

## 운동부하 심전도 검사에서의 혈압 반응과 고혈압 및 심혈관 질환 발생의 위험도 평가

경북대학교 의과대학 내과학교실 순환기내과

이순학 · 박의현 · 배명환 · 이상혁 · 장세용 · 양동현 · 박현식 · 조용근 · 채성철 · 전재은

Blood Pressure Response during the Exercise Treadmill Test and the Risk of Future Hypertension and Cardiovascular Disease

Soon Hak Lee, MD, Wee Hyun Park, MD, Myung Whan Bae, MD, Sang Hyuck Lee, MD, Se Yong Jang, MD, Dong Heon Yang, MD, Hun Sik Park, MD, Yong Keun Cho, MD, Shung Chull Chae, MD and Jae Eun Jun, MD

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Kyungpook National University Medical School, Daegu, Korea

### ABSTRACT

**Background and Objectives :** Many studies had established the risk factors for cardiovascular disease. The Duke treadmill score has gained widespread acceptance for making the prognosis and diagnosis for patients with cardiac disease. Recently, the changes in blood pressure during and after exercise have also been studied to predict the prognosis of cardiac disease. We examined the relationship between the incidence of hypertension or cardiovascular disease and the changes of blood pressure during a routine exercise treadmill test. **Subjects and Methods :** 256 men were screened, and they performed exercise treadmill tests from March to May, 2000. Those subjects with histories of hypertension and ischemic heart disease or who were newly diagnosed with ischemic heart disease were excluded. 109 subjects were selected for the final analysis. The follow up period was 78 months. Review of medical records and telephone interviews were used for follow up. We defined clinical events as new onset hypertension, ischemic heart disease, congestive heart failure, cerebrovascular accident, diabetes and atrial fibrillation. The peak systolic blood pressure of 182.5mmHg had the highest specificity and sensitivity on the receiver operating characteristic (ROC) curve of the systolic blood pressure for prediction of clinical events. We defined a hypertensive response as a peak systolic blood pressure over 180 mmHg. **Results :** 43 (39.4%) of the subjects had a hypertensive response on their exercise treadmill test. The mean exercise capacity was higher in the hypertensive response group. No significant differences were found between the hypertensive and non-hypertensive response groups, in terms of age, gender, body weight, height, body mass index and resting blood pressure. 18 (41.8%) of the hypertensive response subjects had clinical events, while only 11 (16.6%) of the non-hypertensive response subjects had clinical events. The hypertensive response group had more clinical events ( $p=0.006$ ). 14 (32.5%) of the hypertensive response subjects had hypertension, while only 10 (15.1%) of the non-hypertensive response group had hypertension. The hypertensive response group had more hypertension ( $p=0.044$ ). On the multivariate analysis, the hypertensive response on the exercise treadmill test was an independent risk factor for hypertension and clinical events (odds ratio=3.990, 95% confidence interval; 1.473-10.808,  $p=0.006$ ). **Conclusion :** These results indicate that the exercise blood pressure response seems to be a risk factor for hypertension and clinical events. Careful medical care and close follow up may be needed for subjects with a hypertensive blood pressure response on the exercise treadmill test. Further study is needed to understand the significance of an exaggerated blood pressure response on the exercise treadmill test. (Korean Circulation J 2007;37:277-282)

**KEY WORDS :** Electrocardiography ; Exercise test ; Hypertension ; Cardiovascular disease.

논문접수일 : 2007년 3월 21일

수정논문접수일 : 2007년 4월 25일

심사완료일 : 2007년 5월 8일

교신저자 : 박의현, 700-721 대구광역시 중구 삼덕2가 50번지 경북대학교 의과대학 내과학교실 순환기내과

전화 : (053) 420-5525 · 전송 : (053) 426-2046 · E-mail : ehpark@knu.ac.kr

## 서 론

고혈압은 심혈관 질환 사망률의 중요한 위험 인자라는 사실은 널리 알려져 왔다.<sup>1,2)</sup> 고혈압은 심부전, 협심증, 심근 경색증, 뇌졸중 같은 심혈관 질환 발생과 밀접한 관련이 있다.<sup>3)</sup> 혈압이 높을수록 심질환 발생이 증가하므로 고혈압 발생 위험도가 높은 사람을 조기에 찾아낼 필요성이 있으며, 조기에 생활방식을 교정하므로써 심질환 발생을 낮출 수 있다.

