

Characteristics of Systolic Blood Pressure and Systolic Time Depending on the Effect of Thermal Stimulation Therapy Using Magnetic Hall Sensor Pulsimeter

Gyu-Sun Lee, Ju-Young Kim, and Sang-Suk Lee*

Department of Oriental Biomedical Engineering, Sangji University, Wonju 26339, Korea

(Received 15 November 2018, Received in final form 17 December 2018, Accepted 17 December 2018)

The systolic blood pressure and systolic time were measured and analyzed by using the oriental-western fusion patient monitor and the clip-type pulsimeter equipped with permanent magnet and Hall device. The systolic blood pressure and systolic time were measured before and after the treatment of a personal combination stimulator capable of thermal therapy and massage. The average and standard deviation of the difference between before and after treatment for the 20-year-old male and female subjects were measured and analyzed. As a result, the systolic blood pressure decreased by 4.27 mmHg~5.36 mmHg with significance probability $p=0.01$, and the systolic time increased by 1.27 ms~2.03 ms with significance probability $p=0.05$ after thermal and massage treatment. On the other hand, the changes in body temperature and oxygen saturation were minimal, and diastolic blood pressure and pulse rate were slightly lower. It is expected that the result of various biometric information obtained by using the personal combination stimulator as therapy medical apparatus, the oriental-western fusion patient monitor and the clip-type pulsimeter as diagnosis medical apparatus, will provide the important medical information in the age of aging.

Keywords : permanent magnet, Hall device, thermal stimulation therapy, pulse wave, biomedical signal

자기장 홀센서 맥진기를 이용한 온열치료 자극 요법의 효과에 따른 수축기 혈압 및 수축기 시간 특성 연구

이규선 · 김주영 · 이상석*

상지대학교 한방의료공학과, 강원 원주시 상지대길 84, 26339

(2018년 11월 15일 받음, 2018년 12월 17일 최종수정본 받음, 2018년 12월 17일 게재확정)

온열 및 마사지 자극이 가능한 개인용 종합자극기를 이용하여 치료 전과 후에 양한방융합 환자감시장치와 영구자석과 홀소자가 구비된 집게형 맥진기로 수축기 혈압과 수축기 시간을 측정하여 그 특성 변화를 분석하였다. 20대 남녀 두 명의 실험 대상자들의 측정 데이터를 치료 전과 후의 차이의 평균, 표준편차를 구하여 분석하였다. 그 결과 온열치료 후 수축기 혈압은 유의성 확률 $p=0.01$ 에서 4.27 mmHg~5.36 mmHg 만큼 낮아졌고, 수축기 시간은 유의성 확률 $p=0.05$ 에서 1.27 ms~2.03 ms 만큼 늘어났다. 반면에 체온과 산소포화도는 변화가 미미했으며 이완기 혈압 심박수와 맥박수는 조금 낮아졌다. 온열치료기와 한양방융합 환자감시장치, 집게형 맥진기인 치료 및 진단기기를 사용하여 얻은 다양한 생체정보의 특성결과가 고령화 시대에서의 의료정보를 제공할 것으로 기대된다.

주제어 : 영구자석, 홀 소자, 온열 자극치료, 맥진파형, 의료생체신호

I. 서 론

오늘날 사람들은 의학 발달 및 영양 상태 개선과 같은 다양한 요소로 인해 과거 평균 수명보다 더 증가하는 현대 생

활을 기대하고 있다. 인구 고령화에 따른 질병이 증가하여 질병 치료에 사용되는 의료 부담이 커지고 있다. 이러한 의료비 부담을 줄이기 위해 많은 자가 치료가 행해지고 있으며, 자가 치료의 대안으로 가정용 개인 온열치료 자극기가 널리 사용되고 있다. 온열치료는 열을 이용해서 몸을 회복시키는 현대적 치료법이다[1]. 인체의 온도가 36.5 °C~37.0 °C를 기준으로 1.0 °C가 떨어지면 면역력이 30 %로 감소하고 1.0 °C가

© The Korean Magnetics Society. All rights reserved.

*Corresponding author: Tel: +82-33-730-0415,

Fax: +82-33-738-7610, e-mail: sslee@sangji.ac.kr

증가하면 면역력이 5배가 증가한다는 연구가 보고되었다[2]. 인체에 가하는 온열치료가 효과적이라는 또 다른 근거로는 일정하게 온도를 높이면 5분이 되는 시점에 42.5 °C가 될 때, 암세포를 최대한 작게 만들게 된다. 이를 암치료의 방사선 치료요법과 비교했을 때도 온열치료가 항암 효과가 커서 악성 종양 제거 시에 보다 효율성이 높아짐이 보고되었다[2]. 또한 고온으로 암세포에 대해 면역반응을 유도시켜 암을 사멸시키기까지 하게 된다. 이 외에도 온열치료는 뇌하수체 자극으로 호르몬 분비 촉진을 시키고 평형조절을 하며 성인병 치료에도 큰 효과를 볼 수 있다[2].

