

# 냉자극에 대한 맥율 변화 예비 연구

배장한 · 전영주 · 김현호<sup>1</sup> · 김재욱\*

한국한의학연구원 의공학기술개발그룹, 1:경희대학교 한의과대학

## A Feasibility Study of Pulse Rate Per Respiration as an Indicator for the Reaction to Cold Stress

Jang Han Bae, Young Ju Jeon, Hyunho Kim<sup>1</sup>, Jaek U. Kim\*

Medical Engineering R&D Group, Korea Institute of Oriental Medicine,

1: Department of Biofunctional Medicine and Diagnostics, College of Korean Medicine, Kyung Hee University

Cold and Heat pattern identification(CHPI) in traditional East Asian medicine(TEAM) is one of the major indicator to distinguish characteristics of disease and to determine treatment method. Basic parameters to determine CHPI include the pulse rate, respiration rate, and pulse power. Studies to associate physiological responses of human body by cold stress(CS) with CHPI in TEAM were rarely done so far. This study aims to explore the effects of cold stress on pulse signal via a feasibility study for three subjects and investigate some indices which can reflect autonomic nerve reaction(ANR). We measured radial pulse signals and respiration signal of the investigated subjects before the CS, during the CS which continues for 5 minutes, and immediately after the CS, respectively. Finally, we analyzed the pulse rate (P), respiration rate (R), pulse power, pulse depth, and pulse rate per respiration (P/R ratio). As a result, the P/R ratio showed a consistently decreasing tendency through the CS stimulation process, while other parameters behaved more complex and in subject-specific ways. It implies that, among candidate parameters, the P/R ratio is a simple but the most probable parameter that can be used as the ANR indicator. This result is also consistent with the theory in TEAM scripts, in which the P/R ratio is predicted to be a direct indicator for the CHPI. This pilot study shows that P/R ratio can be more appropriately associated with the ANR than heart rate or respiration rate alone. Extensive studies will be necessary to verify or confirm the P/R ratio as an appropriate and well defined parameter for ANR.

keywords : Autonomic nerve reaction, Pulse diagnosis, Cold stress, Pulse/respiration ratio

### 서 론

한의학의 변증 중 하나인 한열(寒熱)은 환자의 치료 방향을 설정하고 질병의 성질을 판별하는 지표로 활용되고 있으며, 치료 효과에도 많은 영향을 끼치는 요소이기 때문에 임상에서 중요한 위치를 차지하고 있다<sup>1)</sup>. 한의학에서는 한열의 발생기전을 음양허실 및 기혈의 변화를 바탕으로 해석하는데, 한증은 외부로부터 한사가 침입하거나, 인체의 양기가 부족할 때 나타나고, 열증은 외부로부터 열사가 침입하거나, 인체의 양기가 과할 때 나타난다. 한열을 판단할 수 있는 기본 파라미터 중 하나가 맥의 빠르기 정보인데, 호흡을 한 번 하는 동안 정상보다 느리게 맥이 뛰면 한증, 빠르게 맥이 뛰면 열증을 나타낸다<sup>2)</sup>.

폐는 심장을 도와서 혈액순환을 조절하고 기혈을 수송해 정상적인 기능을 할 수 있도록 도와주는 역할을 한다. 황제내경에서 폐

는 전신의 맥기가 모이는 곳이며 그 조절을 주관한다고 하였으며 폐조백맥(肺朝百脈)이라는 말로 심장에서 발생하는 맥박과 폐를 통한 호흡을 연관시켰다. 하지만 실제 임상에서는 이러한 심장과 폐의 연관성을 무시한 채 맥박의 다과를 판단하는 방법으로 대부분 단위 시간당 맥박수를 이용하고 있다. 이는 한의학 이론에 부합하지 않으며, 호흡 당 맥박수로 정의되는 맥율(脈率)을 사용해 지삭맥 정도를 판단하는 것이 적합한 방법이다<sup>3)</sup>. 빈호맥학에서는 한 호흡 당 맥박수가 3회인 경우는 지맥, 4회는 안맥, 6회 이상은 삭맥으로 판단한다.

