

가속도 맥파를 이용한 혈관탄성 추정에 관한 연구

A Study on Estimate Vascular Compliance using Acceleration Photoplethymogram

이 충 렬* · 김 경 호[†]
(Chung-Luyl Lee · Kyung-Ho Kim)

Abstract - In this study, we try to estimate vascular compliance for management vascular disease. Because It is known the vascular compliance represents the state of the blood vessels. In general, the vascular compliance is estimated using an acceleration photoplethymogram from measured by photoplethymogram-based. The acceleration photoplethymogram is come from second derivative of photoplethymogram. By using the acceleration photoplethymogram, we can estimating vascular compliance, vascular age, vascular state. In this study, for measuring acceleration photoplethymogram we have developed a measurement device having analog filters. It has the advantage of miniaturization, low-power because it is simpler than digital filters. Using the developed device, we have estimated vascular compliance and tested the reliability of our device compare with conventional device having digital filters. As a result,

Key Words : Vascular compliance, APG(acceleration photoplethymogram), P.P.G(photoplethymogram)

1. 서 론

현대 사회에서 있어 발전하는 문명과 더불어 인간의 평균 수명 역시 점차 연장되어져 가고 있다. 이러한 인간의 평균 수명증가로 인하여 이제는 단순한 수명의 연장에 대한 희망 및 노력뿐만 아니라 이에 더하여 살아가는 동안 보다 건강한 삶을 유지하려는 것이 중요한 관심사가 되어 가고 있다. 또한, 건강에 대한 관심이 증가하면서 건강증진을 위한 시간과 재물적인 투자 역시 증가하고 있는 것이 현재의 트렌드라 할 수 있다. 건강관리에 도움을 주는 운동 및 식이요법 등을 활용하는 사람들이 증가하고 있다는 점을 통해 이러한 현상이 설명된다. 한편, 건강관리에 있어서 가장 중요한 건강관리의 시작점은 현재 자신의 건강상태에 대하여 얼마나 정확히 파악하고 있는냐는 점을 들 수 있다. 이는 자신의 건강상태를 정확히 알고 현재의 건강상태에 맞는 맞춤형 운동이나 식이요법을 통해 지속적인 관리를 진행된다면 진정한 의미의 건강한 삶을 할 수 있기 때문이다. 현재, 대부분의 사람들이 생각하고 시행하고 있는 건강상태 측정 방법으로는 병원에서 받는 정기건강검진이나 질병이 발생하여 병원을 방문한 후 검진을 통하여 알게 되는 일반적인 방법이다. 이와 같은 방법들은 그 신뢰성에 있어서는 높다고 할 수 있지만 병원을 방문해야 한다는 번거로움과 고가의 비용을 지불해야 한다는 단점을 지적받고 있다. 하루하루가 바쁜 현대인의 일상에서 병원을 방문하여 건강검진을 받기위한 시간을 마련한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 또한 건강검진 및 병원방문에 따른 고가의 비용 역시 정기적인 건강검