초기 단계에서의 고혈압 발견 및 조기 치료를 위한 예방적 방법으로 안정시 혈압 측정이 사용되어져 왔다. 그러나 몇몇 연구에서 운동 중 이상 혈압 반응이 안정시 혈압보다 고혈압 및 심혈관사건 발생을 더 잘 예측한다는 보고가 있다.<sup>4,5)</sup>

일상생활 중 이상 혈압 반응을 안정시 혈압 측정보다 24시간 활동 혈압 측정이 보다 잘 반영할 수 있을 것이다.<sup>6,7)</sup> 병리 생리학적으로 일상생활의 스트레스에서 이상 혈압반응을 주기적인 혈압 측정으로 발견하기에는 많은 어려운 점이 있다.

운동부하 심전도 검사의 유용성은 관상동맥 질환을 진단하는데 있어서 많은 연구가 이루어졌으며 현재까지 관상동맥 질환의 진단뿐만 아니라 심질환의 예후를 예측하는 중요한 검사로서 역할을 하고 있다.<sup>9-12)</sup> 운동부하 심전도 검사는 심질환을 찾아내는데 있어서 비용이 저렴하고 간편하게 시행할 수 있는 유용한 검사이다. Duke treadmill score<sup>13)</sup>가 심질환 발생 예측과 예후에 중요한 변수로 작용함은 널리 알려져 왔지만 Duke treadmill score에는 3가지 요소, 즉 최대 운동량, ST분절의 하강 그리고 운동 유발성 흉통을 주요 예측인자로 간주하고 있으며 운동 중 혈압반응에 대한 사항은 고려되어지지 않았으나 최근에는 운동부하 심전도 검사에서 혈압 반응 또한 고혈압,<sup>14,15)</sup> 심근 비대증,<sup>9,10)</sup> 심혈관 질환 발생을 예측할 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>9-12)</sup>

저자 등은 운동부하 심전도검사에서 얻을 수 있는 지표들인 최대 운동량, 85% 최대 예측 심박 수 도달 유무 그리고 안정시 및 운동 중 혹은 중지 후의 수축기 혈압 및 이완기 혈압과 고혈압 및 심혈관 질환 발생의 관련성을 알아보기 위하여 정상 혈압을 가진 사람들의 운동부하 심전도 검사에서의 혈압 반응과 6년간의 추적 관찰 동안 고혈압 및 심혈관 질환 발생 유무를 조사하였다.

## 대상 및 방법

### 대상

대상 환자들은 2000년 3월부터 2000년 5월 사이에 경북 대학교 병원 심혈관 센터에서 운동부하 심전도 검사를 실시한 총 256명 중 허혈성 심질환, 고혈압, 그리고 새로이 허혈성 심질환을 진단받은 환자 138명과 추적 관찰이 불가능한 9명을 제외한 109명을 연구대상으로 하였다.

### 운동부하 심전도 검사

昂와위와 기립 자세에서 안정시 심전도, 수축기 혈압 및 이

완기 혈압을 먼저 얻은 후에 Modified Bruce protocol에 따라 담차에서 중상 제한성 운동부하 심전도 검사를 시행하였다. 그리고 운동 중지 후 30초의 서행기간을 가지게 하였고 이후에 즉시昂와위 자세를 취하게 하였다.

운동부하 심전도 검사에서 운동 중 각 단계마다 심전도, 수축기 혈압, 이완기 혈압 및 심박 수를 측정하였다. 그리고 운동 후에 회복기에서昂와위 자세로 1분, 3분, 5분에 각각 심전도, 수축기 혈압, 이완기 혈압 및 심박 수를 측정하였다. 최고 혈압은 운동 중 및 운동 후에 가장 높은 혈압으로 정의하였다.

### 운동부하 심전도 검사에서의 혈압 반응

연구대상자 109명의 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 및 심혈관 질환 발생에 대한 최고 수축기 혈압의 ROC(Receiver operating characteristic) 곡선을 이용하여 민감도와 특이도 값이 가장 유의한 수축기 혈압을 고혈압 반응의 기준 값으로 정하였다.

### 조사기간 및 심혈관 질환의 발생

환자들의 입원 및 외래 병력지 및 전화 연락을 통한 질의 및 문답을 이용하여 78개월 동안에 고혈압 및 심혈관 질환 발생 유무를 조사하였다. 고혈압은 병의원을 방문하여 고혈압이라 진단받고 약물투여를 시작한 경우로 정의하였으며 심혈관 질환으로는 심부전, 협혈성 심질환, 뇌혈관 질환, 심방세동, 당뇨병으로 정의하였다. 그리고 고혈압 및 심혈관 질환 발생을 합쳐서 임상 사건(clinical event)으로 정의하였다.

### 통 계

모든 통계분석은 SPSS 12.0을 이용하여 처리하였으며 두 군간의 평균 수치를 비교하기 위하여 t-test를 이용하거나  $\chi^2$  test를 이용하였다.

