

말초혈관 혈류 측정을 이용한 비관혈적 혈압 추정법에 대한 연구

論 文
54D-8-7

Estimation of Non-Invasive Blood Pressure Using Peripheral Plethysmograph

鄭仁喆[†] · 申泰民^{*} · 尹亨老^{**}

(In-cheol Jeong · Tae-Min Shin · Hyung-Ro Yoon)

Abstract - This paper presents a new method for obtaining the noninvasive and unrestrained blood pressure readings noninvasively and unrestrainedly using based on reflected wave arrival time(RAT) in the volume of pulse. Since this new method employs only volume pulse, is more rapid and simpler than the method using pulse transit time(PTT) because it only employs the volume of pulse. Blood pressure, PTT and RAT were acquired from 15 healthy subjects. Each subjects were performed forty trials of each measurement. As a result of those trials, the mean error between oscillometric and RAT measurements for systolic blood pressure was 4.55 ± 5.64 mmHg. This result showed quite equal with the mean error between oscillometric and PPT measurements, 4.22 ± 5.30 mmHg. However, it was not obtained a satisfactory result in the relativity of oscillometric to both RAT and PPT measurements for diastolic blood pressure because of personal difference. To conclude, the method of systolic blood pressure estimation noninvasively and unrestrainedly using by RAT may be used as the method by PTT. Nevertheless, additional studies would be necessary for the RAT/PTT estimation of diastolic blood pressure measurement.

Key Words : Blood Pressure, Pulse Transit Time, Reflected Wave Arrival Time, Volume Pulse, Regression Equation

1. 서 론

현재 비관혈적인 혈압 측정 방법으로 가장 널리 사용되고 있는 것은 청진법과 오실로메트릭 방법이다. 하지만 이 방식들은 측정 시 상완에 커프를 사용하여 팔에 압박을 가하기 때문에 지속적인 측정에 부적합하며, 측정 대상이 불편함을 느끼고, 피부 외상 등을 입을 수 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 비관혈적이면서 커프를 사용하지 않는 무구속 측정 방법이 연구되어 왔으며 현재 가장 일반적으로 연구되고 있는 방법은 맥파 전달 시간(Pulse Transit Time, PTT)을 이용한 혈압 추정법이다.

맥파 전달 시간은 심전도의 R점으로부터 용적 맥파의 기시점까지의 시간 차이로 정의된다[1][2]. 맥파 전달 시간을 이용한 혈압 추정법은 혈압과 맥파 전달 시간의 반비례 관계를 이용하여 혈압을 추정하는 방법이다. 혈압이 증가하게 되면 혈관 벽이 더 높은 압력을 받게 되어 혈관의 신전성(distensibility)이 감소하게 되고 이에 따라 맥파 전달 시간이 감소하게 되는 현상에 바탕을 두는 추정법인 것이다[3][4][5]. 그러나 맥파 전달 시간을 이용한 혈압 추정법은 무구속 측정법을 만족시킬 수는 있으나 심전도와 용적 맥파 두개의 신호를 모두 획득해야만 혈압을 추정할 수 있는 단점을 가진다.

그러나 반사파 도달 시간을 이용한 혈압 추정법은 광학적인 센서를 통해 획득 되어진 용적 맥파를 통해 혈압 추정이 가능하다.

본 논문에서는 맥파 전달 시간과 용적 맥파의 반사파 도달 시간(Reflected wave arrival time, RAT, T_{DVP})이 상관성($r=0.790$, $P<0.001$)을 갖는다는 점에 착안하여 반사파 도달 시간을 이용하여 비관혈적 측정법을 만족하며 맥파 전달 시간을 이용한 혈압 추정법보다 더 무구속적인 혈압 추정법을 제시한다.

2. 본 론

2.1 용적 맥파의 각 지점의 의미

정상적인 용적 맥파의 형태와 각 지점은 그림 1과 같으며 의미는 다음과 같다.