기존에 안맥의 맥율을 정량화하고 기초적인 임상지표로 활용하기 위해 맥파, 호흡 및 심전도의 실시간 검출과 데이터 분석이 가능한 시스템 개발에 대한 연구가 있었고<sup>1)</sup>, 체표온도의 특성과 맥율에서 구분된 한열 성향과의 상관성에 대한 연구가 있었으며<sup>4)</sup>, 호흡 변이도 및 호흡지표와 한열의 상관관계에 대한 연구가 진행된 바

\* Corresponding author

Jaek U. Kim, Medical Engineering R&D Group, Korea Institute of Oriental Medicine, 1672, Yuseong-daero, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

E-mail : jaeukkim@kiom.re.kr · Tel : +82-42-868-9558

Received : 2014/10/07 · Revised : 2014/11/12 · Accepted : 2014/11/23

© The Korean Society of Korean Pathology, The Korean Society of Korean Physiology

pISSN 1738-7698 eISSN 2288-2529 <http://dx.doi.org/10.17208/kjopp.2014.12.28.6.668>

Available online at [http://society.kisti.re.kr/sv/SV\\_svjsj03L.do?method=list&poid=ksomp&kjoc=DRSRDH&sVnc=v28n5&menuid=1&subid=13](http://society.kisti.re.kr/sv/SV_svjsj03L.do?method=list&poid=ksomp&kjoc=DRSRDH&sVnc=v28n5&menuid=1&subid=13)

있다<sup>5)</sup>.

인체는 추위 혹은 낮은 온도로부터 자신을 보호하기 위해 다양한 생리적 반응을 일으킨다<sup>6)</sup>. 인체가 냉자극을 받으면 교감신경의 흥분으로 인해 말초 혈관수축, 혈관운동 감소가 나타나고, 수축기 및 확장기 혈압과 심박수가 증가하게 된다<sup>7,8)</sup>. 그리고 혈관 저항이 커지면 반사파의 에너지가 증가하고 AIr (radial augmentation index) 크기도 증가하게 되며<sup>6)</sup>, 이는 면역기능에도 영향을 주는 것으로 알려져 있다<sup>10)</sup>. 또한 피부혈류량과 피부온도가 저하되는데<sup>11)</sup>, 시상하부의 온도변화 없이 국소피부의 온도변화만으로도 충분히 피부의 혈류량과 발한에 영향을 미칠 수가 있다<sup>12)</sup>.

기존에 남녀에 따른 한냉반응의 차이 여부를 관찰한 연구가 있었으며<sup>13)</sup>, 오른손 냉자극과 등척성 운동 테스트가 맥파전달속도와 파형증가지수, 혈압에 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구가 진행되었다<sup>14)</sup>. 또한 피험자의 손에 냉온자극을 가한 후 압맥파와 심박변이도의 주파수와 시간 영역에서의 분석이 진행된 바 있고<sup>15)</sup>, 냉자극과 산술계산 스트레스, 최대근수축 테스트 하에서 심박수, 혈압, 맥파전달속도, 파형증가지수가 어떻게 변하는지에 대한 연구가 진행되었다<sup>16)</sup>.

이렇게 냉자극에 따른 인체반응에 대한 연구는 꾸준히 이루어져 왔는데 특히 자율신경 반응에 대한 연구에 초점이 맞추어져 왔다. 자율신경에 의한 인체의 작용은 교감신경의 혈관수축 작용, 부교감신경의 혈관확장 작용, 척추부교감신경의 자극, 체교감신경반사에 의한 조절작용 등 여러가지 기전이 복합되어 이루어진다<sup>17)</sup>. 이는 교감신경과 부교감신경의 상호작용에 의해 인체 전반적으로 영향을 미치고 심리적 소인을 반영한다는 점에서 한의학적 개념과 연관 지을 수 있다. 예를 들어 한열변증과 자율신경기능의 발현양상이 유사하기 때문에 한열 증상을 객관화하는데 자율신경기능 판단 지표를 사용할 수 있다고 보고된 바가 있다<sup>18)</sup>.

본 연구에서는 냉자극 실험을 통한 맥파 신호의 변화에 대해 3명의 피험자를 대상으로 파일럿 스터디를 하고 특히 맥율이 냉자극에 대한 새로운 자율신경 반응 지표가 될 수 있을지에 대한 가능성을 고찰해보고자 한다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 냉자극 실험 설계

지금까지 연구되었던 냉자극 실험의 대부분이 손이나 손가락을 차가운 물에 담그는 방식을 사용하였다<sup>13,16,19,20)</sup>. 수전증 진단을 위해 냉자극을 가하고 손가락 피부온도를 측정하는 23건의 문헌연구에 따르면 한 손에 10°C의 온도에서 10분 동안 측정하는 방법이 가장 널리 사용되어 왔다<sup>11)</sup>.

