

The Exercise Capacity and Cardiovascular Factors in Patients with Exaggerated Blood Pressure Response during Treadmill Exercise Testing

Hyung-Joon Bae¹ and Kyung A Shin²

Department of Clinical Laboratory Science, Hyecheon University, Daejeon 302-715, Korea¹

Department of Laboratory Medicine, Bundang Jesaeng General Hospital, Sungnam 463-774, Korea²

Exaggerated blood pressure response during exercise has been found to increase the risk of future hypertension, left ventricular hypertrophy, cerebrovascular stroke, and CVD (cardiovascular disease) death. The aim of this study was to evaluate exercise capacity, cardiovascular factors in exaggerated blood pressure response during treadmill exercise testing. For research subjects, 72 subjects (normal blood response: 49 subjects, exaggerated blood response: 23 subjects) who received treadmill exercise test at J General Hospital were selected in this study. Exaggerated SBP (systolic blood pressure) response was defined as an SBP of 210 mmHg or greater during a maximal treadmill exercise test. The group with an exaggerated SBP response showed significantly higher values for RPP (rate pressure product) compared with the group with a normal SBP response. Subjects with METs (metabolic equivalents) had lower exaggerated SBP response than normal SBP response group. Subjects with recovery SBP had delayed exaggerated SBP response than normal SBP response group. Exaggerated SBP response to exercise is negative correlation with METs.

Key words: Exaggerated blood pressure response, Treadmill exercise testing, METs, RPP

서론

운동부하 검사는 운동 중 허혈성심장질환에 의한 심전도 변화를 발견할 뿐만 아니라 운동 중에 나타나는 혈압반응, 심박수, 운동능력의 이상을 발견하는데 유용하게 이용되고 있다(Laukkanen과 Kurl, 2011).

운동 시 측정 가능한 변동요인들 중 혈압은 심박출량과 말초저항에 의존한다. 점증적인 운동량 증가에 따라 수축기 혈압은 심박출량의 증가에 비례하여 정상적으로 상승하는

데 반해 이완기 혈압은 혈관확장과 총말초저항 감소의 결과로 거의 변화가 없다(Lim 등, 1996). 그러나 안정 시에는 정상적인 혈압반응을 보이더라도 운동 시 과도한 혈압상승 반응(exaggerated blood pressure response)은 고혈압으로 진행될 가능성이 높으며(Allison 등, 1999; Singh 등, 1999), 몇몇 연구에서는 안정 시 혈압보다 운동 시에 나타나는 이상 혈압반응이 고혈압 및 심혈관질환의 예측에 효과적인 것으로 보고하고 있다(Sallis 등, 1991; Filipovsky 등, 1992).

운동량 증가와 함께 나타나는 과도한 혈압반응은 좌심실 비대와 같은 표적장기의 손상, 뇌졸중과 심혈관질환에 의한 사망 위험을 증가시키며(Gottdiener 등, 1990; Filipovsky 등, 1992; Mundal 등, 1996; Kurl 등, 2001), 대동맥 기능의 악화, 심장혈관계의 구조적 변화, 평균 24시간 활동 중 혈압 증가, 경동맥경화증과 관련이 있다(Lima 등, 1995; Palatini, 1998; Allison 등, 1999; Tzemos 등, 2002; Stewart 등, 2004; Jae 등, 2006).

Corresponding author: Kyung-A Shin, Department of Laboratory Medicine, Bundang Jesaeng General Hospital, Sungnam 463-774, Korea
TEL: 010-2759-8672 E-mail: mobitz2@daum.net

Received : 7 NOV 2011
Return for modification : 26 NOV 2011
Accepted : 5 DEC 2011

운동 중 수축기 혈압반응의 변동요인으로 운동능력을 들 수 있는데, 질환군에 비해 건강군에서는 더 나은 운동능력으로 인해 운동량의 증가와 함께 최대 수축기 혈압의 증가를 나타낸다(Fagard 등, 1996). 그러나 조 등(1997)은 운동유발성 고혈압의 특성분석을 통해 정상군과 운동유발성 고혈압군을 비교한 결과 최대산소섭취량과 운동시간에 차이가 없는 것으로 보고하고 있다. 또한 다른 선행연구에 의하면 운동 중 과도한 혈압반응에 따른 신체구성, 혈청지질, 심폐기능은 일관된 결과를 보이지 않았다(조 등, 1997; Allison 등, 1999; Chang 등, 2004). 또한 운동 중 뿐만 아니라 운동 후 회복기 동안의 비정상적인 수축기 혈압반응은 뇌졸중 및 심혈관질환과 밀접한 관련요인이나 그에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Hashimoto 등, 1993; Laukkanen 등, 2004).

