요법은 시행하지 않았다.

3. 통계 처리

수집된 자료는 IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp.,

Armonk, NY, USA)을 사용하여 처리하였다. 각 시점별 심박변이도 검사를 통해 얻은 모든 지표는 평균±표준 편차로 표시하였다. 시간 영역 분석에 대한 지표는 그대로 분석에 이용되었으나, 주파수 영역 분석에 대한 지표는 측정치가 광범위하게 퍼져 있어 기존 연구<sup>17,24)</sup>들을 근거로 각각 로그변환을 수행한 값을 선택하여 분석하였다.

단일군 내에서 시점 전후 심박변이도의 변화는 각 지표의 정규성 검정을 실시한 이후 정규분포를 따르는 경우 paired t-test, 정규분포를 따르지 않는 경우 Wilcoxon signed rank test를 시행하였다. 각각의 측정구간에서 두 구간의 비교는 정규성을 만족하는 경우 independent t-test를 시행하였고, 정규성을 만족하지 않는 경우 Mann-Whitney U test를 시행하였다.

Paired t-test, Wilcoxon signed rank test, independent t-test, Mann-Whitney U test의 신뢰 수준은 모두 95%로 하였다.

결과»»»»

1. 연구 대상자들의 일반적인 특성

총 32명의 피험자를 모집하였으며, 피험자들은 같은 비율로 실험군과 대조군으로 배정되어 각각 16명씩 두 군으로 무작위 배정되었다. 연구 중 이상반응을 보인

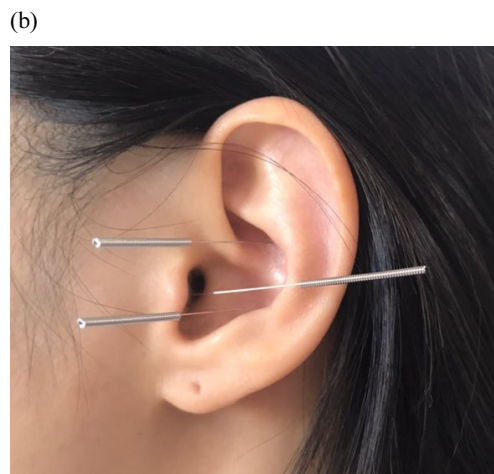
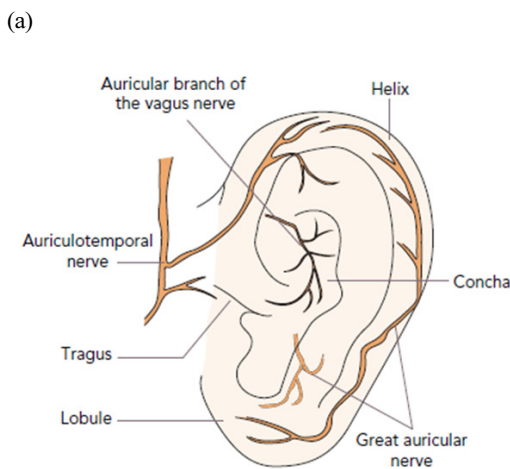


Fig. 2. Points of acupuncture treatment. (a) Field of auricular branch of vagus nerve (Adapted from Jiang et al.)<sup>23)</sup>, (b) Points of acupuncture treatment.

환자는 없었으나 동의 철회의 이유로 실험군에서 1명과 대조군에서 1명을 제외하고 총 30명의 피험자들의 특성을 분석하였다(Fig. 3). 전체 피험자들의 평균 연령은 29±5.90세로 남성이 11명, 여성이 19명이었다. 대조군 15명의 평균 연령은 29.2±5.99세로 남성이 3명, 여성이 12명이었으며, 실험군 15명의 평균 연령은 28.8±6.01세로 남성이 8명, 여성이 7명이었다. 양 군 간의 평균 연령과 성별은 유의미한 차이가 없었다(Table I).

## 2. 스트레스 자극에 따른 심박변이도의 변화

스트레스 자극 후 전체 피험자들에서 SDNN은 48.97±24.82에서 57.89±34.73 (p=0.011)로, LF는 5.77±0.97에서 6.10±1.06 (p=0.041)로 유의미한 상승을 보였다. 그 외

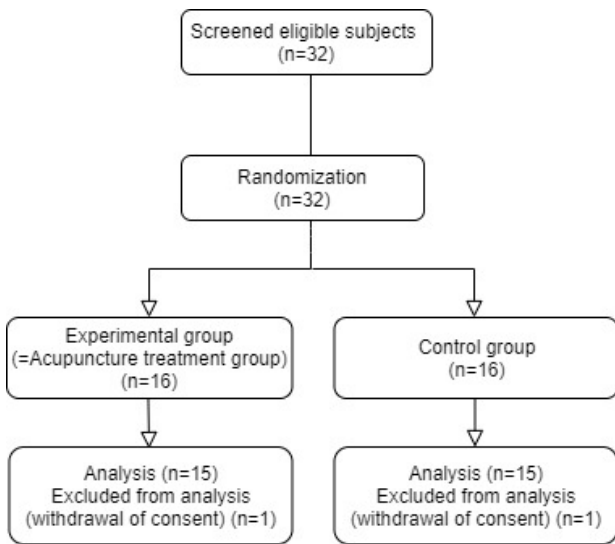


Fig. 3. Flow chart of subjects through the trial.

Table I. General Characteristics of the Subjects

Parameters	Total (n=30)	Control (n=15)	Experimental (n=15)	p-value
Age, yrs	29±5.90	29.2±5.99	28.8±6.01	0.857
Sex, n (%)				
Male	11 (36.7)	3 (20.0)	8 (53.3)	0.054
Female	19 (63.3)	12 (80.0)	7 (46.7)	

Values are mean±standard deviation or number of patients (percentage of corresponding patients).  
p-value of age was calculated by Mann-Whitney test.  
p-value of sex was calculated by chi-square test.

MHRT는 67.96±9.01에서 67.84±9.33 (p=0.820), RMSSD는 32.23±18.61에서 35.47±18.34 (p=0.280)로, TP는 7.32±0.83에서 7.58±0.91 (p=0.089)로, HF는 5.87±0.98에서 5.99±1.09 (p=0.328)로, LF/HF ratio는 1.12±0.72에서 1.39±0.72 (p=0.090)로 변화하여 모든 지표가 상승하였지만 유의성을 나타내지 않았다(Table II, Fig. 4).

## 3. 미주신경 감각분지 분포영역 자침에 따른 심박변이도의 변화

### 1) 자침 자극 직후의 심박변이도

실험군에서 자침 자극 직후 MHRT는 69.64±8.47에서 67.31±8.76 (p<0.001)로, RMSSD는 29.64±11.93에서 32.63±11.36 (p=0.011)로, HF는 5.76±1.08에서 6.08±0.87 (p=0.015)로 유의미한 변화를 보였고, 그 외 SDNN은 48.45±22.53에서 52.63±26.69 (p=0.191)로, TP는 7.36±0.95에서 7.58±0.81 (p=0.234)로, LF는 5.87±0.97에서 6.03±1.00 (p=0.430)로, LF/HF ratio는 1.40±1.04에서 1.33±1.33 (p=0.570)로 변화하였지만 유의성을 나타내지 않았다 (Table III, Fig. 5).