진을 부담스럽게 여기는 이유 중 하나이다. 이와 같은 이유로 건강검진에 대해 소홀하게 되며, 또한 자신의 건강에 자신을 갖으며 생활하다가 쉽게 고칠 수 있는 병을 큰 병으로 크게 키우는 경우가 자주 발생한다. 건강관리는 정해진 시기가 있는 것이 아니다. 인간의 건강상태는 항상 일정하고 정되어 있는 것이 아니라 수시로 변화하며 그때마다 적절한 관리를 해 주어야 할 필요가 있다. 따라서 효율적인 건강관리를 하기 위해서는 주기적인 건강상태 측정이 필요하며 병원을 방문하는 건강측정 및 관리를 위해서는 앞에서 언급한 제약들이 있다. 따라서 최근에는 가정용 의료기기와 휴대용 의료기기를 이용한 건강관리가 증가하고 있는 추세이다. 현재 가정용 의료기기와 휴대용 의료기기로 측정하는 건강관리를 살펴보면 주로 혈압계, 혈당 측정기, 산소포화도 측정기 등이 사용되고 있다. 이들 기기들은 현대인들의 바쁜 일상생활로 인한 스트레스와 육류위주의 식습관, 음주, 흡연 등으로 인한 생활습관병이라 불리는 고혈압, 당뇨병과 관련이 있음을 알 수 있다. 또한 과거와 비교하여 최근에는 이러한 성인병의 위험 연령이 점차 낮아져 가고 있는 것도 현실이다. 따라서 젊은 나이에서부터 주기적인 관리가 필요로 하는 사람들도 늘어나고 있다. 고혈압과 당뇨병의 경우 그 위험성이 이미 많이 알려져 있기 때문에 가정용 또는 휴대용 의료기기로 개발이 다양하게 이루어지고 있다. 이에 비해 심혈관 계열의 질환에 대한 기기들에 대한 개발은 아직 걸음마 수준이라 할 수 있다. 심혈관관련 질환을 예방하고 측정할 수 있는 혈관탄성도에 관한 기기의 필요성은 느끼고 있으나 이에 대한 기기개발은 아직 부족한 상황이라 할 수 있다. 심혈관 계열의 질환은 주로 식습관과 비만, 흡연, 대사증후군, 나이가 원인이라고 알려져 있으며 또한 고혈압과도 밀접한 관련이 있다고 알려져 있다. 그중에서 특히 혈관의 경우를 살펴보면 그 역할이 아주 중요한 것중의 하나이다. 혈관은 우리 몸에 있어 산소공급 및 노폐물 배출에 밀접한 작용을 하는 혈액을 순환시키는 통로로서 매우

* Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University, Korea

[†] Corresponding Author : Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University, Korea
E-mail : dkuhealth@dankook.ac.kr

Received : April 22, 2013; Accepted : May 21, 2013

중요한 역할을 하고 있다. 혈관 계열 질환은 동맥경화, 협착증 등 사망위험이 매우 높은 질환들이라 알려져 있다. 혈관의 현재상태를 파악하기 위하여 사용되는 파라미터로서 혈관 탄성도를 들 수 있는데 이는 혈관 벽의 현재상태 즉 혈관 탄성력을 나타내는 것으로 혈관 탄성도가 감소한다는 의미는 혈관의 노화 및 콜레스테롤 등에 의해 노폐물이 많이 쌓여있는 상태를 나타낸다. 이는 고혈압 및 심혈관, 뇌혈관 질환 등에 영향을 미치게 된다. 혈관 탄성도를 측정하기 위한 방법으로 일반적으로 잘 알려진 방법인 가속도 맥파 측정방법을 들 수 있다. 가속도 맥파측정을 위한 기본적인 원리를 살펴보면 광전 용적맥파(photoplethysmography, P.P.G)를 이용하고 있는데 이 광전 용적맥파는 광(光)원을 이용한 혈류와 광원의 상호작용의 결과를 통한 혈액의 흐름을 계측하는 맥파 측정 방식이다. 광전용적맥파를 통해 얻어진 맥파 신호를 2차 미분하여 얻어지는 신호인 가속도 맥파(APG, acceleration photoplethysmogram)를 분석하여 측정하는 방법을 주로 사용하고 있다[1]. 이 방법은 광을 이용하기 때문에 비 침습적으로 측정자에게 거부감을 줄일 수 있으며 연속적으로 측정할 수 있고, 저렴한 비용으로 측정이 가능하다는 장점이 있다고 알려져 있다. 하지만 기존에 알려진 이러한 방법들은 가속도 맥파를 얻기 위해서 디지털필터를 이용하고 있다. 하지만 디지털 필터를 이용한 방법은 고차의 필터를 쉽게 만들 수 있다는 점에서 신호 획득에 큰 장점이 있지만 회로가 복잡해진다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 디지털 필터를 대신하여 아날로그 필터를 적용하여 광전 용적맥파의 2차 미분을 통하여 가속도 맥파를 측정하고 이를 분석하여 혈관 탄성도를 추정하는 방법에 관한 연구를 진행 하였다. 아날로그 필터를 이용한 회로방식은 구성되어지는 회로가 디지털 필터를 이용하는 회로에 비해 간단해지고 또한 저전력, 소형화 설계에 유리하다는 장점이 있다. 점차 의료기기가 소형화 되어가는 추세에 이 같은 장점은 매우 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 아날로그 필터를 이용한 측정회로를 설계제작하고 그 유효성을 평가하기 위하여 피험자들의 실측데이터 취득과 함께 아날로그 필터를 이용한 가속도 맥파의 측정하고 이를 활용한 혈관 탄성도를 추정하였다.

