

## 한국인 코호트에서 좌심실 비후를 진단하기 위한 심전도의 정확성

안민수<sup>1</sup>, 유병수<sup>1</sup>, 이지현<sup>1</sup>, 이준원<sup>1</sup>, 윤영진<sup>1</sup>, 안성균<sup>1</sup>, 김장영<sup>1</sup>, 이승환<sup>1</sup>, 윤정환<sup>1</sup>, 최경훈<sup>1</sup>, 고상백<sup>2</sup>, 안성복<sup>2</sup>, 박종구<sup>2</sup>

연세대학교 원주의과대학 <sup>1</sup>심장내과, <sup>2</sup>예방의학과

## The Accuracy of Electrocardiogram Criteria for Left Ventricular Hypertrophy in Korean Cohort (Atherosclerosis Risk of a Rural Area Korean General Population)

Min-Soo Ahn, MD<sup>1</sup>, Byung-Su Yoo, MD<sup>1</sup>, Ji Hyun Lee, MD<sup>1</sup>, Jun-Won Lee, MD<sup>1</sup>, Young Jin Youn, MD<sup>1</sup>, Sung Gyun Ahn, MD<sup>1</sup>, Jang-Young Kim, MD<sup>1</sup>, Seung-Hwan Lee, MD<sup>1</sup>, Jung han Yoon, MD<sup>1</sup>, Kyung-Hoon Choe, MD<sup>1</sup>, Sang-Beak Koh, MD<sup>2</sup>, Song Vogue Ahn, MD<sup>2</sup>, and Jong-ku Park, MD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Division of Cardiology and <sup>2</sup>Department of Preventive Medicine, Institute of Genomic Cohort, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

### ABSTRACT

**Background:** Left ventricular hypertrophy (LVH) offers prognostic information beyond that provided by the evaluation of traditional cardiovascular risk factors. However, the validation of electrocardiogram (ECG) criteria for the diagnosis of LVH is limited in Korea general population. The purpose of this study is to investigate the diagnostic accuracy of ECG criteria for the detection of LVH in general population. **Methods:** In the present study, we investigated a total of 1,946 adults from the community-based cohort. The left ventricular mass index (LVMI) was estimated with echocardiographic measurement and adjusted with body surface area. LVH was defined as a value greater than or equal to the sex-specific 90th percentile value of LVMI. ECG criteria for the diagnosis of LVH were Sokolow-Lyon criteria and Cornell criteria. **Results:** The LVMI was significantly higher in male subjects ( $91.1 \pm 23.9$  g/m<sup>2</sup> vs.  $83.9 \pm 21.7$  g/m<sup>2</sup>,  $p < 0.001$ ). The cutoff values were 120.8 g/m<sup>2</sup> in male subjects and 112.2 g/m<sup>2</sup> in female subjects. The sensitivity and specificity of Sokolow-Lyon criteria were 5.6% and 93.6% in male, 4.1% and 97.8% in female. Those of Cornell criteria were 2.8% and 98.7% in male, 14.3% and 95.8% in female. In male, the area under the receiver operating characteristic curves of Sokolow-Lyon voltage and Cornell voltage were 0.55 and 0.52. And those in female were 0.59 and 0.60. **Conclusions:** In our community-based sample, ECG criteria showed low sensitivity and high specificity. The performance of ECG criteria for detection of LVH was suboptimal, suggesting limited usefulness of ECG as mass screening tools.

(J Korean Soc Hypertens 2013;19(4):112-122)

**Key Words:** Left ventricular hypertrophy; Electrocardiography; Diagnosis

### 서론

논문접수일: 2013.10.28, 수정완료일: 2013.10.31, 게재승인일: 2013.12.9  
교신저자: 유병수  
주소: 강원도 원주시 일산동 162 연세대학교 원주의과대학  
Tel: 033) 741-0920, Fax: 033) 741-1219  
E-mail: yubs@yonsei.ac.kr

좌심실비후는 고혈압 환자에서 중요한 위험인자로 좌심실비후가 동반된 경우 심혈관계 위험이 5배에서 10배가량 증가하는 것으로 알려져 있으며, 심근경색 환자에서도 유사한 결과를 보이는 것으로 알려져 있다.<sup>1-4)</sup> 고혈압 환자에서 좌심실비후는 항고혈압 약물치료 외 고지혈증의

치료와 생활습관의 변화 등과 같은 치료를 병행해야 하는지 여부를 결정하는데 중요한 인자로 작용한다.<sup>5)</sup> 그러므로 좌심실비후를 조기에 정확히 진단하는 것은 고혈압 환자의 치료에 매우 중요하다. 현재 좌심실비후를 진단하는 방법으로는 단순흉부방사선검사, 심전도검사, 심장초음파검사, 좌심실조영술 등이 있다. 심장초음파검사는 다른 진단검사법에 비하여 비침습적이며, 신뢰성이 있는 좌심실질량 측정방법이며, 좌심실비후를 진단하는데 있어 민감도가 높은 검사이다.<sup>6)</sup> 하지만 높은 검사비용으로 인하여 일반 인구집단을 대상으로 하는 선별검사로서의 유용성은 떨어진다. 심전도검사는 가장 손쉽고 비침습적이며 경제적인 검사법으로 좌심실비후의 선별검사에 가장 많이 쓰이는 방법이다. 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도 기준은 30가지 이상 제시되어 있다. 하지만 어떠한 진단 기준을 적용하여도 고혈압 환자에서 좌심실 비후를 배제하기 위한 선별검사로서의 심전도는 진단적 가치가 떨어지는 것으로 알려져 있다.<sup>7)</sup> 하지만 한국인에서 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도의 정확성에 대한 연구는 병원에 방문한 환자를 대상으로 한 소규모의 제한적인 연구만 있고, 일반 인구집단에서 좌심실비후의 선별검사로서 심전도의 정확성에 대한 연구는 없다.<sup>8)</sup> 따라서 본 연구에서는 한국인의 일반 인구집단에서 심장초음파검사에서 측정된 좌심실비후를 진단하는 심전도의 정확성에 대하여 알아보고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

이 연구는 일반 인구집단에서 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도의 정확성을 알아보는 연구로, 강원도 원주 농촌지역에서 시행되고 있는 심혈관 및 대사증후군 위험 인자를 연구하는 코호트인 Atherosclerosis Risk of a Rural Area Korean General Population (ARIRANG) 코호트를 단면적으로 분석한 것이다. 원주세브란스기독병원 임상연구심의위원회의 승인을 받았으며(승인 번호: CR105024), 모든 대상자로부터 동의서를 받았다. 본 연구에서는 ARIRANG 코호트 대상자 중 심장초음파검사와 심전도

검사를 시행한 1,956명의 결과를 분석하였다.