Table II. Change of HRV Parameters before and after Stress Stimulation

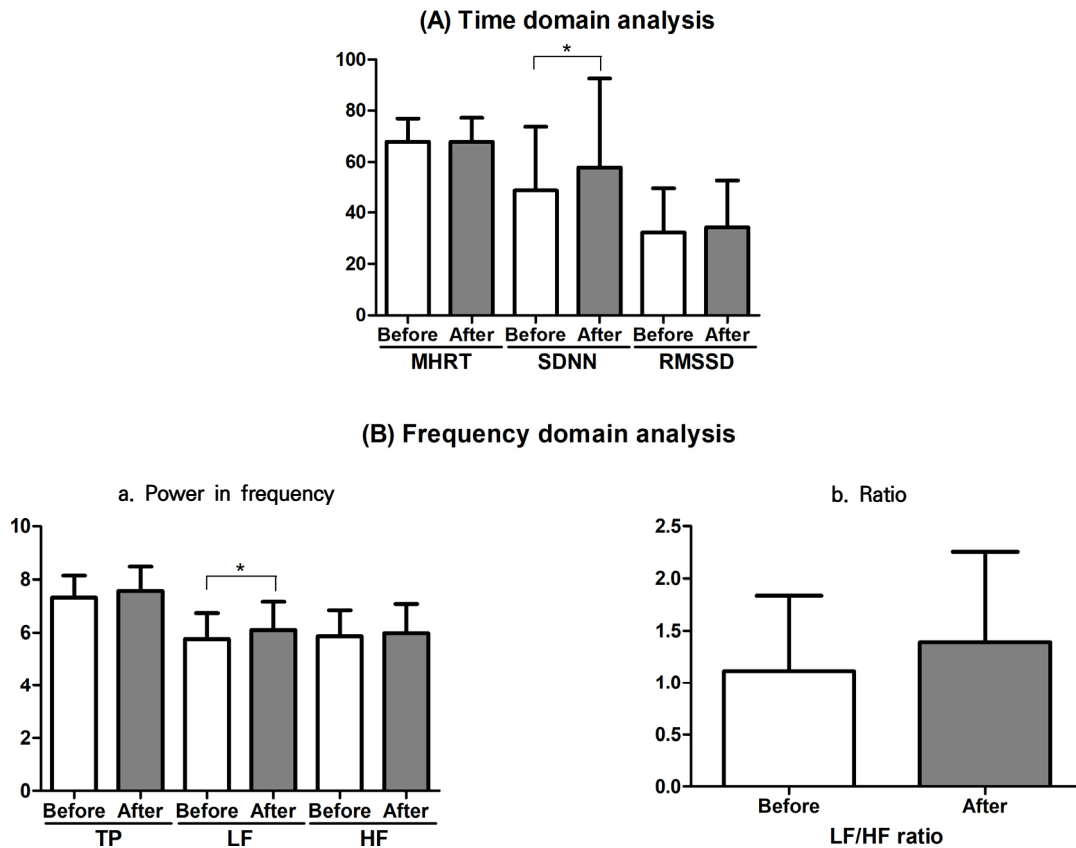
Parameters	Before (n=30)	After (n=30)	p-value
Time domain analysis			
MHRT (bpm)	67.96±9.01	67.84±9.33	0.820
SDNN (ms)	48.97±24.82	57.89±34.73	0.011*
RMSSD (ms)	32.23±18.61	35.47±18.34	0.280
Frequency domain analysis			
TP (ms <sup>2</sup> )	7.32±0.83	7.58±0.91	0.089
LF (ms <sup>2</sup> )	5.77±0.97	6.10±1.06	0.041*
HF (ms <sup>2</sup> )	5.87±0.98	5.99±1.09	0.328
LF/HF ratio	1.12±0.72	1.39±0.72	0.090

Values are mean±standard deviation.

HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density.

\*p-value<0.05.

P-values of MHRT, TP, LF, HF were calculated by paired T-test. P-values of SDNN, RMSSD, LF/HF ratio were calculated by Wilcoxon signed rank test.



**Fig. 4.** Changes of HRV parameters after stress stimulation in all subjects. HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density. \*p-value<0.05.

대조군에서는 실험군과 동일한 시점에서 측정된 모든 지표에서 유의미한 변화를 발견할 수 없었다. MHRT는 66.05±10.09에서 65.73±10.39 (p=0.514)로, SDNN은 67.34±42.42에서 64.11±42.31 (p=0.820)로, RMSSD는 38.82±23.02에서 38.32±23.45 (p=0.609)로, TP는 7.79±0.74에서 8.00±1.46 (p=0.683)로, LF는 6.34±1.84에서 6.55±1.85 (p=0.659)로, HF는 6.21±1.09에서 6.47±1.32 (p=0.393)로, LF/HF ratio는 1.38±0.68에서 1.60±0.68 (p=0.910)로 변화하였지만 유의미한 변화는 없었다(Table III, Fig. 5).

두 군 간 비교에서는 MHRT의 변화만 실험군에서 유의미한 차이가 나타났으며(p=0.004), 그 외의 지표에서 군 간 비교는 유의미한 차이가 없었다(p>0.05).

## 2) 유침 종료 후의 심박변이도

실험군에서는 15분 간의 유침이 끝나고 발침 후 HRV를 측정하였고 그 결과 SDNN은 48.45±22.53에서

67.62±38.73 (p=0.005)로, RMSSD는 29.64±11.93에서 36.17±15.20 (p=0.012), TP는 7.36±0.95에서 7.82±1.04 (p=0.015)로, LF는 5.87±0.97에서 6.30±1.18 (p=0.020)로, HF는 5.76±1.08에서 6.17±0.86 (p=0.007)로 모두 유의미한 상승을 보였다. MHRT는 69.64±8.47에서 68.38±8.84 (p=0.062)로, LF/HF ratio는 1.40±1.04에서 1.58±1.63 (p=1.000)으로 각각 변화하였지만 유의성은 없었다(Table IV, Fig. 5).

대조군에서는 같은 시간 동안 휴식을 취한 후 HRV를 측정하였고 그 결과 MHRT는 66.05±10.09에서 63.96±10.00으로 유의미한 감소를 보였다(p=0.023). 하지만 그 외에 SDNN은 67.34±42.42에서 68.86±34.70 (p=0.427)로, RMSSD는 38.82±23.02에서 50.39±40.93 (p=0.191)로, TP는 7.79±0.74에서 7.85±1.09 (p=0.840)로, LF는 6.34±1.84에서 6.70±1.24 (p=0.330)로, HF는 6.21±1.09에서 6.34±1.27 (p=0.620)로, LF/HF ratio는 1.38±0.68에서 1.83±1.35

**Table III** Change of HRV Parameters in Control and Experimental Group Immediately after Intervention

Parameters		Control (n=15)	Experimental (n=15)	Between-Group p-value	Within-Group p-value	
					p*	p <sup>†</sup>
Time domain analysis						
MHRT (bpm)	Pre.	66.05±10.09	69.64±8.47	.301	.514	<.001
	Post.	65.73±10.39	67.31±8.76	.656		
	Diff.	0.32±1.85	2.33±1.64	.004		
SDNN (ms)	Pre.	67.34±42.42	48.45±22.53	.233	.820	.191
	Post.	64.11±42.31	52.63±26.69	.325		
	Diff.	3.23±48.05	4.18±11.22	.512		
RMSSD (ms)	Pre.	38.82±23.02	29.64±11.93	.461	.609	.011
	Post.	38.32±23.45	32.63±11.36	1.00		
	Diff.	0.50±13.00	2.99±5.54	.267		
Frequency domain analysis						
TP (ms <sup>2</sup> )	Pre.	7.79±0.74	7.36±0.95	.205	.683	.234
	Post.	8.00±1.46	7.58±0.81	.367		
	Diff.	0.21±1.41	0.21±0.66	.567		
LF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	6.34±1.84	5.87±0.97	.224	.659	.430
	Post.	6.55±1.85	6.03±1.00	.345		
	Diff.	0.21±1.77	0.16±0.78	.934		
HF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	6.21±1.09	5.76±1.08	.263	.393	.015
	Post.	6.47±1.32	6.08±0.87	.713		
	Diff.	0.25±1.12	0.33±0.45	.285		
LF/HF ratio	Pre.	1.38±0.68	1.40±1.04	.683	.910	.570
	Post.	1.60±0.68	1.33±1.33	.539		
	Diff.	0.22±1.72	0.08±0.99	.902		

Values are mean±standard deviation.

HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density, Pre.: after stress stimulation, Post.: immediately after intervention, Diff.: difference value.

\*p-values of Pre. and Post. in Control group, †p-values of Pre. and Post. in Experimental group.

Between-Group p-values were calculated by independent t-test or Mann-Whitney test, Within-Group p-values were calculated by paired t-test or Wilcoxon signed rank test.

(p=0.410)로 변화하여 실험군과 유사한 변화 양상을 보였으나 유의미한 변화는 관찰되지 않았다(Table IV, Fig. 5).

두 군 간 비교에서는 모든 지표에서 유의미한 차이가 관찰되지 않았다(p>0.05).

#### 4. 스트레스 자극 전과 유침 종료 후 심박변이도의 변화

##### 1) 자침 자극에 따른 심박변이도의 변화

스트레스 자극을 가한 뒤 유침 종료 후 실험군에서는

SDNN은 50.96±27.28에서 67.62±38.73 (p=0.011)로, RMSSD는 29.98±12.78에서 36.17±15.20 (p=0.012)로, TP는 7.38±0.94에서 7.82±1.04 (p=0.018)로, LF는 5.75±1.03에서 6.30±1.18 (p=0.015)로 모두 유의미한 상승을 보였다. MHRT는 69.55±8.63에서 68.38±8.84로 감소하였으나 유의성은 없었고(p=0.143), HF는 5.83±1.09에서 6.17±0.86으로, LF/HF ratio는 1.10±0.65에서 1.58±1.63으로 증가하였지만 유의하지는 않았다(p=0.085, p=0.173) (Table V, Fig. 5).