S(기시점 Appearance point) : 맥파의 시작점이며, 좌심실이 수축하고 대동맥압이 급상승하며 혈액이 동맥으로 급속도로 방출되기 시작하는 시점.

P(충격파 Percussion) : 최고점, 심수축에 의한 급속한 혈액 방출로 인해 용적 맥파의 크기가 증가하여 최고점에 다다른 시점.

T(조랑파 Tidal wave) : 충격파(P)가 대동맥에서 동맥으로의 분기점에서 반사되어 나타나는 파형.

C(절흔 Incisura) : 대동맥압이 좌심실 압력보다 높아져 대동맥관이 닫히는 시점으로 수축기로부터 이완기로 전환되는 시점이다.

D(중복파 또는 반사파 Dicrotic) : 동맥의 분기점이나 말초

[†] 교신저자, 學生會員 : 延世大 醫工學科 碩士課程

E-mail : decem31@chollian.net

^{*} 正 會 員 : 延世大 醫工學科 教授 · 工學博士

^{**} 正 會 員 : 延世大 醫工學科 教授 · 工學博士

接受日字 : 2005年 2月 21日

最終完了 : 2005年 6月 24日

부위에서 반사되어 돌아온 반사파가 중복되어 나타나는 파형이다.

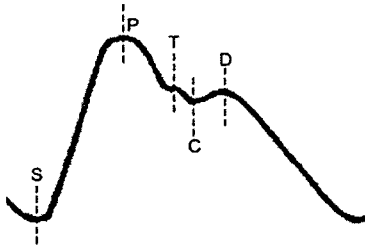


그림 1. 용적 맥파
Fig. 1. Volume pulse

2.2 용적 맥파의 반사파 도달시간

반사파 도달 시간은 그림 2와 같이 용적 맥파의 기시점으로부터 반사파 최고점까지의 시간 차이로 정의된다[6].

본 논문에서는 이 반사파 도달 시간을 이용하여 수축기 혈압을 추정하였다. 또한 기존의 맥파 전달 시간을 이용하여 수축기 혈압을 추정하고 이 두 값을 전자 혈압계에 의해 측정된 혈압과 비교 평가 하였다. 부가적으로 이완기 혈압의 추정에 대한 가능성도 맥파 전달 시간을 이용한 추정법과 함께 평가하였다.

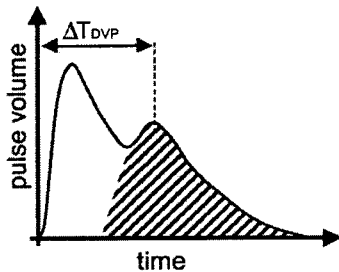


그림 2. 반사파 도달 시간
Fig. 2. Reflected wave arrival time (T_{DVP})

2.3 측정 시스템의 설계

2.3.1 심전도와 용적 맥파 측정시스템의 전체구성

전체 시스템은 심전도 측정부와 용적 맥파 측정부, 마이크로 콘트롤러부, 그리고 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간을 산출하고 데이터를 표시, 저장하기 위한 PC의 네 부분으로 구성하였다.

심전도 측정부는 RA, LA, LL의 전극을 사용하여 Lead III를 측정하였다. 측정된 심전도 신호는 0.05Hz~50Hz의 대역 통과필터를 거친 후 300배 증폭하였다. 용적 맥파 측정부에서는 투과형 광센서를 왼쪽 검지에 사용하여 용적 맥파를 측정하였다. 측정된 용적 맥파 신호는 0.05Hz ~ 20Hz의 대역 통과필터를 거친 후 500배 증폭하였다[7][8].

마이크로 콘트롤러부에서는 저전력 싱글 칩 콘트롤러인 MSP430F149를 사용하였다. 심전도 신호와 용적 맥파 신호를 MSP430F149의 내부에 내장된 12bit A/D converter를 이용하여 1,000Hz의 샘플링 주파수로 10초 동안 수집하였으며

UART 포트를 이용하여 115,200bps의 전송속도로 PC로 전송하였다.