### 2. 심장초음파

미국심장초음파학회(American Society Echocardiography)의 지침에 따라 3-MHz 탐촉자를 사용하여 M-mode 심초음파(Vivid-7; General Electric-Vingmed, Milwaukee, WI, USA)를 기록하였다. 좌심실내경, 좌심실중격, 좌심실후벽 두께를 측정하였으며, 좌심실질량은 Devereux의 공식을 이용하여  $1.04 \times \{(\text{좌심실중격} + \text{좌심실내경} + \text{좌심실후벽})^3 - (\text{좌심실 내경})^3\} \times 0.8 + 0.6$ 의 수식으로 계산하였다. 체격에 따라 좌심실의 직경 및 질량이 차이가 많은 것으로 알려져 있다. Dubois의 공식에 의한 체표면적으로 좌심실질량을 보정하는 것은 체격이나 성별에 따른 가변성을 줄여줄 수 있어,  $0.007184 \times \text{체중}^{0.425} \times \text{키}^{0.725} \text{ (m}^2\text{)}$ 의 수식으로 체표면적을 구하였으며, 좌심실질량을 체표면적으로 나누어 좌심실질량지수값(left ventricular mass index)을 구하였다.<sup>9,10)</sup> 좌심실비후는 각 성별에서 좌심실질량지수값이 90 백분위수 이상으로 정의하였다.<sup>11)</sup> 상대적 심실두께(relative wall thickness)는  $2 \times \text{후벽두께} / \text{좌심실 확장기말 내경}$ 으로 계산하였다. 승모판 유입 혈류속도는 간헐파 도플러(pulsed-wave Doppler)를 이용하여 경흉부 심첨 사방 초음파도(apical 4-chamber view)에서 sample volume을 승모판막구 중앙에 놓고 검사하여, 조기 이완기 최대 혈류속도(peak E velocity)와 심방수축 시 최대 혈류속도(peak A velocity)를 측정하였고, 이들의 비 E/A ratio를 구하였으며, 조기 이완기 최대 혈류의 감속시간(deceleration time)을 측정하였다. 조직 도플러초음파는 좌심실에서는 중격 내 승모판륜에서 측정하였고, 조기 이완기 조직속도(E'), 후기 이완기 조직속도(A') 그리고 E/E'비를 측정하였다.

### 3. 심전도

표준 12유도 심전도를 기록하였으며 25 mm/s와 0.1 mV/mm로 표준화하였다. 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도기준은 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준을 적용하였다. Sokolow-Lyon 기준은 전흉부 유도 V1의 S파와 V5 또는 V6의 R파와의 합으로, 남녀 모두 35 mm를 초과하는

경우 좌심실비후로 정의하였으며, Cornell 기준은 전흉부 유도 V3의 S파와 확장 사지유도 aVL의 R파의 합으로, 남자는 28 mm 초과, 여자는 20 mm 초과를 심전도의 좌심실비후로 정의하였다.<sup>12,13)</sup>

#### 4. 통계분석방법

자료의 통계학적 처리는 IBM SPSS ver. 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였다. 성별은 좌심실비후에 중요한 영향을 미치므로 남녀를 분리하여 분석하였다. 모든 자료는 평균값  $\pm$  표준편차로 표시하였으며, 연속변수의 비교에는 Student t-test를, 범주형 변수의 비교에는 chi-square test를 이용하였다. 심전도의 진단적 가치를 판단하기 위하여 receiver operating characteristic (ROC) curve를 이용하였다. p값이 0.05 미만을 통계적 유의수준으로 하였다.

## 결 과

### 1. 대상 연구자의 특징

대상 연구자는 1,956이며, 연령은  $54.7 \pm 8.5$ 세였고, 남자는 732명(37.4%)이었다. 남자에서 좌심실질량지수값이 여자에 비하여 통계적으로 유의하게 높았다( $91.1 \pm 23.9$  g/m<sup>2</sup> vs.  $83.9 \pm 21.7$  g/m<sup>2</sup>,  $p < 0.001$ ). 남자의 90백분위수 좌심실질량지수값은 120.8 g/m<sup>2</sup>, 여자는 112.2 g/m<sup>2</sup>였다. 좌심실비후 여부에 따른 연구대상자의 특징은 Tables 1, 2와 같다. 좌심실비후가 있는 남자는 좌심실비후가 없는 경우에 비하여 나이가 더 많고, 키가 더 작고, 고밀도지단백 콜레스테롤이 높았다(Table 1). 여자는 좌심실비후 여부에 따라 인체 측정학적 변수의 차이가 컸다. 좌심실비후가 있는 여자는 나이가 많았으며, 키가 작고, 체중, 복부와 엉덩이둘레, 신체질량지수가 높았다. 고혈압, 당뇨의 유병률이 높았으며, 수축기 및 이완기혈압이 높았고, 고밀도지단백 콜레스테롤이 낮았다(Table 2).

