

## 손가락 끝 용적맥파를 이용한 자세변화에 따른 맥파 신호에 관한 연구

최병철, \*김철한, \*\*정동근, \*\*서덕준

부산대학교 의공학협동과정, \*동아대학교 임상의학연구소, \*\*동아대학교 의과대학 생리학교실

### On Study of Pulse Wave Signal According to Postural Change Using Finger Plethysmography

B. C. Choi, \*C. H. Kim, \*\*D. K. Jung, \*\*D. J. Suh

Dept. of Interdisciplinary program in Biomedical Eng., Pusan National Univ.

\*Clinical Medicine Research Institute, Dong-A Univ.

\*\*Dept. of Physiology, College of Medicine, Dong-A Univ.

#### Abstract

Pulse conduction velocity is determined by arteriolar compliance, which is changed by lateral pressure of arterial wall. Hydrostatic pressure of the limb vessel is changed by body position, especially in elevated arm.

The arterial pulse in the finger causes the blood volume to change, changing the optical density of the blood. Photoplethysmograph of index finger was obtained by LED and phototransistor.

Pulse transmission time(PTT) was measured by the interval between the peak of ECG R wave and the peak of the finger plethysmogram. PTT was increased by upward position of arm, and decreased by downward position of the arm compared to horizontal position.

This result suggests that relationship between finger plethysmography and postural change could be applied to evaluate clinical cardiovascular status.

#### 서 론

의학에서 맥파는 심장의 기계적 운동과, 혈액 동태를 비관혈적으로 진단할 수 있는 중요한 정보를 제공하여 왔다. 특히, 한의학에서는 진료를 할 때 환자의 맥을 짚어봄으로써 맥박수(pulse rate), 크기(pulse size), 혈관의 탄성(tension), 혈관의 성상 등 많은 정보를 통하여 환자의 질병치료의 예후 판단 자료로 활용되고 있다.

심장의 심실이 수축함에 따라서 혈액이 대동맥으로 박출되면 대동맥은 1회 박출된 혈액을 일시에 말초로 보내지 못하고 혈관벽의 탄력성에 의하여 확장되어 혈액의 일부가 수용된다. 따라서 대동맥의 기시부에서 혈압이 상승하고 그 부위의 혈관을 확장시키는데, 시간의 경과에 따라 또 심실로부터 혈액이 계속 박출됨에 따라 대동맥 내 혈액의 관성을 증가하여 압력의 증가는 점점 말초 혈관으로 퍼져간다. 이와 같은 심박에 따른 흥벽 및 혈관에서의 박동파형을 맥파라고 한다.

맥파에는 압맥파(pressure pulse)와 용적맥파(vo-

lume pulse)로 나누어지며, 용적맥파는 말초 세동맥의 용적변화를 비관혈적으로 검사하는 방법이다. 따라서 경동맥파와 같은 압맥파가 아니고, 용적맥파라고 한다. 용적맥파는 말초 세동맥의 혈행동태를 보기 위한 검사법이었지만, 최근 말초 세동맥은 대동맥 기시부와 상행대동맥과 같은 중추맥파와 매우 근사성을 나타낸다는 것이 많은 연구자들에 의해 연구되고 있다.

용적맥파를 측정하는 기법에는 크게 3가지로 나누어지는데 첫째는 손가락 끝에 수은을 채운 부드러운 고무 튜브를 감고, 수은주가 용적변화에 따라 신축하는 것을, 전기 저항의 변화로 변환해서 기록하는 스트레인 게이지(Strain gauge)법이고 둘째는 생체 조직의 전기 전도도가 조직량에 비례한다는 원리를 이용해서 교류회로의 임피던스 변화에 의해 회로내 조직의 용적 변화를 구하는 방법인 임피던스(impedance)법이다. 끝으로 손가락 끝에 작은 램프를, 그 반대쪽에 광전 변환소자를 장착하여 심박동에 따라서 말초혈관으로 혈액이 박출되면 빛의 투과성에 변화가 일어나 투과량의 변화를 트랜지스터에 의해 변환시켜 맥파를 구하는 광전 용적 맥파계이다.