2. 본 론

일반적으로 혈관 탄성도를 측정하기 위하여 주로 광을 이용한 방법이 사용되어지고 있다. 한편, 광을 이용한 방법 외에도 혈관 조영술, 초음파 도플러 등의 방법이 사용되고 있지만 단점으로는 측정방법이 복잡하며 또한 고비용인 경우가 많다는 점을 들 수 있다. 이에 비해 비 침습적 방법으로 측정하기 때문에 피측정자의 거부감이 거의 없으며 측정방법이 간편하다는 점에서 광센서를 이용한 측정 방법이 주로 사용되어지고 있다. 광을 이용한 측정은 P.P.G 즉 광전용적맥파를 이용한 측정 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 광전용적맥파는 외부에 존재하는 광원을 피부에 조사하는 방법 즉 표피에 광을 조사한 후 피부층을 통과하여 나오는 광신호를 수신하여 측정 하는 방법이다. 이러한 방법으로 얻어진 신호를 일반적으로 맥파 신호라고 하며, 얻어진 맥파신호의 의미는 혈액이 혈관을 타고 흐르면서 생기는 수축과

이완 현상을 포함하는 생체정보라고 할 수 있다. 맥파신호는 혈관의 수축과 이완 현상에 대한 정보를 가지고 있어 혈류의 흐름 등을 측정 할 수는 있지만 혈관의 현재 상태를 분석 하는 것에 있어서는 다소 어려움이 있다. 따라서 보다 신뢰성이 높은 혈관의 확장과 수축상태를 알기 위하여 연구되어 온 것이 가속도 맥파이며 이는 일반적으로 얻어진 맥파를 2차 미분하여 얻을 수 있는 생체정보이다. 본 연구에서는 이러한 가속도 맥파를 이용하여 혈관 탄성도에 대하여 추정하고자 한다. 기존의 가속도 맥파 측정 장치들은 그 구성을 살펴보면 주로 디지털 필터를 이용한 신호처리 방식이 채용되어 사용되어 왔다. 이러한 디지털 필터 방식은 고차의 필터로 정확한 신호를 얻는데 있어서 큰 장점이 있지만 구성되어지는 회로가 복잡하고 고비용이며 소형화하기에 힘들다는 단점이 있다. 이에 반해 아날로그 필터방식을 이용하게 되면 필터 설계에 있어서 그 수식 계산이 복잡하여 고차 필터 설계에 어려움이 있는 단점은 있지만, 신호를 외곽할 수 있는 노이즈에 강하고 제작단가가 저렴하며 주변회로가 간단해 소형화에 유리하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 향후 요구되어지는 소형화된 측정 장치개발을 전제로 아날로그 필터를 이용한 측정 장치를 설계제작하고 그 유효성에 대한 평가를 진행하였다. 설계 제작된 장치를 이용하여 맥파, 속도맥파, 가속도 맥파를 얻었으며 구해진 가속도 맥파를 분석하여 혈관 탄성도를 추정하고 디바이스의 신뢰성을 검증하기 위하여 피험자들에 대해 반복실험을 실시하여 유효성에 대해 검토를 하였다.

2.1 광전용적맥파 측정 시스템

본 연구에서는 1차적으로 광전 용적맥파를 이용하여 P.P.G 신호를 측정하였다. 광전 용적맥파는 광을 이용한 맥파 측정 방법의 하나로 기본적으로 Beer-Lambert법칙이 이론적인 원리이다. 광전 용적맥파를 이용한 P.P.G 측정은 그 파장과 측정 방식에 따라 다양한 방법으로 나눌 수가 있다. 본 연구에서는 940nm파장의 근적외선 발광 다이오드(Infrared Emitting Diode)를 발광부로 사용 하였으며 수광부로는 포토 트랜지스터(photo transistor)를 사용하였다. 또한 P.P.G 측정방법은 광원을 피부에 조사하게 되면 피부내부를 투과 및 반사하게 되는데 출사광의 측정방법에 따라 투과형 측정 방식과 반사형 측정 방식으로 나누게 된다[2]. 본 연구에서는 940nm파장의 근적외선 발광 다이오드와 포토 트랜지스터를 같은 면에 나란히 배치하여 손가락에 조사된 광원을 같은 면의 수광부에서 측정하는 반사형 P.P.G 측정방법을 사용하였다.