Table 1. Demographic and clinical characteristics of male subjects

Characteristic	Without LVH (n = 659)	With LVH (n = 73)	p-value
Age (yr)	55.4 $\pm$ 8.5	59.6 $\pm$ 7.6	<0.001
Height (cm)	167.5 $\pm$ 5.4	164.8 $\pm$ 5.8	<0.001
Weight (kg)	68.2 $\pm$ 9.0	69.6 $\pm$ 9.1	0.21
Waist circumference (cm)	88.3 $\pm$ 7.2	90.2 $\pm$ 12.2	0.26
Hip circumference (cm)	97.2 $\pm$ 5.2	98.5 $\pm$ 6.0	0.09
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	24.3 $\pm$ 2.7	25.6 $\pm$ 3.1	<0.001
History of hypertension (%)	172 (28.7)	28 (42.4)	0.02
History of diabetes mellitus (%)	74 (12.4)	9 (13.6)	0.77
History of hyperlipidemia (%)	73 (12.2)	4 (6.1)	0.14
Systolic blood pressure (mm Hg)	137.1 $\pm$ 18.7	141.4 $\pm$ 23.4	0.13
Diastolic blood pressure (mm Hg)	83.8 $\pm$ 11.9	84.6 $\pm$ 13.4	0.60
Glucose (mg/dL)	103.7 $\pm$ 25.7	104.8 $\pm$ 28.4	0.75
Total cholesterol (mg/dL)	197.7 $\pm$ 37.8	196.5 $\pm$ 30.5	0.79
High density lipoprotein cholesterol (mg/dL)	41.1 $\pm$ 9.3	43.5 $\pm$ 10.0	0.04
Low density lipoprotein cholesterol (mg/dL)	114.3 $\pm$ 32.3	113.0 $\pm$ 29.9	0.75
Triglyceride (mg/dL)	175.1 $\pm$ 156.7	160.9 $\pm$ 105.8	0.45
Creatinine (mg/dL)	1.1 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2	0.10

Values are presented as mean  $\pm$  standard deviation or frequency (%).  
LVH, left ventricular hypertrophy.

**Table 2.** Demographic and clinical characteristics of female subjects

Characteristic	Without LVH (n = 1102)	With LVH (n = 122)	p-value
Age (yr)	53.4 ± 7.8	60.7 ± 11.4	<0.001
Height (cm)	154.9 ± 5.3	151.7 ± 5.7	<0.001
Weight (kg)	57.5 ± 8.3	62.5 ± 10.3	<0.001
Waist circumference (cm)	82.8 ± 8.0	90.5 ± 8.3	<0.001
Hip circumference (cm)	95.2 ± 5.6	99.5 ± 7.5	<0.001
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	23.9 ± 3.1	27.1 ± 4.0	<0.001
History of hypertension (%)	224 (23.4)	48 (44.0)	<0.001
History of diabetes mellitus (%)	67 (7.0)	19 (17.4)	<0.001
History of hyperlipidemia (%)	131 (13.7)	16 (14.7)	0.78
Systolic blood pressure (mm Hg)	130.2 ± 18.5	139.7 ± 18.5	<0.001
Diastolic blood pressure (mm Hg)	79.0 ± 11.1	83.5 ± 10.3	<0.001
Glucose (mg/dL)	94.5 ± 14.6	97.3 ± 15.1	0.06
Total cholesterol (mg/dL)	199.5 ± 37.3	200.3 ± 39.6	0.81
High density lipoprotein cholesterol (mg/dL)	46.5 ± 11.0	44.3 ± 10.4	0.04
Low density lipoprotein cholesterol (mg/dL)	117.5 ± 32.7	117.2 ± 36.8	0.92
Triglyceride (mg/dL)	123.8 ± 65.8	153.1 ± 107.7	<0.01
Creatinine (mg/dL)	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.6	0.03

Values are presented as mean ± standard deviation or frequency (%).  
LVH, left ventricular hypertrophy.

## 2. 심장초음파 특징

좌심실비후가 있는 남자의 좌심실질량지수값은  $138.5 \pm 24.0 \text{ g/m}^2$ 였다. 좌심실구혈률은 양 군에서 차이가 없었다. 좌심실비후가 있는 남자는 좌심실비후가 없는 남자에 비하여 좌심실내경이 유의하게 컸으나( $5.8 \pm 0.6 \text{ cm}$  vs.  $5.1 \pm 0.5 \text{ cm}$ ,  $p < 0.001$ ), 상대적 심실두께는 차이가 없었다. 승모판 혈류 유입속도에는 차이가 없었으나, 조직 도플러 초음파소견에서 조기 이완기 조직속도( $E'$ ), 후기 이완기 조직속도( $A'$ )가 느렸으며,  $E/E'$ 비가 높았다(Table 3). 좌심실비후가 있는 여자의 좌심실질량지수값은  $128.2 \pm 18.6 \text{ g/m}^2$ 였다. 좌심실구혈률은 양 군에서 차이가 없었다. 좌심실비후가 있는 여자는 좌심실비후가 없는 여자에 비하여 좌심실내경이 유의하게 컸으며( $5.3 \pm 0.5 \text{ cm}$  vs.  $4.8 \pm 0.5 \text{ cm}$ ,  $p < 0.001$ ), 상대적 심실두께도 유의하게 컸다( $0.37 \pm 0.08$  vs.  $0.33 \pm 0.07$ ,  $p < 0.001$ ). 간헐파도플러(pulsed-wave Doppler) 소견에서 좌심실비후가 있는 여자는 조기 이완기 최대 혈류속도(peak E velocity)는 느렸으

며( $0.67 \pm 0.18 \text{ m/sec}$  vs.  $0.73 \pm 0.16 \text{ m/sec}$ ,  $p < 0.01$ ), 심방 수축 시 최대 혈류속도(peak A velocity)는 빨랐고( $0.81 \pm 0.18 \text{ m/sec}$  vs.  $0.73 \pm 0.15 \text{ m/sec}$ ,  $p < 0.001$ ), 조기 이완기 최대 혈류의 감속시간(deceleration time)은 증가되었다( $235.5 \pm 63.3 \text{ m/sec}$  vs.  $215.6 \pm 52.2 \text{ m/sec}$ ,  $p < 0.001$ ). 조직 도플러초음파소견에서 조기 이완기 조직속도( $E'$ )는 느렸으며( $0.05 \pm 0.02 \text{ m/sec}$  vs.  $0.07 \pm 0.03 \text{ m/sec}$ ,  $p < 0.001$ ),  $E/E'$ 비가 높았다( $13.0 \pm 3.9$  vs.  $10.9 \pm 3.2$ ,  $p < 0.001$ ) (Table 4).