하지만 동정맥문합의 밀도가 피부 종류에 따라 다르기 때문에 냉자극에 의한 혈관반응은 피부에 따라서 다양하게 나타난다<sup>21)</sup>. 또한 냉자극 시 발생하는 통증에 대한 반응 역시 체온조절 상태에 의존적이고 손과 발에 따라서도 다르게 나타난다<sup>22)</sup>. 냉자극에 대한 기존 연구에서는 대부분 한 손에만 자극을 함으로써 왼손, 오른손의 온도 차이가 나타났으며 일상에서도 좌우 한쪽에만 자극이 가해질 경우가 없기 때문에 일반적인 결과 해석에 있어 복잡함이 있었다<sup>15)</sup>.

예를 들어 오른팔은 왼팔보다 더 운동에 적합한 근육이기 때문에 동일 조건에서 오른손의 피부온도가 왼손보다 더 높다는 보고가 있다<sup>23)</sup>. 이러한 문제를 보완하기 위해 양손에 냉자극을 한다면 맥 측정이 불가능하기 때문에 한의학적 분석 지표를 활용할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 손 대신 양발을 동시에 냉자극하여 좌우 불균형에 대한 고려사항 없이 분석이 가능하도록 실험을 설계하였다. 자극시간은 통증을 고려해 5분으로 하였고 자극 온도는 10°C와 15°C 두 가지로 하여 냉자극 정도에 따른 생체변화를 살펴볼 수 있도록 하였다.

### 2. 맥파 측정 과정

맥파 측정을 위해 한국한의학연구원에서 개발한 맥파 측정 장치를 사용하였다. 먼저 실험에 참여한 남녀 피험자 3명은 측정 전 10분간 쉬면서 안정 상태를 취한다. 그 후 피험자는 편한 자세로 맥파 측정 장치에 왼손을 올려놓고 연속 가압방식으로 관 부위의 맥파 신호를 측정한다<sup>24)</sup>. 그 후 얼음을 이용해 온도를 15°C로 맞춘 각탕기에 물을 종아리 부위까지 채우고 양발을 담그어 냉자극을 시작한다. 자극 시작 후 1분이 지나면 다시 한번 맥파 신호를 측정한다. 마지막으로 5분간의 냉자극이 끝난 직후 양발을 꺼내고 맥파 신호를 측정한다.

맥파 측정의 전 과정에서 TSD202A 서미스터를 피험자의 인종 부위에 붙이고 SKT100C 모듈(BIOPAC, Korea) 을 이용해 호흡신호를 동시에 측정한다. 15°C 냉자극이 종료되면 30분의 휴식을 취한 후 10°C 냉자극에 대해서도 같은 방법으로 실험 하도록 한다.

### 3. 분석 방법

각 피험자별로 15°C와 10°C의 냉자극 전, 냉자극 중, 냉자극 직후의 맥파 데이터를 얻게 된다. 이를 이용한 한열 변증의 예측 가능성에 대해 알아보고자 맥박수, 호흡수, 맥율, 맥력지수, 맥심지수를 정의해 분석하였다.

맥박수와 호흡수는 1분을 기준으로 정의하였고 맥율은 일반적으로 사용하고 있는 정의에 따라 일회 호흡주기당 맥박수로 설정하였다. 그리고 맥율이 4이하면 한의 성향, 맥율이 4초과이면 열의 성향으로 구분하였다<sup>1,4)</sup>. 맥력지수는 측정 중 나타나는 압맥파 크기의 최대값, 맥심지수는 실제 피부표면에서부터 압맥파가 가장 크게 나타날 때 까지 수직방향의 깊이로 정의하였다<sup>25)</sup>.

## 결 과

냉자극 실험을 통한 맥파 신호의 변화에 대해 파일럿 스터디를 한 결과는 다음과 같다.

Table 1 에 피험자의 온도별 맥박수, 호흡수, 맥율의 변화를 나타내었다. 냉자극 전을 Trial 1, 냉자극 중을 Trial 2, 냉자극 직후를 Trial 3로 표시하였다.

맥박수의 경우, 피험자 1과 3에서 냉자극 중에는 증가하고 냉자극 직후에는 다시 감소하는 변화를 보였으나 피험자 2에서는 냉자극정도에 따라 계속 증가하거나 계속 감소하는 변화를 보였다 (Fig. 1).