심전도와 용적 맥파를 측정하는 시스템의 전체구성은 그림 3과 같다.

2.3.2 데이터 검출용 소프트웨어의 구성

데이터 검출용 소프트웨어는 그림 4와 같이 측정 시스템에서 전송된 심전도 신호와 용적 맥파 신호를 표시하고 동시에 측정된 수축기 혈압, 이완기 혈압, 실험 대상의 이름, 나이 등을 입력 받아 저장할 수 있도록 하였다.

심전도 신호의 R점을 검출하기 위해 심전도 신호는 0.05Hz~50Hz의 대역 통과필터를 거친 후 1차 미분하였다. 1차 미분하여 얻어진 신호의 크기가 설정된 문턱치를 초과한 후 0점을 지나는 지점을 R점으로 검출하였다.

용적 맥파 신호의 기시점과 반사파 지점을 검출하기 위해 용적 맥파 신호는 0.05Hz~20Hz의 대역 통과필터를 거친 후 1차 미분하여 속도 맥파를 얻었다. 속도 맥파의 크기가 설정된 문턱치 값을 초과하는 지점에서 거슬러 올라가 0점을 지나는 지점이 용적 맥파의 기시점이 된다. 용적 맥파의 반사파 지점을 찾기 위해서는 두 가지 경우를 고려해야 한다. 용적 맥파의 반사파의 형태가 개인에 따라 다르기 때문이다. 점차적으로 증가하여 최고점을 지나 감소하는 반사파와 증가하지 않고 완만한 굴곡의 형태로 감소하는 반사파의 두 가지 경우로 나눌 수 있다[6]. 그림 5에 두 가지 형태의 반사파 지점의 검출 방법을 나타내었다.

심전도와 용적 맥파 신호에서 원하는 다섯 번의 맥박에 해당하는 구간을 선택하여 각 맥박에서의 R점과 기시점, 반사파 지점을 검출한다. 이후 다섯 번의 맥박에서 검출된 다섯 개의 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간의 평균값을 획득한 후 저장한다. 그림 6과 7은 각각 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간을 나타낸다.

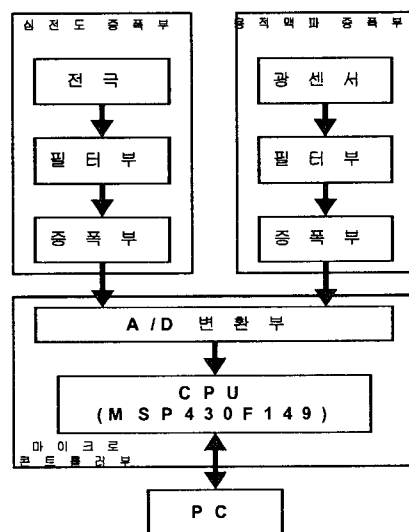


그림 3. 심전도와 용적 맥파 측정시스템의 구성도
Fig. 3. Block diagram of ECG and volume pulse measurement system