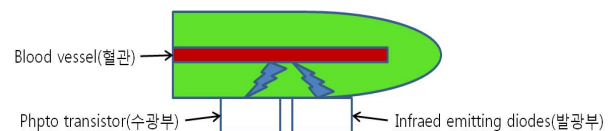


그림 1 반사형 광전 용적맥파 측정

Fig. 1 Measurement of Reflect type photoplethysmogram

광원에서 출발하여 손가락에 입사된 광은 손가락을 통하여 포토트랜지스터에서 검출된다. 검출된 광신호는 P.P.G 신

호를 획득하기 위한 필터 처리를 거치게 된다. 손가락에서 얻어지는 맥파의 신호는 주로 0.05~5Hz 영역의 신호이다. 깨끗한 맥파신호를 얻기 위하여 OP-amp와 RC소자를 이용하여 2차 Low-pass Filter를 설계 제작하여 사용하였다. 보다 정확한 가속도 맥파를 얻기 위하여서는 전제조건으로 정확한 P.P.G 신호의 측정이라 할 수 있다. 이는 가속도 맥파 자체가 맥파 신호를 2차 미분한 신호이기 때문에 원 신호인 맥파신호를 정확하게 얻지 못한다면 가속도 맥파 역시 정확한 측정이 될 수 없다는 것을 의미하게 된다. 또한 광을 이용하여 맥파를 측정 하는 방식은 그 측정 방법이 간단하고 저렴하다는 장점이 있지만 출력신호를 계속하여 조정을 해줘야 한다는 단점이 있다. 조정을 해야 하는 이유는 피측정자 개개인의 개인차 때문이다. 즉 피측정자의 손가락의 두께와 혈관의 두께가 다르기 때문에 발생하는 문제점이다. 광전용적맥파를 측정하면 피측정자에 따라 동일한 광량과 센서 감도로 측정을 진행 하여도 그 결과가 다르게 나오는 경우가 많다. 이를 보정하기 위하여 발광부의 광량 또는 센서의 감도를 조절하여 안정적인 측정상태가 되도록 하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 수광부의 감도 및 증폭비를 조절하여 맥파 신호가 포화상태가 되지 않도록 조절 하였다.

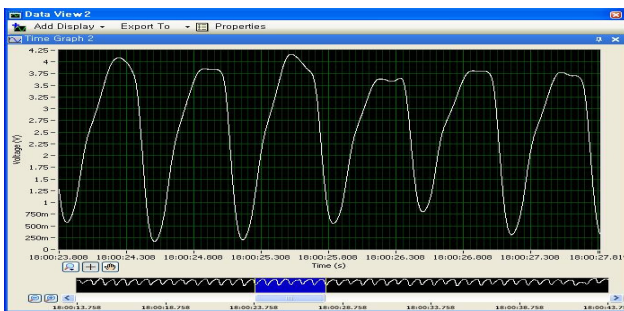


그림 2 측정 맥파 신호
Fig. 2 Measured photoplethymogram

그림 2는 본 연구에서 설계 제작된 디바이스를 이용하여 측정된 맥파 신호이다. 그림의 맥파는 수광센서에서 얻어진 신호를 2차 Low-pass Filter를 이용하여 Amplifier & Filter 처리하여 얻은 신호이다. 그래프에 나타난 것과 같이 맥파 신호는 2차에 걸친 변곡점을 보이고 있다. 측정된 맥파신호를 보면 1차 변곡점은 명확하게 뚜렷이 나타나고 있지만 2차 변곡점은 정확히 나타나고 있지 않음을 알 수 있다. 이러한 명확하지 않은 2차 변곡점은 신호를 2차 미분 하였을 때 얻어지는 가속도 맥파의 파형에 영향을 주게 된다는 예상을 할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 가속도 맥파의 a, b peak 만을 이용하여 혈관탄성을 추정하는 방법을 사용하기 때문에 2차 변곡점에 의한 신호에 영향을 받지 않는다. 즉 측정된 맥파신호에서 명확히 나타나는 1차 변곡점만으로도 원하는 신호를 충분히 확보가능하다고 볼 수 있다.