## 3. 심전도 특징 및 진단적 정확성

좌심실비후 여부에 따른 연구대상자의 심전도 특징은 Tables 5, 6과 같다. 남자에서 좌심실비후 여부에 따른 Sokolow-Lyon 전압과 Cornell 전압은 차이가 없었다(Sokolow-Lyon 전압:  $23.3 \pm 7.0 \text{ mm}$  vs.  $24.1 \pm 6.7 \text{ mm}$ ,  $p = 0.52$ ; Cornell 전압:  $13.7 \pm 5.6 \text{ mm}$  vs.  $14.2 \pm 5.9 \text{ mm}$ ,  $p = 0.63$ ) (Table 5). 남자에서 심장초음파에 의한 좌

**Table 3.** Echocardiographic parameter in male subjects

Variable	Without LVH (n = 659)	With LVH (n = 73)	p-value
IVSd (cm)	0.8 ± 0.1	1.0 ± 0.2	<0.001
LVPWd (cm)	0.9 ± 0.2	1.0 ± 0.2	<0.001
LVDd (cm)	5.1 ± 0.5	5.8 ± 0.6	<0.001
Relative wall thickness	0.35 ± 0.42	0.36 ± 0.08	0.93
Ejection fraction (%)	64.6 ± 7.7	63.8 ± 8.3	0.37
LV mass/BSA (g/m <sup>2</sup> )	85.9 ± 17.3	137.6 ± 24.6	<0.001
LV mass/height <sup>2</sup> (g/m <sup>2</sup> )	54.2 ± 11.3	89.0 ± 14.6	<0.001
E (m/sec)	0.63 ± 0.15	0.61 ± 0.15	0.35
A (m/sec)	0.68 ± 0.16	0.72 ± 0.17	0.06
Deceleration time (msec)	234.8 ± 64.4	234.2 ± 63.4	0.94
E/A	0.97 ± 0.31	0.89 ± 0.28	0.05
E' (cm/sec)	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.02	<0.001
A' (cm/sec)	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.01
E/E'	9.8 ± 2.7	11.5 ± 3.4	<0.001

Values are presented as mean ± standard deviation.

LVH, left ventricular hypertrophy; IVSd, end-diastolic interventricular septal thickness; LVPWd, end-diastolic left ventricular posterior wall thickness; LVDd, end-diastolic left ventricular dimension; BSA, body surface area.

**Table 4.** Echocardiographic parameter in female subjects

Variable	Without LVH (n = 659)	With LVH (n = 73)	p-value
IVSd (cm)	0.8 ± 0.1	1.0 ± 0.2	<0.001
LVPWd (cm)	0.8 ± 0.1	1.0 ± 0.1	<0.001
LVDd (cm)	4.8 ± 0.5	5.4 ± 0.5	<0.001
Relative wall thickness	0.33 ± 0.07	0.37 ± 0.08	<0.001
Ejection fraction (%)	66.4 ± 7.2	65.1 ± 7.8	0.06
LV mass/BSA (g/m <sup>2</sup> )	79.1 ± 15.8	127.2 ± 19.5	<0.001
LV mass/height <sup>2</sup> (g/m <sup>2</sup> )	51.3 ± 11.0	87.5 ± 14.5	<0.001
E (m/sec)	0.73 ± 0.16	0.68 ± 0.18	0.01
A (m/sec)	0.73 ± 0.15	0.82 ± 0.17	<0.001
Deceleration time (msec)	216.0 ± 52.5	231.9 ± 61.9	0.01
E/A	1.03 ± 0.32	0.86 ± 0.29	<0.001
E' (cm/sec)	0.07 ± 0.03	0.05 ± 0.01	<0.001
A' (cm/sec)	0.09 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.04
E/E'	10.9 ± 3.2	13.4 ± 3.8	<0.001

Values are presented as mean ± standard deviation.

LVH, left ventricular hypertrophy; IVSd, end-diastolic interventricular septal thickness; LVPWd, end-diastolic left ventricular posterior wall thickness; LVDd, end-diastolic left ventricular dimension; BSA, body surface area.

심실질량과 심전도의 Sokolow-Lyon 전압은 유의한 상관관계가 없었으며( $r = 0.05$ ,  $p = 0.36$ ), Cornell 전압은 통계적으로 유의한 양의 상관관계( $r = 0.47$ ,  $p = 0.01$ )를 보였다(Fig. 1). 좌심실비후가 있는 여자에서 Sokolow-Lyon

전압은 좌심실비후가 없는 군에 비교하여 유의하게 높았으며( $23.0 \pm 7.5$  mm vs.  $20.4 \pm 5.8$  mm,  $p = 0.02$ ), Cornell 전압도 유의하게 높았다( $13.8 \pm 5.9$  mm vs.  $11.2 \pm 4.7$  mm,  $p < 0.01$ ) (Table 6). 여자에서 Sokolow-Lyon 전압과

**Table 5.** Electrocardiographic characteristics of male subject

Characteristic	Without LVH (n = 659)	With LVH (n = 73)	p-value
PR interval (ms)	166.1 ± 22.8	167.8 ± 27.2	0.67
QRS duration (ms)	95.3 ± 12.8	99.3 ± 16.3	0.08
QTc (ms)	415.2 ± 23.4	420.7 ± 21.0	0.17
SV1 (mm)	5.7 ± 4.3	6.2 ± 4.8	0.49
RV5 (mm)	12.1 ± 7.3	10.8 ± 7.4	0.30
RV6 (mm)	14.7 ± 6.4	14.4 ± 6.3	0.80
SV3 (mm)	2.8 ± 2.8	3.1 ± 2.7	0.59
SV1 + RV5 (mm)	12.0 ± 7.0	23.1 ± 6.7	0.93
SV1 + RV6 (mm)	20.5 ± 6.8	20.7 ± 6.6	0.84
Sokolow-Lyon voltage (mm)	23.4 ± 7.0	23.6 ± 6.7	0.90
Cornell voltage (mm)	13.6 ± 5.6	14.7 ± 6.0	0.28
Sokolow-Lyon criteria LVH (%)	19 (6.5)	2 (5.1)	0.75
Cornell criteria LVH (%)	4 (1.4)	1 (2.6)	0.56

Values are presented as mean ± standard deviation.

LVH, left ventricular hypertrophy; QTc, corrected QT interval; SV1, S wave amplitude in V1 lead; RV5, R wave amplitude in V5 lead; RV6, R wave amplitude in V6 lead; SV3, S wave amplitude in V3 lead.