첨단 전자정보 및 기기 산업의 핵심 부품으로 미세한 자성의 변화를 감지하는 거대자기저항스핀밸브(giant magnetoresistance-spin valve, GMR-SV) 소자 및 자성 반도체 홀(Hall) 효과 특성을 갖는 Hall 소자는 의료용 진단기기의 센서로서 그 응용범위가 점점 넓어지고 있다[3-8]. 고령화 시대에 만성질환의 발생률이 크게 늘면서 심전도, 혈압이나 혈당측정 등 기본적인 건강 체크를 위한 가정용, 휴대용 의료기기가 편리하게 사용할 수 있도록 개발되고 있다. 손목의 요골동맥 맥진파형을 안정적으로 편리하게 측정할 수 있도록 본 연구진에 의해 개발된 모델번호가 SPULS-2011인 집게형맥진기(clip-type pulsimeter, CTP)는 영구자석과 Hall 소자가 구비되어 있으며, 그동안 많은 연구를 통해 수축기 혈압이 포함된 다양한 생체정보 신호를 맥진파형의 주요 인자들과 연관성이 있음을 보고하였다[9-12].

본 연구는 치료 의료기기로 널리 시판되어 애용되고 있는 기존의 개인용 종합자극기로 인체에 온열치료 효과가 생길도록 적용 시켰다. 집게형 맥진기를 이용하여 주요 생체정보인 양방의 혈압과 한방의 맥진파형에 대해 치료 전과 치료 후 특징을 분석하였다. 온열치료 효과가 인체 몸의 주요 생체신호에 어떤 영향을 미치는지 조사하였다. 즉, 인체의 주요 생체정보인 양방의 수축기 혈압과 한방의 맥진파형의 수축기 시간에 대해 치료 전과 치료 후를 변화 특성을 조사하였다.

II. Hall 센서 집게형 맥진기와 양한방융합 환자감시 장치의 특징과 개인용 종합자극기의 기능

Hall 소자를 이용한 맥진센서는 Fig. 1(a)에 보인바와 같이 피부에 접촉하여 요골동맥(radial artery)의 주기적인 요동에 생기는 맥진파형을 검사하기 위한 영구 자석이 형성된 피부 접촉부를 포함하는 것을 특징으로 한다[6-9]. Hall 효과 소자와 소형 원통형 영구자석 사이 변위는 대략 2.5 mm이다. 1개의 영구자석이 동맥 맥박에 있는 맥박 높고 낮은 진동에 의하여 1 mm 이내에서 움직이게 된다[7-11]. 손목 착용형 맥진기가 Fig. 1(b)와 같이 시계 형태로 제작하여 실제 사람의 손목에 착용하여 맥진파형의 신호를 측정하는 모습을 나타내었다.

본 연구에 사용한 집게형 맥진기에 대한 상세한 묘사는 Fig. 2(a)에 나타내었다. Fig. 2(a)는 영구자석, 실리콘 라텍스 고무, Hall 센서, 측정부분, LED, 디스플레이, USB port, 스위치 부분을 보여주는 실제 착용된 집게형 맥진기 모양이다. 집게형 맥진기에서 피부접촉 부분에 소프트하게 밀착되어 있는 영구자석은 요골동맥의 맥박의 진동에 따라 쉽게 변화될 수 있도록 탄성이 좋은 라텍스 고무의 중앙에 고정되어 있다. 요골동맥의 수축 변위에 따라 자석의 위치도 변하게 되면, 자석의 변위에 따라 일정거리에 있던 Hall 센서에 받아들여지는 자기장의 세기도 변하게 된다. 이렇게 변하는 자기장에 대해 Hall 센서는 전압신호로 변환하게 된다[12-15].

Fig 2(b)는 홀소자 집게형 맥진기와 용적맥파계(photoplethysmograph, PPG) 센서, 심전도(electrocardiograph, ECG) 전극, 비침습적 혈압(non-invasive blood pressure, NiBP) 커프(cuff) 부품들로 구성된 환자감시장치이다. 이장치는 한방과 양방의 의료용 저장 매체와 새롭게 시도되거나 융합되어지고 있는 환자감시 장비 및 유비쿼터스 헬스케어 시스템으로 한양방융합 환자감시장치로 개발되어진다. 강원도 원주시 문막읍 첨단복합의료단지에 소재한 주식회사 메디아나(Mediana)의 제품인 측정모듈들은 12채널 심전도와 호흡

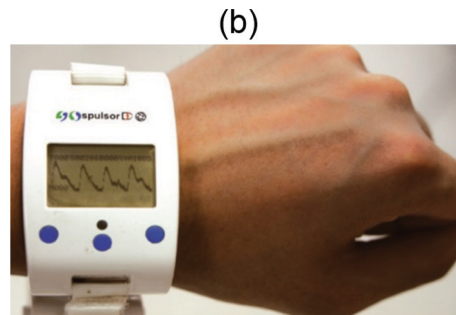
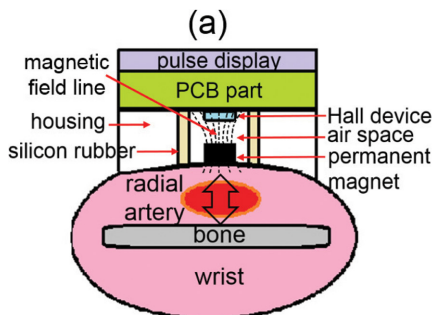


Fig. 1. (Color online) (a) A detailed schematic of pulsimeter sensor using a Hall device is characterized by comprising a skin-contacting part, formed with a permanent magnet to be contacted to a skin to examine the pulse. (b) The real photo of the watch-type wearable wrist pulsimeter apparatus for U-health-care system with a measuring pulse waveforms.

