

PPG 2차 미분을 이용한 정상인과 당뇨병 환자 간의 왼손과 오른손 말초혈관 탄성도 차이 비교

이탁형, 심영우*, 노형욱, 김덕원**

: 연세대학교 생체공학협동과정, * : 연세대학교 의과대학 의과학과 ** : 연세대학교 의과대학 의학공학교실

Comparison of left and right hand peripheral vascular compliance between normal and diabetic group using the second derivative of photoplethysmogram

Tak Hyung Lee, Young Woo Shim*, Hyung Wook No, Deok Won Kim**
 : Graduate Program in Biomedical Engineering, Yonsei University,
 * : Dept. of Medical Science, College of Medicine, Yonsei University
 ** : Dept. of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei University

Abstract - 우리나라의 당뇨병 유병률은 경제발전과 식생활의 급속한 서구화로 빠른 속도로 증가하고 있다. 특히 당뇨병은 유병기간이 길수록 여러 합병증을 초래하는데 그 중 하나가 혈관경화증이다. 혈관 경화증은 신체 부위별로 그 진행 속도가 다르다. 광혈류측정법(PPG, photoplethysmogram)은 간편한 혈류량 측정방법으로 PPG 2차 미분 방법을 이용해서 혈관의 경화도를 진단할 수 있다. 이러한 PPG 2차 미분방법을 이용하여 당뇨병환자의 왼손과 오른손의 말초혈관 탄성도 차이를 정상인과 비교해 보았다. 실험결과 당뇨병환자와 정상인의 양 손가락 말초혈관 탄성도의 유의한 차이를 확인할 수 없었다.

1. 서 론

국내의 당뇨병 유병률은 경제 발전과 식생활의 급속한 서구화로 인해 빠른 속도로 증가하고 있다. 2004년 우리나라에서 당뇨병으로 인한 사망은 인구 10만명 당 24.3명으로 사망순위 5위를 차지하였으며, 당뇨병 사망률은 1994년 인구 10만명당 17.0명 보다 약 1.4배 증가하였다[1]. 또한 당뇨병은 유병기간이 길수록 각종 합병증이 발생하여 더욱 심각한 상태를 초래하는데 그 중 비만 및 고혈당, 당대사 장애로 인한 당뇨병성 혈관합병증과 말초혈관 경화증이 많이 발생하고 있는 실정이다.[2] 여러 합병증들 중 혈관 경화증은 신체 여러 부위의 혈관들에서 서로 다르게 일어난다.[3]

하지만 지금까지의 혈관 탄성도 측정 방법들로는 대동맥, 경동맥, 대퇴동맥 같이 인체 내에서 크기가 큰 혈관들의 탄성도만이 측정이 가능하여 인체 말초부위의 탄성도 차이는 측정된 사례가 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 말초 혈관의 탄성도를 측정할 수 있는 PPG(Photoplethysmography) 2차 미분 방법을 이용하여 손가락 말초혈관의 탄성도를 측정함으로써 당뇨병 환자들의 양손간의 혈관 탄성도 차이가 정상인들과 다르게 나타나는지 알아보고자 하였다.

2. 본 론

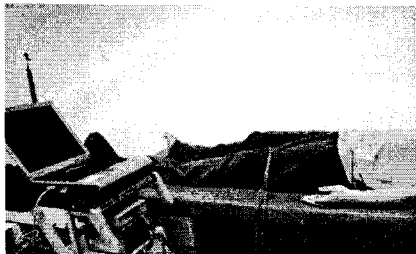
2.1 실험 방법 및 대상

PPG의 측정은 본 연구실에서 개발된 4 채널 PPG 측정 장비를 이용해서 이루어졌으며 실험대상은 신촌 세브란스병원 당뇨병센터에서 당뇨병으로 확진된 당뇨병환자 50명과 서울 및 인천에 거주하는 정상인 50명으로, 당뇨병 환자군과 정상인군의 평균 나이는 <표1>과 같다. 혈관의 탄성도는 연령에 따라 감소하기 때문에 각 그룹 간 연령에 따른 혈관의 탄성도 차이를 최소화 하기위해 당뇨병 환자군과 정상인군 간의 연령대별 인원을 맞춰 주었다.

<표 1> 당뇨병환자와 정상인의 평균 나이

그룹	나이
당뇨병 환자	60.2 ± 13.39세
정상인	55.4 ± 20.3세

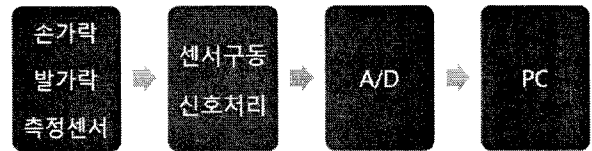
PPG 신호는 <그림1>과 같이 환자와 정상인군 모두 대칭되는 손가락 한 쌍과 발가락 한 쌍, 총 4곳에 센서를 부착하여 측정하였으며 각 센서의 신호는 동시에 측정되었다. 데이터는 측정 대상 별로 약 30초간 수집 되었다.