이에 본 연구에서는 안정 시에는 정상적인 혈압반응을 보였으나 운동부하시 과도하게 혈압이 상승하는 환자에 있어서 운동능력 및 운동 중 또는 회복기 혈압반응과 심혈관요인을 비교분석하고 운동능력과 혈압간의 관련성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

이 연구는 2008년 11월부터 2011년 6월 동안 J 종합병원에서 운동부하 검사를 실시한 중년남성 72명을 대상으로 하였으며, 연구에 대해 설명을 듣고 동의서를 작성한 후 시행하였다. 운동부하 검사 시 과도한 혈압상승 반응은 Framingham Heart Study의 기준에 의해 안정 시에는 정상혈압이었으나 운동 시 수축기 혈압이 210 mmHg 이상 상승하는 것으로 정의하였다(Lauer 등, 1992).

운동 시 과도한 혈압반응(exaggerated blood pressure response)군과 건강검진을 시행한 환자 중 정상적인 혈압반응(normal blood pressure response)을 보이는 군을 통제군으로 선정하였으며, 72명의 대상자 중 운동 시 정상 혈압반응군은 49명, 과도한 혈압반응군은 23명이었다. 또한 이들 대상자 중 심각한 부정맥, 좌심실 구혈률(ejection fraction) 40% 이하의 심부전증, 운동부하 검사를 받기 어려운 만성폐

쇄성폐질환과 근골격계질환, 운동부하 검사 중 심혈관계 이상반응으로 검사를 중단한 경우는 제외하였다.

2. 측정항목 및 방법

1) 점증적 운동부하 검사

운동부하 검사는 트레드밀(Medtrack ST 55, Quinton Instrument Co., USA)을 이용하여 3분 간격으로 속도와 경사도를 증가시키는 Bruce 프로토콜에 따라 검사 중 환자의 흉통, 어지러움 같은 자각증상이나 모니터에서 위험한 심전도와 혈압에 근거하여 검사를 종료하는 점증적 증상 제한적 최대운동부하 검사(symptom limited graded maximum exercise test)를 시행하였다. 운동 중에는 지속적으로 12 유도 심전도를 측정하였다.

운동 직전과 운동 중 1분 간격으로 심전도를 기록하였으며, 심박수와 혈압은 매 단계마다 3분 간격으로 측정하였다. 회복 시 프로토콜은 운동 직후 약 30-40초간 경사도 0%로 가볍게 걷고 트레드밀이 완전히 멈춘 후에는 침대에 눕혀서 1분, 3분, 5분간 심전도, 혈압, 심박수를 측정하였다.

운동부하 검사 직후 심박수 회복(heart rate recovery)은 운동 중 도달한 최대 심박수에서 회복 시 1분대 심박수를 뺀 값으로 하였다(Cole 등, 1999). 또한 운동능력은 아래의 공식을 이용하여 대사당량(metabolic equivalents: METs)으로 변환하였다.

$$METs = \frac{(Speed \times 0.1) + (Grade/100 \times 1.8 \times Speed) + 3.5}{3.5}$$

2) 혈압측정

안정 시 혈압측정은 10분간 안정상태에서 수은혈압계를 이용하여 측정하였으며, 운동 중 혈압변화는 운동부하 검사 시 각 단계(stage)별로 측정하여 적용하였다. 최고 혈압은 최대운동 시 혈압으로 정의하였다.

신장 및 체중은 자동 신장·체중계(SH-9600A, Sewoo system, Korea)를 사용하였으며, 체질량지수(body mass index: BMI)는 체중(kg)/신장(m²)의 공식으로 구하였다.