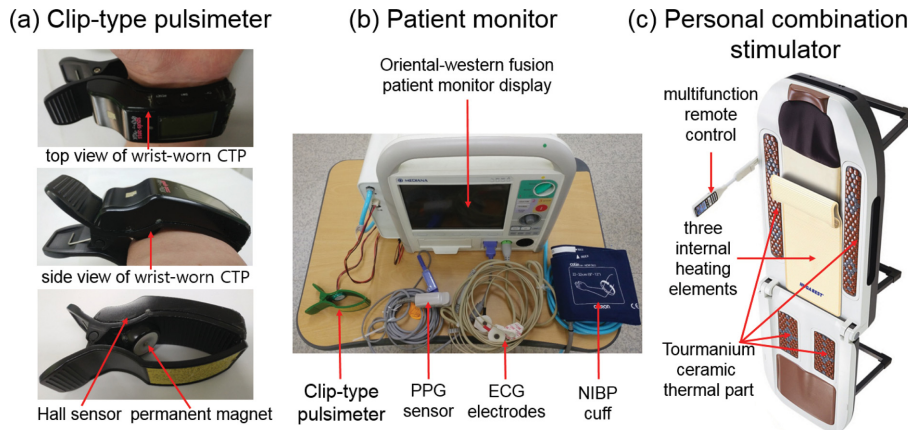


Fig. 2. (Color online) (a) A top view and a side view of wrist-worn clip-type pulsimeter, which was equipped with Hall sensor and permanent magnet. (b) The oriental-western fusion patient monitor display with clip-type pulsimeter, PPG sensor, ECG electrodes, and NIBP cuff. (c) The personal combination stimulator with three major components such as multifunction remote control, three internal heating elements, and Tourmanium ceramic thermal part.

측정을 위한 ECG Module, PPG 측정을 위한 Nell-1 SpO₂ Module, 맥과 측정을 위한 CTP Module과 혈압 측정을 위한 M3200 NIBP Module이 내장되어 있다. 수치 데이터들은 각 모듈을 통해 수신된 정보를 화면 우측에 별도의 표시 영역을 두어 맥진 모듈로부터 측정된 맥박수(pulse rate), 혈중 산소포화도(SpO₂), 비침습적 혈압, 호흡수(respiration rate, RESP), 맥파전달속도(pulse wave velocity, PW), 말초혈류속도인 공간맥파전달속도(spatial pulse wave velocity, SPWV)를 표시할 수 있게 된다[10,16].

Fig 2(c)는 인체 척추의 주요한 3부분인 경추 흉추 요추 등 척추 전반을 동시에 자극해서 재활치료와 같은 마사지 및 온열치료기능이 있는 치료 의요기기인 개인용 조합자극기와 주요부품인 다기능 조절 리모콘, 3가지 내부발열도자, 토르마늄(Tourmanium) 보조발열 도자 부분을 나타낸 것이다[17]. 강원도 원주시 지정면 기업도시 내에 소재한 누가의료기 회사의 제품인 개인용 조합자극기(Model N5)는 기존의 한방 원리인 온열요법과 뜸, 지압 효과에 인체의 근육과 해부학을 접목시킨 카이로프랙틱(척추교정법) 치료법을 적용했다. 내장된 3가지 형태의 척추 롤링 마사지기를 이용해 뭉쳤던 근육을 풀어준다. 또 신체 부위별로 인체에 유익한 원적외선이 나오는 토르마늄 도자에 적당한 온도를 가열될 수 있으며, 저주파 방식을 선별해 치료하고 우리 몸 어느 부위라도 완전히 밀착될 수 있도록 설계가 되어있다[18].

III. 온열치료 자극과 주요 생체정보신호 측정 및 분석

본 연구에서는 요골동맥 요법 장치가 우리 몸에 어떤 영향

을 미치는지 알아보기 위해 요골동맥의 맥진파형의 영향을 지표로 측정하기 위한 임상실험을 하는 것이다. 임상실험 참여자는 20대 초반 남과 여 각각 1명이었다. 실험기간은 2018년 9월 1일부터 10월 15일까지 10주간으로 매주 월, 수, 금요일 일정한 시간에 아침 식사를 거르고 오전 10시에 3번씩 온열치료와 생체정보를 측정하여 30번 횟수의 온열치료 전과 후