2.2 맥파 신호의 미분

일반적으로 맥파신호를 이용한 가속도 맥파의 측정은 맥파신호의 미분을 통하여 이루어지게 된다[1]. 이 방법을 적

용하기 위해서는 맥파신호를 미분하는 회로가 필요하다. 본 연구에서는 P.P.G 획득과정과 마찬가지로 Op-amp와 RC소자를 이용한 아날로그 미분기를 활용하여 얻어진 맥파신호를 회로상에서 미분하였다. P.P.G를 통해 얻어진 맥파 신호는 그림 2과 같이 완만한 곡선을 나타낸다. 이러한 맥파신호에서는 정확한 peak를 검출하기가 어려우며 또한 맥파의 변화를 측정하기가 곤란하다. 따라서 보다 자세한 맥파의 변화를 측정하기 위하여 맥파를 미분한 속도 맥파가 필요하게 된다.

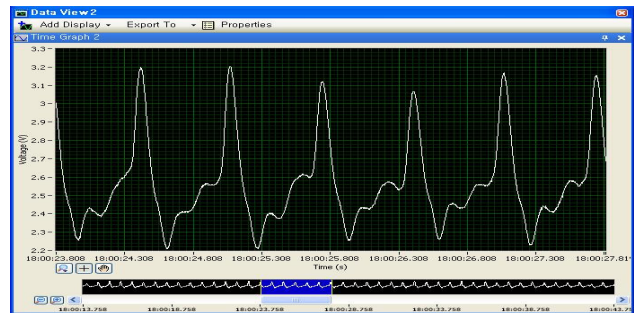


그림 3 속도 맥파 측정
Fig. 3 First derivative of photoplethymogram

그림 3은 그림 2에서 얻어진 맥파 신호를 1차 미분한 신호이다. 이 속도 맥파는 맥파 측정회로를 통과한 신호를 미분회로를 통과시켜 얻은 것으로 맥파를 측정함과 동시에 미분기를 통하여 얻은 신호이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 속도 맥파는 맥파의 변화를 보다 정확하게 제시하여 준다. 또한 일반적으로 그림 3에서 보여지는 속도 맥파를 이용한 어플리케이션으로는 맥진기 등을 들 수 있다.

2.3 가속도 맥파 측정 시스템

가속도 맥파는 맥파 신호를 2차 미분한 신호로 맥의 확장을 보다 세부적으로 알 수 있기에 혈관탄성도, 혈관나이 측정 등에 사용되고 있다. 가속도 맥파의 측정에 있어서 가장 중요한 점은 맥파의 미분 신호를 정확하게 측정하는데 있다고 할 수 있다. 가속도 맥파는 그 변곡점에 따라 다양한 분석으로 사용되고 있다[4].

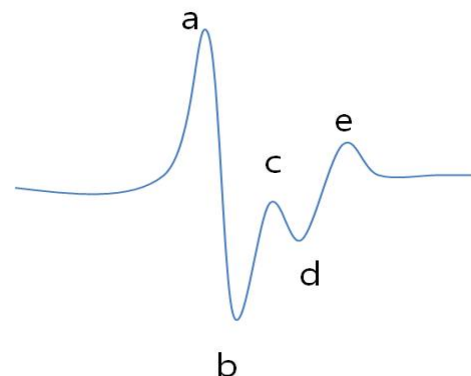


그림 4 가속도 맥파
Fig. 4 Acceleration Photoplethymogram

그림 4는 가속도 맥파의 변곡점을 나타낸 그림이다. 가속도 맥파는 일반적으로 그림 4와 같은 형태를 나타내며 a, b, c, d, e의 변곡점을 가지고 있는 특징이 있다고 알려져 있다. 이들 변곡점들은 원 신호의 맥파신호에 따라 나타나지 않을 수 있다. 각 변곡점의 의미를 살펴보면 a 점은 초기 양성파 즉 baseline을 의미하며 b 점은 초기 음성파, c 점은 재상승, d 점은 지연 하강신호, e 점은 이완기 양성파 이다[5]. 이들 변곡점에서 baseline a를 초기 음성파 b로 나누는 b/a는 혈관벽의 탄성도를 나타낸다고 보고되어 있다[5]. 본 연구에서는 아날로그 필터를 이용하여 가속도 맥파를 측정하고 b/a 값을 통하여 혈관탄성도를 추정 하고자 한다.

