

영구자석과 홀소자로 구비된 집게형 맥진기를 이용한 맥진파형 측정과 분석

손일호 · 이상석*

상지대학교 보건과학대학 한방의료공학과, 강원 원주시 우산동, 220-702

(2011년 4월 12일 받음, 2011년 6월 7일 최종수정본 받음, 2011년 6월 7일 게재확정)

비가압 상태에서 정확하게 측정된 맥진파형 신호를 얻기 위하여 영구자석과 홀소자로 구비된 안정성 휴대성이 가능한 집게형 맥진기 시제품을 개발하였다. 소형 영구 자석 1개 위치 변화로 얻은 요골동맥 맥진 파형의 4가지 중요 상관인자인 주기, 수축시간, 반사파시간, 절흔 시간들을 결정하여 5초간 수집한 실험값들을 서로 비교 분석하였다. 집게의 스프링에서 누르는 일정 압력을 사용해 가압 느낌 없이 재현성 있는 맥박수 및 혈압 측정함으로써 홀소자 집게형 맥진기 개발이 가능함을 보여주었다.

주제어 : 맥진파형, 집게형 맥진기, 홀소자, 영구자석, 맥박수, 혈압

I. 서 론

맥박수, 심박수 및 혈압을 모니터링 할 수 있는 가정용 혈압기는 환자들의 손목이나 팔뚝에 착용하여 가압한 상태에서 자신의 건강상태가 어떠한지 판단할 수 있다. 그러나 현재 판매되고 있는 혈압기가 사용하기 불편한 이유는 측정 센서의 위치와 읽어 들이는 시간이 제한적이다. 또한 가압 없이 일정 압력을 유지하여 혈압과 맥박수를 측정하는 것이 어렵고, 비록 측정된 값이 있더라도 정확도가 낮다[1, 2]. 재현성 있는 생명 정보의 정확도가 낮은 경우에는 의료기기를 통한 진단 및 치료에 필요한 정보로 사용할 수 없다. 따라서 간편한 손목 착용형 혈압 모니터를 이용한 정밀한 맥박수, 심박수, 혈압의 측정은 곧 다가올 유비쿼터스 헬스케어 산업을 위한 필수 전제조건이다[3, 4].

중국에서는 요골동맥 맥진기를 이용한 전통의 28맥상 분석을 바탕으로 손목시계나 반지 같은 휴대용 혈압과 맥박의 측정 장치를 이미 개발하여 상업화 단계에 와 있다. 요골동맥의 “촌”, “관”, “척” 3개의 점에서 맥상 깊이와 길이의 공간 정보를 가장 잘 나타내는 부분은 “관”이다. 맥진 파형신호는 요골동맥 맥진기의 센서가 “관”에 위치해 있는지와, 손목의 구부림의 각도에 민감한 영향을 받는다[5]. 요골동맥의 “관” 위치에 잘 맞게 장착한 영구자석은 맥동의 변위에 따라 위아래로 움직여 자기장의 변화를 주게 된다. 기존의 압력센서, 적외선센서, 임피던스센서처럼 홀센서가 맥진 신호로 변환기가 되어 요골동맥 맥진기를 구현할 수 있다[6].

재현성과 신뢰성이 있는 한방진단기기는 객관적인 임상자료가 요구된다. 맥진파형을 찾는 시간을 극소화 하고, 휴대용 맥진기가 진단 기구로써 널리 보급되기 위해 홀소자를 이용

한 집게형 맥진기 개발이 필요하다. 본 연구는 손목의 요골동맥 위치에 안정되게 고정된 홀 소자로부터 얻은 맥진파형 분석으로 추정된 혈압과 맥박수의 값을 보여주는 시제품을 개발하였다. 홀소자가 비침습(non-invasive) 의료용 맥진센서로 장착된 비가압형(cuffless type) 집게형 맥진기를 사용하여 맥진파형을 측정하였고 그 분석결과를 비교하였다.