운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응과 고혈압 및 임상 사건 발생과의 상관관계를 구했으며 또한 고혈압 반응과 상관성이 있다고 판단된 변수들 중 나이, 체질량 지수, 운동 부하량을 독립변수로 하여 다변량 회귀분석을 시행하였다. 상기 분석에서 p값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 의미가 있는 것으로 정의하였다.

## 결 과

### 임상 사건 발생군과 발생하지 않은 군사이의 임상적 특성비교

연구대상자 109명 중 임상 사건 발생자는 29명(26.6%) 이었다. 임상 사건은 고혈압 24명, 협혈성 심질환 4명, 뇌혈관 질환 2명, 당뇨병 2명, 심방세동 1명이었다. 그리고 29명 중 4명은 고혈압과 기타 1가지 심혈관 질환이 발생하였다. 임상 사건 발생군(n=29명)과 발생하지 않은 군(n=80명) 사이의 임상적 특성은 Table 1과 같다.

임상 사건 발생군에서 나이가 더 많았으며, 안정시 수축기

혈압 및 운동 부하 중의 혈압 또한 더 높았다.

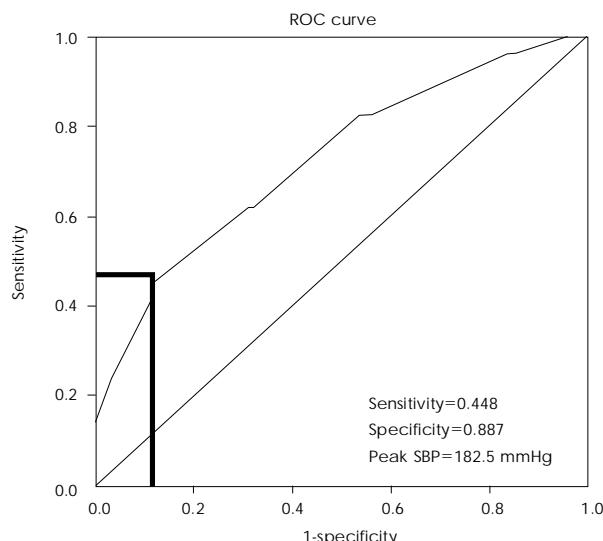
### 운동부하 심전도 검사에서의 임상 사건 발생에 대한 최고 수축기 혈압의 ROC 곡선

연구대상자 109명의 운동부하 심전도 검사에서의 임상 사건 발생에 대한 최고 수축기 혈압의 ROC 곡선에 기초하여 민감도와 특이도 값이 가장 유의한 수축기 혈압을 고혈압 반응의 기준 값으로 정하였으며, 그 값은 182.5 mmHg 이었다

**Table 1.** Baseline characteristics of subjects with and without clinical events

	Clinical events (+) group (n=29)	Clinical event (-) group (n=80)	p
Age (years)	54.0 ± 7.2	45.5 ± 14.8	0.000
Sex (male/female)	44/36	14/15	0.538
Height (cm)	160.0 ± 9.3	161.3 ± 20.4	0.738
Weight (kg)	62.3 ± 8.0	62.2 ± 11.3	0.955
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.4 ± 2.9	24.2 ± 5.4	0.816
Exercise capacity (METS)	10.6 ± 3.1	11.5 ± 3.0	0.186
Resting SBP (mmHg)	128.4 ± 13.6	120.5 ± 14.8	0.013
Resting DBP (mmHg)	81.0 ± 10.4	77.0 ± 11.2	0.163
Supine SBP (mmHg)	124.4 ± 12.1	117.4 ± 11.3	0.006
Supine DBP (mmHg)	81.3 ± 6.3	79.3 ± 8.4	0.235
Standing SBP (mmHg)	135.6 ± 13.3	122.6 ± 12.0	0.000
Standing DBP (mmHg)	84.1 ± 7.8	80.8 ± 8.0	0.057
Peak SBP (mmHg)	181.9 ± 20.1	165.1 ± 17.7	0.000
Peak DBP (mmHg)	97.2 ± 8.4	90.6 ± 10.7	0.004

29 patients had newly clinical events (26.6%). Data are expressed as the mean ± SD. BMI: body mass index, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, METS: metabolic equivalents for oxygen consumption



**Fig. 1.** ROC curve of systolic blood pressure for the prediction of clinical events. Peak systolic blood pressure of 182.5 mmHg had highest specificity and sensitivity in this ROC curve (sensitivity=0.448, specificity=0.887). We defined hypertensive response as peak systolic blood pressure over 180 mmHg. ROC: receiver operating characteristic, SBP: systolic blood pressure.

(민감도=0.448, 특이도=0.887, Fig. 1).

운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응을 수축기 혈압 180 mmHg 이상으로 정의하였다.

