

용적맥파에 의한 동맥 혈관 특성 분석에 관한 연구

한상휘, 김형태, 변미경, 김정국, *박영배, 허웅
명지대학교 전자공학과, *경희대학교 한의과대학

전화 : 031-336-6347 / 팩스 : 031-336-6347 / 핸드폰 : 016-9331-5542

A Study on Arterial Characteristic by using Photoplethysmography

Sang-Whi Han, Hyoung-Tae Kim, Mi-Kyeong Byeon, Jungkuk Kim, *Young-Bae Park, Woong Huh
Department of Electronic Engineering, Myongji University,

Dept. of Biofunctional Medicine and Diagnosis, College of Oriental Medicine, Kyung-Hee University*

E-mail : swhan@mju.ac.kr

Abstract

In this paper, we present a new methodology to analyze the characteristics of artery by using 4 channels photoplethysmography. The proposed parameter is a time difference of pulse transit time (PTT) between pulse waves at finger site and at toe site.

As the results of experiments, the change of parameter was found according to ages. The result of regression analysis about relationships between the parameter and ages for $n=51$, the coefficient of correlation of non-normalized data has -0.79770 in left side and -0.80599 in right side and the coefficient of correlation of normalized data by height has -0.81345 in left side and -0.81605 in right side.

I. 서 론

연령이 증가함에 따라 혈관은 협착과 동맥경화의 과정을 거치면서 노화가 진행된다. 동맥 경화란 혈관이 딱딱하고 탄력성이 없어지기 때문에, 동일한 양의 혈액이 흘러도, 동맥의 내벽에는 항상 보다 큰 압력이 가해지게 됩니다. 이렇게 되면 동맥의 벽은 상처를 입고 동맥 경화가 진행된다. 동맥경화증은 여러 가지 원인에 의해 혈관이 딱딱하게 굳어지면서 혈관의 탄력성이 소실되고 혈관이 좁아지게 되어 결국 동맥의 파열이나 폐쇄 등에 일어

나 여러 가지 질병을 일으키게 된다. 동맥경화증은 나이가 들면서 자연히 생기는 하지만, 여러 가지 위험인자에 의해 촉진된다는 것이 밝혀지고, 또 이런 위험인자를 조절함으로써 동맥경화의 진행을 억제할 수 있다는 것이 밝혀지면서 많은 연구가 진행되고 있다.

혈관의 노화 정도와 동맥경화를 판단하는 이상적인 방법은 동맥의 탄력성과 말초부위의 순환상태를 측정하는 것이다. 따라서 한방에서는 비침습적인 방법으로 신체부위의 맥파를 관찰하여 혈관의 탄력성과 혈액 순환상태를 구체적으로 파악하는 방법을 사용하고 있다[1]-[5].

본 논문에서는 동맥혈관의 특성을 분석하기 위한 파라미터로 심장 박동에 의해 대동맥 기시부에서 생긴 맥파가 좌우측 두 관로, 지점과 족지에 도달되는 맥파의 전달 시간(Pulse transit time: PTT)의 차를 제안하였다.

따라서, 본 논문에서 4지점에서 맥파를 동시에 검출할 수 있는 4채널의 용적맥파 변환기와 신호처리부 그리고 맥파의 전달 시간차를 구하는 알고리즘을 구현하여 연령에 따른 혈관의 탄성도의 변화를 분석하는 새로운 방법에 대하여 고찰하였다.

II. 시스템 구성

그림 1은 본 논문에서 구성한 전체 시스템 구성도를 보인 것이다.

4채널의 용적맥파 변환기와 신호처리부, 12Bit A/D 변환기 그리고 소프트웨어부로 구성된다. 12Bit A/D 변환기는 National Instrumentation사 DAQCard-1200을 사용하였으며, 소프트웨어부는 윈도우 환경에

서 구현하였다.