**Table 6.** Electrocardiographic characteristics of female subject

	Without LVH (n = 659)	With LVH (n = 73)	p-value
PR interval (ms)	158.5 ± 21.8	165.6 ± 26.7	0.07
QRS duration (ms)	85.3 ± 9.6	85.7 ± 9.0	0.72
QTc (ms)	430.6 ± 26.3	436.5 ± 22.2	0.11
SV1 (mm)	5.7 ± 3.9	5.7 ± 4.5	0.11
RV5 (mm)	10.8 ± 5.9	11.7 ± 7.8	0.42
RV6 (mm)	13.0 ± 4.7	14.6 ± 5.5	0.02
SV3 (mm)	3.7 ± 3.1	3.1 ± 3.1	0.19
SV1 + RV5 (mm)	20.1 ± 6.0	22.3 ± 7.0	0.01
SV1 + RV6 (mm)	18.7 ± 5.3	20.3 ± 5.9	0.03
Sokolow-Lyon voltage (mm)	20.4 ± 5.9	20.4 ± 7.0	0.02
Cornell voltage (mm)	11.2 ± 4.7	13.7 ± 5.7	<0.001
Sokolow-Lyon criteria LVH (%)	13 (2.4)	1 (1.9)	0.80
Cornell criteria LVH (%)	23 (4.2)	7 (13.0)	0.01

Values are presented as mean ± standard deviation.

LVH, left ventricular hypertrophy; QTc, corrected QT interval; SV1, S wave amplitude in V1 lead; RV5, R wave amplitude in V5 lead; RV6, R wave amplitude in V6 lead; SV3, S wave amplitude in V3 lead.

Cornell 전압 모두 심초음파에 의한 좌심실질량과 유의한 상관관계가 있었다(Fig. 1).

남자에서 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준의 민감도는 각각 5.6%와 2.8%, 특이도는 93.6%와 98.7%였으며, 양성 예측도는 9.5%와 20.0%, 음성 예측도는 89.1%와

89.3%로 정확도는 84.1%와 88.3%였다. 여자에서 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준의 민감도는 각각 4.1%와 14.3%, 특이도는 97.8%와 95.8%였으며, 양성 예측도는 14.3%와 23.3%, 음성 예측도는 91.9%와 92.6%로 정확도는 90.1%와 89.1%였다(Table 7). 남자에서 ROC curve를

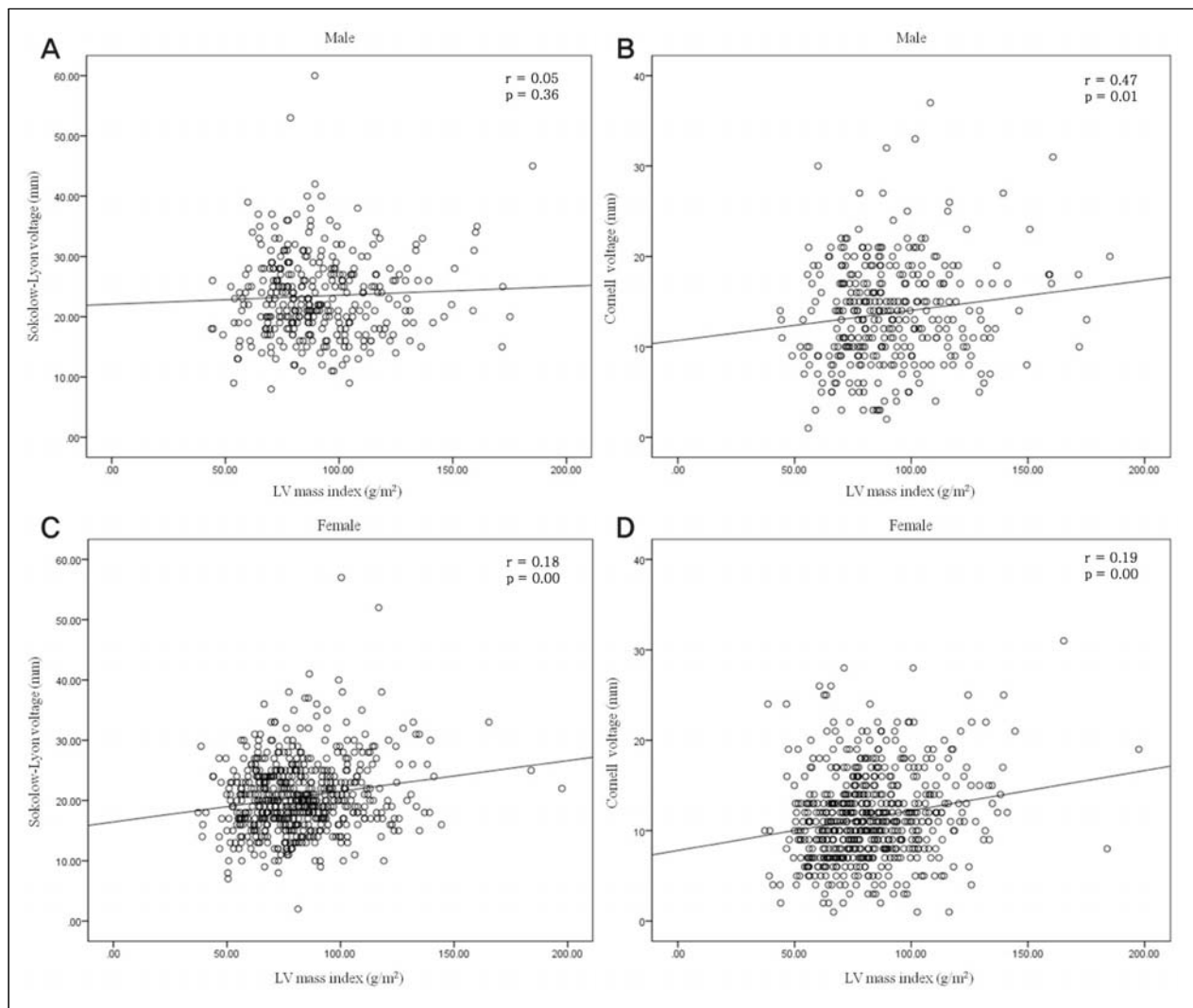
이용한 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준의 설명력(area under the curve)은 0.55과 0.52이었으며, 여자에서는 0.59와 0.60이었다(Fig. 2).