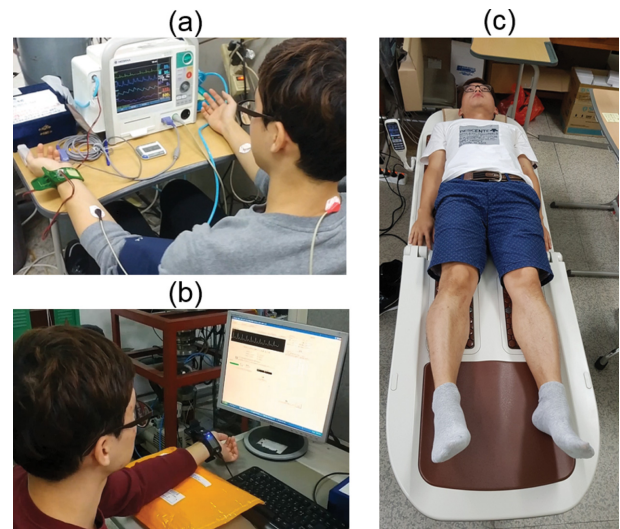


Fig. 3. (Color online) (a) A measurement appearance of pulse rate, SPO₂, systolic/diastolic blood pressure, heart rate, RESP, PWV and SPWV by using the oriental-western fusion patient monitor display with clip-type pulsimeter, PPG sensor, ECG electrodes, and NIBP cuff. (b) A measurement appearance of pulse rate, SpO₂, systolic/diastolic blood pressure, heart rate, RESP, PWV and SPWV by using the oriental-western fusion patient monitor display with clip-type pulsimeter, PPG sensor, ECG electrodes, and NIBP cuff. (c) A therapy appearance of thermal and massage treatment during 0.5 h by using the personal combination stimulator (Model N5).

의 데이터들을 비교한 결과를 분석하였다.

Fig. 3(a)는 커프형 혈압계, ECG 전극, 집게형 맥진기, 용적맥파센서가 장착된 양한방융합 환자감시장치로 수축기 혈압(고혈압)과 이완기 혈압(저혈압), 심박수, ECG, 맥박수, SpO₂, RESP, PWV, SPWV의 각 측정값들이 환자감시장치의 모니터에 디스플레이 되어 나타난다[14].

Fig. 3(b)는 양한방융합 환자감시장치로 측정된 요골동맥 맥진파형의 집게형 맥진기를 이용하여 보다 상세하게 측정값을 분석하는 모습이다. 이 장치는 맥진 파형을 분석하여 맥진의 주요인자들인 수축기 피크의 크기와 시간, 반사파 피크의 크기와 시간, 절흔점 피크의 주기와 시간, 중북파 피크의 크기와 시간, 주기를 맥진 파형의 1차, 2차, 3차 미분을 통해 얻어 그 모든 값들을 제시하게 된다. Fig. 3(c)는 개인용 종합 자극기(Model N5)를 이용하여 온열치료 및 물리치료 자극을 받는 모습을 보인 것이다[19]. 실험 조건을 같게 하기 위해서 30 m(분) 동안 온열치료, 척추전반 자극과 내부발열도자를 60 °C 보조온열부를 50 °C로 다기능 리모컨의 설정1에 저장했고 자동버튼을 눌러 온열치료 자극을 실행하였다. 집게형 맥진기로 얻은 맥파의 시작부터 수축기 최고점까지의 시간인 S.time과 맥박수의 역수인 P.time을 주로 분석했다.

임상실험 순서도는 Fig. 4에서 나타내었듯이 ① → ② → ③ → ④ → ⑤ → ⑥ → ⑦ 순서와 같다. 양한방융합 환자감시 장치로 ECG, 혈압, 요돌동맥파와 PPG를 측정 후 체온을 측정 하고, 바로 이어서 집게형 맥진기로 측정 후 데이터 분석 과 기록을 한 뒤에 30 m 동안 개인용 종합자극기로 온열치료 및 자극 마사지를 한다[12]. 그 후에 양한방융합 환자감시 장치와 집게형 맥진기로 측정을 한번 해주면서 온열치료 자극 요법 전과 후의 데이터를 얻는다. 앞서 측정한 수축기 혈압 과 이완기 혈압, 산소포화도(SpO₂)를 넣어서 집게형 맥진기

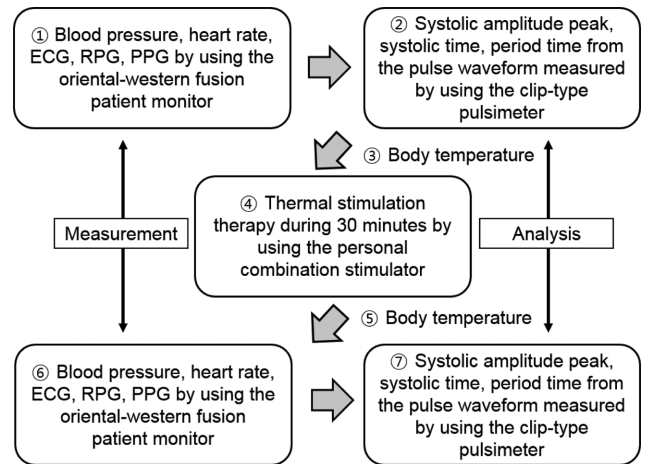


Fig. 4. The chart process of clinical trial with seven stages. ① and ⑥ stages are mainly measured the blood pressure, heart rate, ECG, RPG(radial artery pulse graph), PPG by using the oriental-western fusion patient monitor. ③ and ⑤ stages are measured the body temperature by using the infrared thermometer. ④ stage is thermal stimulation therapy during 30 m by using the personal combination stimulator ② and ⑦ stages are mainly analyzed the measuring pulse waveforms by using the clip-type pulsimeter.

를 이용해 데이터를 확보하기 위해 S.time과 맥박수인 P.time의 역수를 얻는다. 임상실험 순서단계에서 ①과 ⑥은 측정이 ②와 ⑦은 분석이 주된 것이다.

