

의복에 의해 유발되는 오실로메트릭 혈압 측정 파라미터 변화에 대한 분석

김정훈¹, 이종실¹, 김인영¹, 박훈기^{2*}

한양대학교 생체의공학과¹

한양대학교 가정의학과²

Analysis of Changes in Oscillometric Blood Pressure Measurement Parameters Caused by Clothing Error Factor

Jeonghoon Kim¹, Jongshill Lee¹, In Young Kim¹ and Hoonki Park^{2*}

¹Department of Biomedical Engineering Hanyang University,

²Department of Family Medicine Hanyang University

*hoonkp@hanyang.ac.kr

Abstract

Automatic blood pressure measurement with oscillometric is most common blood pressure measurement method that can be done at home. Several error factors can be applied to automatic blood pressure measurement by unskilled individuals. Using a cuff while clothing on the arm is one of the common error factors. This paper analyzes oscillometric blood pressure errors caused by clothing error factors and changes in various oscillometric parameters. Oscillometric blood pressure measurements and oscillometric parameters were obtained from a total of 26 subjects. The blood pressure measurement protocol includes a case of measuring in a bare arm and a case of measuring in clothing. Two types of clothing error factors were selected with differences in the thickness of clothes, and a total of three types are used, including bare arm. The oscillometric parameters were extracted from OMWE (Oscillometric Waveform Envelope) using morphological features and pulse waves recorded on oscillometric. As a result, the oscillometric BP was over-measured due to clothing error factors. The over-measurement was more obvious in thick clothing. Under the thin conditions, only SBP was significantly exceeded. On the other hand, DBP showed no significant difference. OMWE parameters changed significantly in thick clothing, but only some parameters changed significantly in thin clothing conditions. The pulse wave parameter did not change regardless of thickness. Through the results, it was confirmed that the clothing error factor caused a morphological error in the oscillometric blood pressure measurement process.

1. 연구 배경

오실로메트릭을 활용한 자동 혈압 측정 방법이 보급됨에 따라 가정에서의 혈압 측정이 활발해졌다. 하지만 가정에서의 측정은 주로 비전문가에 의해 이뤄지기 때문에 여러가지 오차 요인이 작용할 가능성이 있다. 이와 같이 자동 혈압 측정 중 발생 할 수 있는 오차 요인 중 하나로 의복을 착용한 상태로 혈압 측정을 시행하는 것을 떠올릴 수 있다[1].

많은 선행연구는 이러한 오차 요인이 혈압 측정 과정에서 Over estimation을 유발 할 수 있으나 유의미한 정도는 아님을 이야기한다[2]. 하지만 선행 연구에 사용된 의복의 두께 측정 방법이 명확히 명시되지 않은 점과, 모든 연구에서 동일한 상용 측정 장비를 사용하지 않은 점에서 정량화된 결과라고 볼 수 없다는 한계점을 수반한다. 일부 선행 연구는 1mm 두께의 의복을 사용함에도 유의미한 혈압 증가를 보이기도 했다[3].

의복에 의해 발생하는 혈압 측정 오차의 영향을 명확히 분석하기 위해선 단순 측정 결과의 비교도 중요하지만 의복이 어떤 방식으로 오실로메트릭 혈압 측정 알고리즘 내의 어떤 과정에서 오차를 유발시키는지 분석 할 필요가 있다.

본 연구에선 이러한 배경에 의해 오실로메트릭 혈압 측정 과정에서 획득할 수 있는 Oscillometric Signal로부터 Pulse

wave나 OMWE (Oscillometric Waveform Envelope)데이터를 추출하고 이를 기반으로 오실로메트릭 기능 및 심혈관 기능을 평가할 수 있는 파라미터를 추출하고, 파라미터의 변화를 분석해, 그 결과로부터 맨팔과 의복 측정간의 오실로메트릭 동작 및 심혈관계 응답의 변화를 확인하여, 의복 오차 요인의 오차 유발 특성을 해석하는 새로운 방식을 제시한다.

2. 연구 방법

실험 프로토콜에선 두께에 따라 두가지의 의복 조건을 제안하며, 맨팔 조건을 포함해 의복 조건은 3.5mm, 2mm, Bare의 3가지로 선정한다. 실험에 참가한 피험자는 총 5회의 혈압 측정을 시행한다.



Figure 1

1회 3회 5회째의 혈압 측정은 Bare 조건에서 시행하며 2회째 측정은 3.5mm, 4회 측정은 2mm 두께의 의복을 사용한다. 의복 조건에서 측정된 혈압에 대한 정답 혈압은

선행과 후행 측정값의 평균으로 계산되었다. Figure1은 실험 프로토콜에 대한 설명이다. 각각의 의복 조건에서 획득한 오실로메트릭 신호로부터

Table 1

Parameters	Reference	Figure
Height (ΔmmHg)	MAA	
API (ΔmmHg / mmHg)	Previous study ¹	
a (Exponential index)	Previous study ²	
b (Exponential index)		

OMWE과 Pulse wave를 추출한다. OMWE는 오실로메트릭 혈압 측정 과정 중 혈관에 작용하는 커프의 외부 압력 대비 혈관 특성 변화에 대한 진동 응답을 반영한다. OMWE의 Height같은 OMWE 형태에 대한 파라미터나, OMWE 수학적 지수 함수 계수인 a,b 파라미터[4], 미분된 OMWE의 최대 기울기를 의미하는 API (Arterial pressure-volume index)를 OMWE 파라미터로서 추출하였다[5]. OMWE 파라미터의 종류는 Table 1에서 확인 할 수 있다.