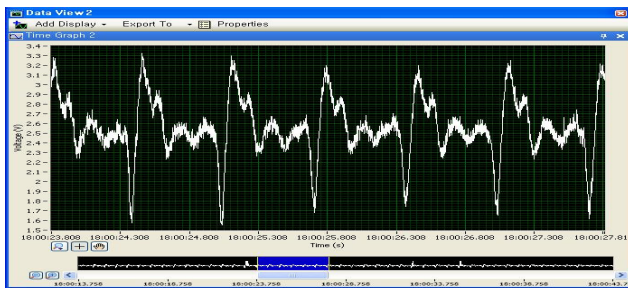


그림 5 가속도 맥파
Fig. 5 Acceleration Photoplethymogram

그림 5는 아날로그 필터를 이용하여 측정한 가속도 맥파 신호이다. 그림 5의 가속도 맥파는 현재 반전된 형태의 가속도 맥파이다. 이 파형을 다시 반전시키면 그림 4와 같은 전형적인 가속도 맥파가 됨을 알 수 있다. 그림 5의 측정 결과에서 알 수 있듯이 파형을 살펴보면 가속도 맥파의 특징 점 들이 모두 확인되는 것을 알 수 있다. 또한 본 연구에서 혈관탄성추정을 위해 사용하는 파라미터점인 변곡점 baseline a, 음성파 b가 명확히 확인됨을 본 측정데이터를 통해 잘 알 수 있다.

2.4 혈관탄성 추정 측정 실험

본 연구에서 제작 설계된 디바이스의 유효성 평가를 하기 위하여 11명의 남녀를 피험자로 하여 가속도 맥파를 이용한 혈관 탄성 분석 실험을 진행하였다. 실험의 첫 단계에서는 피험자에게 실험의 내용에 대한 설명을 함으로써 긴장을 풀어주도록 하였으며, 또한 측정 시 움직임 등에 의한 오차를 줄이기 위하여 주의사항을 충분히 숙지하도록 하였다. 실험프로토콜은 먼저 30초간 측정은 실시하였으며 1분간의 휴식을 후 재측정을 실시하여 총 3회의 측정을 하는 것으로 하였다. 3회 측정을 통하여 추정된 혈관탄성도를 비교하여 제안 설계된 디바이스의 반복적인 재현성을 검증하고자 하였다.

그림 6은 실제 측정실험을 통하여 얻어진 파형이다. 측정 실험을 통하여 맥파, 속도맥파, 가속도 맥파의 총 3가지 신호를 얻었으며 각 파형을 검토하여 가속도 맥파가 정확히 측정 되었는지를 판단하였다. 이는 그림에서와 같이 맥파신호의 포화상태로 인하여 발생한 부정확한 가속도 맥파 신호 즉 에러신호를 제거하기 위한 방법이다. 이들 에러신호를 예외처리 함으로써 측정결과의 정확성을 높일 수 있었다.