Fig. 5(a)에서 보여준 것처럼 요골동맥의 맥동 움직임에 따라 영구자석도 같이 변화하여 맥진 센서부에 고정된 Hall 소자에 떨어진 초기상태와 가까워진 상태에서 자기장의 세기가 약함에서부터 강함으로 바뀌게 된다. 홀 전압의 크기는 영구자석이 Hall 소자와 가까워지면서 자기력선 수가 증가하는 자기장의 세기와 비례하여 집게형 맥진기로 측정된 측정데이터는 Fig. 5(b)와 같이 요골동맥 맥진파형에서 정의된 주요

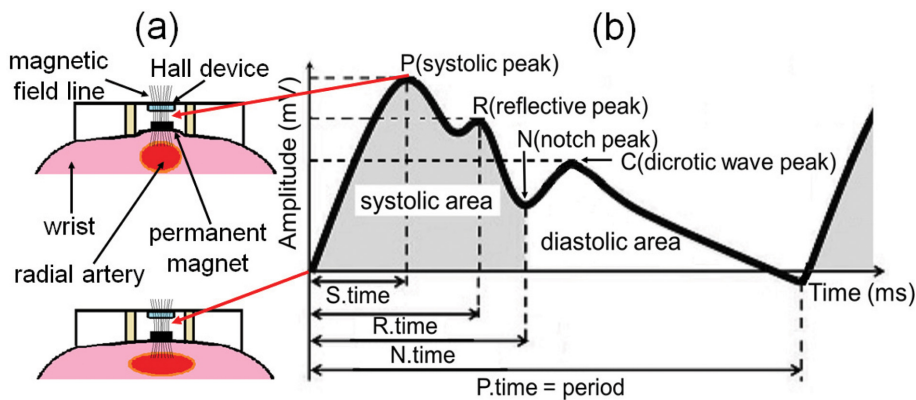


Fig. 5. (Color online) (a) The schematic of operating principle of two forms of radial artery pulsimeter's pulse-sensing mechanism using Hall device and permanent magnet. (b) Several output amplitudes (mV) and time (ms) depending on the subtle magnetic field versus time for commercial A139x-series Hall device with high sensitivity and linearity in magnetic field. A starting point and a systolic peak point correspond to a minimum amplitude and a maximum amplitude, respectively.

인자인 수축기 시간(S.time)은 맥파의 시작점과 최대 진폭으로 혈관 내 압력과 용적이 최대에 이르는 수축기 크기의 피크점인 P 사이의 간격 시간이다. Fig. 5(b)에서 보여주는 맥진파형의 시작은 대동맥관이 개방되면서 좌심실의 혈액이 대동맥궁으로 구출이 된다. P점은 시작점 이후 좌심실로부터 대동맥궁으로 혈액이 빠른 속도로 유입된다. R점은 P점 이후 혈액의 구출량이 감소되어 말초 분지에서 반사된 맥진파형에 영향을 미치는 반사파 지점이다. N점은 R점 이후 혈액을 구출하기 위한 압력보다 충분히 낮아져 대동맥 판막이 폐쇄되어 나타나는 절흔점이다. C점은 대동맥관 폐쇄 이후 동맥 내 압력이 상승하는 중복파의 최고점이라 한다. 맥진파형의 주기는 맥박수의 역수로서 P.time로 나타낸다[13,14].

Fig. 6(a)는 ①과 ⑥ 단계에서 양한방융합 환자감시장치으로 측정된 모니터 화면에 보여준 파형들과 결과값들이다. 맨 위 상단부터 차례로 녹색 파형으로 표시된 심전도(ECG) 파형, 파란색 파형인 요골동맥 맥진파형, 하늘색 파형인 PPG 파형, 진한 파랑색 파형인 호흡수파형이 보인다. 이 4가지 파형으로부터 왼쪽 부분에 생체정보들의 값들이 나타나 있음을 볼 수 있다. 즉, 맥박수 = 77, 산소포화도(SpO₂) = 97, 수축기/이완기 혈압(SBP/DBP) = 119/58, 심박수 = 81, 호흡수(RESP) = 58, 맥파전달속도(PWV) = 2.50 m/s, 그리고 말초혈류속도인 공간맥파전달속도(SPWV) = 0.25 m/s 들이 보인다. Fig. 6(b)는 집게형 맥진기로 측정된 요골동맥 맥진파형을 분석한 차트를 나타낸 것이다. 맨 위 상단에 녹색파형인 원래의 맥진파형이 바로 아래 중간에 있는 붉은색 파형은 원래 데이터(raw data) 맥파파형이 필터링된 분석용 맥진파형이 바로 아래 최고점과 최저점을 얻기 위한 1차 미분이 적용된 파형이 같이 나타내었다. 또한 점선으로 주기적인 맥진 파형으로 구간을 설정이

된 모습을 보인다. 하단의 데이터 분석 결과는 연속된 5개의 맥진파형 구간을 선택하여 2차 미분과 3차 미분을 걸쳐서 얻어진 결과로 맥진파의 주요인자를 각 구간마다 수하여 정한 뒤 맨 하단 노란색으로 표시된 평균값으로 나타냄을 볼 수 있다[20]. 맥진파형의 주요인자로서는 수축기 크기(S.amp), 반사파 크기(R.amp), 절흔점 크기(N.amp), 수축기 시간(S.time), 수축기 크기/시간(S.amp/S.time), 반사파 시간(R.time), 절흔점 시간(N.time), 그리고 맥파주기(P.time)이다. 우리는 맥진파형에서 시작하는 시작점에서 수축기 크기를 나타낸 피크치까지 해당하는 시간인 Fig. 6(b)에서 보여준 수축기 시간(S.time) = 110.6 ms을 가장 유의성이 있는 주요인자로 택하였다.

