

## 고혈압 전단계 대학생들의 단순 일회성 유산소 운동이 혈압, 혈중지질과 섬유소 용해 인자에 미치는 영향

김대열<sup>1</sup>, 백경엽<sup>2</sup>, 박혁<sup>1</sup>, 이하얀<sup>1</sup>, 김동희<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 체육교육과

<sup>2</sup>광주살레시오고등학교

### Effects of Acute Aerobic Exercise on Blood Pressure, Blood Lipids and Fibrinolytic Markers in Pre-hypertension College-aged Males

Daeyeol Kim<sup>1</sup>, Kyoungyeop Back<sup>2</sup>, Hyeok Park<sup>1</sup>, Hayan Lee<sup>1</sup>, Donghee Kim<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Chonnam National University

<sup>2</sup>Salesian High School in Gwang-Ju

**요약** 본 연구는 고혈압전단계 남자 대학생들이 단순 일회성 유산소 운동을 운동강도를 달리하여 혈압, 혈중지질, 섬유소 용해 인자에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 총 6명이 최종 실험 참가자로 선정되어 일회성 달리기 운동을 저강도(50-60% 여유심박수(Heart rate reserve(HRR)), 중강도(60-70%HRR), 고강도(70-80%HRR)로 실시하였다. 혈압(수축기와 이완기), 혈중지질(총 콜레스테롤(total cholesterol(TC), 고밀도단백질 콜레스테롤(high-density lipoprotein cholesterol(HDL-C)), 섬유소 용해 인자(tissue plasminogen activator(tPA) and plasminogen activator inhibitor-1(PAI-1))는 운동 전과 후 그리고 운동 후 60분 각각의 강도마다 측정되었다. 실험결과는 저강도 그룹의 수축기 혈압은 운동 후에 유의하게 상승하였다( $p=0.013$ ). 하지만 중강도와 고강도 그룹의 수축기 혈압은 유의하지는 않았으나 효과크기로 분석시 운동 후 60분에 -1.33과 -1.23으로 큰 효과를 보이며 낮아졌다. HDL-C는 중강도( $p=0.003$ )와 고강도 그룹( $p=0.002$ )에서 운동 후 60분에 유의하게 증가하였다. tPA는 중강도( $p=0.021$ )와 고강도 그룹이( $p=0.042$ ) 운동 후에 유의하게 증가하였다. 그리하여 일회성 중강도와 고강도 운동을 했을 때 운동 후 저혈압이 나타나고 HDL-C가 높아지고 또한 tPA 농도가 높아져서 고혈압 전 단계 젊은 남성들이 지속적인 중강도 이상의 운동을 하게 되면 고혈압과 심혈관질환을 예방하고 지연시킬 것이다.

**Abstract** The purpose of this study was to examine the effects of acute aerobic exercise at different intensities on the blood pressure, blood lipids and fibrinolytic markers in pre-hypertension college-aged males. Six subjects performed an acute running exercise at three different intensities(low intensity(LI): 50-60% heart rate reserve(HRR), moderate intensity(MI): 60-70%HRR, and high intensity(HI): 70-80%HRR). The blood pressure(systolic(SBP) and diastolic blood pressure(DBP), blood lipids(total cholesterol(TC) and high-density lipoprotein cholesterol(HDL-C)) and fibrinolytic markers(tissue plasminogen activator(tPA) and plasminogen activator inhibitor-1(PAI-1)) were determined before(PRE), immediately after(POST) and 60minutes after the exercise(60 POST). Results: the SBP in the LI group was significantly increased at POST( $p=0.013$ ). The ES levels for the SBP in the MI and HI groups were reduced (-1.33 and -1.23, respectively), though the differences were not significant. The HDL in the MI( $p=0.003$ ) and HI( $p=0.002$ ) groups were significantly increased at 60 POST. Also, the tPA in the MI( $p=0.021$ ) and HI( $p=0.042$ ) groups were significantly increased at POST.

**Keywords** : acute aerobic exercise, different exercise intensity, blood pressure, blood lipid, fibrinolytic markers

<sup>\*</sup>Corresponding Author : Donghee Kim(Chonnam National University)

Tel: +82-10-2674-2560 email: secor@hanmail.net

Received June 19, 2017

Revised (1st June 28, 2017, 2nd July 6, 2017)