스트레스 자극을 가한 뒤 단순 휴식을 취한 대조군에

**Table IV.** Change of HRV Parameters in Control and Experimental Group after the End of the Intervention

Parameters		Control (n=15)	Experimental (n=15)	Between-Group p-value	Within-Group p-value	
					p*	p <sup>†</sup>
Time domain analysis						
MHRT (bpm)	Pre.	66.05±10.09	69.64±8.47	.301	.023	.062
	Post.	63.96±10.00	68.38±8.84	.210		
	Diff.	2.09±3.15	1.25±2.40	.422		
SDNN (ms)	Pre.	67.34±42.42	48.45±22.53	.233	.427	.005
	Post.	68.86±34.70	67.62±38.73	.838		
	Diff.	1.52±44.84	19.18±27.68	.250		
RMSSD (ms)	Pre.	38.82±23.02	29.64±11.93	.461	.191	.012
	Post.	50.39±40.93	36.17±15.20	.713		
	Diff.	11.57±34.26	6.53±9.49	.775		
Frequency domain analysis						
T P(ms <sup>2</sup> )	Pre.	7.79±0.74	7.36±0.95	.205	.840	.015
	Post.	7.85±1.09	7.82±1.04	.945		
	Diff.	0.06±1.05	0.45±0.64	.220		
LF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	6.34±1.84	5.87±0.97	.224	.330	.020
	Post.	6.70±1.24	6.30±1.18	.382		
	Diff.	0.35±1.36	0.44±0.64	.832		
HF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	6.21±1.09	5.76±1.08	.263	.620	.007
	Post.	6.34±1.27	6.17±0.86	.657		
	Diff.	0.13±1.00	0.41±0.49	.353		
LF/HF ratio	Pre.	1.38±0.68	1.40±1.04	.683	.410	1.000
	Post.	1.83±1.35	1.58±1.63	.436		
	Diff.	0.45±1.61	0.18±1.27	.902		

Values are mean±standard deviation.

HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density, Pre.: after stress stimulation, Post.: immediately after intervention, Diff.: difference value.

\*p-values of Pre. and Post. in Control group, †p-values of Pre. and Post. in Experimental group.

Between-Group p-values were calculated by independent t-test or Mann-Whitney test, Within-Group p-values were calculated by paired t-test or Wilcoxon signed rank test.

서는 SDNN은 46.98±22.88에서 68.86±34.70으로, LF는 5.79±0.93에서 6.70±1.24로 유의미한 상승을 보였다(p=0.005, p=0.009). MHRT는 66.36±9.39에서 63.96±10.00 (p=0.079)로 감소하였으나 유의성은 없었고, RMSSD는 34.48±21.50에서 50.39±40.93 (p=0.061)으로, TP는 7.26±0.74에서 7.85±1.09 (p=0.055)로, HF는 5.90±0.89에서 6.34±1.27 (p=0.088)로, LF/HF ratio는 1.13±0.81에서 1.83±1.35 (p=0.132)로 변화하여 실험군과 유사한 변화 양상을 보였으나 유의미한 변화는 관찰되지 않았다(Table V, Fig. 5).

실험군과 대조군에서 모두 유의미한 변화가 있었던 SDNN과 LF는 대조군에서 더 큰 폭의 상승을 보였지만 두 군 간에 유의미한 차이는 없었고(p>0.05), 그 외의 지표에서도 유의미한 차이는 관찰되지 않았다(p>0.05).

## 2) 자율신경 균형정도에 따른 심박변이도의 변화

Kim 등의 연구<sup>25)</sup>를 바탕으로 LF/HF ratio가 0.67 이하인 경우는 부교감신경 항진군, 1.5 이상 이상인 경우는 교감신경 항진군으로 나누어 15명의 실험군 중에서



**Table V.** Change of HRV Parameters between before Stress Stimulation and after the End of the Intervention in Control and Experimental Group

Parameters		Control (n=15)	Experimental (n=15)	Between-Group p-value	Within-Group p-value	
					p*	p <sup>†</sup>
Time domain analysis						
MHRT (bpm)	Pre.	66.36±9.39	69.55±8.63	.341	.079	.143
	Post.	63.96±10.00	68.38±8.84	.210		
	Diff.	2.40±4.90	1.17±2.92	.411		
SDNN (ms)	Pre.	46.98±22.88	50.96±27.28	.683	.005	.011
	Post.	68.86±34.70	67.62±38.73	.838		
	Diff.	21.87±27.36	16.67±22.02	.775		
RMSSD (ms)	Pre.	34.48±21.50	29.98±12.78	.683	.061	.012
	Post.	50.39±40.93	36.17±15.20	.713		
	Diff.	15.90±35.33	6.19±8.28	.935		
Frequency domain analysis						
TP (ms <sup>2</sup> )	Pre.	7.26±0.74	7.38±0.94	.698	.055	.018
	Post.	7.85±1.09	7.82±1.04	.945		
	Diff.	0.59±1.08	0.44±0.64	.653		
LF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	5.79±0.93	5.75±1.03	.914	.009	.015
	Post.	6.70±1.24	6.30±1.18	.382		
	Diff.	0.91±1.16	0.56±0.78	.336		
HF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	5.90±0.89	5.83±1.09	.853	.088	.085
	Post.	6.34±1.27	6.17±0.86	.657		
	Diff.	0.44±0.93	0.33±0.69	.717		
LF/HF ratio	Pre.	1.13±0.81	1.10±0.65	.870	.132	.173
	Post.	1.83±1.35	1.58±1.63	.436		
	Diff.	0.69±1.50	0.48±1.22	.870		

Values are mean±standard deviation.

HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density, Pre.: after stress stimulation, Post.: immediately after intervention, Diff.: difference value.

\*p-values of Pre. and Post. in Control group, †p-values of Pre. and Post. in Experimental group.

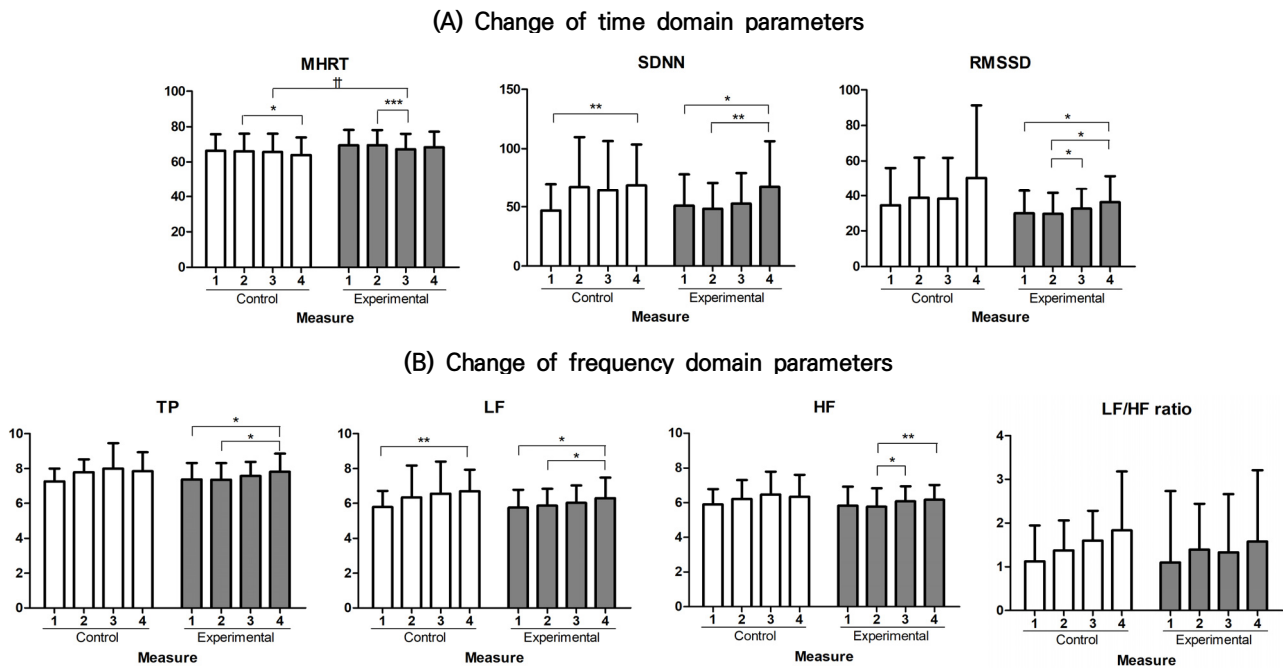
Between-Group p-values were calculated by independent t-test or Mann-Whitney test, Within-Group p-values were calculated by paired t-test or Wilcoxon signed rank test.