본 연구에서는 반사형 광전 용적 맥파 측정법을 이용하여 좌,우 손가락 맥파 신호 2채널과 심전도 1채널을 구성하여 맥파 신호와 심전도 신호를 자세 변화에 따라서 동시에 기록하였다. 그리고 심전도 신호의 R파형의 피크점과 맥파의 피크점의 전달 시간 또한 맥파의 미분 맥파를 구현하여 심전도 신호와의 전달 시간을 검출, 자세변화에 따른 혈관의 신전성과 용압률의 변화가 전달 시간의 현저한 차이를 나타내주었고 이러한 연구 결과를 토대로 심혈관계의 진단의 유용성을 평가하였다.

#### 본 론

##### 1. 맥파 센서의 구성

맥파 센서는 1개의 적외선 발광다이오드와 적외선 포토 트랜지스터로 구성되며 발광다이오드에서 나온 적외선이 손가락 끝의 모세혈관에 도달하고 혈관의 용적 변동에 대응한 반사광이 포토 트랜지스터에 수광되도록 하는 반사형 광전 용적 맥파 측정법을 선택하였다. 그리고 포토 트랜지스터는 전

압을 측정하는 것과 전류를 측정하는 두가지 방법이 있으나 본 연구에서는 광량에 대한 직선성이 우수한 전류를 측정하는 방법을 선택하여 트랜듀서를 구성하였다.

2. 맥파 시스템의 구성

본 연구를 위한 맥파 신호의 측정 시스템은 맥파센서, 증폭기, A/D 컨버터, 컴퓨터로 구성하였다. 전체 시스템의 블록 다이어그램은 그림1과 같고 증폭기의 사양은 표1에 나타내었다. 맥파 센서로부터의 신호를 증대하기 위하여 S/N비를 높게 되면 신호의 저 주파수 성분을 잃어버리게 되어 맥파의 본질적인 신호를 잃어버리는 문제점, 노이즈 감소 및 심전도와 맥파의 피크측정에 적합한 필터 등을 고려하여 구성하였다.

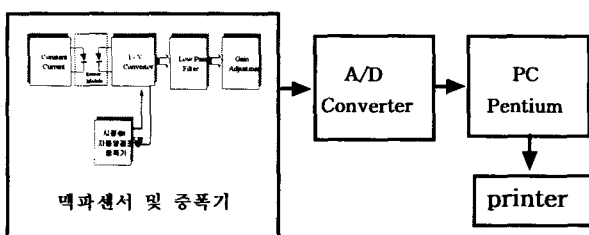


그림 1. 맥파 측정을 위한 시스템 블록다이어그램

표 1. 증폭기 사양

SPECIFICATIONS			
Gain	10~100	OUTPUT Impedance	0.1 Ω
Low Pass Filter	30 Hz	OUTPUT VOLTAGE SWING	± 5 V
HighPass Filter	0.5 Hz	CURRENT SOURCE( IR LED )	10 mA

3. 맥파 신호 검출 및 결과

손가락 끝 용적맥파를 기록하는 시스템은 쌍극자 유도 중에 하나인 lead I 을 기록하는 심전도와 왼손, 오른손의 맥파를 동시에 기록할 수 있는 2 채널을 사용, 동시에 심전도와 맥파 신호를 검출하였다. 심전도의 전극을 피검자에게 장착하고, 맥파 센서를 좌,우의 집게 손가락에 부착시킨 후 누워있는 상태, 앉아있는 상태, 서있는 상태 그리고 각 자세에서 왼손, 오른손을 들어올렸을 경우의 신호를 검출하였다.