Table 1. Change of the number of pulse, respiration and pulse/respiration ratio derived by cold stress

		맥박수			호흡수			맥율		
Trial		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Sub 1	10°C	72	77	72	18	21	26	4	3.6	2.7
	15°C	79	82	79	18	20	24	4.3	4.1	3.2
Sub 2	10°C	73	74	77	15	17	18	4.8	4.3	4.2
	15°C	73	72	70	15	16	16	4.8	4.5	4.3
Sub 3	10°C	71	74	69	15	16	15	4.7	4.6	4.6
	15°C	70	71	68	15	17	14	4.6	4.1	4.8

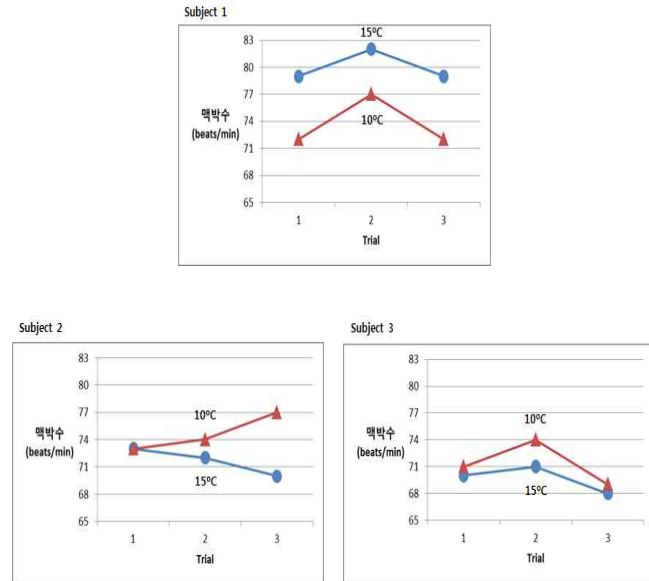


Fig. 1. Change of the number of pulse derived by cold stress.

호흡수의 경우, 피험자 1과 2에서 실험 중 계속 증가했고 특히 피험자 1에서 큰 폭의 변화를 보였다. 하지만 피험자 3에서는 냉자극 중 증가하다 냉자극 직후 다시 감소하는 변화를 보였다(Fig. 2).

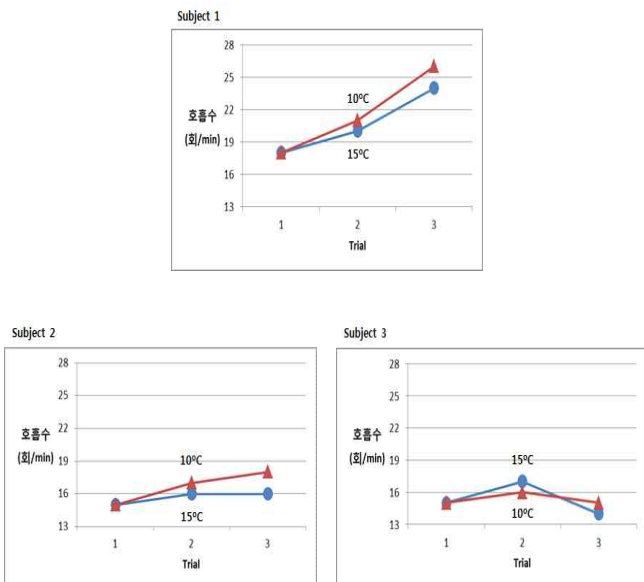


Fig. 2. Change of the number of respiration derived by cold stress.

맥율의 경우 피험자 1은 실험 중 계속 감소하는 변화를 보였고 피험자 2 역시 실험 중 계속 감소하였으나 그 변화 정도는 피험자 1보다 작았다. 또한 피험자 3은 10°C에서 맥율 감소 폭이 매우 작았고 15°C에서는 냉자극 후에 자극 전 맥율 수치를 회복하는 변화를 보였다(Fig. 3).

