

# 홀센서 집게형 맥진기 요골동맥파에 FFT를 적용한 호흡수 추출 (Extraction of Respiratory Rate by using FFT for Radial Artery Pulse Waves Acquisited by Clip-type Pulsimeter with a Hall Sensor)

조현성\*, 장명복, 이남규, 김근호, 최종구, 이상석  
한방의료공학과, 보건과학대학, 상지대학교, 강원도 원주시 우산동 산 660번지

## 1. 홀센서가 구비된 집게형맥진기의 특성

집게형 맥진기에 대한 영구자석, 홀센서, 측정 부분, LED, 디스플레이, USB port, 스위치 부분을 Fig. 1(a)에 나타내었다. 집게형 맥진기의 접촉 부분의 자기 물질은 작은 원통형 영구자석과 맥박의 진동에 따라 쉽게 변화될 수 있도록 되어 있다. 특히 피부를 국소적으로 누르지 않기 위하여 피부 접촉 부분의 표면에 탄성이 좋고 인체 피부에 적합한 실리콘 고무 하우징을 사용하였다. 이 고무 하우징의 중심부분에는 지름 2 mm, 높이 1 mm 크기 원통모양의 영구자석 표면에서 1 mm 떨어진 곳에서 자기장이 약 150 Oe를 갖도록 하였다. 영구자석은 요골동맥의 "관" 부분에 위치하도록 실리콘 고무 원판 중심에 고정시켰다. 손목 피부에 접촉하는 실리콘 고무가 영구자석 중심으로 고르게 늘어날 수 있도록 측정부 위치를 조정하였다. Fig. 1(b)는 실제 사람의 손목에 착용하여 맥파신호를 측정하는 모습을 보여준 사진이다.

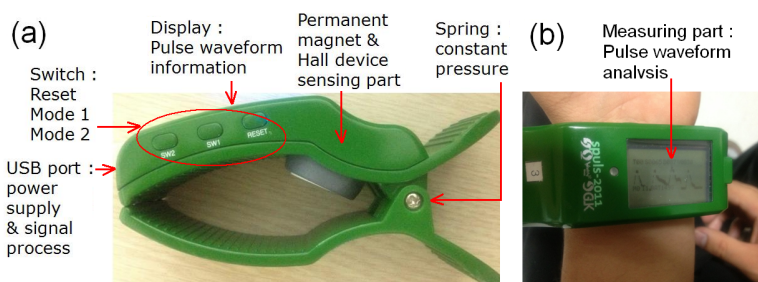


Fig. 1. (a) The notation and function of several major parts and (b) the measurement process of acquisition pulse signals by a real clip-type pulsimeter.

## 2. 홀센서 맥진파형의 FFT 분석

본 연구에 사용된 맥진파형의 주파수 분석기기는 BIO PAC Systems, INC.의 MP35를 하드웨어로 사용하였다. 데이터의 분석은 MP35와 함께 제공되는 분석프로그램인 BIO PAC Systems, INC.의 BSL 3.7.7 Pro를 사용하였다. 또한 가장 중요한 부분인 맥파에 대한 측정은 홀센서를 사용한 집게형 맥진기를 이용하였다. 호흡성분이 추출되기 용이한 대역을 알아보기 위하여 실험자는 각각 다른 주파수 대역에 맞추어 고정된 호흡을 실시하였다. 고정된 호흡을 인위적으로 주기 위해서 메트로놈 프로그램을 적용하였다. 그렇게 각각의 실험자들은 15, 20, 30, 40, 50 템포(Tempo)의 속도로 고정호흡을 실시하였으며 맥진파에 영향을 주는 충분한 시간인 100 s 이상 맥진파 데이터를 측정하였다.

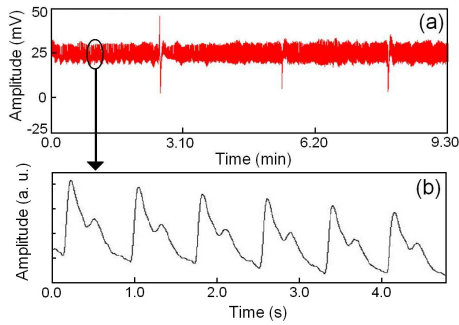


Fig.2 (a) The selected region of pulse waveform measured during 9 m 30s for a fixed respiratory rate periods of 0.33 Hz (40 tempo). (b) The typical pulse waveform during 5 s in part of (a) pulse wave band

메트로놈에서의 15 , 20 , 30 , 40 , 50 템포를 각각 주파수로 표현을 하면 0.125 Hz, 0.16 Hz, 0.25 Hz, 0.33 Hz, 0.41 Hz 이다. Fig. 2(a)는 40 템포를 고정시킨 후, 9분30초 동안 측정한 맥진파형을 나타낸 것이다. Fig. 2(a)에서 대략 2.5 ~ 3초 간격으로 보이는 peak가 호흡과 관련되는 것으로 보인다. 이것은 일정한 시간 동안 40 템포인 0.33 Hz 주파수로 호흡을 하고 있을 때의 집게형 맥진기 센서 부분에서의 아날로그 신호 변화가 반영된 것으로 볼 수 있다. 한편 Fig. 2(b)에는 Fig. 2(a)의 일부분 A 구역인 약 5초간 전형적인 맥진파형을 확대하여 나타내었다. 이러한 각각의 고정된 임의의 호흡신호들에 대한 고속 푸리에변환 (Fast Fourier transform ; FFT) 분석하였다.