3) 혈액검사

혈액검사는 8시간 금식한 상태에서 전완동맥에서 채혈하였으며, 측정항목으로는 공복혈당(fasting blood glucose), 총콜레스테롤(total cholesterol), HDL-콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol), LDL-콜레스테롤(low density lipoprotein cholesterol), 중성지방(triglyceride)으로 TBA-200FR NEO (Toshiba, Japan)를 사용하여 분석하였다. 각각의 측정원리는 공복혈당은 Denka Seiken (Japan)시약을 사용하여 HK-G6PD법으로, HDL-콜레스테롤은 효소법, LDL-콜레스테롤은 Liquid selective detergent법, 총콜레스테롤은 CHOP-PAP 효소비색법, 중성지방은 GPO-PAP 효소비색법을 원리로 측정하였으며, KYOWA Medix (Japan) 시약을 사용하였다.

3. 자료처리

이 연구는 SPSS/Window 13.0 통계프로그램을 이용하여 연구 대상자의 집단간 혈액 변동요인 및 심혈관계 요인의 차이를 알아보기 위하여 independent t-test를 실시하였으며, 운동부하 검사 시 최대 수축기 혈압과 운동능력을 나타내는 METs와의 관련성을 알아보기 위해 Pearson 상관분석을 실시하였다. 통계적으로 유의한 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 신체적 특성 및 혈액변동요인의 차이

운동부하 검사 시 정상 혈압반응군과 과도한 혈압반응군의 신체적 특성 및 혈액변동요인의 차이는 Table 1과 같다. 연령과 신장은 집단간 차이가 없는 것으로 나타났으나, 체중과 체질량지수는 과도한 혈압반응군에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(각각 $p=0.015$, $p=0.021$). 또한 혈액 변동요인 중 공복혈당과 중성지방은 과도한 혈압반응군에서 유의하게 높게 나타났다(각각 $p=0.036$ $p=0.035$).

총콜레스테롤은 통계적으로 유의하지는 않지만 과도한 혈압반응군에서 높은 경향을 보였으며, LDL-콜레스테롤은 과도한 혈압반응군에서 낮은 경향을 보였다.

Table 1. The clinical characteristics of subjects according to SBP response to treadmill exercise test

Variables	Normal SBP (n=49)	Exaggerated SBP (n=23)
Age (years)	54.6 ± 5.8	57.0 ± 9.1
Height (cm)	167.9 ± 5.5	169.8 ± 6.4
Weight (kg)	69.4 ± 9.7	75.4 ± 9.0*
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 2.7	26.1 ± 2.4*
Glucose (mg/dL)	95.6 ± 13.3	118.8 ± 45.2*
Total cholesterol (mg/dL)	202.6 ± 29.2	211.1 ± 47.0
HDL-cholesterol (mg/dL)	51.5 ± 11.9	51.1 ± 14.8
LDL-cholesterol (mg/dL)	131.0 ± 28.3	119.4 ± 45.5
Triglyceride (mg/dL)	125.5 ± 61.4	216.9 ± 166.4*

Values are Mean±SD. ***: $p < .001$, **: $p < .01$. *: $p < .05$ (compared with Normal SBP).

Abbreviation; SBP: systolic blood pressure, BMI: body mass index
HDL: high density lipoprotein, LDL: low density lipoprotein

2. 운동능력 및 심혈관 요인의 차이

운동부하 검사 시 정상 혈압반응군과 과도한 혈압반응군의 운동능력 및 심혈관 요인의 차이는 Table 2와 같다. 운동능력을 나타내는 METs, 운동지속시간은 정상 혈압반응군에 비해 과도한 혈압반응군에서 유의하게 낮게 나타났다(각각 $p=0.019$ $p=0.013$).

안정 시 혈압반응으로서 안정 시 수축기 혈압과 심근산소소비량(rate pressure product: RPP)은 정상 혈압반응군에 비해 과도한 혈압반응군에서 유의하게 높게 나타났다(각각 $p=0.001$ $p=0.017$). 또한 최대 운동 시 혈압반응으로서 최대 수축기와 이완기 혈압 및 최대 심근산소소비량은 과도한 혈압반응군에서 유의하게 높게 나타났다(각각 $p < .001$, $p=0.002$, $p < .001$). 그러나 심박수 회복(heart rate recovery)은 집단간 차이가 없는 것으로 나타났다.

3. 최대 수축기 혈압과 METs와의 관련성

최대 운동 시 수축기 혈압과 METs와의 관련성은 Fig. 1과 같다. 수축기 혈압은 METs와의 관계에서 유의한 역상관 관계(negative correlation)를 나타냈다($r = -0.376$, $p=0.001$).