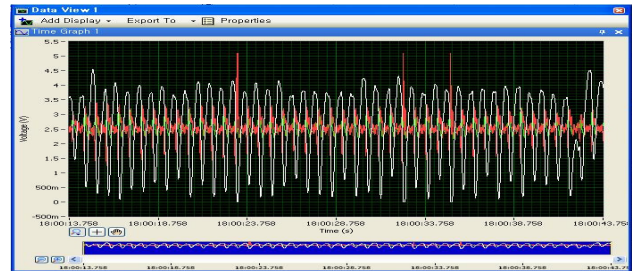


그림 6 측정 실험 결과 파형
Fig. 6 Waveforms of measurement results

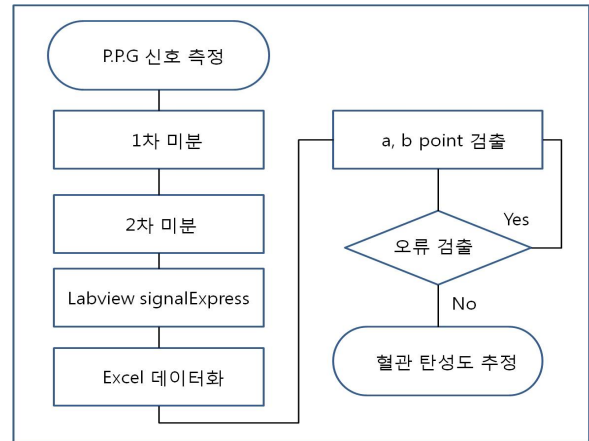


그림 7 혈관탄성 추정 알고리즘
Fig. 7 Estimation algorithms for vascular compliance

그림 7은 혈관탄성 추정 알고리즘이다. 피 실험자로부터 측정된 맥파 신호는 아날로그 필터를 통하여 2차 미분한 후 Labview Signal express를 통하여 Excel 데이터화 하게 된다. 얻어진 Excel 데이터를 기반으로 a와 b point를 검출한 후 해당 가속도 맥파 파형의 오류여부를 판단하게 된다. 그 결과 정상적인 파형으로 판단되면 이를 기반으로 혈관 탄성도를 추정하게 되고 오류파형으로 판단 시 다음 가속도 맥파에서 a, b point를 검출하게 된다. 이와 같이 각각의 가속도 맥파를 이용하여 혈관탄성도를 추정한 후 30초간 측정된 각각의 가속도 맥파를 통하여 추정된 혈관탄성도의 평균값으로 개인의 혈관 탄성도를 최종적으로 추정하게 된다.

2.5 혈관탄성 추정 측정 실험 결과

본 연구에서는 11명의 남녀를 대상으로 아날로그 필터를 이용한 가속도 맥파 측정 및 혈관 탄성 추정 실험을 실시하였으며 실험 결과는 다음 표 1에 나타내었다.

표 1에서 나타난 결과와 같이 피험자 11명을 대상으로 총 3회에 걸쳐 반복 측정을 한 결과를 그림 8에 그래프로 나타내었다. 그림 8의 측정 실험의 표준편차 그래프에서 보는 바와 같이 실험결과는 0.02*0.05의 표준 편차를 보였다. 반복 실험에서의 편차의 발생 원인은 그림 5에서 설명한 바와 같이 가속도 맥파에서 포함된 잡음이 편차발생의 원인으로 추정되어진다. 본 실험 결과를 통해 제안된 가속도 맥파 측정 방법을 이용한 혈관탄성 추정 방법이 다소의 오차를 보였지

표 1 측정 실험 결과

Table 1 Measurement results

| 구분 | 개인별 추정 혈관 탄성 | | |
|--------|--------------|-------|-------|
| | 1차 | 2차 | 3차 |
| 피실험자1 | -1 | -1.08 | -1.05 |
| 피실험자2 | -0.89 | -0.90 | -0.93 |
| 피실험자3 | -0.89 | -0.95 | -0.90 |
| 피실험자4 | -1.07 | -1.01 | -1.07 |
| 피실험자5 | -1.06 | -0.98 | -1.08 |
| 피실험자6 | -1.06 | -0.96 | -1.08 |
| 피실험자7 | -1.06 | -1.09 | -1.05 |
| 피실험자8 | -1.05 | -1.01 | -1.08 |
| 피실험자9 | -0.96 | -1.02 | -0.98 |
| 피실험자10 | -1.07 | -0.99 | -1.06 |
| 피실험자11 | -1.04 | -1 | -1.07 |

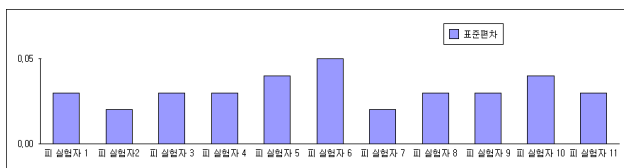


그림 8 측정 실험의 표준편차 그래프

Fig. 8 Graph of standard deviation of the measurement

만 반복적인 신뢰성에 있어서 일정수준의 신뢰성을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다. 실험데이터를 통해 알 수 있듯이 전체 피험자들의 측정결과를 살펴보면 -1.07~-0.89 사이의 혈관 탄성을 보여주고 있다. 개인인의 설문결과 및 측정된 결과를 바탕으로 조사하여 보면 혈관탄성도에 있어 예상되어지는 결과이기도 하며, 실제결과에서 비만과 흡연자의 경우 컨트롤군이라 할 수 있는 정상체중 및 비흡연자에 대비하여 혈관탄성도가 더 낮게 나오는 것을 알 수 있었다.