V. 온열치료 전과 후의 데이터 분석 결과 및 논의

먼저 주 3회 10주 동안 임상실험을 행한 20대 건강한 여학생과 남학생의 경우에는 수축기 혈압의 측정은 오른손과 왼손의 상완 팔 측정 및 분석하였다. 그 이유는 왼손과 오른손 중에 주로 오른손의 혈압이 정확하기 때문에 오른손으로 분석했고, 여학생의 경우 온열치료 전과 후로 측정 순번 수와 혈압을 Fig. 7(a)에 나타냈다. 온열 자극 치료 전과 후 차의 수축기 혈압을 분석해본 결과 30개의 데이터 중 28개의 데이터가 혈압이 감소한 데이터임을 알 수 있었다. 온열치료 전과 후의 모든 수축기 혈압 데이터의 평균혈압 값은 121.3 mmHg이었다. 즉, 93.3%가 수축기 혈압이 온열치료 후가 치료 전보다 줄어들었음을 알 수 있다. 온열치료 전과 후의 차이인 ΔSBP인 평균 수축기 혈압 변화량은 5.36 mmHg 정도 감소했음을 Fig. 7(a)에 보였다. 오른손과 왼손 데이터 전체에 대한 표준편차는 2.59 정도 나왔음을 알 수 있다. 여학생의

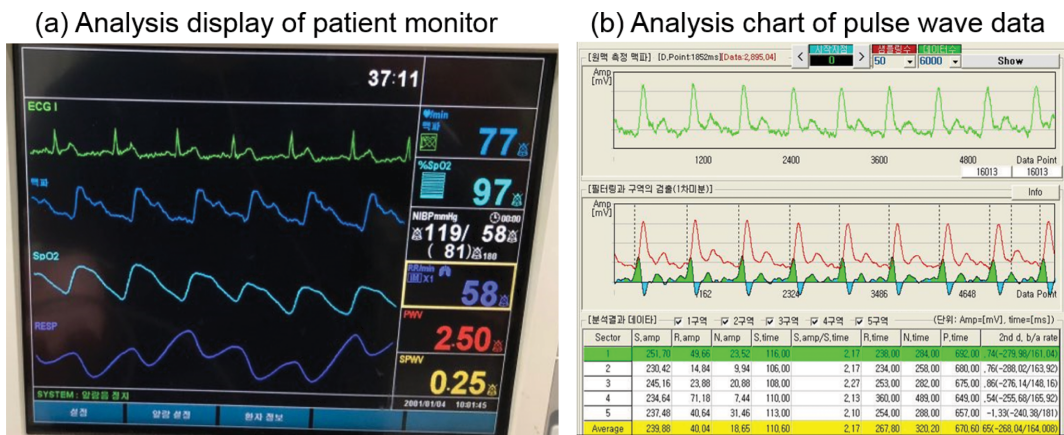


Fig. 6. (Color online) (a) Analysis display of ECG, radial artery pulse wave, PPG, RESP with pulse rate = 77, SpO₂ = 97, SBP/DBP = 119/58, heart rate = 81, respiration rate = 58, PWV = 2.50, and SPWV = 0.25 measured by using the oriental-western fusion patient monitor. (b) Analysis chart of pulse wave data measured by using the clip-type pulsimeter. S.amp, R.amp, N.amp, S.time, S.amp/S.time, R.time, N.time, and P.time obtained by the first, second, third differential methods for the average values of five continuous pulse waveforms.

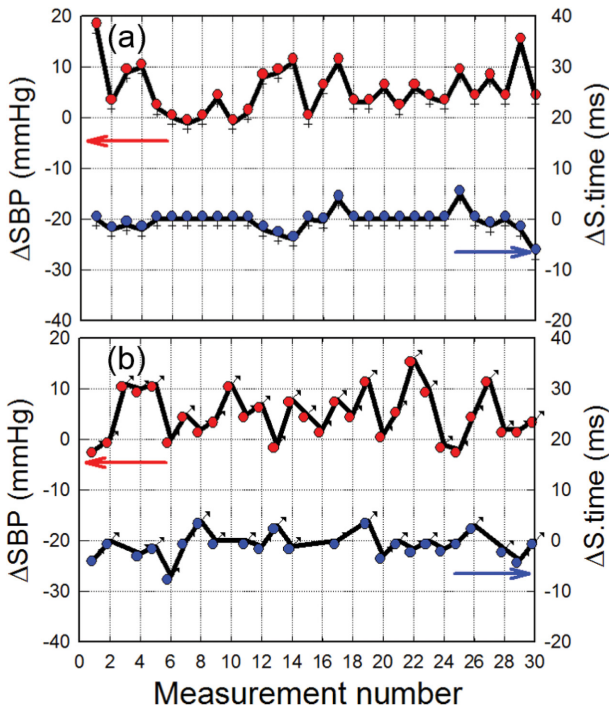


Fig. 7. (Color online) Δ SBP (difference of systolic blood pressure (SBP)) and Δ S.time (difference of systolic time) versus measurement number of 30 during 10 weeks of (a) one female participant with an age of 23 and (b) one male participant with an age of 25 between before and after thermal stimulation therapy during 30 m by using the personal combination stimulator.