Table 2. The comparison of the exercise capacity and cardiovascular factors

Variables	Normal SBP (n=49)	Exaggerated SBP (n=23)
Exercise capacity (METs)	11.3±1.8	9.7±2.8*
Exercise duration (minutes)	9.4±1.7	7.8±2.7*
Resting HR (bpm)	62.2±11.0	65.3±11.3
Resting SBP (mmHg)	117.5±11.1	127.4±11.1**
Resting DBP (mmHg)	76.2±10.5	74.1±13.1
Resting RPP	7331.6±1595.8	8363.7±1805.1*
Maximum HR (bpm)	156.4±9.4	156.6±13.8
Maximum SBP (mmHg)	161.2±17.3	216.4±5.0***
Maximum DBP (mmHg)	78.9±9.5	88.9±13.1***
Maximum RPP	25192.5±3055.1	33883.8±3049.5***
HRR	30.5±11.2	28.3±8.6

Values are Mean±SD. ***: $p < .001$, **: $p < .01$. *: $p < .05$ (compared with Normal SBP).

Abbreviation; METs: metabolic equivalents, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure

DBP: diastolic blood pressure, RPP: rate pressure products, HRR: heart rate recovery

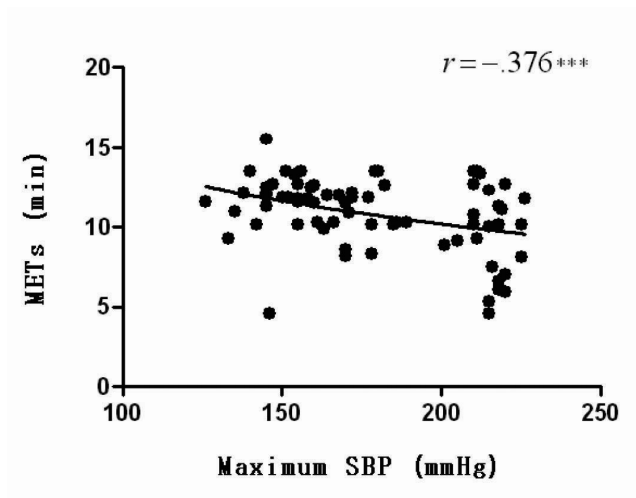


Fig. 1. Correlation of METs with maximum exercise SBP in treadmill exercise test.

***: $p < .001$

4. 운동단계에 따른 수축기 혈압의 변화

정상 혈압반응군과 과도한 혈압반응군간의 점증적 운동부하에 따른 혈압 변화의 비교는 Fig. 2와 같다. 수축

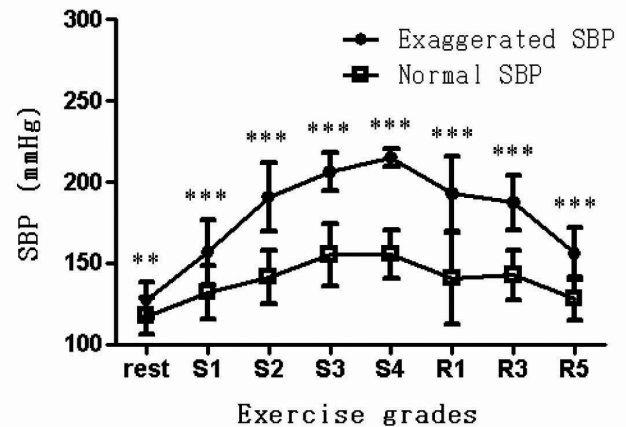


Fig. 2. Systolic blood pressure changes according to exercise grades between two groups.

***: $p < .001$, **: $p < .01$ (significantly difference of normal SBP and exaggerated SBP)

Abbreviation; S: stage, R: recovery

기 혈압은 stage 1에 해당하는 3분대부터 정상 혈압반응군 (132.3 ± 16.5)에 비해 과도한 혈압반응군(156.9 ± 20.0)이 유의하게 높은 혈압반응을 보이고 있으며($p < .001$), 최대 운동 시 수축기 혈압도 정상 혈압반응군(155.7 ± 14.9)에 비해 과도한 혈압반응군(215.1 ± 5.5)이 유의하게 높은 혈압반응을 보였다($p < .001$).