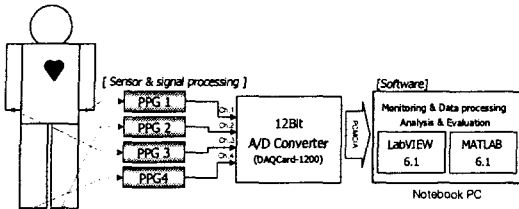


그림 1 전체 시스템 구성도

1. 용적맥파 변환기 구성

본 논문에서 구현한 맥파 변환기는 헤모글로빈의 흡광량 변화를 파형으로 기록하는 반사식 광전식 용적맥파 변환기이다. 이는 혈관이 용적 변화를 일으킬 때에 혈관 세그먼트 내의 헤모글로빈의 양도 함께 변동되므로 헤모글로빈의 변동량으로부터 용적 변동량을 계측하는 원리이다.

변환기는 그림 2와 같이 PCB위에 10mm간격을 두고 IR LED와 PD가 놓이는 전자들과 제작한 케이스로 조립되도록 설계하였다. 변환기의 사이즈는 16.7x22.4x11.2mm이다.



그림 2 변환기의 외형도

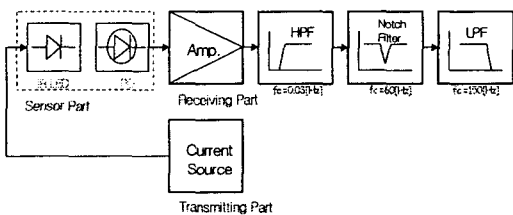


그림 3 용적맥파 변환기 신호처리부

그림 3은 용적맥파 변환기 신호처리부를 나타낸 것으로서 회로부는 송신부와 수신부로 구성되어진다. 송신부는 적외광 다이오드에 순방향 전류 최대 정격과 순방향 전류 특성을 근거로 수신부에서 요구되는 신호의 세기를 고려하여 실험적으로 얻어진 약 10[mA]의 순방향 전류를 제공하는 전류원으로 구성되어지고, 수신부는 포토 다이오드의 전류를 증폭하고 전압으로 변환하는 증폭기, DC 성분을 제거하는 고역통과여파기

(HPF), 60Hz 전원 노이즈 제거를 위한 대역제거여파기(Notch filter) 그리고 고주파 신호성분을 제거하기 위한 저역통과여파기(LPF)로 구성되어진다.

2. 소프트웨어 구성

본 논문에서 구현한 장치의 소프트웨어 구성은 윈도우 XP 환경에서 LabVIEW 6.1과 MatLAB 6.1을 이용하여 구현하였으며 소프트웨어 구성은 아래와 같다.

- Monitoring Part
 - Data Acquisition and Display
 - Digital Filter
- Data Processing Part
 - Time methods
 - Detecting feature points of PPG
 - Measuring PTT
- Analysis and Evaluation Part
 - Normalization
 - Correlation

모니터링부는 LabVIEW에서 제공하는 VI를 이용하여 4채널의 입력 데이터를 A/D 변환하고 변환된 값을 PC 모니터상에 실시간 디스플레이하며, 데이터 저장 선택 여부에 따라 디스플레이 기능과 동시에 데이터를 취득하는 기능을 수행하며, 샘플링 율은 500Hz이다.

3. 분석 파라메터

동맥관로에서 맥파가 전달되는 속도는 동맥벽의 탄성에 의해 결정된다. 즉, 혈관 벽의 탄성이 감소할수록 맥파의 전달 속도는 증가하므로 노년이 될 수록 맥파의 전달 속도는 높아진다. 따라서 맥파의 전달 시간을 구하면 동맥의 탄력성과 직접 관련이 있는 정보를 얻을 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법은 기존의 맥파 전달 시간법에서 기준 신호로서 심전도나 심음, 기준 맥파를 사용하는 방법을 제시하고, 단순히 두 관로의 맥파가 말초에 도달하는 전달 시간의 차만을 이용하여 동맥 혈관의 특성을 분석하고자 하였다.

그림 4는 심장박동에 의하여 대동맥 기시부에 생긴 맥파가 좌측 지첨과 족지까지 전달되는 맥파 전달 시간(PTT1, PTT2, PTT3, PTT4)과 두 관로의 맥파 전달 시간차(Δt_1 , Δt_2) 나타낸 것으로서 본 논문에서 제안한 분석 파라메터를 보인 것이다.