### 운동부하 심전도 검사에서의 정상 혈압 반응군과 고혈압 반응군의 임상적 특성 비교

연구대상자 109명중 고혈압 반응군은 43명(39.4%) 이었다. 고혈압 반응군(n=43명)과 정상 혈압 반응군(n=66명) 사이의 임상적 특성은 Table 2와 같다.

고혈압 반응군과 정상 혈압 반응군 사이에 나이, 성, 몸무게, 키, 체질량 지수, 안정시 수축기 혈압 및 이완기 혈압 등에서 차이는 없었다. 그러나 고혈압 반응군에서 운동 부하량이 정상 혈압 반응군에서 보다 통계적으로 유의하게 더 많았다(Table 2).

### 정상 혈압 반응군과 고혈압 반응군의 운동부하 심전도 검사 중 혈압 변화 및 심박 수 비교

정상 혈압 반응군과 고혈압 반응군의 운동부하 심전도 검사 중 수축기 혈압 및 이완기 혈압 그리고 심박수 변화는 Fig. 2와 같다.

고혈압 반응군에서 운동부하 심전도 검사에서 수축기 혈압 및 이완기 혈압 증가폭이 정상 혈압 반응군에서 보다 통계적으로 유의하게 높았다. 그러나 운동부하 심전도 검사에서의 심박 수 변화 비교에서는 두군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

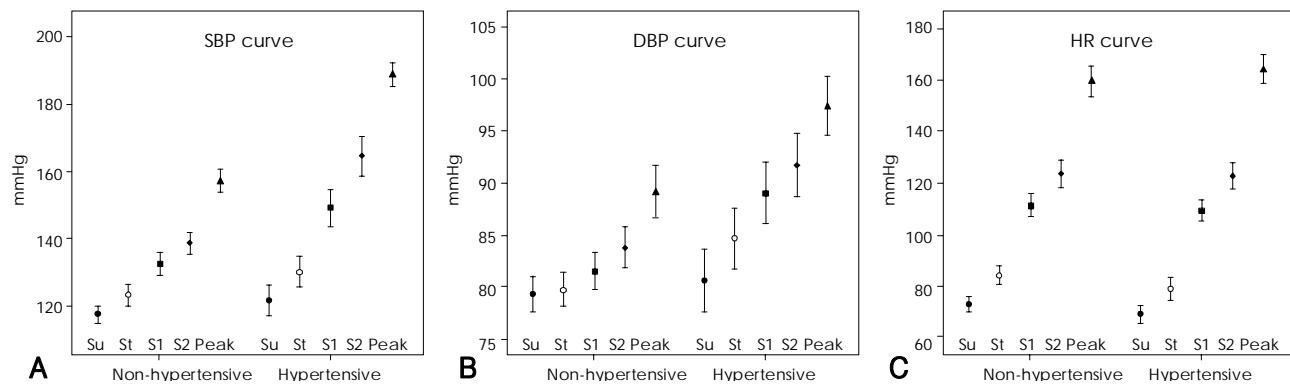
### 정상 혈압 반응군과 고혈압 반응군의 임상 사건 발생의 비교

78개월 기간 동안 임상 사건은 고혈압 반응군에서 18명(41.8%), 정상 혈압 반응군에서 11명(16.6%) 발생하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p=0.006$ , Table 3). 고혈압 반응군의 임상 사건은 고혈압 14명, 당뇨병 2명, 혀혈성 심질환 질환 2명, 뇌혈관 질환 2명, 심방세동 1명이 있었다. 그리고 그중에서 3명은 고혈압과 기타 1가지 심혈관 질환이 발생하

**Table 2.** Demography and exercise parameters by blood pressure response

	Non-hypertensive response group (n=66)	Hypertensive response group (n=43)	p
Age (years)	47.3 ± 14.4	48.4 ± 14.4	0.679
Sex (male/female)	31/35	27/16	0.108
Height (cm)	159.4 ± 21.8	163.4 ± 9.9	0.265
Weight (kg)	60.8 ± 12.1	64.4 ± 7.1	0.086
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.3 ± 5.9	24.2 ± 2.7	0.923
Exercise capacity (METS)	10.7 ± 2.9	12.0 ± 3.1	0.029
Resting SBP (mmHg)	120.4 ± 14.4	126.0 ± 15.1	0.051
Resting DBP (mmHg)	77.4 ± 10.1	79.1 ± 12.5	0.446

43 subjects had hypertensive response. data are expressed as the mean ± SD. BMI: body mass index, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, METS: metabolic equivalents for oxygen consumption



**Fig. 2.** Changes of BP and HR during the exercise treadmill test. A: changes of systolic blood pressure during the exercise treadmill test were higher in the hypertensive response group compared to the non-hypertensive. B: changes of diastolic blood pressure during the exercise treadmill test were higher in the hypertensive response group compared to the non-hypertensive. C: changes of heart rate during the exercise treadmill test were not different in the hypertensive response group compared to the non-hypertensive. SBP: systolic blood pressure, St: standing, Su: supine, S1-2: modified bruce stage 1-2, DBP: diastolic blood pressure, HR: heart rate, BP: blood pressure.