<그림 1> PPG측정 장비와 측정 장면

2.2 말초 혈관 혈류량 측정 시스템

말초혈관혈류량은 Beer-Lambert Law에 기초하여 체내의 혈류량의 변화에 따라 혈류내의 헤모글로빈에 의한 빛의 흡수량이 달라지는 원리를 이용한다. 말초 혈관 혈류량 측정 시스템은 인체의 말초 부위에 특정한 파장의 빛을 입사 시키고, 인체를 통과한 빛의 양의 변화를 감지한다. 본 연구에서 사용한 센서 프로우브는 산소포화도 측정용 센서와 호환되는 Pulse Oximeter 프로우브(DS-100A, Nellcor, USA)를 사용하였다. 센서는 발광다이오드(light emitting diode)와 광센서(photodiode)로 구성되고, 발광 다이오드에서는 적색광(660nm)과 적외선광(940nm)이 발광되며 이 빛이 손가락 또는 발가락을 통과하면 혈류량에 따라 달라진 투과량을 광센서를 이용해 감지한다.



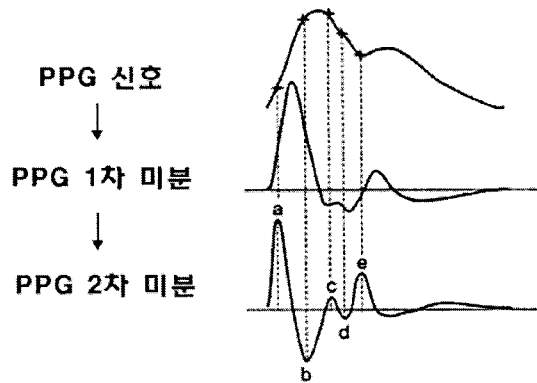
<그림 2> PPG 측정 시스템 순서도

<그림 2>에 나타난 것처럼 측정 센서를 통해 감지된 신호는 증폭기와 필터의 신호처리 과정을 거쳐 데이터 수집 장치(DAQ CARD=6062E, National Instrument, USA)로 보내지며 이 신호는 디지털 신호로 변환된 후 컴퓨터에 저장된다.

2.3. PPG 2차 미분 분석과 탄성도 차이 비교

분석에는 수집된 양 손가락과 발가락의 신호들 중 양 손가락의 신호 중 적외선광을 이용해 얻은 신호를 사용하였는데 그 이유는 손가락의 신호가 발가락의 신호보다 더 크게 나타나기 때문이다. 그리고 적외선광을 선택한 이유는 적외선 광이 주변의 빛으로 인한 간섭에 대한 영향을 더 적게 받기 때문이다.

<그림 3>은 PPG신호와 그 신호의 1차, 2차 미분신호의 상관관계를 나타낸다. 2차 미분 파형에서는 총 5가지의 피크가 구해지는데 각 파형은 명칭은 아래와 같다.

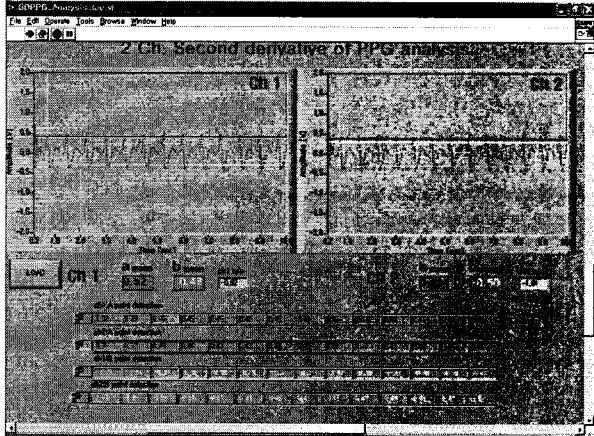


<그림 3> PPG 1차, 2차 미분

- ① a wave : initial positive wave
- ② b wave : early negative wave
- ③ c wave : re-upslping wave
- ④ d wave : re-downsloping wave
- ⑤ e wave : diastolic positive wave

a, b 는 좌심실의 심박출에 의해 나타나는 PPG 원 신호의 첫 번째 맥동성

본인 초기 수축기와 관련이 깊다. a wave 는 up sloping wave, b 는 downsloping wave로서 PPG 원 신호에서 첫째 변곡점까지 급격히 올라가는 초기 수축기의 가속도 성분을 나타내고 c, d, e는 초기 수축기 이후의 가속도 성분이다. a는 양(+)의 값 b는 음(-)의 값으로 나타나고, 이에 따라 b/a는 음(-)의 값으로 나타난다. PPG 원 신호의 초기 수축기에서는 혈관 벽의 탄력 변화가 크게 나타나고 초기 수축기 이후 보다 말초혈관의 reflex wave의 영향이 매우 작게 나타난다. a wave와 b wave의 비율, b/a 값은 손가락 말초 혈관의 탄성도 변화를 반영하며 말초혈관의 경화가 심해질수록 reflex wave가 크게 나타나 얻어진 초기 수축기 맥동 성분에 영향을 많이 주어 b/a의 절대값은 감소하게 된다.