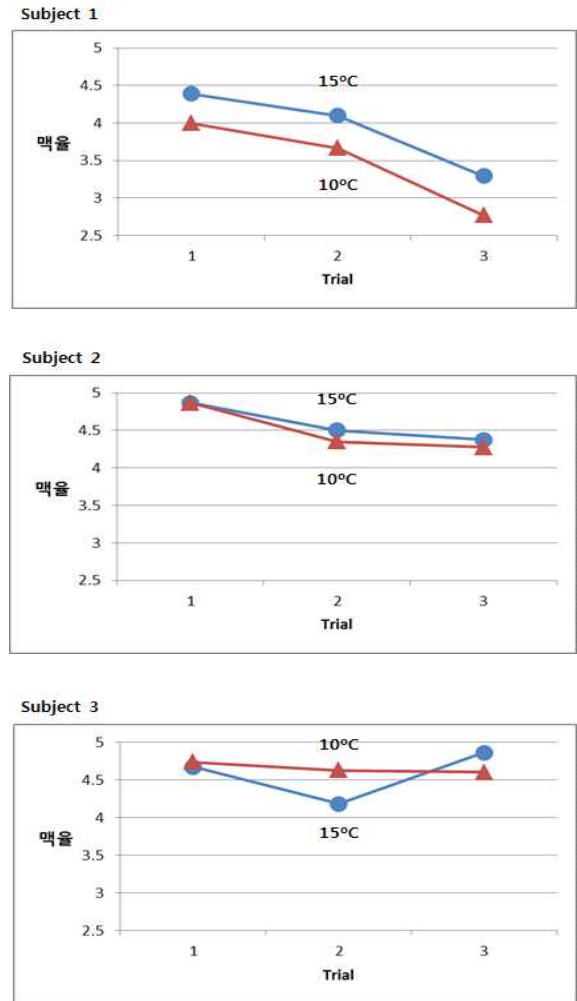


Fig. 3. Change of pulse/respiration ratio derived by cold stress.

다음으로 Table 2 에 피험자의 온도별 맥력지수, 맥심지수의 변화를 나타내었다.

Table 2. Change of pulse power index and pulse depth index derived by cold stress

		맥력지수(V)			맥심지수(mm)		
Trial		1	2	3	1	2	3
Sub 1	10°C	4.6	4.6	4.9	4.4	3.6	4.4
	15°C	4.1	4.3	4.5	4.5	4.4	4.9
Sub 2	10°C	2.6	4.0	4.7	3.5	5.1	5.2
	15°C	3.2	4.2	4.5	3.8	5.2	4.5
Sub 3	10°C	4.5	4.7	5.3	6.1	6.3	6.1
	15°C	5.1	5.3	5.2	5.9	7.5	6.7

맥력지수의 경우 피험자 3의 15°C를 제외하고는 실험 중 계속

증가하는 변화를 보였다(Fig. 4). 맥심지수의 경우 피험자 사이에 일정한 경향을 보이지 않았다.

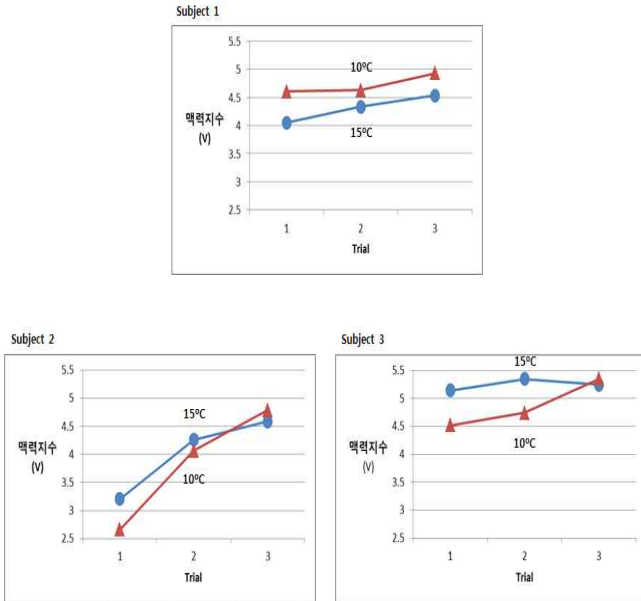


Fig. 4. Change of pulse power index derived by cold stress.

## 고찰

본 연구에서는 맥파를 측정하면서 얻을 수 있는 분석지표들이 냉자극에 대한 새로운 자율신경 반응 지표가 될 수 있을지에 대해 고찰해보고자 하였다. 이를 위해 피험자 양발을 냉자극 하기 전과 냉자극 중, 냉자극 한 직후에서의 맥파 및 호흡신호를 측정하고 맥박수, 호흡수, 맥율, 맥력지수와 맥심지수의 변화를 분석하였다. 그 결과 다른 지수들에서는 특정한 경향을 찾기 힘들었지만 맥율에서는 일관성있는 변화가 나타났다. 전반적으로 냉자극이 진행 될수록 맥율은 계속 감소하였으며 맥율이 인체의 자율신경 반응 지표로 활용 될 수 있는 가능성을 보였다.

반면 맥박수는 맥율과는 다른 변화가 나타났는데 맥박수와 맥율은 상호 상관성이 없다는 선행 연구결과처럼<sup>1)</sup>, 본 연구에서도 냉자극에 따른 맥박수와 맥율의 변화는 서로 상관성이 없었다. 즉 맥율은 양의학에서 표현하는 심박수 등의 지수와는 다른 의미를 내포하고 있음을 알 수 있었다.