**Table 3.** Clinical events in hypertensive and non-hypertensive response group

	Non-hypertensive response group (n=66)	Hypertensive response group (n=43)	p
Ischemic heart disease	2 ( 3.0%)	2 ( 4.6%)	0.664
Cerebrovascular disease	0 ( 0%)	2 ( 4.6%)	0.160
Atrial fibrillation	0 ( 0%)	1 ( 2.3%)	0.323
Diabetes	0 ( 0%)	2 ( 4.6%)	0.160
Hypertension	10 (15.1%)	14 (32.5%)	0.044
Total clinical events	11 (16.6%)	18 (41.8%)	0.006

4 of 29 subjects had hypertension and one other cardiovascular disease. 18 of the hypertensive response subjects had clinical events, while only 11 of the non-hypertensive. The hypertensive response group had higher clinical events ( $p=0.006$ ). 14 of the hypertensive response subjects had hypertension, while only 10 of the non-hypertensive. The Hypertensive response group had higher hypertension ( $p=0.044$ )

**Table 4.** Multivariate analysis for clinical events

	Odds ratio	95% confidence interval	p
Hypertensive BP response	3.990	1.473-10.808	0.006
Age	1.051	1.003- 1.102	0.037
BMI	0.960	0.864- 1.067	0.452
Exercise capacity	0.905	0.765- 1.071	0.245
Resting SBP	1.025	0.992- 1.059	0.136

In multivariate analysis, hypertensive response was independent risk factor for clinical events ( $p=0.006$ ). BP: blood pressure, BMI: body mass index, SBP: systolic blood pressure

였다. 고혈압은 고혈압 반응군에서 14명(32.5%), 정상 혈압 반응군에서 10명(15.1%) 발생하여 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 기타 심혈관 질환은 두군간의 통계적 유의한 차이를 보이지 않았다.

#### 고혈압 반응군의 고혈압 및 임상 사건 발생 위험도

고혈압 반응군의 임상 사건 발생 위험도는 나이, 체질량 지수, 운동 부하량, 안정시 수축기 혈압으로 보정한 다변량 회

**Table 5.** Multivariate analysis for hypertension

	Odds ratio	95% confidence interval	p
Hypertensive BP response	2.998	1.103-8.147	0.031
Age	1.060	1.009-1.113	0.020
BMI	0.976	0.879-1.082	0.642
Exercise capacity	0.959	0.808-1.138	0.632

In multivariate analysis, hypertensive response was independent risk factor for hypertension ( $p=0.031$ ). BP: blood pressure, BMI: body mass index, SBP: systolic blood pressure

귀분석에서 3.99배가 높았다(odds ratio=3.99, 95% 신뢰구간 1.473-10.808,  $p=0.006$ , Table 4). 그리고 고혈압 반응군의 고혈압 발생 위험도 또한 다변량 회귀분석에서 2.99배가 더 높았다(odds ratio=2.998, 95% 신뢰구간 1.103-8.147,  $p=0.031$ , Table 5).

## 고찰

운동부하 심전도 검사의 유용성은 관상동맥 질환을 진단하는데 있어서 많은 연구가 이루어졌으며 현재까지 관상동맥 질환의 진단뿐만 아니라 심질환의 발생 및 예후를 예측하는 중요한 검사로서 역할을 하고 있다.<sup>9-12)</sup> 운동부하 심전도 검사에서 얻을 수 있는 Duke treadmill score<sup>13)</sup>가 심질환 발생 예측과 예후에 많이 이용되고 있으며, 여기에서 고위험 집단에 포함되는 환자들은 심한 관상동맥 질환을 갖고 있거나 예후가 나쁠 것으로 예측할 수 있다고 한다.

이번 연구의 목적은 정상 혈압을 가진 사람들의 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응과 고혈압 및 심혈관 질환 발생 위험도와의 관계를 알아보고자 하였다. 연구 결과에서 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응군은 78개월 추적 관찰 동안 임상 사건 발생 위험도가 3.99배가 높았다. 고혈압 발생 위험도 또한 2.99배가 높았다. 이로써 정상 혈압을 가진 사람들에서 운동 부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응은 고혈압 발생의 하나의 독립적인 위험인자임을 알 수 있었다.