3. 결 론

스트레스와 불규칙한 생활 패턴, 음주, 흡연등의 위험을 안고 살아가는 현대인에게 있어서 심혈관관련 질병은 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 심혈관관련 질병에 대한 사전관리가 건강한 삶을 유지하는데 있어 주의해야 할 점이라는 것도 간과하여서는 않될 것이라 여겨진다. 이러한 심혈관관련 건강관리는 성인병과도 밀접한 관계가 있기 때문에 성인병 환자가 증가하는 현실에 지속적인 관리가 필요한 상황이다. 본 연구에서는 심혈관건강 관리를 위한 지표 중 하나인 혈관탄성도 추정에 관하여 연구를 진행 하였다. 본 연구에서 중점을 둔 점은 기존의 디지털 필터가 아닌 아날로그 필터를 이용하여 가속도 맥파를 측정 하였으며 이를 통하여 혈관탄성을 추정하는 것이었다. 결과적으로 반복적인 신뢰성을 확인한 결과 노이즈로 인하여 다수의 편차가 발생하였으나 본 연구에서 제안한 방법으로 혈관탄성을 추정하는 것은 가능하다는 결과를 얻었다. 향후 추가적으로 진행되어야 할 연구는 우선적으로 가속도 맥파에서 발생한 노이즈에 대한 원인을 밝혀내고 해결하는 것이 가장 중요한 것 중의 하나라고 할 수 있다. 이와 더불어 보다 다양한 연령대의 피험군을 확보하여 추가적인 실험을 진행하는 것이

다. 가속도 맥파의 측정은 나이가 많은 사람일수록 신호를 정확하게 얻기가 힘들어 진다. 연령이 높아짐에 따라 혈관의 노화가 진행되어 혈관의 확장 등의 움직임이 둔화되고 이에 따라 측정값의 정확도 역시 떨어지게 된다. 또한 본 연구에서는 아날로그 가속도 맥파 측정 시스템을 이용하여 가속도 맥파를 측정 한 후 이를 분석하여 혈관탄성을 추정하는 연구를 진행 하였다. 아날로그 필터를 사용한 결과 디지털 필터를 사용한 기존의 방식과 마찬가지로 가속도 맥파를 측정하고 혈관탄성을 추정할 수 있었으며 보다 더 소형화가 가능하다는 결론을 내렸다. 이 연구의 결과를 바탕으로 문제점을 보완하여 다양한 연령대에서 측정 가능한 혈관탄성도 측정 시스템에 대하여 추가적으로 연구할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2010-0025109)

References

- [1] Drzewiecki G, "The Biomedical Engineering Handbook," CRC Press, pp.1-16, 2000.
- [2] John G.webster, "Medical Instrumentation" Wiley, pp.479-482, 1991.
- [3] David E. johnson, "Operational amplifier circuits" pp.101-157. 1985
- [4] K. Takazawa, N. Tanaka, M. Fujita, O. Matsuoka, T. Saiki, M. Aikawa, S. Tamura, C. Ibukiyama, "Assessment of Vasoactive Agent and Vascular Aging by the Second Derivative of Photoplethysmogram Waveform," Hypertension 1998;32:365-370.
- [5] S. C. Millasseau, J. M. Ritter, K. Takazawa, and P. J. Chowienczyk, "Contour analysis of the photoplethysmographic pulse measured at the finger," Journal of Hypertension, vol. 24, no. 8, pp. 1449-1456, 2006.

저 자 소 개



이 충 렬 (李忠烈)

2012: 단국대학교 전자공학사
2012 - 현재: 단국대학교 전기전자공학 석사 과정.



김 경 호 (金敬昊)

1996: 일본 게이오대학 공학석사.
1999: 일본 게이오대학 공학석사.
2006 - 현재: 단국대학교 전자공학과 교수