〈그림 4〉 PPG 2차 미분 분석 화면

측정한 파형으로부터 b/a값의 분석에는 LabVIEW6.1(National Instrument, USA)을 이용하였다. 각 실험 대상자 별로 기록된 PPG 파형을 불러와서 전체 구간 중에서 파형이 안정된 10초의 구간을 선택하였다. 〈그림 4〉와 같이 선택된 구간내의 각 파형을 2차 미분 하고 파형별로 2차 미분에서 얻어지는 값들 중에서 〈그림 3〉에서 a와 b에 해당 되는 값을 구한 후 그 값을 평균하여 탄성도를 구하였다.

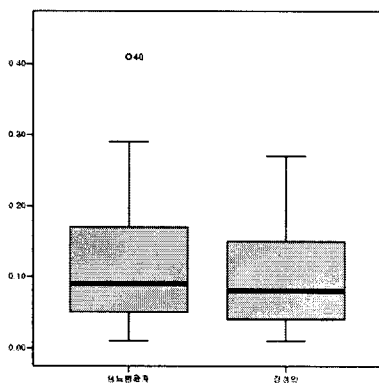
마지막으로 분석 프로그램을 통해 구해진 왼손과 오른손의 b/a값의 차를 구해서 절대값을 취함으로써 왼손과 오른손의 탄성도 차이를 구하였다. 이렇게 구해진 탄성도의 차이는 SPSS13.0(SPSS Inc, USA)으로 Independent t-Test를 수행하여 당뇨병환자와 정상인 간에 유의한 차이가 있는지 알아 보았다.

3. 결 과

본 연구에서는 당뇨병 환자와 정상인 간의 양 손간 말초혈관 탄성도 차이를 비교해 보았다. 최종 분석에서는 당뇨병 환자군 데이터 중 하나의 이상치를 제외하고 당뇨병 환자군 49명, 정상인 50명의 데이터를 이용해서 통계처리 하였다. 실험을 통해 구해진 당뇨병 환자와 정상인의 왼손과 오른손 검지 손가락 탄성도의 차이는〈그림4〉와 같이 나타나며 통계분석 결과는 〈표2〉와 같다.

〈표2〉 당뇨병환자와 정상인의 탄성도 차이 분석 결과

탄성도(b/a) 차이	
당뇨병환자(N=49)	0.108 ± 0.086
정상인(N=50)	0.095 ± 0.062
p-value	0.411



〈그림5〉 당뇨병환자와 정상인의 탄성도 차이

당뇨병환자와 정상인의 양 손가락 탄성도 차이 평균 비교결과 당뇨병 환자의 탄성도 차이가 정상인 보다 큰 것으로 나왔지만 통계분석 결과 두 그룹의 평균 간에 유의한 차이가 없음(p-value = 0.411)을 확인할 수 있었다

4. 고 찰 및 결 론

본 연구에서는 당뇨병 환자와 정상인 간의 왼손과 오른손 손가락 말초혈관 탄성도 차이를 비교해 보았다. 혈관의 탄성도는 연령에 따라 감소하기도 하나 당뇨병 환자의 경우 질병으로 인한 탄성도 감소가 더욱 크며 또한 혈관의 탄성도 감소가 혈관의 부위에 따라 다르게 진행되기 때문에 손가락 말초혈관에서의 탄성도 차이가 정상인 보다 더 크게 나타날 것으로 생각되었다.

당뇨병환자 50명과 정상인 50명의 왼손과 오른손 손가락의 말초혈관 탄성도를 측정하여 비교한 결과 당뇨병 환자가 차이가 큰 것으로 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

이런 결과는 연령별로 구분을 하지 않아서 연령증가에 의한 탄성도 감소가 측정결과에 반영되어 나타난 결과로 사료된다. 따라서 추후에 연령대 별로 구분된 당뇨병 환자군과 정상인군간의 비교 연구가 필요하다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 한국보건사회연구원, “국민건강 영양조사제 3기(총괄)”,1-481, 2006
- [2] 대한당뇨병학회, “제2판 당뇨병학”, 고려출판,1-569, 1998
- [3] Kimoto E, Shinohara K, Inab M, Okuno Y, Miki T, Koyama H, Emoto M. and Nishizawa Y,“Preferential stiffening of central over peripheral arteries in type 2 diabetes”, Diabetes, 52, 448-452, 2003
- [4] 김성우, 이주형, 남기장, 김수찬, 차은종, 김덕원,“ PPG 2차 미분을 이용한 정상인과 당뇨병 환자의 말초혈관 탄성도 비교”, 전자공학회 논문지, 44 권 4호, 15-20, 2007