

# 맥파전달속도 측정 장치의 재현성 및 유효성 비교 평가

임재중<sup>1</sup>, 이낙범<sup>2</sup>, 이무용<sup>3</sup>, 이명묵<sup>3</sup>, 나상훈<sup>3</sup>, 김영권<sup>3</sup>, John R. Cockcroft<sup>4</sup>

## Evaluation of Reproducibility and Validity Comparison for Pulse Wave Velocity Measurement Device

JJ Im<sup>1</sup>, NB Lee<sup>2</sup>, MY Rhee<sup>3</sup>, SH Na<sup>3</sup>, YK Kim<sup>3</sup>, MM Lee<sup>3</sup>, John R. Cockcroft<sup>4</sup>

### 1. 연구 배경 및 목적

혈관 특성의 평가를 위해 사용되고 있는 방법 중의 하나는 맥파전달속도(PWV, pulse wave velocity)의 측정으로, 다른 두 지점에서 측정된 압맥파의 특징점들 사이의 시간차와 두 측정 지점간의 거리를 이용하여 계산된다. PWV는 측정방법이 간단하고 반복측정이 쉽기 때문에 혈관 상태를 평가하는데 매우 우수한 방법으로서 그 임상적 활용도가 높은 것으로 보고 되고 있으며, PWV값이 혈관벽의 탄력성을 나타낸다는 것은 널리 알려져 있다. 정확한 PWV의 측정은 맥파의 검출을 위한 센서의 선정으로부터 하드웨어의 구성, 맥파의 특징점을 검출하는 알고리즘, 그리고 속도를 계산하는 방법에 따라서 크게 좌우 될 수 있다. 그러나, 현재 PWV를 이용하여 혈관의 특성을 파악하고 혈관질환과의 관련성을 밝히고자 하는 많은 임상 연구에 비해 정확한 맥파전달속도의 측정과 계산을 위한 연구 개발은 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 혈관 질환의 조기 진단 및 치료 호전성 평가에 사용되는 PWV의 임상적 유용성을 확인하기 위해 현재 임상에서 사용되고 있는 시스템의 재현성 및 반복성에 대한 임상실험을 수행하였다. 또한, 기존 시스템들의 비교 평가를 위하여 수동 측정 방법에 의한 PWV 값과 반자동 측정 시스템인 PP-1000, VP-2000, VS-1000으로부터 측정된 대동맥 PWV를 비교 함으로써 개발된 PWV 측정 시스템간의 재현성 및 유효성을 검증하고자 하였다.

### 2. 연구방법

본 연구는 두 단계로 이루어 졌으며, 첫째 단계로는

<sup>1</sup> 전북대학교 공과대학 전자정보공학부

<sup>2</sup> 전주비전대학 의료기정보과

<sup>3</sup> 동국대학교 의과대학 내과, 동국대학교 일산병원 심혈관센터

<sup>4</sup> Clinical Pharmacology Unit, Addenbrooke's Hospital, University of Cambridge, UK

부위별 PWV(경동맥-대퇴동맥, 경동맥-요골동맥, 대퇴동맥-족부동맥)의 측정이 가능한 시스템인 PP-1000 (Hanbyul Meditech Co., Ltd., Korea)에 대한 재현성을 평가하였다. 임상 실험은 Heart Research Institute(University Hospital of Wales, Cardiff, UK)에서 실시되었으며, 17명의 건강한 남성 피험자가 실험에 참여하였다. 한명의 피험자에 대하여 두 명의 관찰자가 동일한 방법으로 반복 측정하였다. 둘째 단계는 현재 임상에서 활용되고 있는 세 가지 PWV 측정 시스템들의 대동맥 PWV 측정 결과에 대한 유효성을 평가하기 위한 실험으로써 19명의 피험자를 대상으로 수동측정방법(다원기록기, MCS5500 polygraph)과 반자동 측정 시스템 (PP-1000, VP-2000, VS-1000)으로 대동맥 PWV를 측정하여 비교하였다.

각 단계에서 측정된 PWV 값들을 이용하여 Bland-Altman에 의한 재현성 평가를 수행하기 위하여 측정된 값의 차이에 대한 평균(mean)과 표준편차(SD)를 계산하고, 표준편차의 2배 되는 범위( $\pm 2SD$ )를 측정값의 차이에 대한 95%의 통계학적 신뢰수준을 가지는 범위로 결정하고 재현성 계수로 표현하였다. 그리고 측정된 값들의 차이에 대한 평균의 표준오차(standard error of mean, SEM)를 계산하여 표준오차의 두 배 되는 범위( $\pm 2SEM$ )를 평균에 대한 95%의 통계학적 신뢰수준을 나타내는 범위를 분석하여 관찰하였다.