본 실험에서처럼 강한 냉자극을 받았을 때 인체에서 나타나는 추위유발성혈관확장(Cold Induced Vasodilation)반응은 혈류반응과 체온조절 기전으로 여겨지고 있는데 인종과 개인에 따라 다양하게 나타난다<sup>26)</sup>. 맥율이 6회 이상일 경우 삭맥, 4회일 경우 완맥, 3회 이하일 경우 지맥으로 판단하는 정의에 따르면 피험자 1의 경우, 냉자극이 진행 될수록 완맥에서 지맥으로 변화하는 경향을 보였다. 특히 냉자극 후에도 맥율이 큰 폭으로 감소하였다. 반면 피험자 2는 냉자극이 진행 될수록 약간 빠른 완맥에서 완맥으로 변화하는 경향을 보였다. 냉자극 후에도 맥율이 감소하기는 하나 그 변화 폭이 완만하였고, 피험자 3은 10°C에서는 냉자극이 진행 될수록 약간 빠른 완맥에서 큰 변화가 없었으며, 15°C의 경우는 약간 빠른 완맥에서

냉자극 중에는 완맥으로, 냉자극 후에는 다시 약간 빠른 완맥으로 회복하는 경향을 보였다. 10°C보다 약한 15°C의 냉자극에서는 자극 후 곧바로 자극 전의 맥율로 돌아오는 경향을 보였다. 맥율이 자율신경 반응을 나타내는 좋은 지표라는 가정 하에서, 피험자 1은 냉자극에 빨리 적응하거나 회복하지 못하고 자율신경 반응이 느리게 나타나는 피험자, 피험자 2는 몸이 차가워지긴 하지만 피험자 1보다는 자율신경 반응이 빠르게 진행되어 외부 한냉자극에 빨리 적응하는 피험자로 볼 수 있다. 또한 피험자 3은 쉽게 몸이 차가워지지 않으며 자율신경 반응이 빠르고 한냉에 대한 회복 속도도 빠른 피험자인 것으로 해석할 수 있다.

한편 맥박수의 경우, 피험자 2의 15°C를 제외하고는 냉자극 중에 수치가 증가하였다. 다만 냉자극 후 자극 전 상태의 맥박수로 회복되는 정도는 피험자 2의 경우 10°C에서는 계속 증가하고 15°C에서는 계속 감소하는 변화가 나타나는 등 일정하지 않은 것으로 나타났다. 맥박수를 심박수와 같다고 간주했을 때 본 연구의 결과와 비슷한 변화 패턴을 가진 선행연구들이 다수 있었다<sup>15,16,27,28)</sup>. 하지만 냉자극을 가했을 때 심박수가 오히려 줄어드는 경향을 보이는 선행연구들도 있었고<sup>13,29)</sup>, 같은 연구 내에서도 냉자극 부위에 따라 심박수가 증가하는 경우와 감소하는 경우가 모두 나타나기도 하였다<sup>30)</sup>. 이는 각 냉자극 실험의 환경과 프로토콜이 조금씩 다르고 피험자들의 생리적 차이 혹은 체질적 요인들이 반영된 결과로 보인다. 그렇더라도 냉자극이라는 동일한 목표를 가진 실험에서 이런 다양한 결과가 나오는 것은 해석하기 어려운 문제점이 있다. 따라서 맥의 빠르기 정보가 필요할 때에는 심박수 보다는 한의학적 맥율의 개념을 적용하고 이를 기반으로 자율신경 반응 정도를 예측하는 것이 더 좋은 분석방법이 될 수 있다.

맥력지수의 경우, 피험자 3의 15°C를 제외하고는 냉자극 중과 냉자극 후에서 계속 증가하는 경향을 보였는데 이는 인체가 냉자극을 받으면 수축기 및 확장기 혈압이 증가하고 혈관저항이 커진다는 이론과 부합하는 결과이다. 피험자 3의 15°C에서는 맥력지수가 자극 중 증가하고 자극 직후 다시 감소하면서 회복되었는데, 이는 피험자 3의 맥율 변화에서 살펴보았듯이 한냉에 대한 회복속도가 빠른 개인별 특성이라고 판단된다.

맥심지수의 경우, 피험자 사이에서 일정한 경향성을 발견하지 못했다. 이는 피험자가 적은 파일럿 스터디의 한계점으로 지적되며 냉자극에 따른 맥심지수의 변화를 정확히 파악하기 위해서는 추후 맥상의 종류나 BMI, 체질 등의 정보를 이용한 분석이 필요하겠다.