대부분의 연구에서 운동부하시 심전도 검사에서의 이완기 혈압보다는 수축기 혈압에 더 많은 연구가 이루어졌다.<sup>14-20)</sup> 육체적 활동으로 심박출량이 증가하고 그로 인해 수축기 혈압이 증가하기 때문이다. 대조적으로 이완기 혈압은 말초 혈관의 대사적 혈관확장으로 인해 거의 변화가 없거나 소량 증가한다.<sup>8)</sup> 따라서 이번 연구에서 고혈압 반응의 정의를 수축기 혈압을 기준으로 하였다.

이전 연구들에서는 고혈압 반응의 기준을 최대 운동량시 특정 수축기 혈압 및 이완기 혈압 이상(예) 수축기 혈압/이완기 혈압  $\geq 200\sim 210 \text{ mmHg} / 95\sim 100 \text{ mmHg}$ <sup>13)(21)(22)</sup> 또는 최대 운동량시 최고 수축기 혈압 90~95 백분위수 이상<sup>23)(24)</sup>으로 정하였다. 이번 연구에서는 연구 대상자 109명의 운동부하 심전도 검사에서의 임상 사건 발생에 대한 최고 수축기 혈압의 ROC 곡선에 기초하여 민감도와 특이도 값이 가장 유의한 수축기 혈압을 고혈압 반응의 기준 값으로 정하였으며, 그 값은 182.5 mmHg이었다(민감도=0.448, 특이도=0.887). 그래서 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응을 수축기 혈압 180 mmHg 이상으로 정의하였다.

Dlin 등<sup>16)</sup>은 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응을 보이는 75명의 운동 선수와 정상 혈압을 보이는 대조군과의 비교에서 고혈압 발생 위험도가 10배가 높았다. Matthews 등<sup>18)</sup>은 운동부하 심전도 검사에서 고혈압 반응을 보이는 151명을 조사하였다. 그 결과에서 운동 부하 심전도 검사에서 고혈압 반응이 4~15년 후에 고혈압 발생의 예측인자라는 사실을 알았다. Framingham Heart study<sup>24)</sup>에서 운동부하 심전도 검사에서 이완기 고혈압 반응과 회복기 3분시 수축기 고혈압 반응을 보이는 군이 8년간 추적관찰 동안 고혈압 발생 위험도가 증가한다는 결론을 보여 주었다.

이번 연구에서 고혈압 반응군의 임상 사건 발생 위험도는 나이, 체질량 지수, 운동 부하량, 안정시 수축기 혈압으로 보정한 다변량 회귀분석에서 3.99배가 높았다( $p=0.006$ ). 고혈압 발생은 고혈압 반응군에서 통계적으로 유의하게 더 높았으나( $p=0.031$ ) 기타 심혈관 질환 발생은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응군에서 왜 고혈압 발생이 증가하는지에 대한 연구가 이루어지고 있다. 그 이유는 아마도 좌심실 질량의 증가와 관련이 있을 것이다는 보고가 있으며 교감 신경계의 활성화 증가와 부교감 신경계의 활성화 감소와 관련이 있을 것이라는 보고가 있다.<sup>18)(19)(21)(22)</sup> 운동부하 심전도 검사에서 고혈압 반응의 병리생리학적인 이유로 몇몇 연구에서 운동부하 심전도 검사에서 고혈압 반응군에서의 심혈관계가 정상 심박출 계수 및 높은 말초혈관 저항을 보이므로 정상 혈압 반응군 보다 높은 수축기 혈압을 나타낸다고 하였다.<sup>14)(24-26)</sup>

Allison 등<sup>23)</sup>은 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응이 심혈관 질환 발생기전의 몇 가지 모델을 제시하였다. 첫째로 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응이 혈관 벽의 저항을 증가시켜 내피세포의 손상을 유발하여 동맥 경화를

촉진할 것이다. 둘째로 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응이 심근의 산소 요구량을 증가시키며 이로 인해 동맥경화가 촉진될 것이다. 셋째로 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응이 혈관 벽의 두께를 증가 시키며 이로 인해 동맥경화가 촉진될 것이다.

운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응이 고혈압 발생의 예측 인자이므로 이 또한 표적 장기 손상 발생을 예측 할 수 있을 것이다.<sup>11)</sup> 몇몇 연구에서 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응을 보이는 군에서 대조군과 비교하여 좌심실 비대,<sup>9)(10)</sup> 심혈관 질환 발생 위험도가 높다는 연구가 있다.<sup>9-12)</sup> 이번 연구에서 운동부하 심전도 검사 고혈압 반응군과 대조군의 비교에서 고혈압 발생은 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 기타 심혈관 질환 발생은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

사망률 면에서, 이번 연구 78개월 추적 경과 관찰 동안 사망한 자는 없었다. Kohl 등<sup>26)</sup>은 26,000명 대상으로 8.1년 동안 추적 경과 관찰 동안 운동 부하 심전도 검사에서 수축기 혈압이 200 mmHg 이상 반응을 보이는 군에서 전체 사망률 및 심혈관 사망률이 높게 나타났다.