### 3. 결과

표 1에 PP-1000에 대한 재현성 평가 결과가 요약되어 있다. 정상인에게서 측정된 PWV 는 부위별로  $6.79 \pm 0.97 \sim 8.41 \pm 0.99 \text{m/s}$ 의 범위를 나타내어 정상인의 범위내에 존재함을 관찰하였으며, 재현성 평가 결과 PWV 값들의 차이에 대한 평균과 표준오차는 각 측정 부위별로  $0.14 \pm 0.15 \text{m/s}$ ,  $0.07 \pm 0.10 \text{m/s}$ ,  $0.18 \pm 0.10 \text{m/s}$ 로 나타났고, 재현성 계수(2SD)는  $\pm 0.63 \sim \pm 0.86 \text{m/s}$ 의 범위를 나타내었다. 이러한 결과는 기존의 재현성 평가에서 나타난  $-0.30 \pm 0.26 \text{m/s}$ ,  $-0.44 \pm 0.23 \text{m/s}$ 의  $\text{mean} \pm \text{SEM}$ 과  $\pm 2.18 \sim \pm 2.50 \text{m/s}$ 의 재현성 계수보다 월등히 높은 재현성 특성을 나타내었다. 또한 재현성 특

성을 나타내는 CV(coefficient of variance) 결과도 개발시스템에서는 각 부위별로 4.4~5.8%의 범위를 나타내어 기존 장비에 대해 수행된 재현성 평가결과에서 나타난 8.5%보다 낮은 값을 나타내어 재현성 특성이 우수함을 관찰하였다.

표 2에 현재 사용되고 있는 세 가지 장비에 대한 비교 분석 결과가 요약되어 있다. 반자동화 측정기계들간의 비교에는 VP-2000 과 PP-1000의 비교에서 bias는 0.38m/sec, LOA(limit of agreement)는 -1.17~1.93m/sec이었고, PP-1000과 VS-1000의 비교에서 bias는 0.66m/sec, LOA는 -9.01~10.33m/sec, 그리고 VP-2000과 VS-1000의 비교에서 bias는 1.04m/sec LOA는 -9.17~11.25m/sec 이었다. 각각의 반자동화 측정기계를 수동측정(Frank방법)과 비교한 결과 PP-1000은 bias 0.75m/sec, LOA는 -0.93~2.42m/sec, VP-2000은 bias 0.37m/sec, LOA는 -1.65~2.38m/sec, VS-1000은 bias 1.41m/sec, LOA는 -7.86 ~10.67m/sec 이었다. 관찰자 내 분석에서 변동계수는 VP-2000은 3.2%, PP-1000은 1.7 %로 PP-1000이 우수하였으며 ( $p<0.05$ ), 반복계수는 각각 0.82m/sec, 0.52m/sec이었다. 관찰자간 분석에서 변동계수는 VP-2000은 4.3%, PP-1000은 4.8%( $p>0.05$ ), 반복계수는 각각 1.92m/sec 와 1.46m/sec 이었다.

#### 4. 결론

본 연구를 통해 개발된 시스템인 PP-1000의 정확성과 신뢰성을 평가하기 위한 재현성 평가에서 두 명의 실험자에 의해 측정된 PWV 값 차이에 대한 평균과 표준오차(mean±SEM)는 기존 연구결과에 비해 50% 이내의 값과 범위를 나타내었고, 재현성 계수(2SD)도 1.35~1.85m/s로 낮게 나타났으며, 변동계수도 4.4%로 기존 연구결과에 비해 4.1%가 개선되었다. 따라서 시스템의 재현성 평가 결과 PP-1000은 매우 우수한 재현성 특성을 가지는 정확성이 뛰어난 장비임을 증명하였다. 또한, 수동측정에서는 Frank방법이 가장 우수하였음이 관찰 되었으며, 본 연구에서 비교된 PP-1000, VP-2000, VS-1000 등의 반자동 측정 시스템 중에서는 PP-1000이 가장 우수한 재현성을 나타내는 결과를 나타냈다. 본 연구에서 평가한 PWV 측정시스템은 측정이 간편하고 경제적이며, 높은 정확성을 가지는 우수한 시스템으로서 혈관질환의 조기진단 및 혈관 상태의 정확한 평가를 수행하는 임상 연구에 크게 기여할 수 있을 것이다.

표 1. Summary of the reproducibility analysis results for between-observer and within-observer for each regional PWV.

items variable	Between-observer				Within-observer(A)				Within-observer(B)			
	M	SD	SE	r	M	SD	SE	r	M	SD	SE	r
Aortic	0.14	0.31	0.15	0.93**	0.01	0.13	0.03	0.99**	0.01	0.12	0.03	0.98**
Arm	0.18	0.42	0.10	0.58**	0.02	0.13	0.03	0.95**	0.04	0.14	0.03	0.94**
Leg	0.07	0.43	0.10	0.50*	0.08	0.16	0.04	0.97**	0.01	0.10	0.03	0.96**

M=mean difference, SD=standard deviation of mean difference, SE=standard error, r=correlation coefficient  
\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

표 2. Summary of the comparison results among manual method and three existing semi-automatic PWV measurement equipments.

	Frank Method Vs. PP-1000	Frank Method Vs. VP-2000	Frank Method Vs. VS-1000	VP-2000 Vs. PP-1000	PP-1000 Vs. VS-1000	VS-1000 Vs. VP-2000
Mean (m/sec)	0.75	0.37	1.41	0.38	0.66	1.04
2SD (m/sec)	-0.93~2.42	-1.65~2.38	-7.86~10.67	-1.17~1.93	-9.01~10.33	-9.17~11.25

Mean=mean difference, SD=standard deviation of mean difference