## 결론

발과 안면을 대상으로 냉자극을 가했을 때 신체 부위에 따라 체온이 서로 다르게 측정된다는 기존연구에서 알 수 있듯이 체온으로는 인체의 한열 상태를 일관성 있게 파악하기 힘들다<sup>27)</sup>. 이 때 한열을 판단할 수 있는 기본 파라미터로 알려진 맥의 빠르기 정보를 이용해 인체의 자율신경 반응 정도를 유추 할 수 있다. 양의학에서 흔히 쓰이는 심박수는 선행연구에서 피험자별로 다양한 변화를 보여 해석하기 어려운 문제점이 있었다. 한의학에서는 맥의 빠르기를 나타내는 지수로 호흡 당 맥박수인 맥율을 사용한다. 본 연구에서는

맥파를 측정하면서 얻을 수 있는 분석지표들 중 특히 맥율의 변화가 맥박수나 호흡수 단독의 변화보다 더 일관된 패턴을 보였다. 본 연구는 맥율이 외부 냉자극에 대한 새로운 자율신경 반응 지표로서 활용될 가능성을 보인 최초의 임상연구라는 것에 그 의의가 있다. 다만 소수의 피험자를 대상으로 한 파일럿 스터디라는 한계점이 있기 때문에, 맥율이 자율신경 반응의 지표로서 그리고 더 나아가 한열상태의 예측을 위한 확실한 지표임을 증명하기 위해서는, 추후 많은 수의 피험자를 대상으로 한 연구가 설계되어야 하겠다. 변증 설문지나 전문가 진단 등으로 피험자의 한열 상태를 판단한 후, 냉자극을 통한 자율신경 반응의 정도와 연관 짓는 분석이 이루어진다면 맥율을 이용한 한열 예측 가능성을 타진해 볼 수 있을 것이다. 또한 냉자극 뿐만 아니라 외부 온자극에 대한 연속성 있는 연구도 필요 하겠다. 그리고 한냉 자극전의 상태로 혈류속도가 회복되는데 걸리는 시간이 음양 성향에 따라 유의한 차이를 나타내었다는 기존 연구<sup>29)</sup>를 참고로 한열 외에 음양에 대한 기초연구도 진행해 볼 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 한국한의학연구원 기관고유 혈류역학 모델 기반 맥진 원천기술 개발(K14311) 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

1. Park, Y.B., Kim, S.W., Huh, W., Youn, C.H., Kang, S.K., Kim, C.H., Koh, H.K., Kim, Y.S., Lee, Y.H. Detection and interpretation of wan-maek by the pulse diagnostic apparatus - on the pulse/resperatio rate - . The Journal of Korean Oriental Medical Society 18(1):143-156, 1997.
2. Kang, D.W. Diagnostic method in Korean medicine :Pulse diagnosis. Animal Clinical Medicine 8(2):58-64, 2010.
3. Park, Y.B., Kim, H.K., Ham, K.K., Yang, S.Y. Huh, W. A Study on Pulse Rate Detection System. Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea 20(1):437-440, 1997.
4. Lee, H.J., Park, Y.J., Park, Y.B., Oh, H.S., A Study of Correlation between Pulse-Respiration Ratio and Characteristics of Thermal Temperature. The Journal Of The Korea Institute Of Oriental Medicinal Diagnostics 12(1):103-130, 2008.
5. Bae, N.S., Oh, H.S., Park Y.B. Correlation analysis for 9 respiratory indices and the Cold and Heat score. The Journal Of The Korea Institute Of Oriental Medical Diagnostics 12(2):96-106, 2009.
6. Kreh, A., Anton, F., Gilly, H., Handwerker, H.O. Vascular reactions correlated with pain due to cold. Exp. Neurol 85: 533-546, 1984.
7. Kellogg, D.L. In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. Journal of Applied Physiology 100(5): 709-1718, 2006.
8. Bader, M.E., Mead, J., Effect of local cooling on finger blood flow in individuals exposed to warm ambient temperature. Journal of Applied Physiology 3: 508-512, 1950.
9. Safar, M.E., Lacolley, P. Disturbance of macro- and microcirculation: relations with pulse pressure and cardiac organ damage. American Journal of Physiology 293(1):H1-H7, 2007.
10. Jiang, X.-H., Guo, S.-Y., Xu S., Sympathetic nervous system mediates cold stress-induced suppression of natural killer cytotoxicity in rats. Neuroscience Letters 357(1):1-4, 2004.
11. Harada, N. Cold-stress tests involving finger skin temperature measurement for evaluation of vascular disorders in hand-arm vibration syndrome: review of the literature. Int Arch Occup Environ Health 75: 14-19, 2002.
12. Selkurt, E.E.. Basic Physiology for the Health Sciences. Littel, Brown and Co., Boston. 554-557, 1975.
13. Park, W.G., Kang, Y.S., Kwon, O.Y., Kim, H.T., Park, G.S., Seo, I.O., Son, H.S., Lee, W.K., Lee, J.K., Chae, E.U. Differences of Cardiovascular Responses to Hand Cooling between Male and Female. The Keimyung Univ. Med. J. 3(2):175-186, 1984.
14. Parashos, G., Alexia S., Harisios B., Effect of Cold, Isometric Exercise, and Combination of Both on Aortic Pulse in Healthy Subjects, The American Journal of Cardiology 93: 265-267, 2004.
15. Huang, C.M., Chang, H.C., Kao, S.T., Li, T.C., Wei, C.C., Chen, C., Liao, Y.T., Chen. F.J. Radial Pressure Pulse and Heart Rate Variability in Heat-and Cold-Stressed Humans. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: Article ID 751317, 2011.
16. Jatou, N.A., Kyvelou, S.M., Feely, J. The acute effects of mental arithmetic, cold pressor and maximal voluntary contraction on arterial stiffness in young healthy subjects. Artery Research 8: 44-50, 2014.
17. Fisher, A.N., Chang, C.H. Temperature and Press Threshold Measurements in Trigger Points. Thermology 1(4):212-215, 1986.
18. Park, Y.J., Nam, D.H., Park, Y.B. A Study on Correlation between Bian Zheng with Autonomic Functions -Based on Skin Resistance Variability, Han Zheng, Re Zheng