이번 연구의 제한점은 연구 대상자 수가 109명으로 적으며 추적 경과 관찰 기간이 78개월로 짧다는 점이다. 그리고 환자들의 모든 자료는 과거 입원 및 외래 병력지에 기록된 조사와 전화 연락을 통한 질의 및 문답을 바탕으로 한 후향적 연구라는 점이다. 그리고 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응과 심혈관 질환 발생 위험도가 통계적으로 유의하게 높지 않아 운동시 과도한 혈압반응의 의미를 규명하고 과도한 혈압 반응이 심혈관 질환 발생에 미치는 영향에 대해서 설명하기에는 미흡한 점이 많아 향후 더 많은 환자를 대상으로 한 추적연구가 필요하다고 사료된다.

이번 연구에서 정상 혈압을 가진 사람들의 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응은 경계 고혈압으로 여겨야 할 것이다.

결론적으로 운동부하 심전도 검사에서 고혈압 반응은 고혈압 발생을 예측할 수 있다. 따라서 운동부하 심전도 검사에서 고혈압 반응을 보이는 군에 대해서는 보다 주기적인 검진 및 적극적인 관리가 필요하겠으며 조기에 고혈압을 찾아내서 치료 및 생활방식을 교정하므로써 심질환의 인한 사망률을 낮출 수 있다.

## 요 약

### 배경 및 목적 :

고혈압은 심혈관 질환에 의한 사망률에 영향 주는 가장 중요한 위험인자의 하나로 알려져 있다. 혈압이 높을수록 심질환 발생이 증가하므로 고혈압 발생 위험도가 높은 사람을 조기에 찾아내어, 적극적으로 생활방식을 교정하므로써 고혈압 및 심질환 발생을 낮출 수 있을 것이다. 저자 등은 정상 혈압을 가진 사람들의 운동부하 심전도 검사에서의 혈압반응과 고혈압 및 심혈관 질환 발생 위험도와의 관계를 알아보자 하였다.

## 방법:

2000년 3월부터 5월사이에 운동부하 심전도 검사를 실시한 256명 중 협심증 심질환, 고혈압, 그리고 새로이 협심증 심질환을 진단받은 환자를 제외한 109명을 연구대상으로 하였다. 환자들의 모든 자료는 과거 입원 및 외래 병력지에 기록된 조사와 전화 연락을 통한 질의 및 문답을 바탕으로 연구하였으며, 78개월 동안 고혈압 및 심혈관 질환 발생 유무를 조사하였다.

운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 및 심혈관 질환 발생에 대한 최고 수축기 혈압의 ROC 곡선을 이용하여, 최고 수축기 혈압 값 182,5 mmHg에서 고혈압 및 심혈관 질환 발생에 대한 특이도 및 민감도 값이 가장 유의하였다. 그래서 운동부하 심전도 검사에서의 고혈압 반응을 수축기 혈압 180 mmHg 이상으로 정의하였다.

## 결과:

고혈압 반응군은 43명(39.4%)이었다. 고혈압 반응군과 정상 혈압 반응군 사이에 나이, 성, 몸무게, 키, 체질량 지수, 안정시 수축기 및 이완기 혈압 등에서 차이는 없었다.

임상 사건은 고혈압 반응군에서 18명(41.8%), 정상 혈압 반응군에서 11명(16.6%)이 발생하여 유의한 차이를 보였다 ( $p=0.006$ ). 나이, 체질량 지수, 운동 부하량으로 보정한 다변량 회귀분석에서 고혈압 반응군의 임상 사건 발생 위험도는 3.99배가 높았다(odds ratio=3.990, 95% 신뢰구간 1.473~10.808,  $p=0.006$ ). 고혈압 발생 위험도 또한 2.99 배가 높았다( $p=0.031$ ).

## 결론:

운동부하 심전도 검사에서 고혈압 반응군의 임상 사건 및 고혈압 발생 위험도가 높으므로 운동 부하 심전도 검사에서 고혈압 반응을 보이는 군에 대해서 보다 주기적인 검진 및 적극적인 관리가 필요하겠다.