II. 실험방법

본 연구에 사용한 집게형 맥진기 시제품에 대해 상세한 묘사는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1(a)는 영구자석, 홀센서, 측정 부분, LED, 디스플레이, USB port, 스위치 부분을 보여준 모식도이다. 현재 시제품에서 피부접촉 부분의 자기 물질은 작은 원통형 영구자석과 맥박의 진동에 따라 쉽게 변화될 수 있도록 되어 있다. 특히 피부를 국소적으로 누르지 않기 위하여 피부 접촉 부분의 표면이 탄성이 좋은 라텍스 고무를 이용하였다. 지름 2mm, 높이 1mm 크기의 원통모양이고, 표면에서 자기장이 약 300 Oe인 영구자석은 탄력 있는 고무의 중심 위치에 자리해 예폭시로 붙여있다. 즉, 영구자석의 원판 중심이 요골동맥의 “관” 부분에 위치하고 고르게 늘어난 상태의 라텍스 고무는 손목 피부 접촉면을 둘러싸게 하였다.

홀 효과 소자와 자석 사이 변위는 대략 2.5 mm이다. 1 mm 이내에 1개의 영구 자석이 동맥 맥박에 있는 맥박 높고 낮은 진동에 의하여 상하로 움직인다. 실제 사람의 손목에 착용하여 맥파신호를 측정하는 한 예로서 집게형 맥진기 시제품의 실제 측정 모습을 Fig. 1(b)에 나타내었다. 실험에서 사용할 Fig. 2(a)의 집게형 맥진기 시제품은 자성 물질인 영구자석으로 이루어진 피부에 접촉하는 부분과 자기장 변위를 감지하는 고감도 홀소자 맥진센서로 배열하였다.

*Tel: (033) 738-7961, E-mail: ssllee@sangji.ac.kr

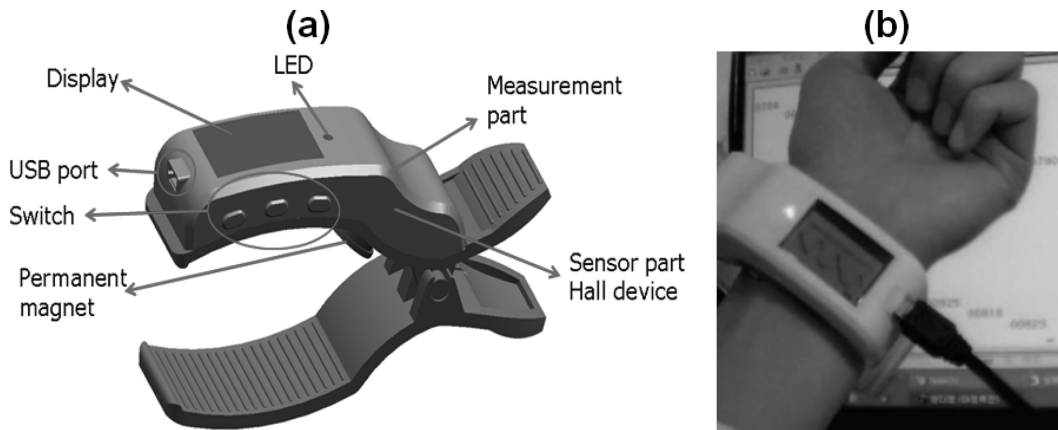


Fig. 1. The schematic (a) and the real measuring feature (b) of the prototype of a clip type pulsimeter equipped with a Hall effect device passed signals through the voltage detecting hardware system.

III. 실험 결과 및 고찰

맥진파형의 한 점의 전형적인 시간에 따른 신호는 측정시간(초)에 따른 작은 영구자석의 위치인 변동하는 맥진파형 신호 분석을 통해 획득하였다. 입력신호로 들어오는 맥진파형은 자동적인 0의 설정, 노이즈 제거, 1000 points/s의 출력 데이터를 획득하여 컴퓨터로 맥진파형을 시뮬레이션을 하도록 설계하였다. 시간에 따른 맥진파형에서 두드러진 한 점이 어디인지 집게형 맥진기를 통해 검출된 몇 개의 맥파신호를 컴퓨터 계산에 의해 선택할 수 있도록 하드웨어를 구성하였다. 집게형 맥진기를 통해 얻은 4개의 다른 맥진파형을 Fig. 2에 나타내었고, 임상 참가자의 맥진 펄스신호를 A, B, C, D 형으로 구분하여 나타내었다.