부교감 및 교감 항진군에 해당하는 7명을 자율신경계 불균형군, 8명의 나머지 피험자들을 자율신경계 균형군으로 분류하였다.

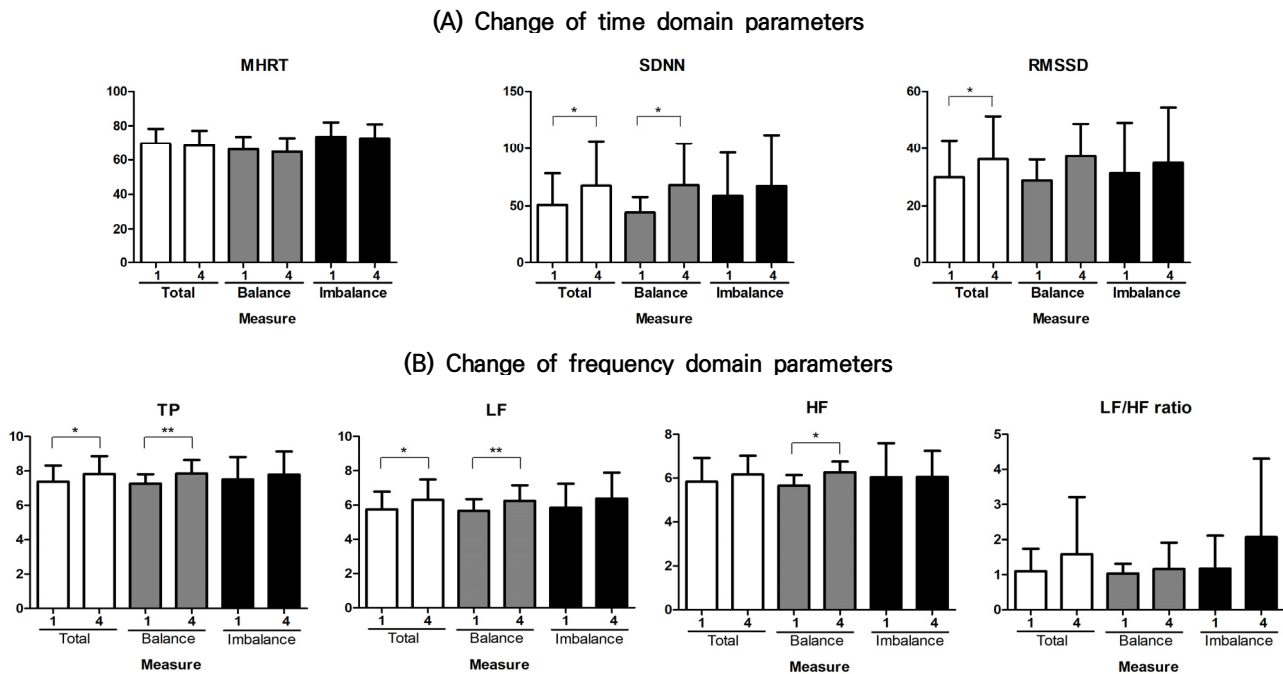
불균형군에서는 스트레스 자극을 가한 뒤 유침 종료 후 모든 지표에서 유의미한 변화가 관찰되지 않았다. MHRT는 73.61±8.46에서 72.63±8.21 (p=0.198)로, SDNN은 58.68±37.37에서 67.27±44.36 (p=0.278)로, RMSSD는 31.28±17.77에서 34.91±19.54 (p=0.061)로, TP는

7.51±1.29에서 7.79±1.34 (p=0.410)로, LF는 5.85±1.39에서 6.37±1.52 (p=0.255)로, HF는 6.04±1.54에서 6.06±1.19 (p=0.959)로, LF/HF ratio는 1.18±0.93에서 2.07±2.24 (p=0.176)로 변화하였으나 유의성은 없었다(Table VI, Fig. 6).

균형군에서는 스트레스 자극을 가한 뒤 유침 종료 후 SDNN은 44.20±13.41에서 67.93±36.24 (p=0.023)로, TP는 7.26±0.54에서 7.85±0.79 (p=0.005)로, LF는 5.66±0.68



**Fig. 5.** Changes of HRV parameters in control and experimental group according to time. 1: 1st HRV, 2: 2nd HRV, 3: 3rd HRV, 4: 4th HRV, HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density. \*represent the significant difference within each group, †represent the significant difference between control and experimental group. \*p-value<0.05, \*\*p-value<0.01, \*\*\*p-value<0.001, ††p-value<0.01.



**Fig. 6.** Changes of HRV parameters in experimental group (total, balance, imbalance). 1: 1st HRV, 4: 4th HRV, HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density. \*p-value<0.05, \*\*p-value<0.01.

**Table VI.** Change of HRV Parameters between before Stress Stimulation and after the End of the Intervention in Experimental Group

Parameters		Balance (n=8)	Imbalance (n=7)	Between-Group p-value	Within-Group p-value	
					p*	p <sup>†</sup>
Time domain analysis						
MHRT (bpm)	Pre.	66.00±7.54	73.61±8.46	.094	.349	.198
	Post.	64.66±8.05	72.63±8.21	.054		
	Diff.	1.34±3.77	0.97±1.78	.536		
SDNN (ms)	Pre.	44.20±13.41	58.68±37.37	.694	.023	.278
	Post.	67.93±36.24	67.27±44.36	.779		
	Diff.	23.73±23.13	8.60±19.09	.397		
RMSSD (ms)	Pre.	28.85±7.27	31.28±17.77	.933	.057	.061
	Post.	37.26±11.47	34.91±19.54	.536		
	Diff.	8.42±10.48	3.63±4.18	.397		
Frequency domain analysis						
TP (ms <sup>2</sup> )	Pre.	7.26±0.54	7.51±1.29	.867	.005	.410
	Post.	7.85±0.79	7.79±1.34	.779		
	Diff.	0.58±0.42	0.28±0.83	.613		
LF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	5.66±0.68	5.85±1.39	.779	.007	.255
	Post.	6.25±0.90	6.37±1.52	.694		
	Diff.	0.59±0.44	0.52±1.09	.867		
HF (ms <sup>2</sup> )	Pre.	5.65±0.49	6.04±1.54	.281	.023	.959
	Post.	6.26±0.49	6.06±1.19	.779		
	Diff.	0.61±0.60	0.01±0.70	.152		
LF/HF ratio	Pre.	1.03±0.28	1.18±0.93	.694	.476	.176
	Post.	1.16±0.75	2.07±2.24	.536		
	Diff.	0.13±0.48	0.89±1.68	.397		

Values are mean±standard deviation.

HRV: heart rate variability, MHRT: mean heart rate, SDNN: standard deviation of all N-N intervals, RMSSD: square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent N-N intervals, LF: low frequency density, HF: high frequency density, Pre.: before stress stimulation, Post.: after the end of the intervention, Diff.: difference value.

\*p-values of Pre. and Post. in Balance group, †p-values of Pre. and Post. in Imbalance group.

Between-Group p-values were calculated by Mann-Whitney test, Within-Group p-values were calculated by paired t-test or Wilcoxon signed rank test.

에서 6.25±0.90 (p=0.007)으로, HF는 5.65±0.49에서 6.26±0.49 (p=0.023)로 유의미한 상승을 보였다. MHRT는 66.00±7.54에서 64.66±8.05 (p=0.349)로 감소하였고, RMSSD는 28.85±7.27에서 37.26±11.47 (p=0.057)로, LF/HF ratio는 1.03±0.28에서 1.16±0.75 (p=0.476)로 상승하였지만 유의미한 변화는 관찰되지 않았다(Table VI, Fig. 6).

두 군 간 비교에서는 모든 지표에서 유의미한 차이가 관찰되지 않았다(p>0.05).

## 고찰»»»»

자율신경은 다양한 외적 환경 변화에 대하여 내적 환경을 일정하게 유지하여 항상성을 이루게 하는 신경성 조절기구이다<sup>2)</sup>. 20세기 Reil에 의해 처음 기술되었으며 Langley에 의해 자율신경계라는 명칭이 처음 사용되었다<sup>20)</sup>. Langley는 자율신경계를 ‘골격근을 제외한 조직으로 원심성 임펄스를 보내는 신경세포와 신경섬유로 구성되어 있다’라고 정의하여<sup>26)</sup> 자율신경계에 구심섬유와

중추신경계를 포함시키지 않았으나 현재에는 내장구심 섬유와 감각성분을 통합 조절하는 중추신경계의 시상하부를 자율신경계의 주요한 성분으로 포함시키고 있다<sup>20)</sup>.