**중심 단어:** 심전도검사; 운동부하 검사; 고혈압; 심혈관 질환.

## REFERENCES

- Jackson AS, Squires WG, Grimes G, Bread EF. *Prediction of future resting hypertension from exercise blood pressure*. *J Cardiol Rehabil* 1983;3:263-8.
- Miyai N, Arita M, Miyashita K, Morioka I, Shiraishi T, Nishio I. *Blood pressure response to heart rate during exercise test and risk of future hypertension*. *Hypertension* 2002;39:761-6.
- Trenkwalder P, Hendricks P, Schoniger R, Rossberg J, Lydtin H, Hense HW. *Hypertension as a risk factor for cardiovascular morbidity and mortality in an elderly German population: the prospective STEPHY II study*. *Eur Heart J* 1999;20:1752-6.
- Filipovsky J, Ducimetiere P, Safar ME. *Prognostic significance of exercise, blood pressure, and heart rate in middle-aged men*. *Hypertension* 1992;20:333-9.
- Sallis JF, Broyles SL, Nader PR, et al. *Blood pressure reactivity to exercise: stability, determinants, family aggregation, and prediction*. *J Dev Behav Pediatr* 1991;12:162-70.
- Pickering TG, Harshfield GA, Kleinert HD, Blank S, Laragh JH. *Blood pressure during normal daily activities, sleep and exercise*. *JAMA* 1982;247:992-6.
- Franz IW. *Assessment of blood pressure response during ergometric work in normotensive and hypertensive patients*. *Acta Med Scand Suppl* 1982;670:35-47.
- Franz IW. *Ergometry in the assessment of arterial hypertension*. *Cardiology* 1985;72:147-59.
- Kim HJ, Lee WS, Kwon JH, et al. *Relationship between exercise-induced blood pressure response and left ventricular hypertrophy in patients with hypertension*. *Korean Circ J* 2001;31:809-14.
- Gottdiener JS, Brown J, Zoltick J, Fletcher RD. *Left ventricular hypertrophy in men with normal blood pressure: relation to exaggerated blood pressure response to exercise*. *Ann Intern Med* 1990;112:161-6.
- Sharabi Y, Ben-Cnaan R, Hanin A, Martonovitch G, Grossman E. *The significance of hypertensive response to exercise as a predictor of hypertension and cardiovascular disease*. *J Hum Hypertens* 2001;15:353-6.
- Doo YC, Cho BD, Han TH, et al. *Prognostic values of symptom-limited exercise test early after acute myocardial infarction*. *Korean Circ J* 1996;26:787-93.
- Mark DB, Shaw L, Harrell FE Jr, et al. *Prognostic value of a treadmill exercise score in outpatients with suspected coronary artery disease*. *N Engl J Med* 1991;325:849-53.
- Wilson MF, Sung BH, Pincomb GA, Lovallo WR. *Exaggerated pressure response to exercise in men at risk for systemic hypertension*. *Am J Cardiol* 1990;66:731-6.
- Goble MM, Schieken RM. *Blood pressure response to exercise: a marker for future hypertension?* *Am J Hypertens* 1991;4:617S-20S.
- Dlin RA, Hanne N, Silverberg DS, Bar-Or O. *Follow-up of normotensive men with exaggerated blood pressure response to exercise*. *Am Heart J* 1983;106:316-20.
- Manolio TA, Burke GL, Savage PJ, Sidney S, Gardin JM, Oberman A. *Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults*. *Am J Hypertens* 1994;7:234-41.
- Matthews CE, Pate RR, Jackson KL, et al. *Exaggerated blood pressure response to dynamic exercise and risk of future hypertension*. *J Clin Epidemiol* 1998;51:29-35.
- Chaney RH, Eyman RK. *Blood pressure at rest and during maximal dynamic and isometric exercise as predictors of systemic hypertension*. *Am J Cardiol* 1988;62:1058-61.
- Tanji JL, Champlin JJ, Wong GY, Lew EY, Brown TC, Amsterdam EA. *Blood pressure recovery curves after submaximal exercise: a predictor of hypertension at ten-year follow-up*. *Am J Hypertens* 1989;2:135-8.
- Lauer MS, Levy D, Anderson KM, Plehn JF. *Is there relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass?* *Ann Intern Med* 1992;116:203-10.
- Ilia R, Carmel S, Tsatskis B, Gueron M. *Exaggerated blood pressure response at exercise in normotensive subjects: demographic and stress performance characteristics*. *Am Heart J* 1998;136:499-503.
- Allison TG, Cordeiro MA, Miller TD, Daida H, Squires RW, Gau TG. *Prognostic significance of exercise-induced systemic hypertension in healthy subjects*. *Am J Cardiol* 1999;83:371-5.
- Singh JP, Larson MG, Manolio TA, et al. *Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension*. *Circulation* 1999;99:1831-6.
- Ahn SJ, Sung J, Kim PH, et al. *Correlation between vascular compliance and increase of blood pressure on exercising in normotensive group*. *Korean Circ J* 2004;34:784-8.
- Kohl HW 3rd, Nichaman MZ, Frankowski RF, Blair SN. *Maximal exercise hemodynamics and risk of mortality in apparently healthy men and women*. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:601-9.