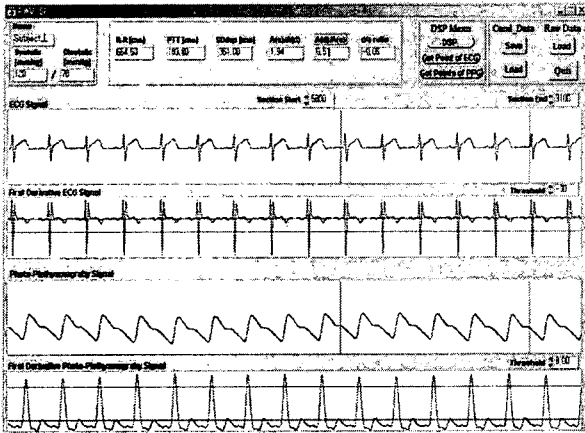


그림 4. 데이터 검출용 소프트웨어
Fig. 4. Data acquisition software

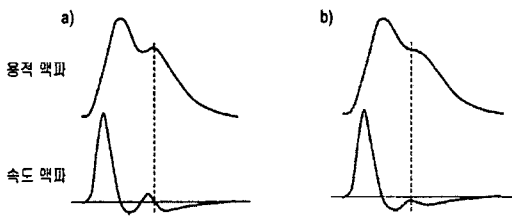


그림 5. 용적 맥파의 반사파 검출 방법의 예
Fig. 5. Detection of reflected wave point

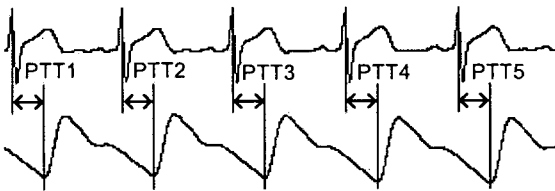


그림 6. 맥파 전달 시간
Fig. 6. Pulse transit time

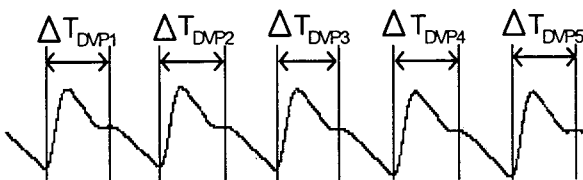


그림 7. 반사파 도달 시간
Fig. 7. Reflected wave arrival time

2.4 실험

2.4.1 실험 대상

이전에 고혈압이나 저혈압 판정을 받은 적이 없고 심장질환, 혈관질환 등의 병력이 없는 건강한 성인 남성 13명과 성인 여성 2명을 실험 대상으로 하였으며 피험자의 나이는 23.8 ± 3.08 세이다.

2.4.2 실험 방법

1회 측정은 10초간의 심전도와 용적 맥파를 동시에 측정 한 후 곧이어 혈압을 측정하는 것으로 이루어진다. 1~5회의 측정은 휴식을 취한 후 5분 간격으로 측정하였다. 6회 측정 부터는 넓은 범위의 혈압을 얻기 위해 실험 대상을 트레드밀에서 5km/h의 속도로 5분간 뛰게 한 후 3분 간격으로 3회 측정하고 5분 간격으로 2회 측정 한 후 이를 세 차례 반복하여 총 20회의 측정을 하고 다음날 전체 과정을 한차례 반복하여 총 40회의 혈압 값과 맥파 전달 시간, 반사파 도달 시간을 획득하였다. 혈압계로는 Welch Allyn사의 POEM NIBP Module을 사용하였다.

2.4.3 실험 결과

2.4.3.1 상관관계 추출

2.4.3.1.1 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간의 상관관계 추출

표 1에 실험 대상 15명의 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간의 피어슨 상관계수(상관성을 판단할 수 있는 유의확률 계수)를 나타내었다. 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간의 피어슨 상관계수는 0.790 ± 0.118 로 나타났으며, 모든 실험 대상에 대해 $P < 0.001$ 로 나타났다.

2.4.3.1.2 수축기 혈압과 이완기 혈압에 대한 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간의 상관관계 추출

표 2에 맥파 전달 시간과 수축기 혈압, 이완기 혈압의 피어슨 상관계수와 P -value를 나타내었으며 표 3에는 반사파 도달 시간과 수축기 혈압, 이완기 혈압의 피어슨 상관계수와 P -value를 나타내었다.

맥파 전달 시간과 수축기 혈압의 피어슨 상관계수는 0.822 ± 0.118 으로 P -value는 모두 0.05보다 작은 것으로 나타났으며, 반사파 도달 시간과 수축기 혈압의 피어슨 상관계수는 0.807 ± 0.083 으로 P -value는 모두 0.001보다 작은 것으로 나타났다.

그러나 맥파 전달 시간과 이완기 혈압의 피어슨 상관계수는 0.333 ± 0.235 으로 나타났으며 반사파 도달 시간과 이완기 혈압의 피어슨 상관계수는 0.440 ± 0.236 으로 낮게 나타났다. P -value가 0.05보다 작은 실험 대상이 맥파 전달 시간에서 5명, 반사파 도달 시간에서 7명 나타났으나 실험 대상에 따라 피어슨 상관계수가 큰 차이를 보이는 것으로 확인되었다.