자율신경계는 교감신경계와 부교감신경계 두 개의 하위체계로 구성되고, 이들은 기능적으로 상호 길항작용을 갖는다. 이 두 개의 신경계는 평상시 시시각각 변하는 환경적인 요구에 따라 일정하게 동적인 균형을 유지하고 있다. 만약 이 중 어느 하나가 더 우세해지면 자율신경 불균형이 발생하고, 특히 교감신경이 우세하고 부교감신경이 억제되는 경우 여러 병적인 증상을 유발하게 된다<sup>1,4,5,27)</sup>. 이를 바탕으로 Perkes 등<sup>28)</sup>은 자율신경 기능이상을 가리키는 전문용어로 교감신경의 과다활동에 중점을 두어서 paroxysmal sympathetic hyperactivity가 적합하다고 주장하였다.

내장기관에 대한 자율신경계의 조절은 원심성 신경의 활성화와 말초감각수용기의 반사, 두 가지 경로를 통한다고 보고 있다<sup>20,29)</sup>. 말초수용기의 신호는 중추신경계로 전달되고, 장기로 전달되는 자율신경계의 활성화와 기능을 조절한다. 소위 체성자율신경반사 조절에 대한 지식이 증가함에 따라 침 자극 기전에 대한 이해도 같이 증가되었고<sup>29)</sup>, 침 자극을 통해 전신성 내장구심성 말초신경계인 자율신경계의 변화가 유발되고 이는 각 장부의 내적 균형을 유지하도록 할 것으로 여겨지고 있다<sup>4)</sup>. 최근 연구에서 침의 작용 기전을 설명하고자 하는 방법으로 전체 연구 중 약 11%에서 자율신경계의 측면을 통해 접근하고자 하였으며<sup>6)</sup>, 이를 바탕으로 자율신경계의 부조화를 조절하기 위한 침 치료에 관한 연구들이 지속적으로 보고되고 있다<sup>3,4)</sup>.

기존 연구에서 침 자극은 정상 생리적인 상태에서는 경혈의 위치에 따라 자율신경계에 미치는 상반적 작용이 보고된 바 있으며<sup>7-12)</sup>, 병리적인 상태에서는 인체의 부조화된 자율신경계를 정상으로 회복하려는 작용이 보고되었다<sup>13-16)</sup>. 이는 경락과 경혈의 특성에 따른 인체의 반응이라고 볼 수 있으며, 이 중 합곡혈은 주변에 교감신경 섬유 등이 신경에 연결하고<sup>9)</sup> 이침의 폐점과 신문점은 이갑강에 주로 부교감신경 섬유가 연결하는 것으로 자율신경의 해부학적 신경 지배 영역의 작용으로 설명되기도 한다<sup>3,9,30)</sup>.

극문<sup>8)</sup>, 사신총<sup>10)</sup>, 내관<sup>11)</sup>, 심수<sup>12)</sup> 등의 혈자리들에서 부교감신경의 활성이 보고되었지만 부교감신경의 주행

경로를 고려할 때 일부 가치를 제외하고는 접근법이 어렵기 때문에 간접적인 작용으로 부교감신경의 반응을 유도하는 것으로 생각되고 있다. 하지만 최근 국내외 연구들에서 귀 주위 자침이 부교감신경을 활성화시키고 보고하였고<sup>9,16,17)</sup>, 부교감신경의 대표적 뇌신경인 미주신경을 자극할 수 있다고 보고하였다<sup>18,19)</sup>. 하지만 기존 연구들이 경혈의 위치에서 근거리에 분포하는 미주신경의 연결을 통한 직간접적인 효과로 설명하고 있으며 해부학적 분포영역에 근거하여 침 자극의 위치를 설정한 연구는 보고된 바 없었다.

미주신경은 말초 감각기로부터의 감각을 중추로 전달하는 구심성 경로가 약 80%의 비율을 차지하고 있다<sup>20,29)</sup>. 따라서 먼 쪽 감각을 조절함으로써 간접적으로 뇌의 신경학적 변화를 유발할 수 있을 것으로 기대해 볼 수 있으며 최근 미주신경을 효과적으로 자극할 수 있는 영역에 대한 탐색적 연구가 보고되고 있다<sup>21,22,31)</sup>. 미주신경의 감각분지는 일반적으로 이갑개(auricular concha)에 주로 분포하는 것으로 알려져 있으며<sup>32-34)</sup>, 대이륜(antihelix)과 이주(tragus)의 일부분을 지배하는 것으로 보고 있다<sup>31)</sup>. 이갑개 중 이개강(concha cymba)은 미주신경에 의해서만 지배받는 고유 영역으로 알려져 있고<sup>33)</sup>, Haker 등의 연구<sup>9)</sup>에서 부교감신경의 활성이 보고된 바 있는 이침 중 폐점은 이갑개중 이개정(concha cavum)에 위치하고 있다. 초기 몇몇의 임상 연구들에서 외이도(external acoustic meatus)의 사분면 중 후하방 면이 미주신경 자극 지점으로 논의되었으나<sup>35,36)</sup>, 최근 기능적 자기공명영상을 활용한 연구에서 이주의 내측벽(inner wall)의 자극이 외이도 후면의 자극보다 효과적인 미주신경 자극을 유발할 수 있다는 것이 확인되었다<sup>37,38)</sup>.

이에 본 연구는 미주신경의 감각분지 분포영역으로 외이의 표면에서 이개강(concha cymba), 이개정(concha cavum), 이주(tragus)의 내측벽을 취혈점으로 설정하여 실험적 스트레스 상태에서 자침 자극 후 부교감신경의 활성화 및 자율신경계의 조절 효과를 알아보고자 연구를 진행하였다.

총 30명의 연구 대상자들의 연령은 22세부터 50세까지로 실험군은 평균 28.8±6.01세, 대조군은 29.2±5.99세였으며, 남녀 구성은 실험군에서 남성이 8명, 여성이 7명이었고, 대조군에서는 남성이 3명, 여성이 12명으로 양 군간 평균 연령과 성별은 유의미한 차이가 없었다(p>0.05).

본 연구에서 자율신경의 기능평가는 심박변이도 분석방법을 이용하였다. 심박수의 박동간 변동은 일반적으로 심혈관계 기능을 조정하는 교감신경과 부교감신경의 상호작용이 반영된다는 점을 바탕으로 HRV는 자율신경계의 기능을 평가하는 방법으로 다양한 질환에서 유용하게 활용되고 있다<sup>1,27)</sup>. 신뢰성과 재현성이 높고 비침습적인 방법이며, 환자의 협조가 필요한 일반적인 자율신경 검사와 달리 생리적이거나 환자의 협조가 없이도 가능하다<sup>27)</sup>. 심박변이도의 분석 방법으로는 시간영역과 주파수영역으로 분석하는 방법이 있다<sup>27)</sup>. 시간영역 분석으로는 MHRT (평균심박수), SDNN (전체 RR간격의 표준편차), RMSSD (인접한 RR간격의 제곱한 값의 평균 제곱근)를 이용하고, 주파수영역 분석으로는 TP (TP, very low frequency power [VLF], LF, HF를 포함한 5분 동안의 전체 power), VLF (0~0.04 Hz에 해당하는 주파수 대역의 강도), LF (0.04~0.15 Hz에 해당하는 주파수 대역의 강도), HF (0.15~0.4 Hz에 해당하는 주파수 대역의 강도), LF/HF ratio (교감-미주신경의 균형정도)를 사용한다<sup>16,27)</sup>. 단기간 기록의 경우 VLF는 모호한 측정치로 임상적으로 이용되지 않아 본 연구 분석 지표에서는 제외하였다. SDNN은 심박변이도에 기여하는 모든 주기 요소들을 반영한다<sup>39)</sup>. SDNN이 큰 경우에는 심박 변동 신호가 불규칙하다는 것을 의미하고 건강한 사람일수록 HRV 신호가 불규칙적이고 복잡하다. 이것은 스트레스의 저항도를 반영한다고 해석할 수 있다<sup>39)</sup>. RMSSD는 심장의 부교감신경성 조절을 측정하는 지수이고, LF는 심장의 동방결절에 대한 교감신경의 조절, HF는 심장의 동방결절에 대한 미주신경 조절의 지표로 이용된다<sup>16)</sup>.