경우, 온열치료 자극 전과 후에 대한 집계형 맥진기로 측정하고 맥진파형을 분석한 결과에서 주요인자인 수축기 시간인 S.time에 대해 수축기 혈압 데이터 분석과 같은 방법으로 수행하였다. S.time의 차이 분석 결과로는 30개의 데이터 중 2개의 데이터가 감소한 데이터임을 알 수 있었다. 그 비율은 93.3%이고 S.time의 증가한 변화량 평균값은 2.03 ms 정도 더 늘어남을 Fig. 7(a)에서 보여주었다. S.time의 전체 데이터에 대한 표준편차로는 1.29 정도임을 알 수 있었다.

남학생의 경우 온열치료 전과 후로 측정 순번 수와 혈압을

Fig. 7(b)에 나타내었다. 온열 자극 치료 전과 후 차의 수축기 혈압을 분석해본 결과 30개의 데이터 중 26개의 데이터가 혈압이 감소한 데이터임을 알 수 있었다. 온열치료 전과 후의 모든 수축기 혈압 데이터의 평균혈압 값은 123.3 mmHg 이었다. 즉, 여학생의 경우보다 적은 86.6%가 수축기 혈압이 온열치료 후가 치료 전보다 줄어들었음을 알 수 있다. 온열치료 전과 후의 차이인 Δ SBP인 평균 수축기 혈압 변화량은 4.27 mmHg 정도 감소했음을 Fig. 7(b)에 보였다. 오른손과 왼손 데이터 전체에 대한 표준편차는 1.73 정도 나왔음을 알 수 있다. 남학생의 경우, 여학생의 경우와 마찬가지로 온열치료 자극 전과 후에 대한 집계형 맥진기로 측정하고 맥진파형을 분석한 결과에서 주요인자인 수축기 시간인 S.time에 대해 수축기 혈압 데이터 분석과 같은 방법으로 수행하였다. S.time의 차이 분석 결과로는 30개의 데이터 중 4개의 데이터가 감소한 데이터임을 알 수 있었다. 그 비율은 수축기 혈압 데이터와 같이 86.6%이고 S.time의 증가한 변화량 평균 값은 1.27 ms 정도 더 늘어남을 Fig. 7(b)에서 보여주었다. S.time의 전체 데이터에 대한 표준편차로는 0.91 정도임을 알 수 있었다.

여학생과 남학생의 임상실험 데이터를 분석한 후 SBP와 S.time 이외에 체온(Body temp.), 이완기 혈압(DBP), 산소포화도(SpO₂), 그리고 심박수와 맥박수(Heart/Pulse rate)를 정리하여 Table I에 나타내었다. Fig. 4의 임상실험 순서도에 따라 온열치료 치료 전과 후에 평균 차와 모든 측정값에 대한 표준편차 그리고 데이터의 유효성을 갖는 유의성 확률(probability value, p-value) 인 p-값을 나타내었다. SBP와 S.time은 p-값이 0.05 이하 범위 내에서 Fig. 6에서 논의했던 분석결과를 나타내었다. 대체적으로 온열치료 후 수축기 혈압과 수축기 시간이 여학생의 경우가 남학생의 경우보다 더 각각 감소하고 증가하였다. 이 밖에도 Table I에서 알 수 있듯이 체온과 산소포화도의 차 평균은 거의 변화가 없었으며 유의성을 나타내는 p-값은 0.05 보다 큰 0.07이었다. 또한 이완기 혈압과 심박수와 맥박수의 경우, 모든 측정값에 대한 표준

Table I. Average value, average of difference value, standard deviation, and p-value as results of all bio-signals (SBP, S.time, Body temp., SpO₂, and Heart/Pulse rate) between before and after of use of N5 (personal combination stimulator).

Bio-signals	Results		Ave ^a		D(ave) ^b		SD ^c		p-value
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	
SBP ^d [mmHg]	121.3	123.3	+5.36	+4.27	2.59	1.73	0.01		
S.time ^e [ms]	107.7	108.0	-2.03	-1.27	1.29	0.91	0.05		
Body temp. [°C]	36.7	36.9	+0.15	-0.01	0.31	0.12	0.07		
DBP ^f [mmHg]	60.9	68.2	+1.23	+0.62	8.34	6.29	0.10		
SpO ₂	96.7	96.9	+0.23	+0.54	0.66	1.28	0.07		
Heart/Pulse rate	83.5	89.2	+3.56	+1.02	7.47	6.03	0.10		

a: average value, b: average of difference value between before and after of use of N5, c: standard deviation of all measuring values, d: systolic blood pressure, e: systolic time, f: diastolic blood pressure.