표 1. 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간의 피어슨 상관 계수(r)

Table 1. Pearson coefficients between PTT and RAT

실험 대상	피어슨 상관계수 (r)	실험 대상	피어슨 상관계수 (r)
A	0.746	I	0.879
B	0.828	J	0.950
C	0.776	K	0.900
D	0.903	L	0.754
E	0.613	M	0.670
F	0.636	N	0.731
G	0.626	O	0.917
H	0.914		

표 2. 맥파 전달 시간과 수축기 혈압, 이완기 혈압의 피어슨 상관계수 r과 P-value

Table 2. Pearson coefficient and P-value between PTT and systolic, diastolic blood pressure

실험 대상	맥파 전달 시간			
	수축기 혈압		이완기 혈압	
	r	P	r	P
A	0.687	0.001	0.047	0.785
B	0.876	0.001	0.082	0.621
C	0.907	0.001	0.396	0.012
D	0.951	0.001	0.877	0.001
E	0.564	0.001	0.293	0.070
F	0.833	0.001	0.539	0.001
G	0.765	0.001	0.135	0.431
H	0.694	0.001	0.368	0.029
I	0.906	0.001	0.673	0.001
J	0.891	0.001	0.405	0.169
K	0.955	0.001	0.454	0.051
L	0.669	0.024	0.204	0.548
M	0.857	0.001	0.075	0.698
N	0.856	0.001	0.268	0.119
O	0.912	0.001	0.178	0.453

표 3. 반사파 도달 시간과 수축기 혈압, 이완기 혈압의 피어슨 상관계수 r과 P-value

Table 3. Pearson coefficient and P-value between RAT and systolic, diastolic blood pressure

실험 대상	반사파 도달 시간			
	수축기 혈압		이완기 혈압	
	r	P	r	P
A	0.584	0.001	0.242	0.143
B	0.783	0.001	0.225	0.168
C	0.807	0.001	0.741	0.001
D	0.837	0.001	0.849	0.001
E	0.873	0.001	0.594	0.001
F	0.744	0.001	0.600	0.001
G	0.813	0.001	0.301	0.079
H	0.723	0.001	0.368	0.030
I	0.852	0.001	0.601	0.001
J	0.828	0.001	0.365	0.220
K	0.892	0.001	0.379	0.109
L	0.856	0.001	0.524	0.098
M	0.740	0.001	0.022	0.908
N	0.875	0.001	0.666	0.001
O	0.900	0.001	0.128	0.590

2.4.3.2 맥파 전달 시간 · 반사파 도달 시간과 수축기 혈압의 회귀 방정식

표 4에 맥파 전달 시간과 수축기 혈압의 회귀 방정식을 나타내었다. 맥파 전달 시간과 수축기 혈압의 회귀 분석 결과 R-sq값은 68.8±18.3%로 P-value는 모두 0.05보다 작게 나타났다. 또한 표 5에 반사파 도달 시간과 수축기 혈압의 회귀 방정식을 나타내었다. 반사파 도달 시간과 수축기 혈압의 회귀 분석 결과 R-sq값은 65.8±12.6%로 P-value는 모두 0.001보다 작게 나타났다.

표 4. 맥파 전달 시간과 수축기 혈압의 회귀 방정식

Table 4. Regression equation between PTT and systolic blood pressure

실험 대상	R-sq (%)	회귀 방정식
A	47.2	Sys = 215 - 0.571 PTT
B	76.7	Sys = 247 - 0.606 PTT
C	82.3	Sys = 208 - 0.444 PTT
D	90.4	Sys = 210 - 0.549 PTT
E	31.8	Sys = 277 - 0.737 PTT
F	69.4	Sys = 195 - 0.397 PTT
G	58.5	Sys = 188 - 0.360 PTT
H	48.2	Sys = 189 - 0.362 PTT
I	82.2	Sys = 207 - 0.430 PTT
J	79.5	Sys = 175 - 0.307 PTT
K	91.1	Sys = 231 - 0.465 PTT
L	44.7	Sys = 175 - 0.314 PTT
M	73.4	Sys = 201 - 0.390 PTT
N	73.2	Sys = 216 - 0.422 PTT
O	83.2	Sys = 285 - 0.712 PTT