소형 영구자석 1개 위치의 임의의 맥진파형을 분석해서 측정시간에 의한 최대, 최소, 노치, 반사파의 중요한 4가지 점을 얻어 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3(a)는 B-유형 맥진파형 신호의 구성 분석에 의해 얻어지는 맥박 파형을 나타냈다. Fig. 3(b)는 소형 영구 자석의 1개의 위치의 임의의 맥박 파를 위한 분석에서 시간대별 맥진파형 신호에서 측정시간에 의한 최대, 최소, 노치, 반사파의 중요한 4가지 점들을 각각 나타냈다. 그리고 Fig. 3(c)는 홀소자 집게형 맥진기에 의해 측정되어 계산된 1차, 2차, 3차 미분 맥진파형 신호들을 보여주었다.

집게형 맥진기를 사용하는 3개의 중요한 이점은 첫째, 팔목 벨트 없고 집게 유형과 손목 착용감이 편리함이다. 둘째는 손목에 가하는 일정한 가압을 유지한 채 측정하므로 재현성이 확보되며, 셋째는 초당 1000개의 신호를 처리하여 얻은 맥진파형을 분석한 센서의 정밀도를 보유한 것이다. 본 집게형 맥진기를 사용해서 얻어지는 출력 신호를 위한 S/N은 60%로 손목회전의 시간에 0.1 m/s² 가속도 값이 보전된다. 실제로는 본 집게형 맥진장치는 운동 도중 맥진파형을 측정

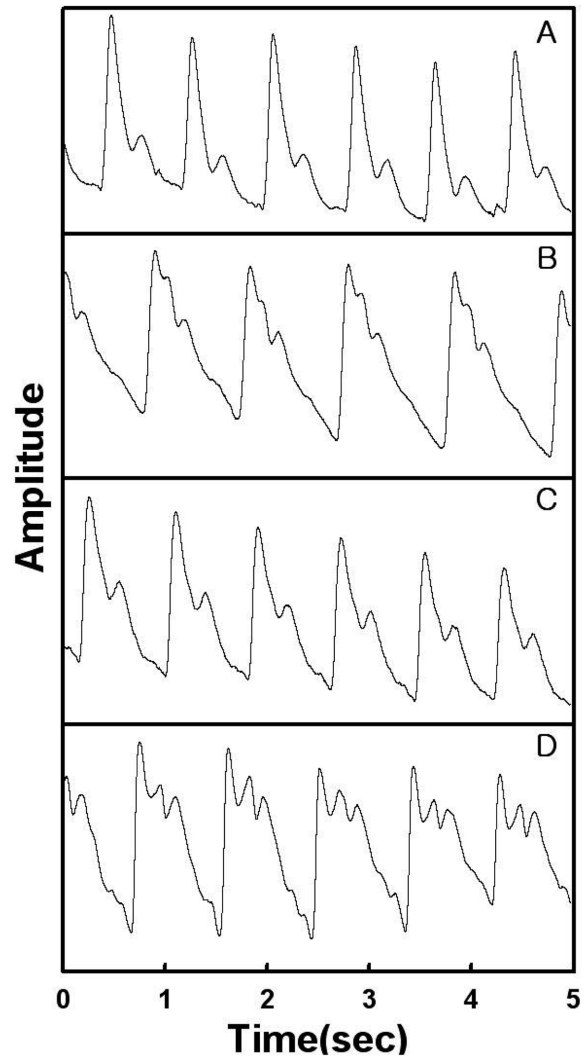


Fig. 2. A-, B-, C-, and D-type pulse waveforms for four different clinical participants obtained at one of the points from the compositional analysis of the pulse signal obtained by using a clip type pulsimeter.