운동부하 검사 후 회복기의 혈압반응은 정상 혈압반응군 (128.0 ± 13.4)에 비해 과도한 혈압반응군(156.0 ± 15.9)이 회복기 5분대까지도 정상 혈압으로의 늦은 회복을 보였다 ($p < .001$).

고 찰

고혈압은 심혈관질환의 가장 흔한 기저질환으로서 심부전, 협심증, 심근경색증, 뇌졸중과 같은 심혈관질환과 밀접한 관련이 있다(Jackson 등, 1983; Trenkwalder 등, 1999; Miyai 등, 2002). 일반적으로 고혈압의 진단 및 치료를 위해 안정 시 혈압측정이 일반적이거나 안정 시에는 정상혈압이더라도 운동 시 과도한 혈압 상승은 안정 시 고혈압에 선행하여 나타나는 것으로 보고되고 있다(Laukkanen과 Kurl, 2011).

운동부하 검사는 허혈성심질환을 발견하는데 한정적이지 않고, 혈압, 심박수, 운동능력의 이상을 발견하는데 유용하며, 운동 중, 후에 과도한 혈압반응을 가진 환자를 확인하는데 이용된다(Laukkanen과 Kurl, 2011).

이 연구에서는 운동 중 과도한 혈압반응을 보이는 환자가 있어서 운동능력 및 회복기 혈압반응을 포함한 심혈관 요인을 정상 혈압군과 비교분석하고 운동능력과 혈압간의 관련성을 알아보려고 하였다.

운동능력은 운동 중 수축기 혈압반응의 변동요인으로서 건강한 피검자들은 질환자들보다 높은 운동능력으로 인해 운동량의 증가와 함께 총 수축기 혈압이 증가한다(Fagard 등, 1996).

조 등(1997)은 점증적 운동부하 시 운동유발성 고혈압군과 고혈압군, 정상군간의 호흡 순환기능을 비교한 결과 세 집단 모두 운동지속시간과 최대산소섭취량(VO_{2max})은 차이가 없는 것으로 보고하였다. 또 다른 연구에서도 정상군과 운동유발성 고혈압(exercise-induced hypertension)군을 비교한 결과 운동시간과 최대산소섭취량은 차이가 없었다(조 등, 1997)고 보고한 반면, Jae 등(2006)은 운동 시 과도한 혈압반응과 동맥경화증과의 관련성에서 정상 혈압군에 비해 과도한 혈압반응군에서 최대산소섭취량(VO_{2max})의 감소를 보고하였다.

이 연구결과에서는 정상 혈압반응군과 비교해 과도한 혈압반응군에서 낮은 METs와 운동지속시간을 보였으며, 최대 수축기 혈압과 METs와는 역상관 관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 체질량지수 및 공복혈당과 중성지방이 과도한 혈압반응군에서 높게 나타나 심혈관 위험요인을 더 많이 포함하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 혈압상승은 총 말초저항 감소, 혈관내피세포 확장기능(endothelial vasodilator function)의 장애, 좌심실비대와 관련이 있으며, 과도한 혈압상승은 심폐기능의 감소와 관련이 있다는 연구결과와 일부 일치한다(Mahoney 등, 1988; Gottdiener 등, 1990; Tzemos 등, 2002; Kokkinos 등, 2002; Stewart 등, 2004).

또한 위와 같은 운동능력에 대한 결과는 운동 프로토콜뿐만 아니라 운동능력을 측정하는데 있어서 직접적으로 최대 산소섭취량을 측정하였는지 아니면 운동능력을 METs로 변환하였는지에 따라 상반된 결과를 보이는 것으로 나타났으

며, 과도한 혈압반응의 기준을 최대운동부하(submaximal exercise) 또는 최대운동부하에 의한 과도한 혈압반응으로 설정하였는지에 따라 다양한 결과를 보이고 있다(Laukkanen과 Kurl, 2011).

심근산소소비량(rate pressure product: RPP)은 심박수와 수축기 혈압의 곱으로 심근의 산소소비량을 간접적으로 측정하는 지표로 이용되고 있다(Jorgensen 등, 1977). 또한 운동 중에는 심박수와 수축기 혈압의 증가와 비례하여 심근 산소소비량도 증가하는데, 운동 중 과도한 혈압상승은 심근산소소비량을 가중시켜 심근 허혈을 유발할 수 있다(김과 신, 2007).