표 5. 반사파 도달 시간과 수축기 혈압의 회귀 방정식

Table 5. Regression equation between RAT and systolic blood pressure

실험 대상	R-sq (%)	회귀 방정식
A	34.1	Sys = 193 - 0.218 TDVP
B	31.4	Sys = 393 - 0.679 TDVP
C	65.1	Sys = 203 - 0.249 TDVP
D	70.0	Sys = 206 - 0.289 TDVP
E	76.2	Sys = 305 - 0.451 TDVP
F	55.4	Sys = 213 - 0.285 TDVP
G	66.0	Sys = 254 - 0.372 TDVP
H	52.3	Sys = 174 - 0.172 TDVP
I	72.6	Sys = 256 - 0.359 TDVP
J	68.5	Sys = 162 - 0.158 TDVP
K	79.6	Sys = 313 - 0.540 TDVP
L	73.3	Sys = 226 - 0.330 TDVP
M	54.7	Sys = 371 - 0.683 TDVP
N	76.6	Sys = 190 - 0.200 TDVP
O	81.0	Sys = 304 - 0.512 TDVP

2.4.3.3. 맥파 전달 시간 이용법과 반사파 도달 시간 이용법의 비교 평가

각 실험 대상에 대해 10번의 측정을 추가로 실시한 후 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간을 이용하여 추정된 수축기 혈압 값과 POEM NIBP Module에 의해 측정된 수축기 혈압

값을 비교하였으며, 표 6에 그 결과를 나타내었다.

전체 실험 대상에 대한 평균 오차는 맥파 전달 시간을 이용한 추정법의 경우 $4.22 \pm 5.30 \text{ mmHg}$ 로 나타났으며, 반사파 도달 시간을 이용한 추정법의 경우 $4.55 \pm 5.64 \text{ mmHg}$ 인 것으로 나타났다. 각 실험 대상에 대한 평균 오차와 표준 편차를 비교하고 전체 실험 대상에 대한 평균 오차와 표준 편차를 비교해 보았을 때 큰 차이가 나타나지 않으므로 맥파 전달 시간을 대신하여 반사파 도달 시간을 이용한 수축기 혈압의 추정이 가능할 것으로 보인다.

표 6. 추정된 수축기 혈압 값의 평균 오차와 표준 편차

Table 6. Mean error and standard deviation of estimated systolic blood pressure

실험 대상	맥파 전달 시간		반사파 도달 시간	
	평균 오차	표준 편차	평균 오차	표준 편차
A	8.2	9.19	7.2	7.93
B	4.2	5.04	5.3	6.60
C	3.1	3.73	3.2	4.30
D	3.0	2.44	2.9	3.51
E	5.6	6.48	3.4	3.65
F	3.5	4.42	6.4	6.77
G	3.9	4.60	3.6	4.19
H	5.0	6.14	4.8	6.33
I	4.9	6.40	6.5	7.54
J	2.4	3.56	3.5	4.12
K	3.4	2.41	5.9	6.06
L	3.9	4.38	5.4	5.29
M	3.2	5.29	3.3	5.32
N	4.5	5.60	2.8	3.52
O	4.5	5.33	4.1	5.40

단위 : mmHg

2.4.3.4 이완기 혈압의 추정

이완기 혈압에 대한 상관성 평가에서 유의성이 있는 것으로 나타난 실험 대상에 한해서 이완기 혈압을 추정하여 보았다. 표 7에 맥파 전달 시간과 이완기 혈압의 회귀 방정식을 표 8에는 반사파 도달 시간과 이완기 혈압의 회귀 방정식을 나타내었다. 또한 맥파 전달 시간과 반사파 도달 시간을 이용하여 추정된 이완기 혈압 값과 POEM NIBP Module에 의해 측정된 이완기 혈압 값을 비교하여 표 9에 나타내었다.