연구 결과, 피험자들에게 스트레스 자극을 가한 뒤 SDNN과 LF가 유의미하게 상승하였다. 이는 스트레스 자극으로 인한 자율신경계의 저항도와 교감신경의 활성이 증가한 것을 의미한다고 볼 수 있다. 스트레스는 주로 교감신경의 흥분과 연관되며, 이러한 반응은 LF의 증가로 나타난다고 알려져 있는 기존 연구 결과들<sup>13,15,16)</sup>과 일치한다. 따라서 본 연구에서 사용한 스트레스 자극이 적절한 stressor로 작용하였다고 볼 수 있다.

스트레스 자극을 가한 이후 심박변이도의 변화에서 대조군에서는 유의미한 변화가 없었던 반면 실험군에서는 자침 자극 직후 MHRT가 유의미하게 감소하였고,

RMSSD, HF는 유의미한 상승을 보였다. RMSSD와 HF는 모두 부교감신경과 관련된 지표로 이는 미주신경에 자극이 가해지면서 즉각적인 변화를 보인 것으로 생각된다. 심박수 역시 교감-미주신경의 균형을 통해 조절되는데 미주신경은 아세틸콜린의 유리를 통해 동방결절에서 유발되는 심장수축의 리듬을 감소시킨다<sup>40)</sup>. 따라서 MHRT의 감소는 부교감신경의 콜린성 작용이 활성화되면서 나타난 결과로 해석할 수 있다. 대부분의 연구들에서 스트레스 자극 및 침 치료의 전후 비교가 진행되었지만<sup>7-18,39)</sup>, 대부분이 유침 후의 자율신경의 변화를 보고하고 있다. 이 중 Haker 등의 연구<sup>9)</sup>에서만 자침 전후로 지속적인 HRV 검사를 통해 자침 직후부터 활성화도가 유의미하게 상승하였다고 보고하였다. 본 연구 결과 역시 자침 직후부터 부교감신경의 유의미한 활성이 확인됨으로써 자침 자극의 효과 반영이 즉각적으로 일어난다는 근거를 제시할 수 있다.

15분간의 휴식 후 대조군에서는 MHRT만 유의미하게 감소하였지만, 15분간의 유침 후 실험군에서는 SDNN, RMSSD, TP, LF, HF가 유의미하게 상승하였다. RMSSD와 HF의 유의미한 상승은 자침 이후부터 지속적으로 부교감신경의 활성이 유발되고 있는 것을 의미한다. 또한 TP는 LF, HF, VLF를 포함한 주파수 영역의 분석 지표로 SDNN과 유사한 의미를 갖는 지표이다. 스트레스 저항도에 해당하는 SDNN과 자율신경계의 전체적인 활성 정도와 조절 능력을 반영하는 TP가 유의미하게 증가한 것을 고려한다면 이는 스트레스 자극으로 인한 인체의 생리적 대항 반응이 침 자극에 의해 활성화되면서 자율신경계가 전체적으로 활성화 되는 것으로 해석할 수 있다. 기존 연구들<sup>15,16,41,42)</sup>에서는 스트레스 상태에서의 침 자극은 교감신경의 항진을 억제시켜 정상적으로 회복시키려는 결과들이 다수 보고되었다. Jang 등의 연구<sup>6)</sup>에서는 스트레스 자극 후 신문혈에 이침 자극을 하였을 경우 LF, LF/HF ratio가 유의미하게 하강하였고, Li 등<sup>41)</sup>은 자동차 운전 시뮬레이션으로 유발한 스트레스 상태에서 대추와 내관의 자기침군이 대조군에 비해 HF를 유의하게 증가시키고 LF, LF/HF ratio를 감소시켜 수반된 교감신경 항진을 억제한다고 보고한 바 있다. 또한, Kim 등의 연구<sup>42)</sup>에서 스트레스 후 백회혈에 침 자극 및 전침자극을 가한 군에서 LF, LF norm, LF/HF ratio의 감소와 HF, HF norm를 유의미하게 증가시켜 이

는 스트레스로 유발된 교감신경 향진의 억제 효과와 억제된 부교감신경 향진 효과가 있음을 보여주었다. 본 연구에서는 교감신경과 관련된 지표들이 동반 상승하였는데 이는 침 자극의 자율신경계의 조절 효과가 선택적인 반응만 유발하는 것이 아니라 전체적인 활성도를 증가시키면서 유발될 수 있음을 보여준다.

각각의 구간에서 두 군 간의 차이는 자침 자극 직후 MHRT의 변화에서만 유의미한 차이를 확인할 수 있었다. 선행 연구<sup>15,16,41-43)</sup>에서 침자극이 특정 자극점을 통해 심박수를 유의하게 감소시킬 수 있다는 가능성이 제시되었는데 본 연구에서도 침자극을 통해 MHRT가 유의하게 감소하였다. 이를 통해 자침 자극의 즉각적인 효과를 확인할 수 있었지만 유침 종료 후 실험군에서 전체적인 자율신경계의 활성도가 증가하면서 MHRT가 증가하였고, 아무런 처치를 하지 않은 대조군에서도 휴식 종료 후 MHRT가 유의미하게 감소하였다. 이는 시간의 흐름에 따른 반응으로 시간적 변수가 작용한 것으로 생각한다. 이 밖에 모든 지표가 두 군 간 비교에서 유의미한 차이가 없었는데 이는 정상인을 대상으로 하여 모든 분석 지표가 정상 범위 내에 있기 때문인 것으로 생각한다.

스트레스 전 심박변이도와 유침 종료 후 자침 자극에 따른 심박변이도를 비교 분석한 결과, 대조군에서는 SDNN과 LF에서만 유의미한 상승이 관찰되었지만 실험군에서는 SDNN, RMSSD, TP, LF가 유의미한 상승을 보였다. 본 연구에서 스트레스 자극 후 SDNN과 LF가 유의미하게 증가한 결과를 고려해봤을 때, 대조군에서는 15분간의 휴식을 취했지만 자율신경계의 불균형 상태에 대한 조절이 충분히 이뤄지지 않은 상태라 생각된다. 반면에 SDNN, LF 뿐만 아니라 RMSSD, TP값에서도 유의미한 증가가 확인된 실험군은 자침 자극으로 인한 부교감신경의 활성화 및 전반적인 자율신경계의 조절 능력을 촉진시킨 결과라 볼 수 있다. Selye는 일반 적응증후군(general adaptation syndrome)란 이론으로 스트레스 반응을 3가지 단계로 분류하였는데<sup>44)</sup> 첫 단계인 경보반응단계(alarm reaction stage), 두 번째 단계인 저항단계(resistance stage), 세 번째 단계인 소진단계(exhaustion stage)에서 신체적 반응이 상이함을 주장하였다. 즉, 자침 자극에 의해서 스트레스 자극에 대한 경보반응 단계의 시간을 줄이고, 저항 단계 및 소진 단계

로 진행될 수 있도록 유도한 것이라 생각된다.

표준범위에서 교감신경과 부교감신경은 6 : 4의 비율을 이상적인 상태로 보고 있으며<sup>24)</sup>, 따라서 LF/HF ratio는 0.5~1.5 사이를 정상수치로 보는데, 일부에서는 LF/HF ratio가 1.5 이상인 경우는 교감신경 항진군, 0.67 이하인 경우는 부교감신경 항진군으로 나누기도 한다<sup>25)</sup>. 이를 바탕으로 본 연구에서도 실험군에서 교감신경 항진군에 해당하는 3명과 부교감신경 항진군에 해당하는 4명을 불균형군으로 배정하고 나머지 8명을 균형군으로 배정하여 스트레스 유발 전 심박변이도와 유침 종료 후 심박변이도의 변화를 비교 분석하였다. 불균형군에서는 모든 지표에서 유의미한 변화를 확인할 수 없었던 데 반해 균형군에서는 SDNN, TP, HF, LF에서 모두 유의한 상승을 확인할 수 있었다. 이는 본 연구에서 전체 실험군에서 유의미한 변화를 보였던 지표들과 유사하며, 이의 연구<sup>17)</sup>에서 자율신경증상 유무에 따라 집단을 구분하여 분석한 결과 자율신경증상 집단에서는 비자율신경증상 집단에 비하여 자율신경 항상성 조절 기능이 관찰되지 않았으며 전체적인 자율신경 기능의 활성 상태의 감소를 보였던 결과와 일치한다. 하지만, Choi 등의 연구<sup>45)</sup>에서는 중등도 스트레스군에서 정상인 대조군에 비해 자침자극으로 인한 변화의 폭이 크게 나타난 결과와는 다소 상반된다. 이는 본 연구에서는 정상인을 대상으로 가상의 스트레스를 유발하였으므로 임상 증상이 있는 환자군과 자율 신경의 조절 능력에 차이가 있기 때문인 것으로 생각한다. 또한, 침 자극 후 60분 동안의 HRV에서 LF와 HF의 활성도를 분석한 결과 침 자극 후에도 장기적인 활성이 관찰되었던 기존 연구 결과<sup>9)</sup>를 고려해보았을 때 본 연구에서 관찰한 단시간의 변화에서는 불균형군에 비해 균형군에서 자침 자극이 보다 더 효과적이고 빠르게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