## 고 찰

한국인에서 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도기준의 정확성에 대한 연구는 병원을 방문한 환자를 대상으로 하는 소규모연구만 있는 상태이다. 본 연구는 대규모의 한

국의 일반 인구집단에서 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도기준의 정확성을 조사하였다. 본 연구의 결과 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준 모두 낮은 민감도와 높은 특이도를 보였으며, ROC curve에서 낮은 설명력(area under the curve)을 보였다. 본 연구의 결과로 일반 인구집단에서 좌심실비후를 진단하기 위한 선별검사로서 심전도의 역할은 제한적이라는 것을 알 수 있다.

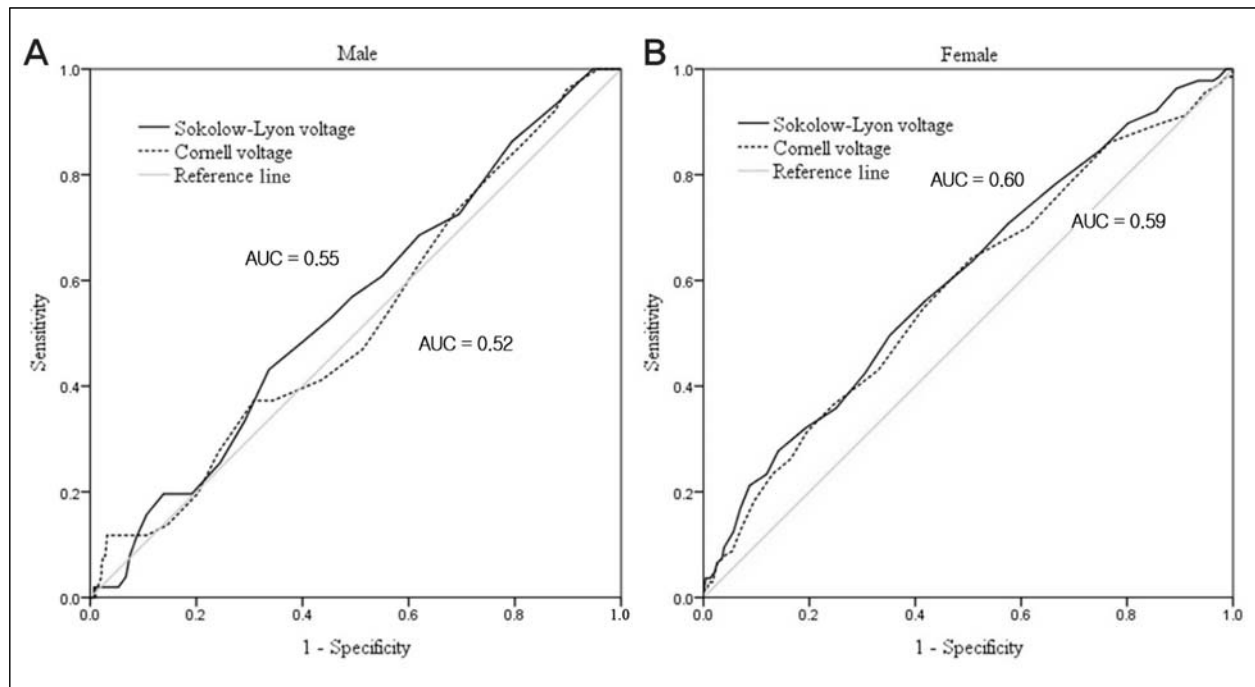
좌심실비후는 비정상적인 심부하에 대한 반응의 한 형



**Fig. 1. The correlation of electrocardiogram criteria and left ventricular (LV) mass index (g/m²).** (A) The correlation between Sokolow-Lyon criteria and left ventricular mass index in male. (B) The correlation between Cornell voltage criteria and left ventricular mass index in male. (C) The correlation between Sokolow-Lyon criteria and left ventricular mass index in female. (D) The correlation between Cornell voltage criteria and left ventricular mass index in female.

**Table 7.** Diagnostic performance of electrocardiographic left ventricular hypertrophy criteria

	Sokolow-Lyon criteria		Cornell Voltage criteria	
	Male	Female	Male	Female
Sensitivity (%)	5.1	1.9	2.6	13.0
Specificity (%)	93.5	97.6	98.6	95.8
Positive predictive value (%)	9.5	7.1	20.0	23.3
Negative predictable value (%)	88.1	90.9	88.4	91.7
Accuracy (%)	83.2	91.7	87.4	88.3

**Fig. 2.** Receiver operating characteristic curves for electrocardiogram criteria for detecting left ventricular hypertrophy in (A) male and (B) female. AUC, area under the curve.

테로서 심근 산소소모량을 증가시키고 관상동맥 혈류의 예비력을 감소시키며 심근에 산소의 요구와 공급에 불균형을 초래하여 협심증, 심근경색 및 부정맥, 급사를 일으킬 수 있어 좌심실비후의 유무는 환자의 심혈관질환의 유병률과 예후 판정에 중요한 위험인자이다.<sup>14,15)</sup> Kannel<sup>16)</sup>의 Frammgham 연구에 의하면 5,209명을 20년간 추적 조사한 결과 질병의 유무와 관계없이 심전도검사에 의해 진단된 좌심실비후가 있는 경우 심혈관 관계 합병증의 이환율이 정상 대조군의 8배, 고혈압군에 비해 3배나 증가한다고 보고하였고, 좌심실비후가 있는 남자 환자의 35%,

여자 환자의 20%가 5년 이내에 사망한다고 하였다. 그러므로 좌심실비후 유무를 조기에 진단하는 것은 환자의 위험도 평가를 위하여 매우 중요하다.