맥파 전달 시간의 5명의 실험대상에 대한 전체 오차는 $4.32 \pm 5.77 \text{ mmHg}$ 로 나타났으며 반사파 도달 시간의 7명의 실험대상에 대한 전체 오차는 $4.24 \pm 5.77 \text{ mmHg}$ 로 나타났다.

표 7. 맥파 전달 시간과 이완기 혈압의 회귀 방정식

Table 7. Regression equation between PTT and diastolic blood pressure

실험대상	R-Sq (%)	회귀 방정식
C	15.6	Dia = 89.7 - 0.117 PTT
D	76.9	Dia = 127 - 0.323 PTT
F	29.0	Dia = 113 - 0.176 PTT
H	13.6	Dia = 92.7 - 0.130 PTT
I	45.3	Dia = 111 - 0.211 PTT

표 8. 반사파 도달 시간과 이완기 혈압의 회귀 방정식

Table 8. Regression equation between RAT and diastolic blood pressure

실험대상	R-sq (%)	회귀 방정식
C	55.0	Dia = 114 - 0.135 T _{DVP}
D	72.1	Dia = 130 - 0.188 T _{DVP}
E	35.3	Dia = 155 - 0.222 T _{DVP}
F	36.0	Dia = 130 - 0.153 T _{DVP}
H	13.5	Dia = 86.5 - 0.0593 T _{DVP}
I	36.1	Dia = 132 - 0.167 T _{DVP}
N	44.4	Dia = 91.2 - 0.0924 T _{DVP}

표 9. 추정된 이완기 혈압 값의 평균 오차와 표준 편차

Table 9. Mean error and standard deviation of estimated diastolic blood pressure

실험 대상	맥파 전달 시간		반사파 도달 시간	
	평균 오차	표준 편차	평균 오차	표준 편차
C	4.3	5.53	3.4	4.08
D	3.5	5.12	4.0	5.17
E			4.9	7.05
F	4.3	4.03	3.6	3.58
H	4.5	6.76	5.0	7.07
I	4.1	3.75	3.9	4.14
N			4.9	6.40

3. 결 론

3.1 결론

본 논문에서는 커프를 사용하는 오실로메트릭 측정법에 비해 불편함이 적고, 맥파 전달 시간을 이용한 혈압 추정법에 비해 간편하고 측정이 용이한, 반사파 도달 시간을 이용한 혈압 추정법을 제시하였다.

광센서를 이용하여 용적 맥파를 측정하기 위한 회로를 제작하고 용적 맥파의 특징점을 검출하였으며 반사파 도달 시간을 측정하였다. 실험을 통해 얻어진 데이터를 회귀 분석하고 수축기 혈압과 반사파 도달 시간의 회귀 방정식을 구하였으며, 구해진 회귀 방정식을 통해 수축기 혈압을 추정하였다.

추정 결과 반사파 도달 시간과 수축기 혈압 사이에는 높은 유의성($P < 0.001$)이 존재하였으며, 회귀 분석을 통해 R-sq 값이 평균 $65.8 \pm 12.6\%$ 로 맥파 전달 시간의 R-sq 값 평균 $68.8 \pm 18.3\%$ 와 비슷한 수준을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 반사파 도달 시간을 이용하여 추정된 수축기 혈압 값과 혈압계를 이용하여 측정된 수축기 혈압값의 비교를 통해 전체 피험자에 대한 오차가 $4.55 \pm 5.64 \text{ mmHg}$ 로 맥파 전달 시간을 이용하여 추정된 수축기 혈압 값과의 오차 $4.22 \pm 5.30 \text{ mmHg}$ 와 비슷한 결과를 가짐을 또한 확인할 수 있었다.