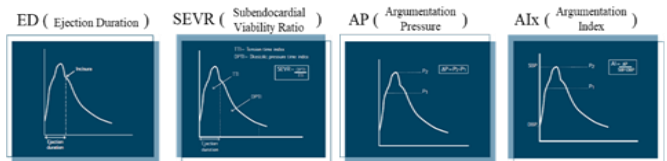


Figure 2

펄스웨이브는 오실로메트릭 신호의 초반부와 후반부에 다중으로 검출된다. 본 신호를 추출하여 신호처리 할 경우 여러 개의 파형들을 앙상블하여 대표 파형을 만들고 그로부터 펄스웨이브 기반의 파라미터를 추출하는 방식을 사용한다. 이러한 파라미터의 종류는 Figure2를 통해 확인할 수 있다.

3. 연구 결과

Table 2

Measurement	Conditions	Mean Error (mmHg)		P-value	
		SBP	DBP	SBP	DBP
Oscillometric (LAA)	Thick	+12.08	+2.38	P < .001 **	P < .05 *
	Thin	+4.53	- 0.23	P < .05 *	P = .779
Oscillometric (MAA)	Thick	+11.77	+2.00	P < .001 **	P < .05 *
	Thin	+5.65	- 1.07	P < .005 *	P = .171

26명의 피험자 (Male =17)로부터 데이터를 획득했다. 측정 혈압과 각 파라미터는 paired-t test를 통해 통계 분석 되었다. 측정 혈압은 오실로메트릭 알고리즘에 따라 두가지 방법으로 구분되었다. 대한 결과는 Table 2와 같이 두꺼운 의복 조건에서 유의미한 증가를 보였으며, 얇은 의복 조건에선 에

선 SBP만 유의미하게 증가했다.

OMWE 파라미터 중 혈관 수축 기능에 대한 응답을 반영하

Table 3

P-value	a	b	Height	API
3.5mm-Bare	.001	.111	.000	.000
1.5mm-Bare	.004	.695	.000	.001

는 b 파라미터는 의복과 상관없이 유의미하지 않은 결과를 보였으나, 혈관의 확장 능력에 대한 응답을 반영하는 a 파라미터와 API 파라미터, 그리고 OMWE 형태적 특징을 나타내는 Height는 의복 두께와 상관없이 유의한 차이를 보였다. Table 3에서 파라미터의 p-value 변화를 확인할 수 있다. 펄스웨이브 파라미터는 파라미터 종류와 상관없이 모두 유의미하지 않은 차이를 보였다. 이에 대한 결과는 table 4에서 확인할 수 있다.

오실로메트릭 혈압 측정 과정 중 의복 오차 요인의 개입이 OMWE상에 유의미한 영향을 미칠 수 있다는 간접적인 증거를 제시했다. 반면 펄스웨이브 파라미터는 의복 오차 요인에 따른 유의미한 변화를 나타내지 않았다.

Table 4

P-value	SEVR	ED	AP	AIx
3.5mm-Bare	.558	.558	.164	.398
1.5mm-Bare	.479	.090	.350	.150

본 연구를 통해 상완 표면으로 전달되는 커프 압력에 따라 응답이 민감하게 변화하는 OMWE 파라미터가 의복 오차 요인에 의해 유의미한 변화를 보임을 확인 했다. 이는 의복 오차 요인이 오실로메트릭 혈압 측정 과정에서 오차를 유발하는 방식을 해석하는 새로운 방법을 제안한다.

4. Acknowledgements

이 연구는 National Research Foundation of Korea(NRF) 과제의 지원을 받아 수행하였음. (No. 2021R1F1A1060660).

5.참고 문헌

- [1] Kallioinen, Noa, et al. "Sources of inaccuracy in the measurement of adult patients' resting blood pressure in clinical settings: a systematic review." *Journal of hypertension* 35.3 (2017): 421.
- [2] Seguret, David, et al. "Blood pressure measurements on a bare arm, over a sleeve or below a rolled-up sleeve: a systematic review and meta-analysis." *Journal of hypertension* 38.9 (2020): 1650-1658.
- [3] Ozone, Sachiko, et al. "Comparison of blood pressure measurements on the bare arm, over a sleeve and over a rolled-up sleeve in the elderly." *Family practice* 33.5 (2016): 517-522.
- [4] Babbs, Charles F. "Oscillometric measurement of systolic and diastolic blood pressures validated in a physiologic mathematical model." *Biomedical engineering online* 11.1 (2012): 1-22.
- [5] Komine, Hidehiko, et al. "Non-invasive assessment of arterial stiffness using oscillometric blood pressure measurement." *Biomedical engineering online* 11.1 (2012): 1-12.