Accepted July 7, 2017

Published July 31, 2017

## 1. 서론

일반적으로 고혈압은 관상동맥질환(coronary heart disease), 뇌졸중(stroke), 울혈성심부전증(congestive heart failure) 등에 심혈관질환(cardiovascular diseases)과 말기 신장질환(end-stage renal disease)등을 유발할 수 있는 가장 큰 위험 요인이다[1]. 또한 이 고혈압은 전 세계적으로 사망의 첫 번째 원인이고[2] 약 10억 명의 사람들에게 영향을 주어 건강에 관련한 보험의 사용을 증가시키고 있다[3]. 이런 고혈압은 혈관 손상(endothelial damage)으로 생리학적 혈관 운동 활성(physiological vasomotor activity)을 상실시켜 심혈관계 질환의 중요한 발생 요인 중 하나인 이상지혈증(dyslipidemia)을 유발하기도 한다[4]. 이러한 고혈압과 심혈관계 질환의 위험성은 신체활동으로 증대로 인하여 낮출 수 있다[5]. 게다가 단순 일회성 운동 후에도 혈압이 낮아지는 운동 후 저혈압이 발생하여[6] 운동은 혈압에 긍정적인 역할을 한다. 한 메타분석 연구에 의한 유산소 훈련을 통한 혈압의 저하의 기전은 심박출량(cardiac output)은 유지된 상태에서 심혈관계의 저항성(systemic vascular resistance)이 낮아졌기 때문인데 이는 훈련으로 인하여 자율신경계의 활성이 저하되어 안정시 심박수(heart rate)가 약 9.3% 낮아지고 이와 동시에 심장의 1회 박출량(stroke volume)은 15.4% 상승하였기 때문이다[7].

그리고 혈중지질은 심혈관 질환과 밀접한 관계가 있는데 저밀도 지단백 콜레스테롤(low-density lipoprotein cholesterol(LDL-C))과 고밀도 지단백 콜레스테롤(high-density lipoprotein cholesterol(HDL-C))으로 구성되어있는 총 콜레스테롤(total cholesterol)은 허혈성 심장질환(ischaemia heart disease)과 높은 상관관계가 있는데 이 중 저밀도 지단백 콜레스테롤이 낮을 경우 허혈성 심장질환 발생률이 낮아지고[8], 또한 고밀도 지단백 콜레스테롤이 상승을 하면 고혈압 발생의 위험을 줄일 수 있다고 하였다[4]. 고밀도 지단백은 신체활동과 관련이 있는데 운동과 고밀도지단백에 관한 메타연구를 보면 일반 건강한 남자뿐만 아니라 심혈관계 질환이 있는 환자들 또한 유산소운동으로 인하여 고밀도 지단백 콜레스테롤이 증가하고 저밀도 지단백 콜레스테롤이 저하 된다고 보고 하였다[9, 10]. 더욱이 심혈관계 질환 환자들 경우 유산소 운동 중 강도가 높은 운동이 더 많은 고밀도 지단백 콜레스테롤의 증가를 이룬다고 하였다[10].

또한 일반적인 신체활동이 어떠한 기전으로 심혈관계 질환을 예방하는지 아직 충분히 밝혀지지는 않았지만 아마도 혈액응고(coagulation)와 섬유소 용해(fibrinolysis)의 균형이 중요한 역할을 한다[11]. 그 중 섬유소 용해 억제제인 플라즈미노겐 활성인자 억제자-1(plasminogen activator inhibitor-1(PAI-1))와 섬유소 용해 인자인 조직 플라즈미노겐 활성인자(tissue plasminogen activator(tPA))의 작용이 중요한데 신체활동량이 적을수록 그리고 나이가 많아질수록 PAI-1은 상승하고 tPA는 감소한다고 보고하였다[12]. 이 높은 PAI-1은 혈전을 형성을 촉진시키고 심근경색(myocardial infarction)의 발생 가능성을 나타내지만, 평소에 신체활동량이 많은 사람은 낮은 PAI-1 수치를 보이고 또한 운동을 하게 되면 PAI-1의 수치가 낮아져서 섬유소 용해 능력이 향상 된다[11]. tPA는 당단백질(glycoprotein)중 하나로 주로 혈관 내피세포(vascular endothelial cells)에서 분비가 되는데 섬유소 용해를 상향조절(up-regulation)하여서 혈액응고 용해(clot dissolution)를 활성화하기 때문에 혈관계질환의 발생을 낮춘다[13]. 그리하여 tPA의 분비는 혈전증(thrombosis)의 방지를 의미하는데 tPA의 분비가 증가는 운동을 통하여 이루어진다[14].