반사파 도달 시간과 이완기 혈압사이에는 개인차에 따라 높은 상관성을 보이기도 하였지만 피험자 15명 중 8명이 반사파 도달 시간과 유의성이 없는 것으로 나타나 반사파 도달 시간을 이용한 이완기 혈압의 추정에서는 맥파 전달 시간을 이용한 추정법과 마찬가지로 만족할 만한 결과를 얻기 어려

음을 확인할 수 있었다. 따라서 이를 해결하기 위해서 수축기 혈압과 이완기 혈압 사이의 관계와 용적 맥파에서 얻은 다양한 정보와 이완기 혈압과의 관계에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

또한 반사파 도달 시간과 수축기 혈압의 상관성 또한 개인 차에 따라 차이가 나타남을 확인할 수 있었는데 이러한 상관성의 편차를 줄이기 위해서는 수축기 혈압과 반사파 도달 시간에 영향을 미치는 복잡하고 다양한 심혈관계의 다양한 인자들에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 지원의 제2차년도 의료공학융합 기술개발사업·재택건강관리시스템연구센터의 다차원생체 신호검출시스템 연구비 지원에 의하여 이루어진 것입니다.(고유번호 : 02-PJ3-PG6-EV01-0001)

참고 문헌

- [1] K. Meigas, R. Kattai and J. Lass, "Continuous blood pressure monitoring using pulse wave delay", IEEE Proceedings of EMBS International Conference, Vol. 4, pp 3171-3174, 2001
- [2] W. Chen, T. Kobayashi, T. Togawa and S. Ichikawa, "Estimation of systolic blood pressure variations from pulse arrival time using a narrow band filter", IEEE Proceeding of BMES/EMBS Conference, Vol. 1, pp 242, 1999
- [3] M. Okada, "Possible determinants of pulsewave velocity in vivo", IEEE Trans. Biomed. Eng, Vol. 35, pp 357-361, 1988
- [4] M.F. O'Rourke and G. Mancina "Arterial stiffness", Journal of Hypertension, Vol. 17, pp 1-4, 1999
- [5] J.C. Bramwell and A.V. Hill, "The velocity of the pulse wave in man", Proceedings of the Royal Society, London, pp 298-306, 1922
- [6] S.C. Millasseau, R.P. Kelly, J.M. Ritter and P.J. Chowienczyk, "Determination of age-related increases in large artery stiffness by digital pulse contour analysis", Clinical Science, Vol. 103, pp 371-377, 2002
- [7] 최병철, 김광연, 정동근, "Pulse transit time 검출 시스템 구현에 관한 연구", 대한의료정보학회지, Vol. 25, pp 52-55, 2002
- [8] P. Laguna, N.V. Thakor, P. Caminal and R. Jane, "Low-pass differentiators for biological signals with known spectra: application to ECG signal processing", IEEE Trans Biomed. Eng, Vol. 37, pp 420-425, 1990

저 자 소 개



정인철(鄭仁喆)

1976년 12월 31일생. 2002년 연세대학교 의용전자공학과 졸업. 2005년 연세대학교 대학원 의료공학협동과정 졸업(공학석사). 관심 분야는 생체신호 측정, 이동형 건강 관리 등.

Tel : 033-760-2807, Fax : 033-763-1953
Email : decem31@chollian.net



신태민(申泰民)

1981년 연세대학교 전자공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1996년 국립경상대학교 전자공학과 부교수. 2003년 연세대학교 의공학과 교수 관심분야는 생체계측시스템설계, 의료용 컴퓨터시스템 등.

Tel : 033-760-2489, Fax : 033-763-1953
E-mail : tmshin@dragon.yonsei.ac.kr



윤형로(尹亨老)

1949년 2월 17일생. 1972년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1988년 Johns Hopkins Univ. 객원 교수. 현재 연세대 의공학과 교수. 관심분야는 생체신호측정, 원격 진료 등.

Tel : 033-760-2431, Fax : 033-763-1953
E-mail : hryoon@dragon.yonsei.ac.kr