안정 시와 운동 시 낮은 혈압반응은 운동능력 및 혈역학적(hemodynamics) 향상의 결과이며, 심근산소소비량은 훈련을 통해 횡문근 대사의 효율성과 산소 추출능력의 향상으로 심근혈류 요구량의 감소와 함께 심근산소요구량도 감소하게 된다(Kokkinos 등, 2002; 김과 신, 2007).

이 연구결과에서는 과도한 혈압반응군이 정상 혈압반응군에 비해 안정시와 최대 운동 시 심근산소소비량이 높게 나타났으며, 이는 과도한 혈압반응군에서 심근의 낮은 효율성을 보이는 결과라 할 수 있다.

Kurl 등(2001)은 운동 중 과도한 혈압반응은 잠재적인 질환이나 안정 시 고혈압인 경우에 나타나는 반응이며, 회복기 동안에 최대수축기 혈압의 늦은 회복은 뇌졸중의 위험요인이라고 보고하였다. 특히 운동 후 2분대의 수축기 혈압이 높은 상태를 유지하는 것은 전신성 혈관저항(systemic vascular resistance)의 증가와 관련된 지표라고 하였다.

이 연구에서는 과도한 혈압반응군에서 안정 시 혈압과 더불어 최대 운동부하시에도 높은 수축기 혈압반응을 보이는 것으로 나타났으며, 회복기는 1분, 3분, 5분대까지 늦은 회복을 보이는 것으로 나타났다.

김(2005)은 정상군보다 고혈압 진단군과 과도한 혈압반응군에서 혈압변화가 높으며, 고혈압 진단군보다 과도한 혈압반응군이 운동 중 유의하게 높은 혈압변화를 보이는 것으로 보고하고 있다. 그러므로 고혈압 진단군과 마찬가지로 운동 시 과도한 혈압반응군도 심혈관질환에 노출될 위험이 높기 때문에 고혈압 진단에 있어서 안정 시 혈압과 더불어 운동 시 혈압반응도 고려되어야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 안정 시에는 정상적인 혈압반응을 보였더라도 운동부하시 과도한 혈압상승을 보이는 경우 정상 혈압 반응군에 비해 심혈관 위험요인을 더 많이 내재하고 있으며, 낮은 운동능력과 늦은 회복기 혈압반응을 보이는 것으로 나타났다.