그림 4에서와 같이 심장박동에 의하여 대동맥 기시부에 생긴 맥파가 지첨까지 전달되는 맥파 전달 시간과 족지까지 전달되는 맥파 전달 시간의 차는 아래의 식과 같이 표현될 수 있다.

$$\Delta t_1 [sec] = PTT1 - PTT2$$

$$\Delta t_2 [sec] = PTT3 - PTT4$$

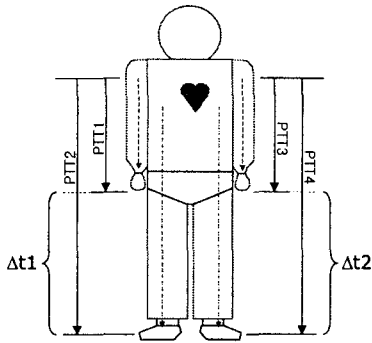


그림 4 분석 파라미터

III. 실험 및 고찰

1. 데이터 취득

데이터 취득은 51명의 피검자를 대상으로 피검자가 누운 상태에서 5분간 안정시킨 후, 2분간 2회 데이터를 취득하였다.

그림 5와 그림 6은 각각 12세, 74세의 좌측 우측 지침과 족지에서 얻은 맥파의 파형을 보인 것으로서 74세 피검자의 경우 12세에 비하여 지침과 족지의 파형이 근접하여 있음을 알 수 있다.

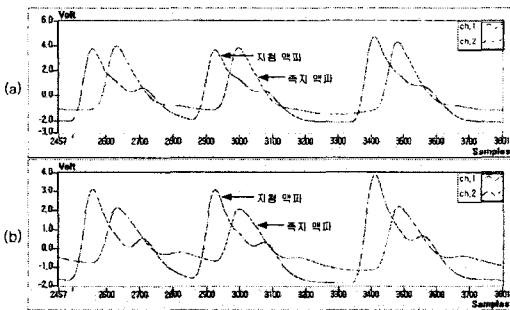


그림 5 12세 지침, 족지 맥파 계측 파형

(a)좌측,(b)우측

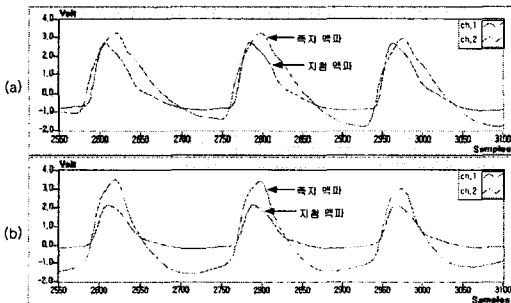


그림 6 74세 지침, 족지 맥파 계측 파형

(a)좌측,(b)우측

2. 맥파 전달 시간(PTT) 계측

그림 7은 좌측 족지와 족2지에서 측정된 맥파 신호의 시간차를 구하는 과정을 보인 것이다. 필터링된 두 신호는 맥파의 특징점 검출 과정을 통하여 얻어진 신호의 최대점의 위치정보를 인덱스 어레이에 저장하고 저장된 위치정보의 차를 구하여 500Hz 샘플링 율로 나누어줌으로써 시간차를 구하는 방법이다.

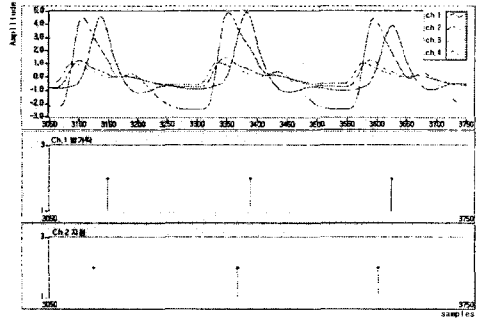


그림 7 맥파 전달 시간 계측(PTT) (좌측)

3. 회귀분석

그림 8과 그림 9는 전체 피검자 51명의 좌측과 우측 맥파 전달 시간 계측 결과를 각각 연령에 따라서 도식화한 것으로서 연령에 따른 변화가 나타남을 볼 수 있다. 1차 회귀분석 결과는 좌측 -0.798 , 우측 -0.806 의 상관관계를 보였다.