좌심실비후의 평가방법으로 단순흉부방사선검사, 심전도검사, 심장초음파검사, 그리고 좌심실조영술 등이 이용되고 있다. 심장초음파검사는 다른 진단검사법에 비하여 비침습적이며 신뢰성이 있는 좌심실질량 측정방법이며, 좌심실비후를 진단하는데 있어 민감도가 높은 검사이다.<sup>6)</sup> 하지만 미국심장초음파학회의 지침에 따른 좌심실질량지수값의 참고치는 남자에서 49-115 g/m<sup>2</sup>, 여자에서 43-95



g/m<sup>2</sup>로 대부분 서구지역에서 측정된 값을 기준으로 삼은 것이다. 하지만 심장의 내경과 질량의 참고치는 인종에 따라서 다르기 때문에 좌심실비후의 기준을 달리 적용하는 것이 중요하다.<sup>17-19)</sup> 아시아지역의 정상 인구집단에서 심장초음파 변수들에 대한 연구는 제한적이다. 700명의 건강한 일본 성인을 대상으로 한 연구에서 남자의 좌심실 질량지수값 참고치는  $76 \pm 16$  g/m<sup>2</sup>였고 여자는  $70 \pm 14$  g/m<sup>2</sup>로 미국심장초음파학회의 참고치보다 낮은 것을 알 수 있다.<sup>20)</sup> 한국의 정상 인구집단을 대상으로 한 연구는 더 제한적이다. 한국인에서의 정상 심장초음파검사치를 확립하기 위하여 다기관연구에서 정상 성인 전체의 좌심실 질량지수값의 참고치는  $91 \pm 22.6$  g/m<sup>2</sup>였다.<sup>21)</sup> 본 연구에서 남자의 좌심실질량지수값은  $91.1 \pm 23.9$  g/m<sup>2</sup>였으며 여자는  $83.9 \pm 21.7$  g/m<sup>2</sup>로 이전 연구와 유사한 결과를 보였다. 90백분위수를 좌심실비후의 기준으로 정의할 때 남자는 120.8 g/m<sup>2</sup>, 여자는 112.2 g/m<sup>2</sup>였다.

좌심실비후를 진단하기 위한 심전도검사는 다른 검사법에 비해 예민도 및 특이도가 낮은 제한점이 있지만 가장 손쉽고 비침습적이며 빨리 결과를 얻을 수 있는 경제적인 방법으로 현재까지 세계적으로 널리 사용되어 왔다.<sup>22)</sup> 하지만 이전 연구에서 밝혀진 Cornell 기준의 민감도는 15% (범위, 2-41%), Sokolow-Lyon 기준의 민감도는 21% (범위, 4-52%)였으며 특이도는 각각 89% (범위, 53-100%)와 96% (범위, 91-100%)로 다양하게 보고하고 있다.<sup>7)</sup> 이전 연구에 따르면 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도기준의 정확성은 성별에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. Park 등<sup>23)</sup>의 국내 연구에 따르면 남자에서 Sokolow-Lyon 기준의 민감도와 특이도는 11.3%, 95.5%였으며, Cornell 기준의 민감도와 특이도는 1.4%, 100%였다. 여자에서 Sokolow-Lyon 기준의 민감도와 특이도는 7.5%, 98.7%였으며, Cornell 기준의 민감도와 특이도는 9.7%, 100%로 여자에서 Cornell 기준의 민감도가 높았다.<sup>23)</sup> 자기공명영상장치를 이용한 연구에서도 남자와 여자에서 Cornell 기준의 민감도는 18.5%와 25.6%로 여자에서 높았다.<sup>24)</sup> LIFE 연구(the Losartan intervention for endpoint reduction in hypertension study)에서도 Cornell 기준에 부합하는 좌심실비후

는 여자에서 많이 관찰되었으며, Sokolow-Lyon 기준은 남자에서 많이 관찰되었다.<sup>25)</sup> 본 연구에서도 좌심실비후를 진단하기 심전도기준은 낮은 민감도와 높은 특이도를 보이고 있으나, 설명력(area under the curve)은 0.6 미만으로 낮게 나타났다. 또한 이전 연구와 마찬가지로 심전도 기준의 정확성은 성별에 따라 다르게 나타나는데, Cornell 기준의 민감도는 여자에서 높게 나타났으며 Sokolow-Lyon 기준의 민감도는 남성에서 높게 나타났다. 본 연구 결과에서도 이전 결과와 마찬가지로 민감도가 낮아 좌심실비후가 있을 것으로 포함시키는 검사로 사용하기에 만족스럽지 못하고, 특이도가 높지만 좌심실비후를 배제시키는 검사로 사용할 수가 없다. 그러므로 좌심실비후를 진단하기 위하여 심전도기준을 적용할 때 성별에 따라 다른 기준치를 적용해야 할 것이며, 진단의 민감도를 높이기 위한 새로운 기준이 필요할 것으로 생각된다.

요약하면 본 연구는 한국인에서 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도의 정확성에 관한 대규모연구로 심전도기준은 낮은 민감도와 높은 특이도를 보였으나 설명력이 낮았다. 그러므로 인구집단에서 좌심실비후를 진단하기 위한 선별검사로서 심전도의 역할은 제한적이라는 것을 알 수 있다.

## 요 약

**연구배경:** 한국인 일반 인구집단에서 좌심실비후의 선별검사로서 심전도의 정확성에 대한 연구는 없다. 따라서 본 연구에서는 한국인의 일반 인구집단에서 심초음파에서 측정된 좌심실비후를 진단하는 심전도의 정확성에 대하여 알아보려고 한다.

**방법:** 이 연구는 강원도 원주 농촌지역에서 시행되고 있는 심혈관 및 대사증후군 위험인자를 연구하는 코호트인 Atherosclerosis Risk of a Rural Area Korean General Population (ARIRANG) 코호트를 단면적으로 분석한 것이다. 본 연구에서는 ARIRANG 코호트 대상자 중 심장초음파검사와 심전도검사를 시행한 1,956명의 결과를 분석하였다. 미국심장초음파학회(American Society Echocardiography)

의 지침에 따라 3-MHz 탐촉자를 사용하여 M-mode 심초음파(Vivid-7; General Electric-Vingmed)를 기록하여 좌심실내경, 좌심실중격, 좌심실후벽두께를 측정하였다. 좌심실비후를 진단하기 위한 심전도기준은 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준을 적용하였다.