이상의 연구 결과를 종합해보면 스트레스 반응으로 인한 병리적 상태에서 미주신경 분포영역에 자침 자극을 가한 결과, 부교감신경의 활성이 일차적으로 유도되고, 이후 전반적인 자율신경계의 활성화 및 조절효과를 확인할 수 있었다. 또한 정상 생리적인 상태에서 스트레스가 가해지는 경우 침 자극이 회복반응을 빠르게 유도하는 것이 확인되었다. 최근 여러 연구에서 침 자극의 자율신경계 조절 작용이 중뇌 및 뇌간의 네트워크에

의해 매개된다는 사실이 입증되었으며<sup>46)</sup>, 자율신경계 조절에 관여하는 뇌 영역을 활성화할 뿐만 아니라 관련 뇌 영역에서 세로토닌(serotonin), 오피오이드 펩타이드(opioid peptides), 카테콜아민(catecholamines) 등의 신경전달물질을 조절하여 자율신경계의 반응을 조절하고 완화시킴이 알려졌다<sup>47)</sup>. 미주신경은 뇌간에 위치한 고립핵(nucleus of the solitary tract)과 다양한 내장기관을 연결하고 있다<sup>20)</sup>. 고립핵은 전달받은 신호들을 뇌의 시상하부의 뇌실옆핵(paraventricular nucleus), 편도체의 중심핵(central nucleus of the amygdala), 척수의 부완핵(parabrachial area) 등의 많은 영역으로 전달한다. 따라서 고립핵은 말초에서의 신호가 처음으로 중추신경 내로 받아들여 통합, 분석하는 곳으로 자율신경계의 조절과 인체의 항상성 유지 그리고 인체의 보호에 필요 불가결하다<sup>48)</sup>. 따라서 미주신경의 감각분지 분포영역의 자극은 고립핵으로 연결되는 구심성 신호를 효과적으로 자극하여 뇌의 고립핵 영역을 활성화시키고 관련된 신경전달물질들을 조절함으로써 자율신경계의 변화를 유도한 것으로 생각한다.

본 연구에서는 기존 연구에서 적용되었던 이침의 폐점 자극뿐만 아니라 미주신경의 자극을 효과적으로 유발할 수 있다고 알려진 이개강과 이주의 내측벽의 침 자극을 통해 부교감신경의 활성을 유도하고 이차적으로 자율신경계의 활성화 및 조절 효과를 확인하였다는 의의가 있다.

또한 대부분의 기존 연구들이 침 치료의 전후 비교로 진행되었던 것에 비해서 본 연구는 여러 시점 간에 심박변이도의 변화를 비교 분석하였다. 그리고 이를 통해 자침 자극 직후의 변화 및 스트레스 반응에 대한 침 치료의 효과를 확인하였다는데 의미가 있다. 주행경로 상 접근이 쉽지 않았던 부교감신경 중 미주신경의 감각분지 분포영역인 외이는 접근법이 비교적 쉽고, 피내에 장시간 유지하는 방법을 적용하기에 용이하다는 이점이 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 외이에서의 취혈점이 편리성을 바탕으로 임상에서 자율신경계의 조절을 위한 치료점으로 활용할 수 있을 것으로 기대하는 바이다.

그러나 본 연구는 표본 수가 적고, 자율신경 변화에 시간의 변수를 고려하기 위해 무처치 대조군을 설정하였지만 침 자극 종료 후 일정시간이 지난 후까지 추적 관찰하지 않았기 때문에 침 자극 종료 후 회복기의 변

화는 파악할 수 없었고 단회 연구로 장기 효과를 확인하기 어려웠다. 또한 정상인을 대상으로 가상의 스트레스 상태를 유발하였지만 조절 능력이 정상 범위에 속하여 자율신경 질환의 병리적 상태와 그 정도가 다를 수 있다는 점 등의 한계점이 있다. 추후 이를 보완하여 대상 선정, 장기 추적관찰 연구 등의 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각하며 심박변이도 뿐만 아니라 피부전도, 근전도, 기능적 자기공명영상 등을 활용한 검증도 필요할 것으로 생각한다.

## 결론»»»»

기저질환이 없는 성인 남녀 30명을 미주신경의 감각분지 분포영역에 자침을 하는 실험군과 무처치 대조군의 두 군으로 나누어 스트레스 유발 후 중재에 따른 심박변이도를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험군과 대조군은 각각 15명으로 양 군 간의 평균 연령, 성별은 유의한 차이가 없었다. 모든 피험자들에게 가상의 스트레스 유발 후 심박변이도의 변화를 확인한 결과, SDNN과 LF가 유의미한 상승을 보였다( $p<0.05$ ).
2. 스트레스 자극을 가한 이후 미주신경 감각분지 분포영역 자침에 따른 심박변이도를 분석한 결과, 자침 자극 직후 결과 분석에서 실험군에서는 MHRT가 유의미하게 감소하였고( $p<0.001$ ), 대조군과 비교하여 유의미한 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 또한, RMSSD, HF는 유의미한 상승을 보였지만( $p<0.05$ ), 대조군에서는 유의성 있는 변화를 보이지 않았다. 유침 종료 후 심박변이도의 변화에서 실험군에서는 SDNN, HF가 유의미하게 상승하였으며( $p<0.01$ ), RMSSD, TP, LF에서도 유의미한 상승을 보였다( $p<0.05$ ). 대조군에서는 MHRT에서만 유의미한 감소를 확인하였다( $p<0.05$ ).
3. 스트레스 유발 전의 심박변이도와 유침 종료 후 자침 자극에 따른 심박변이도의 변화를 비교 분석한 결과, 실험군에서는 SDNN, RMSSD, TP, LF에서 유의미한 상승을 보였고( $p<0.05$ ), 대조군에서는 SDNN과 LF에서만 유의미한 상승이 관찰되었다( $p<0.01$ ).

4. 자율신경의 균형 정도에 따라 불균형군과 균형군으로 나누어 스트레스 유발 전의 심박변이도와 유침 종료 후 심박변이도의 변화를 비교 분석한 결과, 균형군에서는 TP, LF에서 유의미하게 상승하였으며( $p < 0.01$ ), SDNN, HF에서도 유의미한 상승을 보였다( $p < 0.05$ ). 불균형군에서는 모든 지표에서 유의미한 변화를 확인할 수 없었다.

이상을 종합하였을 때 스트레스 자극으로 유발된 병리적 상태에서 미주신경의 감각분지 분포영역의 자침은 부교감신경을 항진시키고 이후 자율신경계의 조절 및 활성화를 유도함을 확인하였다. 또한 정상 생리적 상태에서 스트레스 자극 후 자침 자극은 자율신경계의 회복을 도울 수 있으며 이는 자율신경계가 균형을 이루고 있을 때 보다 더 효과적으로 나타남을 확인하였다. 이는 외이의 미주신경 감각분지 분포영역의 자침이 편리성과 더불어 자율신경계의 조절을 위한 효과적인 치료점으로 활용할 수 있으리라 생각한다.