편차에서는 이완기 혈압에서 남학생과 여학생이 0.62 mmHg~1.23 mmHg와 1.02~3.56 정도의 차이가 각각 있었고, p-값은 1.0이었다. 이러한 결과는 여학생의 경우가 온열치료가 인체에 효과적으로 더 적용되었음을 알 수 있으나 앞으로 많은 임상 대상자에 대한 실험이 수행될 필요성을 제시한다. 또한 유비쿼터스-헬스케어 시스템을 위한 동양-서양 생물 의학 신호 저장 장치, 즉 신형 및 양한방융합 환자감시장치를 개발하는 데 유용할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

온열치료 효과가 검증되어 고령화 의료기기로 널리 사용되고 있는 기존의 온열치료 종합자극기를 이용하였다. 주요 생체정보인 양방의 혈압, 산소포화도와 한방의 맥진파형에 대해 양한방융합 환자감시장치와 영구자석과 흡소자가 구비된 집게형 맥진기로 측정하여 온열치료 전과 후의 변화를 분석하였다. 두 명의 실험 대상자들의 데이터를 분석하기 위해 평균값과 치료 전과 후의 차이의 평균, 표준편차를 구하여 분석하였다. 그 결과 수축기 혈압(SBP)과 이완기 혈압(DBP)은 낮아졌고, 수축기 시간(S.time)은 늘어났다. 체온과 산소포화도는 변화가 미미했으며 심박수와 맥박수는 조금 낮아졌다. 온열치료기와 양한방융합 환자감시장치, 집게형맥진기인 치료 및 진단기기를 사용하여 얻은 다양한 생체정보의 특성결과가 고령화 시대 의료정보를 제공할 것으로 기대된다. 따라서, 온열 자극 요법 장치의 사용은 신체에 긍정적인 영향을 미치는 결과로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 상지대학교 한방의료공학과와 종합졸업설계 및 캡스톤디자인 지원사업에 의해 이루어진 연구 결과입니다.

References

[1] G. P. Raaphorst and J. G. Szekeley, *Scanning Microscopy* **2**, 513 (1988).

[2] Hüseyin Sahinbas, *Cancer Therapy* **8**, 139 (2012).
 [3] K. H. Lee and S. S. Lee, *J. Korean Magn. Soc.* **23**, 130 (2013).
 [4] S. S. Lee, G. W. Kim, M. C. Ahn, Y. S. Park, J. G. Choi, S. D. Choi, D. H. Park, D. G. Hwang, and H. R. Yoon, *J. Biomed. Eng. Res.* **28**, 721 (2007).
 [5] D. H. Nam, W. B. Lee, Y. S. Hong, and S. S. Lee, *Sensors* **13**, 4714 (2013).
 [6] S. S. Lee, J. G. Choi, I. H. Son, K. H. Kim, D. H. Nam, Y. S. Hong, W. B. Lee, D. G. Hwang, and J. R. Rhee, *J. Magn.* **16**, 449 (2011).
 [7] I. H. Son, K. H. Kim, J. G. Choi, D. H. Nam, and S. S. Lee, *IEEE Trans. Magn.* **47**, 3063 (2011).
 [8] S. W. Kim, Y. G. Choi, H. S. Lee, D. H. Park, D. G. Hwang, S. S. Lee, G. W. Kim, S. G. Lee, and S. J. Lee, *J. Appl. Phys.* **99**, R908 (2006).
 [9] J. K. Rhee and S. S. Lee, *J. Magn.* **18**, 183 (2013).
 [10] Y. S. Hong, J. K. Rhee, H. K. Kim, I. H. Son, W. S. Yoon, N. K. Lee, D. Y. Park, K. H. Kim, Y. J. Kim, P. Khajidmaa, and S. S. Lee, *J. Magn.* **19**, 255 (2014).
 [11] K. H. Kim and S. S. Lee, *J. Magn.* **20**, 47 (2015).
 [12] N. K. Lee, J. K. Rhee, and S. S. Lee, *J. Acupunct. and Meridian Stud.* **8**, 83 (2015).
 [13] S. S. Lee, I. H. Son, J. G. Choi, D. H. Nam, Y. S. Hong, and W. B. Lee, *J. Kor. Phys. Soc.* **58**, 349 (2011).
 [14] S. S. Lee, D. H. Nam, Y. S. Hong, W. B. Lee, I. H. Son, K. H. Kim, and J. G. Choi, *Sensors* **11**, 1784 (2011).
 [15] S. D. Choi, S. W. Kim, G. W. Kim, M. C. Ahn, M. S. Kim, D. G. Hwang, and S. S. Lee, *J. Magn. Magn. Mater.* **310**, e983 (2007).
 [16] D. H. Lee, Y. S. Hong, and S. S. Lee, *J. Korean Magn. Soc.* **23**, 135 (2013).
 [17] H. S. Kim, *Tourmanium-Efficacy and application of bio-ceramics*, Yonsei University Press, Wonju (2017).
 [18] http://www.nugamedical.com/board5/bbs/board.php?bo_table=n_series&sca=N5.
 [19] D. J. Lee, S. H. Kim, J. H. Jeong, and S. S. Lee, *J. Korean Magn. Soc.* **28**, 105 (2018).
 [20] D. J. Lee, S. H. Kim, J. H. Jeong, J. O. Ji, and S. S. Lee, *New Physics: Sae Mulli* **68**, 1035 (2017).