- and Xu Zheng-. *The Journal Of The Korea Institute Of Oriental Medical Diagnostics* 6(1):123-134, 2002.
19. Mitchell, L.A., MacDonald, R.A.R., Brodie, E.E. Temperature and the cold pressor test. *Journal of Pain* 5(4):233-237, 2004.
  20. Kim, B.J., Lee, D.T. Cold-induced Vasodilation At Various Water Temperature And Its Reproducibility During Cold Water Finger Immersion. *Korea Aerospace Research Institute* 9(1):143-150, 2010.
  21. Krogstad, A.L., Elam, M., Karlsson, T., Wallin, B.G. Arteriovenous anastomoses and the thermoregulatory shift between caudaneous vasoconstrictor and vasodilator reflexes. *J Auton Nerv Syst* 53: 215-222, 1995.
  22. Oberle, J, Elam, M, Karlsson, T, Wallin, B.G. Temperature-dependent interaction between vasoconstrictor and vasodilator mechanisms in human skin. *Acta Physiol Scand* 132: 459-469, 1988.
  23. Rodrigues, L. and Pereira, L.M. Basal transepidermal water loss: right/left forearm difference and motoric dominance. *Skin Research and Technology* 4(3):135-137, 1998.
  24. Bae, J.H., Jeon, Y.J., Kim, J.Y., Kim, J.U. Novel detection algorithm of the upstroke of pulse waveform for continuously varying contact pressure method. *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea* 49(2):46-54, 2012.
  25. Bae, J.H., Jeon, Y.J., Kim, J.Y., Kim, J.U. New Assessment Model of Pulse Depth Based on Sensor Displacement in Pulse Diagnostic Devices. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: Article ID* 938641, 2013.
  26. Elsner, R.W., Nelms, J.D., Irving, L. Circulation of heat to the hands of Arctic Indians. *Journal of Applied Physiology* 15: 662-666. 1960.
  27. Park, W.G., Kim, S.H., Kwon, J.S., Kim, Y.S., Bae, U.H., Bae, J.H., Lee, M.O., Chae, E.U. Effects of Cold Stimulation on Systemic and Local Blood Circulation(I). *The Keimyung Univ. Med. J* 2(2):166-178, 1983.
  28. Park, W.G., Chae, E.U. Cold Pressor Response to Seasonal Variation in Winter and Summer. *The Korean Journal of Physiology* 17(2):93-101, 1983.
  29. Lim, S.K., Lee, S.H., Bae, Y.M. Clinical Observation on Heart Rate Variability and Peripheral Blood Flow by Doppler Ultrasound in Healthy Subjects Stimulated by Cold Stress. *J Korean Oriental Med* 31(2):114-123, 2010.
  30. Zaproudina, N., Lipponen, J.A., Eskelinen, P., Tarvainen, M.P., Karjalainen, P.A., Narhi, M. Measurements of skin temperature responses to cold exposure of foot and face in healthy individuals: variability and influencing factors. *Clin Physiol Funct Imaging* 31: 307-314, 2011.