### 3. 맥진파형의 호흡수 추출 알고리즘

5가지의 고정된 임의의 호흡신호들에 대한 FFT 분석을 수행한 결과인 Fig. 3에서 특이점을 볼 수 있다. Fig. 3에서 각각의 주파수 별로 특별한 피크(peak)를 가지고 있다는 것과 스펙트럼에 나타나는 피크는 각각의 고정된 호흡의 피크와 일치하는 것을 볼 수 있다. 이러한 점에서 착안하여 홀센서가 장착된 집게형 맥진기로 측정된 맥파신호에서 나타나는 호흡성분을 추출하기 위한 알고리즘을 적용하였다.

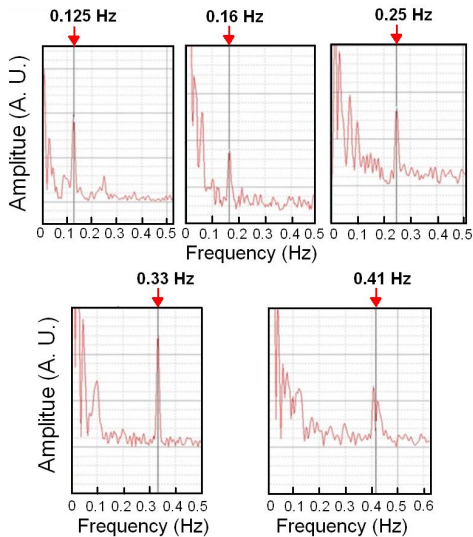


Fig. 3. The FFT spectrum peaks with 0.125 Hz, 0.16 Hz, 0.25 Hz, 0.33 Hz, and 0.41 Hz corresponding to 15, 20, 30, 40, and 50 tempo. Each indicated peak for five arrows coincides to each respiratory rate, respectively.

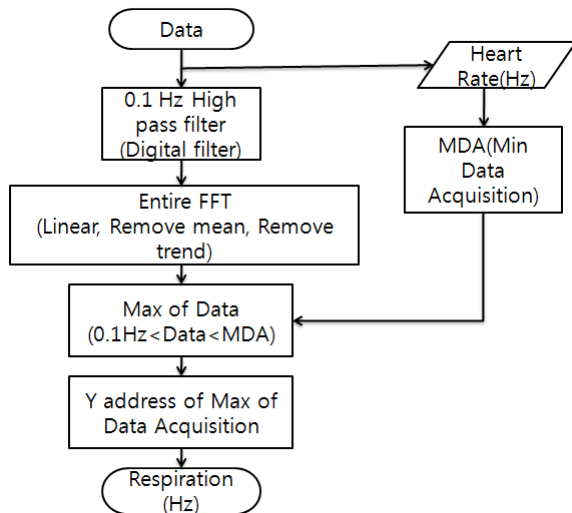


Fig. 4. The flow chart of algorithm for the extraction of respiratory rate by using FFT spectrum through pulse waveform.

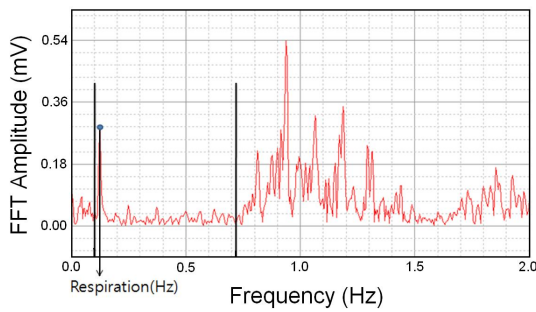


Fig. 5. The final spectrum and peak after FFT process on basis of algorithm for the extraction of respiratory rate. The solid lines note region between two cut-off frequencies of 0.1 Hz and 0.7 Hz after the digital filtering process.

Fig. 4에 나타난 호흡추출 알고리즘 과정을 거쳐 0.1 Hz 이상의 대역만 통과시키는 작용을 하는 디지털 필터를 적용하였다. 전체 영역에 대한 전형적인 FFT 스펙트럼은 Fig. 5에 나타내었다. 이 방식으로 추출된 호흡 신호는 주어진 시간 동안 많은 데이터 얻었기 때문에 보다 정확한 호흡수를 얻을 수 있었다. 100 s, 200 s, 그리고 300 s 동안 얻은 맥진파형 데이터에서 Fig. 4의 알고리즘을 적용한 결과, 호흡성분은 얻어지는 시간이 길어 질수록 FFT 호흡 주파수에 알맞은) 피크가 뾰족해지는 모습을 볼 수 있었다. 이는 더 많은 데이터를 통한 오차가 점점 줄어들면서 나타나는 FFT 분석의 특성이다. 때문에 일정한 수준 이상의 시간인 300 s 동안 데이터를 확보해야 하는 임계값을 보여주었다.

※ 본 연구는 보건복지부의 지원을 받아 수행하고 있는 한의약선도 기술과제의 한방의료기기개발과제 (B100030)에 대한 연구결과이다.