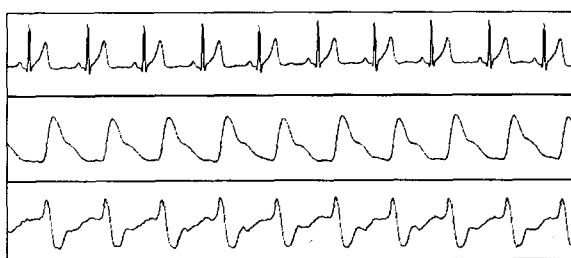


그림 2. 심전도, 맥파, 미분맥파의 3채널 신호 파형

a. 손가락 끝의 용적맥파의 정상파형

정상적인 사람이 양와위로 누운 상태에서 정신상태나 신체 각부의 순환동태가 안정되고 평형상태에서 기록된 맥파를 표준 정상파형이라고 한다. 본

연구에서도 손가락 끝의 용적맥파의 정상파형을 그림 2와 같이 나타내었다. 또한 측정된 심전도의 R파의 피크점으로부터 맥파 그리고 미분맥파 피크점까지의 전달시간은 약 0.38초, 0.25초로 관찰할 수 있었다.

b. 손가락 끝의 용적맥파의 파형변화

정상적인 사람이 양와위로 누운 상태에서 왼손을 들어올렸을 경우, 누운 상태에서 오른손을 들어올렸을 경우, 서있는 상태에서 양손을 모두 내렸을 경우, 왼손을 들어올렸을 경우, 서있는 상태에서 오른손을 들어올렸을 경우의 각 전달시간을 표 2에서 나타내었다.

표 2. 자세에 따른 전달 시간(왼손/오른손)

단위 : sec

구 분	suspine	sitting	standing
양손을 내린 경우	0.38/0.36	0.33/0.32	0.32/0.30
왼손을 올린 경우	0.45/0.36	0.40/0.32	0.37/0.30
오른손을 올린 경우	0.38/0.40	0.33/0.35	0.32/0.38

표 2에서와 같이 왼손이 오른손보다 전달시간이 길게 나타났으며, 누운상태 보다 서있는 상태가 전달시간이 짧게 나타나며, 손을 들어올렸을 경우 혈관벽의 신전성이 높아져 손을 내린 경우보다 전달시간이 길어지는 것을 확인할 수 있었다.

결론 및 토의

본 연구에서는 맥파 검출용 센서와 증폭기를 개발하여 손가락 끝에서의 용적 맥파를 검출했으며 자세 변화에 따른 다음과 같은 특징을 확인할 수 있었다. 누워있는 상태, 앉아있는 상태, 서있는 상태에서 손을 내린 경우 심전도의 R파의 피크치로부터 맥파 피크치까지의 전달시간은 점차 짧아짐을 관찰할 수 있었다. 그리고 각 상태에서 왼손이 오른손보다 전달시간이 긴 것을 확인할 수 있었다. 또한 각 상태에서 손을 들어올린 경우가 손을 올리 지 않은 경우보다 전달시간이 길어짐을 확인할 수 있었다. 자세에 따른 맥파의 전달시간 차이는 혈관의 신전도와 용압률에 관계하는데 신전도(distensibility)는 혈압의 변화에 따른 혈관의 늘어나는 정도를 말하며, 용압률(compliance)은 혈관의 신전도에 혈관의 용적을 곱한 값으로 표시되어진다. 맥파의 전달속도는 혈관벽의 신전성이 감소할수록 맥파의 전달속도는 증가하고, 혈관의 용압률은 감소할수록 맥파의 전도 속도는 증가 함을 연구 결과를 통하여 관찰할 수 있었다.

특히 본 연구에서 얻어지는 맥파 신호를 내과의 심혈관 분야 및 한의학의 맥진분야에 응용하여 질환의 진단에 대한 판단자료로 응용할 수 있으리라 사료된다.

참고 문헌

[1] 김본원, 정순희, 김영활, 이옥경, 심재환, 임상생리학, 1995, 고문사  
 [2] 이경성, 최신 의용공학, 1993, 청구문화사