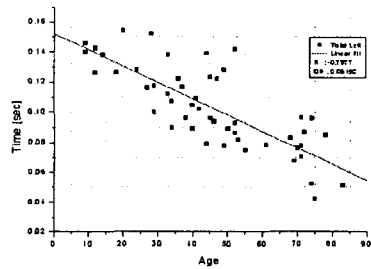


그림 8 좌측 맥파 전달 시간차 분석결과

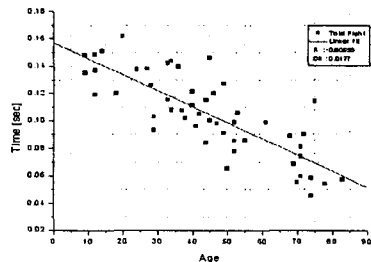


그림 9 우측 맥파 전달 시간차 분석결과

그림 10과 그림 11는 피검자의 신장으로 맥파 전달 시간을 정규화한 데이터를 도식화한 것으로서 1차 회귀분석 결과 좌측은 -0.813 우측은 -0.816 으로 정규화 전보다 높은 상관관계를 보였다.

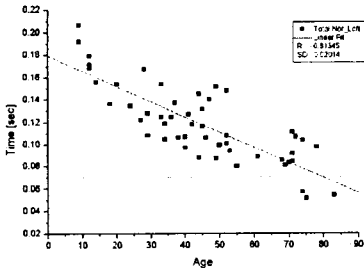


그림 10 정규화된 좌측 맥파 전달 시간차 분석결과

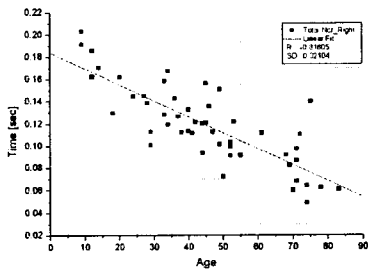


그림 11 정규화된 우측 맥파 전달 시간차 분석결과

IV. 결 론

본 논문에서 제안한 두 관로의 말초에서 측정된 맥파의 전달 시간차만을 이용하는 파라미터는 연령에 따른 변화를 보여 상관 관계분석 결과($n=51$), 정규화 전 데이터는 좌측에서 -0.79770 , 우측에서 -0.80599 을 나타냈으며 피검자의 신장으로 정규화된 데이터의 경우는 좌측에서 -0.81345 , 우측에서 -0.81605 의 상관계수를 보였다. 또한 남녀를 구분한 분석에서 정규화된 데이터의 경우 남성($n=26$)의 경우 우측에서 -0.88831 , 여성($n=25$)의 경우 좌측에서 -0.87240 의 상관계수를 보였다.

따라서 본 논문에서 제안한 파라미터는 동맥 혈관 특성을 분석하는 지표로 이용되는 것이 가능하리라 판단되어진다. 또한 향후 임상 연구, 상품화 연구 과정을 수행하면 신체 전반에 걸친 병리적인 면과 질병 예후에 대한 판단 자료를 제공하는 것이 가능하리라 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) 李鳳敎, 朴英培, 金泰熙, "漢方診斷學", 成輔社, 1997.
- 2) 李鳳敎, 診脈 現代化의 理論과 實際, 成輔社, 2003.
- 3) Haruko Takada, Kaei Washino, Joanne S. Harrell, Hirotoishi Iwata, "Acceleration plethysmography to evaluate aging effect in cardiovascular system", Medical Progress through Technology, Vol. 21, pp. 205-210, 1997
- 4) Itsugi Nagatomo and Morikuni Takigawa, "Relationship between Carotid Arterial Blood Flow and Accelerated Plethysmogram in the aged, International Medical Journal, Vol. 5, pp. 269-272, 1998
- 5) Luiz A. Bortolotto, Jacques Blacher, Takeshi Kondo, Kenji Takazawa and Michel E. Safar, "Assessment of vascular aging and atherosclerosis in hypertensive subjects, Second derivative of photoplethysmogram versus pulse wave velocity", American journal of hypertension, Vol. 13, pp. 165-171, 2000