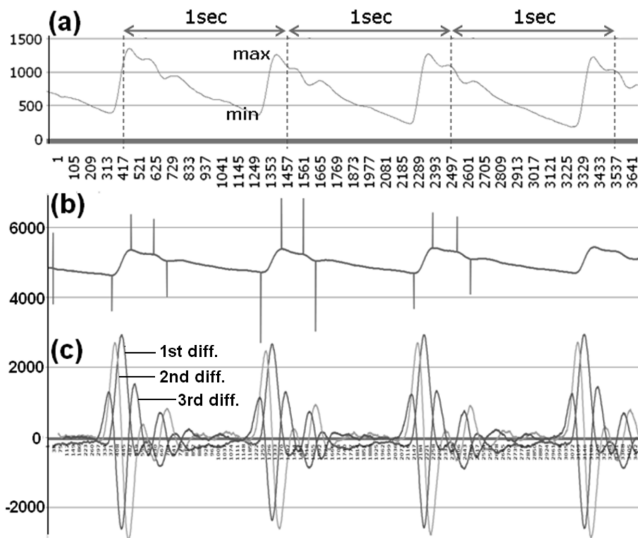


Fig. 3. (a) B-type pulse waveform of one point obtained by the compositional analysis of pulse signal. (b) Four points of the maximum, minimum, notch, reflective peak by measuring time (second) versus temporally typical signal of one point pulse obtained from the analysis for an arbitrary pulse wave of one position of small size permanent magnet. (c) The 1st, 2nd, and 3rd differential signals of one point obtained by the analysis and measurement of a clip type pulsimeter equipped with a Hall effect device.

할 수 없다. 그러나 본 연구에서 측정된 맥진파형의 데이터는 러닝머신 운동 후에 정체되는 상태에 있는 측정 분석한 신호다. 집게형 장치로 얻은 맥진파형은 사람의 근육이 수축할 때, 피부가 움직일 때 또는 땀이 날 때 심각하게 영향을 받는다. 하지만 본 연구에 사용한 맥진파 진단기기는 요골동맥 대신에 팔을 올리고 내려서 일어난 자연적인 액체정역학 압력 변화를 이용한 손목에 팽창식 압력을 가하는 것이 아닌 변경되는 용적의 양을 통한 비침습적인 방법으로 측정하는 원리를 적용하였다[8].

Fig. 4(a)는 B-유형 맥진파형 신호를 상세하게 분석하기 위한 주파와 반사파가 합쳐진 전형적인 실제 맥진파 형태와 1차 미분파형을 나타내었다. Fig. 4(b)는 맥파수 측정과 혈압을 추정하는 회귀식 도출에 필요한 주요 상관인자들인 맥진파의 주기와 수축기 시간, 반사파 시간, 절흔점 시간, 면적비(수축기 면적/이완기 면적), 증강압 지수(반사파 크기 피크/수

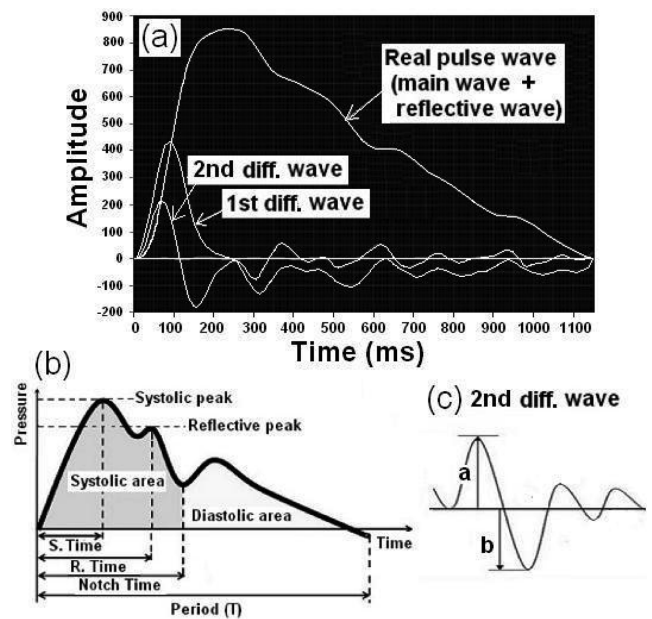


Fig. 4. (a) First and second differential real B-type pulse waveform. (b) The six parameters used in the algorithm for estimating the pulse rate and the blood pressure. (c) The acceleration waveform is similar to the second differential waveform of a typical pulse.

축기 크기 피크)를 정의하였다[9]. 또한 Fig. 4(c)는 2차 맥진 미분파형으로써 4개의 주요 가속도 인자 a, b, c, d를 정의하였다.