## References»»»»»

1. Hwang EM, Wang KH, Bae JI, Keum DH. The effect of dry cupping treatment applied to Back-shu points on the autonomic nervous system through HRV. *J Oriental Rehab Med.* 2013;23(1):51-64.
2. Park BR. Anatomy and physiology of the autonomic nervous system. *Research in Vestibular Science.* 2017; 16(4):101-7.
3. Chae YB, Park HJ, Koo ST, Lee HJ. Review on acupuncture and autonomic nervous system: heart rate variability analysis in humans. *Journal of Meridian & Acupoint.* 2007;24(4):25-36.
4. Jeon SW, Nam HJ, Kim JM, Lee WG, Kim YB. Review on mechanism and efficacy of acupuncture stimulation - relationship between acupuncture stimulation and autonomic nervous system. *Korean J Oriental Physiology & Pathology.* 2010;24(5):748-52.
5. Shamsuzzaman ASM, Somers VK. Microneurography. In: Daroff RB, Aminoff MJ, eds. *Encyclopedia of the neurological sciences.* 1st ed. San Diego:Academic Press. 2003:140-5.
6. Moffet HH. How might acupuncture work? A systematic review of physiologic rationales from clinical trials. *BMC Complement Altern Med.* 2006;6:25.
7. Knardahl S, Elam M, Olausson B, Wallin BG. Sympathetic nerve activity after acupuncture in humans. *Pain.* 1998; 75(1):19-25.
8. Nishijo K, Mori H, Yosikawa K, Yazawa K. Decreased heart rate by acupuncture stimulation in humans via facilitation of cardiac vagal activity and suppression of cardiac sympathetic nerve. *Neurosci Lett.* 1997;227(3): 165-8.
9. Haker E, Egekvist H, Bjerring P. Effect of sensory stimulation (acupuncture) on sympathetic and parasympathetic activities in healthy subjects. *J Auton Nerv Syst.* 2000; 79(1):52-9.
10. Wang JD, Kuo TB, Yang CC. An alternative method to enhance vagal activities and suppress sympathetic activities in humans. *Auton Neurosci.* 2002;100(1-2):90-5.
11. Huang ST, Chen GY, Lo HM, Lin JG, Lee YS, Kuo CD. Increase in the vagal modulation by acupuncture at neiguan point in the healthy subjects. *Am J Chin Med.* 2005;33(1):57-64.
12. 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.
13. Middlekauff HR, Yu JL, Hui K. Acupuncture effects on reflex responses to mental stress in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2001;280(5):1462-8.
14. Li P, Ayannusi O, Reid C, Longhurst JC. Inhibitory effect of electroacupuncture (EA) on the pressor response induced by exercise stress. *Clin Auton Res.* 2004;14(3): 182-8.
15. Kim JS, Hwang W, Bae KT, Nam SS, Kim YS. Effect of acupuncture for mental stress on short-term analysis of heart rate variability (HRV). *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society.* 2004;21(5):227-39.
16. Jang BH, Lee JH, Mun KS, Kim JW, Kwon OS. Effect or auricular acupuncture for mental stress on heart rate variability (HRV). *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society.* 2005;22(6):173-80.
17. Lee IS. A study of evaluation protocol of autonomic nervous system using electro-acupuncture stimulation [dissertation]. Iksan: Wonkwang University; 2015.
18. He W, Rong P-J, Li L, Ben H, Zhu B, Litscher G. Auricular acupuncture may suppress epileptic seizures via activating the parasympathetic nervous system: a hypothesis based on innovative methods. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2012;2012: 615476.
19. Yu L, Scherlag BJ, Li S, Fan Y, Dyer J, Male S, Varma V, Sha Y, Stavrakis S, Po SS. Low-level transcutaneous electrical stimulation of the auricular branch of the vagus nerve: a noninvasive approach to treat the initial



- phase of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2013;10(3):428-35.
20. Lee WT. Anatomy of the autonomic nervous system. *Journal of the Korean Society for Clinical Neurophysiology*. 2002;4(2):195-203.
  21. Li S, Zhou X, Yu L, Jiang H. Low level non-invasive vagus nerve stimulation: a novel feasible therapeutic approach for atrial fibrillation. *Int J Cardiol*. 2015;182(1):189-90.
  22. Frangos E, Ellrich J, Komisaruk BR. Non-invasive access to the vagus nerve central projections via electrical stimulation of the external ear: fMRI evidence in humans. *Brain Stimul*. 2015;8(3):624-36.
  23. Jiang Y, Po SS, Amil F, Dasari TW. Non-invasive low-level tragus stimulation in cardiovascular diseases. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2020;9(1):40-6.
  24. Shamsuzzaman ASM, Somers VK. Microneurography: Daroff RB, Aminoff MJ. *Encyclopedia of the Neurological Sciences*. 1st ed. Academic Press. 2003:140-5.
  25. Kim SY, Han CW, Park SH, Kwon JN, Lee I, Hong JW, Choi JY. Correlation study between electro-gastrography and heart rate variability in dyspeptic patients. *Korean J Physiology and Pathology*. 2012;26(4):532-8.
  26. Langley JN. The autonomic nervous system. *Brain*. 1903;26(1):1-26.
  27. Jeong HJ, Park KJ. Clinical applications of heart rate variability in neurological disorders. *J Korean Neurol Assoc*. 2017;35(1):1-7.
  28. Perkes I, Baguley IJ, Nott MT, Menon DK. A review of paroxysmal sympathetic hyperactivity after acquired brain injury. *Annals of Neurology*. 2010;68:126-35.
  29. Filshie J, White A. *Medical acupuncture: a Western scientific approach*. 2nd ed. New York: Elsevier Health Sciences. 2016:81-9.
  30. Suter B, Kistler A. Does acupuncture influence the cardiovascular system via the central nervous system? *Schweiz Med Wochenschr*. 1996;124:36-8.
  31. Butt MF, Albusoda A, Farmer AD, Aziz Q. The anatomical basis for transcutaneous auricular vagus nerve stimulation. *J Anat*. 2020;236(4):588-611.
  32. Kaniusas E, Kampusch S, Tittgemeyer M, Panetsos F, Gines RF, Papa M, Kiss A, Podesser B, Cassara AM, Tanghe E, Samoudi AM, Tarnaud T, Joseph W, Marozas V, Lukosevicius A, Ištuk N, Lechner S, Klonowski W, Varoneckas G, Széles JC, Šarolić A. Current directions in the auricular vagus nerve stimulation II - an engineering perspective. *Front Neurosci*. 2019;13:772.
  33. Jems E. Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2019;36(6):437-42.
  34. Peuker ET, Filler TJ. The nerve supply of the human auricle. *Clin Anat*. 2002;15(1):35-7.
  35. Gupta D, Verma S, Vishwakarma SK. Anatomic basis of Arnold's ear-cough reflex. *Surg Radiol Anat*. 1986;8:217-20.
  36. Tekdemir I, Aslan A, Elhan A. A clinico-anatomic study of the auricular branch of the vagus nerve and Arnold's earcough reflex. *Surg Radiol Anat*. 1998;20:253-7.
  37. Kraus T, Kiess O, Hösl K, Terekhin P, Kornhuber J, Forster C. CNS BOLD fMRI effects of sham-controlled transcutaneous electrical nerve stimulation in the left outer auditory canal - a pilot study. *Brain Stimul*. 2013;6:798-804.
  38. Yakunina N, Kim SS, Nam EC. Optimization of transcutaneous vagus nerve stimulation using functional MRI. *Neuromodulation*. 2017;20:290-300.
  39. Park JS. Study on the effect of acupuncture at Jeonjung (CV17) on the heart rate variability in healthy adult [dissertation]. Iksan: Wonkwang University; 2010.
  40. Min BI. *The latest in physiology*. 6th ed. Seoul: Shinkwang. 2000:18-20.
  41. Li Z, Jiao K, Chen M, Wang C. Effect of magneto-puncture on sympathetic and parasympathetic nerve activities in healthy drivers-assessment by power spectrum analysis of heart rate variability. *Eur J Appl Physiol*. 2003;88(4-5):404-10.
  42. Kim JN, Lee JS, Hong JS, Kim SJ, Moon SI. Effect of simple acupuncture and electroacupuncture at Bai Hui (GV<sub>20</sub>) on heart rate variability in healthy adults with stress task. *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society*. 2012;29(3):89-99.
  43. Yu GY, Lee GY, Min BI, Ko ES, Kim JH, Hong MC. The effect of sensory stimulation on different sites of the body on arterial blood pressures and heart rates. *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society*. 2002;19(1):147-58.
  44. Selye H. History and present status of the stress concept. *Handbook of stress*. 1982:7-17.
  45. Choi WJ, Lee SG, Park KM. A study on the relationship with acupuncture stimulation and stress using heart rate variability. *J of Oriental Neuropsychiatry*. 2004;15(1):197-209.
  46. Beissner F, Deichmann R, Henke C, Bär KJ. Acupuncture—deep pain with an autonomic dimension? *NeuroImage*. 2012;60(1):653-60.
  47. Li QQ, Shi GX, Xu Q, Wang J, Liu CZ, Wang LP. Acupuncture effect and central autonomic regulation. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013;2013:267959.
  48. Spyer KM. The central nervous organisation of reflex circulatory control. In: Loewy AD, Spyer KM, eds. *Central regulation of autonomic functions*. New York: Oxford University Press. 1990:168-88.