운동이 생활화 되어가고 있는 현대사회에서 고혈압의 진단과 치료를 위해 24시간 활동 중 혈압측정과 함께 운동 중 혈압반응에 대해서도 향후 관심을 가져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Allison TG, Cordeiro MA, Miller TD, Daida H, Squires RW, Gau GT. Prognostic significance of exercise-induced systemic hypertension in healthy subjects. *Am J Cardiol*. 1999, 83:371-375.
- Chang HJ, Chung J, Choi SY, Yoon MH, Hwang GS, Shin JH, et al. Endothelial dysfunction in patients with exaggerated blood pressure response during treadmill test. *Clin Cardiol*. 2004, 27:421-425.
- Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999, 341:1351-1357.
- Fagard RH, Paridaens K, Staessen JA, Thijs L. Prognostic value of invasive hemodynamic measurements at rest and during exercise in hypertensive men. *Hypertension*. 1996, 28:31-36.
- Filipovsky J, Ducimetiere P, Safar ME. Prognostic significance of exercise, blood pressure, and heart rate in middle-aged men. *Hypertension*. 1992, 20: 333-339.
- 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, 112:161-166.
- Hashimoto M, Okamoto M, Yamagata T, Yamane T, Watanabe M, Tsuchioka Y, et al. Abnormal systolic blood pressure response during exercise recovery in patients with angina pectoris. *J Am Coll Cardiol*. 1993, 22:659-664.
- Jackson AS, Squires WG, Grimes G, Bread EF. Prediction of future resting hypertension from exercise blood pressure. *J Cardiopulm Rehabil*. 1983, 3:263-268.
- Jae SY, Fernhall B, Heffernan KS, Kang M, Lee MK, Choi YH, et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with carotid atherosclerosis in apparently healthy men. *J Hypertension*. 2006, 24:881-887.
- Jorgensen CR, Gobel FL, Taylor HL, Wang Y. Myocardial blood flow and oxygen consumption during exercise. *Ann N Y Acad Sci*. 1977, 301:213-223.
- Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT. Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke*. 2001, 32:2036-2041.
- Kokkinos PF, Andreas PE, Coutoulakis E, Colleran JA, Narayan P, Dotson CO, et al. Determinants of exercise blood pressure response in normotensive and hypertensive women: role of cardiorespiratory fitness. *J Cardiopulm Rehabil*. 2002, 22:178-183.
- Lauer MS, Levy D, Anderson KM, Plehn JF. Is there a relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass? *Ann Intern Med*. 1992, 116:203-210.
- Laukkanen JA, Kurl S. Blood pressure responses during exercise testing—is up best for prognosis? *Ann Med*. 2011, 1-7.
- Laukkanen JA, Kurl S, Salonen R, Lakka TA, Rauramaa R, Salonen JT. Systolic blood pressure during recovery from exercise and the risk of acute myocardial infarction in middle-aged men. *Hypertension*. 2004, 44:820-825.
- Lima EG, Spritzer N, Herkenhoff FL, Bermudes A, Vasquez EC. Noninvasive ambulatory 24-hour blood pressure in patients with high normal blood pressure and exaggerated systolic pressure response to exercise. *Hypertension*. 1995, 26:1121-1124.
- Lim PO, MacFadyen RJ, Clarkson PB, MacDonald TM. Impaired exercise tolerance in hypertensive patients. *Ann Intern Med*. 1996, 124:41-55.
- Mahoney LT, Schieken RM, Clarke WR, Lauer RM. Left ventricular mass and exercise responses predict future blood pressure: the Muscatine Study. *Hypertension*. 1988, 12:206-213.
- Miyai N, Arita M, Miyashita K, Morioka I, Shiraiishi T, Nishio I. Blood pressure response to heart rate during exercise test and risk of future hypertension. *Hypertension*. 2002, 39:761-766.
- Mundal R, Kiildsen SE, Sandvik L, Erikssen G, Thaulow E, Erikssen J. Exercise blood pressure predicts mortality from myocardial infarction. *Hypertension*. 1996, 27:324-329.
- Palatini P. Exaggerated blood pressure response to exercise: pathophysiologic mechanisms and clinical relevance. *J Sports Med Phys Fitness*. 1998, 38:1-9.
- Sallis JF, Broyles SL, Nader PR, Buono MJ, Abramson IS, Patterson TL, Nelson JA. Blood pressure reactivity to exercise: stability, determinants, family aggregation, and prediction. *J Dev Behav Pediatr*. 1991, 12:162-170.
- Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, et al. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Fram-

- ingham heart study. *Circulation*. 1999, 99:1831-1836.
24. Stewart KJ, Sung J, Silber HA, Fleg JL, Kelemen MD, Turner KL, et al. Exaggerated exercise blood pressure is related to impaired endothelial vasodilator function. *Am J Hypertens*. 2004, 17:314-320.
25. 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, 20:752-756.
26. Tzemos N, Lim PO, MacDonald TM. Is exercise blood pressure a marker of vascular endothelial function? *Q J Med*. 2002, 95:423-429.
27. 김덕중. 혈압유형에 따른 중년 남성들의 운동부하 검사시 혈압변화 및 심전도 반응비교. *한국체육학회지*. 2005, 44:849-859.
28. 김영주, 신영오. 유산소 운동이 관상동맥질환을 동반한 운동유발성 고혈압환자의 심혈관계 요인에 미치는 영향. *운동과학*. 2007, 16:131-140.
29. 조종현, 강제영, 제세영, 이병섭, 김상원, 유영주 등. 운동유발성 고혈압(Exercise-Induced Hypertension)의 특성 분석. *대한스포츠의학회지*. 1997, 15:338-347.
30. 조종현, 강제영, 제세영, 이병섭, 유영주, 김상원. 점증적 운동부하시 운동유발성 고혈압(Exercise-Induced Hypertension)과 고혈압군, 정상군간의 호흡순환기능 비교. *한국체육학회지*. 1997, 36(4):326-334.