4명의 다른 임상 참가자의 시험 자료에서 주기, 수축기, 노치, 반사파에서 산출한 시간으로 계산한 값들을 Table I에 나타내었다. 특히 4명의 다른 임상 참가자의 임상 시험을 통해 얻어진 주기, 수축기, 노치, 반사파 시간 자료에서 산출된 시간 값에 의해 찾은 실험 방법은 대략 5초간 집게형 맥진기로 측정할 것이다. Table I에 나타난 수축기 이완기 혈압은 전자 혈압계를 통해 오른팔에서 직접 측정했다. 본 시제품이 상품화 단계에 도달하기 전 단계이지만, 인위적 압력의 사용 때문에 불쾌한 가압이 없이도 재현성이 있는 맥박수 및 맥진파형을 측정하는 것이 가능함을 알 수 있다. 또한 실험결과가 혈압의 정확도 관점에서 $\pm 10\%$ 이내의 오차가 존재하더라도 비가압 손목형 혈압계로 개발할 수 있는 가능성을 보여준 것으로 사료된다.

Table I. The calculated values of period, systolic, notch, and reflective times obtained from clinical trial data of four different clinical participants.

Clinical name	Period (pulse rate)	Systolic time	Reflective time	Notch time	Blood Pressure (BP)	
					Systolic BP	Diastolic BP
A	749 ms (80)	132 ms	265 ms	321 ms	111 mmHg	74 mmHg
B	920 ms (55)	117 ms	265 ms	329 ms	117 mmHg	72 mmHg
C	774 ms (77)	95 ms	242 ms	300 ms	118 mmHg	66 mmHg
D	896 ms (70)	83 ms	285 ms	362 ms	145 mmHg	87 mmHg

IV. 결 론

요골동맥의 중심인 “관” 위치에 영구자석을 붙인 후 바로 위쪽에 홀소자를 장착하여 전압 신호를 검출하는 하드웨어 시스템이 적용된 집게형 맥진기 시제품을 개발하였다. 소형 영구자석에 대한 점 위치의 임의의 맥진파형 분석에서 얻어지는 전형적인 한 맥진파형의 시간대 신호에서 중요한 4개의 인자들을 설정하였다. 4명의 다른 임상 참가자의 임상 시험 자료에서 얻어진 주기, 수축기, 노치, 반사파의 계산된 시간 값들을 서로 비교하였다. 영구자석과 홀소자를 이용한 집게형 맥진기로부터 얻은 재현성 있는 맥진파형을 분석함으로써, 불쾌한 가압이 없이도 재현성이 있는 맥박수 및 혈압을 측정하고 분석하는 것이 가능함을 보여 주었다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 보건복지가족부 한의약선도기술개발사업의 한방의료기기개발 과제(과제번호: B100030)와 상지대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

[1] S. S. Lee, M. C. Ahn, and S. H. Ahn, *J. Magnetics* **14**, 132 (2009).
 [2] M. F. P. O'Rourke, R. P. Kelly, and A. P. Avolio, *The Arterial Pulse*, 1st Ed., Lea & Febiger, Philadelphia (1992).
 [3] 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).
 [4] 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).
 [5] Q. Yu, J. Zhou, and Y. C. Fung, *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* **265**, 52 (1993).
 [6] M. C. P. Carrasquero, L. M. H. Bernard, H. Kobori, Y. Ozawa, K. S. H. Smith, L. L. Hamm, and L. G. Navar, *Hypertension* **44**, 223 (2004).
 [7] 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).
 [8] P. A. Shaltis, A. T. Reisner, and H. H. Asada, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* **55**, 1775 (2008).
 [9] M. C. Ahn, J. G. Choi, I. H. Son, S. S. Lee, and K. H. Kim, *J. Kor. Mag. Soc.* **20**, 106 (2010).

Measurement and Analysis of Pulse Wave using Clip Type Pulsimeter Equipped with a Permanent Magnet and a Hall Device

Il-Ho Son and Sang-Suk Lee*

Department of Oriental Biomedical Engineering, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

(Received 12 April 2011, Received in final form 7 June 2011, Accepted 7 June 2011)

We measured signals at the “Guan” region of a radially arterial pulse using the prototype of a clamping pulsometer equipped with a Hall effect device, which is passed signals through the voltage detecting hard ware system. The important four different measuring times of the period, systolic, reflective, and notch peaks for a temporally pulse signal are obtained and compared each other from the analysis for an arbitrary pulse wave of one position of small size permanent magnet. It is possible to measure the reproducible pulse rate and blood pressure by using the cuffless clip type pulsometer without an unpleasant oppressive feeling due to the use of pressurization.

Keywords : pulse waveform, clip type pulsimeter, permanent magnet, hall device, pulse rate, blood pressure