**결과:** 남자에서 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준의 민감도는 각각 5.6%와 2.8%, 특이도는 93.6%와 98.7%였으며, 양성 예측도는 9.5%와 20.0%, 음성 예측도는 89.1%와 89.3%로 정확도는 84.1%와 88.3%였다. 여자에서 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준의 민감도는 각각 4.1%와 14.3%, 특이도는 97.8%와 95.8%였으며, 양성 예측도는 14.3%와 23.3%, 음성 예측도는 91.9%와 92.6%로 정확도는 90.1%와 89.1%였다. 남자에서 receiver operating characteristic curve를 이용한 Sokolow-Lyon 기준과 Cornell 기준의 설명력(area under the curve)은 0.53과 0.51이었으며, 여자에서는 0.59와 0.64였다.

**결론:** 인구집단에서 좌심실비후를 진단하기 위한 선별 검사로서 심전도의 역할은 제한적이라는 것을 알 수 있다.

### Conflict of interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

### 감사의 글

본 연구는 2012년 대한고혈압학회 학술연구비 지원으로 시행되었다.

### References

1. Kannel WB, Gordon T, Offutt D. Left ventricular hypertrophy by electrocardiogram: prevalence, incidence, and mortality in the Framingham study. *Ann Intern Med.* 1969;71:89-105.
2. Kannel WB, Gordon T, Castelli WP, Margolis JR. Electrocardiographic left ventricular hypertrophy and risk of coronary heart disease: the Framingham study. *Ann Intern Med.* 1970;72:813-22.
3. Sundstrom J, Lind L, Arnlov J, Zethelius B, Andren B, Lithell HO. Echocardiographic and electrocardiographic diagnoses of left ventricular hypertrophy predict mortality independently of each other in a population of elderly men. *Circulation.* 2001;103:2346-51.
4. Kim HM, Jung JH, Lee HS, Kim CH, Cho GY. Relation of inappropriate left ventricular hypertrophy on Framingham risk score and vascular stiffness in hypertensive women. *J Korean Soc Hypertens.* 2013;19:10.
5. Sever PS, Dahlof B, Poulter NR, Wedel H, Beevers G, Caulfield M, et al. Prevention of coronary and stroke events with atorvastatin in hypertensive patients who have average or lower-than-average cholesterol concentrations, in the Anglo-Scandinavian Cardiac Outcomes Trial-Lipid Lowering Arm (ASCOT-LLA): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2003;361:1149-58.
6. Woythaler JN, Singer SL, Kwan OL, Meltzer RS, Reubner B, Bommer W, et al. Accuracy of echocardiography versus electrocardiography in detecting left ventricular hypertrophy: comparison with postmortem mass measurements. *J Am Coll Cardiol.* 1983;2:305-11.
7. Pewsner D, Juni P, Egger M, Battaglia M, Sundstrom J, Bachmann LM. Accuracy of electrocardiography in diagnosis of left ventricular hypertrophy in arterial hypertension: systematic review. *BMJ.* 2007;335:711.
8. Park SM, Ro YM, Ahn JC, Lim DS, Park CG, Kim YH, et al. An appraisal of the electrocardiographic criteria for diagnosis of left ventricular hypertrophy in Koreans: comparison to echocardiographic measurement of left ventricular mass. *Korean Circ J.* 2004;34:775-83.
9. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr.* 1989;2:358-67.
10. Devereux RB, Lutas EM, Casale PN, Kligfield P, Eisenberg RR, Hammond IW, et al. Standardization of M-mode echocardiographic left ventricular anatomic measurements. *J Am Coll Cardiol.* 1984;4:1222-30.
11. Vasan RS, Benjamin EJ, Larson MG, Leip EP, Wang TJ, Wilson PW, et al. Plasma natriuretic peptides for community screening for left ventricular hypertrophy and systolic dysfunction: the Framingham heart study. *JAMA.* 2002;288:

- 1252-9.
12. Sokolow M, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J.* 1949;37:161-86.
13. Casale PN, Devereux RB, Kligfield P, Eisenberg RR, Miller DH, Chaudhary BS, et al. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy: development and prospective validation of improved criteria. *J Am Coll Cardiol.* 1985;6: 572-80.
14. Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Engl J Med.* 1990;322:1561-6.
15. Kim TS, Youn HJ. youn HJ. From hypertension to heart failure. *Korean Hypertension J.* 2009;15:1-11.
16. Kannel WB. Prevalence and natural history of electrocardiographic left ventricular hypertrophy. *Am J Med.* 1983;75: 4-11.
17. Wong CY, O'Moore-Sullivan T, Leano R, Byrne N, Beller E, Marwick TH. Alterations of left ventricular myocardial characteristics associated with obesity. *Circulation.* 2004;110: 3081-7.
18. Hinderliter AL, Light KC, Willis PWt. Racial differences in left ventricular structure in healthy young adults. *Am J Cardiol.* 1992;69:1196-9.
19. Harshfield GA, Koelsch DW, Pulliam DA, Alpert BS, Richey PA, Becker JA. Racial differences in the age-related increase in left ventricular mass in youths. *Hypertension.* 1994;24: 747-51.
20. Daimon M, Watanabe H, Abe Y, Hirata K, Hozumi T, Ishii K, et al. Normal values of echocardiographic parameters in relation to age in a healthy Japanese population: the JAMP study. *Circ J.* 2008;72:1859-66.
21. Park SW. Multicenter trial for estimation of normal values of echocardiographic indices in Korea. *Korean Circ J.* 2000;30: 373-82.
22. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL Jr, et al. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA.* 2003;289:2560-72.
23. Park JK, Shin JH, Kim SH, Lim YH, Kim KS, Kim SG, et al. A comparison of cornell and sokolow-lyon electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy in Korean patients. *Korean Circ J.* 2012;42:606-13.
24. Alfakih K, Walters K, Jones T, Ridgway J, Hall AS, Sivananthan M. New gender-specific partition values for ECG criteria of left ventricular hypertrophy: recalibration against cardiac MRI. *Hypertension.* 2004;44:175-9.
25. Okin PM, Devereux RB, Jern S, Kjeldsen SE, Julius S, Dahlöf B. Baseline characteristics in relation to electrocardiographic left ventricular hypertrophy in hypertensive patients: the Losartan intervention for endpoint reduction (LIFE) in hypertension study. The Life Study Investigators. *Hypertension.* 2000;36:766-73.