이러한 이유로 고혈압의 예방과 치료로써 그리고 고혈압 인한 심혈관 질환의 위험성을 낮추는데 운동이 권장되는데, 이는 활동적인 사람이 비활동적인 사람보다 고혈압의 위험이 적고 더불어 단순 일회성 운동 후 휴식기에 평소보다 혈압이 떨어지며, 장기적인 유산소 운동은 고혈압 환자의 혈압을 낮추어 긍정적인 영향을 미친다[15]. 하지만 어떠한 운동 강도로 운동을 실시하였을 때 고혈압 또는 고혈압 전 단계 환자들에게 심혈관 질환의 위험성을 줄이면서 가장 긍정적인 효과를 미치는가에 대한 연구는 아직 논란이 많은데, 그 이유는 미국 스포츠 의학회(American college of sports medicine(ACSM))에서는 혈압이 높은 사람들에게 30분 이상의 중강도 운동(40-60% peak oxygen consumption( $VO_{2peak}$ ))을 추천하였는데 선행된 여러 연구에서는 좀 더 강도 있는 운동(60-75  $VO_{2peak}$ )이 휴식기 혈압 저하에 도움이 된다고 보고 하였다[16]. 그러므로 선행연구들을 보면 어떠한 운동 강도가 고혈압 또는 고혈압 전 단계 환자들에게 가장 효과적인지에 대한 정보가 아직 부족하다. 그러므로 단순 일회성 운동시 다른 강도의 따라서 혈압, 혈중지질, 혈중 섬유소 용해 인자들의 반응에 차이가 나타난다

면 이를 바탕으로 고혈압이나 고혈압 전 단계 환자들을 위한 운동 프로그램 설계 시 가장 효과적인 강도를 설정하여 환자들의 건강을 최적으로 향상시킬 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 고혈압 전 단계 대학생들을 대상으로 단순 일회성 유산소운동을 다른 강도로 실시하여 혈압이나 혈중 지질, 혈중 섬유소 용해 인자들의 효과를 살펴보고 고혈압 전 단계 대상자들에게 어떠한 운동 강도가 가장 효과적인지를 규명하고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구의 대상은 G광역시와 그 근교에 거주하는 고혈압 전단계인(수축기 120 mmHg 초과 - 140 mmHg 미만, 이완기 80 mmHg 초과-90 mmHg 미만) 남자 대학생들을 11명을 선별하였다. 실험 참가자 수의 계산은  $G^*power$  3.1 프로그램을 이용하여 유의수준 0.05, 검정력(1- $\beta$ ) 80%, 효과크기(effect size) 0.625[17] 계산한 결과 각 그룹 당 4명이 필요한데 탈락자를 고려하여 대학생 11명을 선정하였으나 운동프로그램 참여율이 80% 미만인 3명, 참여거부 2명 총 5명의 대상자를 제외하고 각 그룹 6명의 인원이 최종 실험 참가자로 선정되었다. 총 6명의 실험 참가자들은 모든 저·중·고 강도 단순 일회성 유산소 운동을 일정한 날짜 간격(1주일)을 두고 실시하였다. 실험 참가자들 모집 시에 유산소 운동 및 저항성 운동 훈련을 실시하고 있는 참가자는 본 연구에서 제외시켰으며, 실험에 동의는 실험 참가자들에게 실험에 대하여 자세히 설명을 하고 이해시킨 후에 실험 동의서에 서명을 받았다. 실험참가자들의 신체적 특성은<Table 1>과 같다.

### 2.2 연구설계

본 연구의 실험은 고혈압 전단계의 대학생들을 대상으로 단순 일회성 유산소 운동 시 다른 운동 강도에 따라 혈압, 혈중지질, 혈중 염증 인자에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 실시하였다. 실험참가자들은 총 3회의 운동을 다른 강도로 실시하였고 운동 간의 간격은 일주일로 설정하여 그 전에 운동이 차후 운동에 영향이 미치지 않도록 충분한 휴식을 하였다.

## 2.3 실험방법 및 절차

### 2.3.1 단순 일회성 운동

운동 강도의 설정은 유효심박수(heart rate reserve(HRR))공식을 이용하여서 저강도(50-60%HRR), 중강도(60-70%HRR), 고강도(70-80%HRR)로 설정하였다. 운동시간은 준비운동 10분 본 운동 40분 정리운동 10분 총 60분으로 설정되었고 운동은 트레드밀에서 실시하였다. 실험 장소의 일관성과 안정성을 위하여 실험 시 온도를  $22\pm 2^{\circ}C$ , 습도는  $60\pm 5\%$ 로 설정하여 매 실험 시 동일한 조건을 형성 하도록 노력 하였다. 측정 변인인 수축기 혈압(systolic blood pressure(SBP)), 이완기 혈압(diastolic blood pressure(DBP)), 혈중 지질(TC & HDL-C), 섬유소 용해 인자(tPA & PAI-1)를 분석하기 위하여 각 운동 시작 전, 운동 후, 운동 후 60분에 측정하였다.

### 2.3.2 측정 및 채혈방법

실험참가자들은 실험측정 전날 음주와 과격한 운동 활동을 피하고 최소 8시간 이상의 공복상태(overnight fasting)를 유지 한 후 실험 시작 전에 미리 도착 하여 의자에서 안정을 충분히 취한 후 실험 절차를 듣고 측정을 실시하였다.

### 2.3.3 안정시 심박수 및 혈압 측정

실험참가자의 안정시 심박수 측정을 위하여 polar heart rate monitor를 실험 참가자 가슴 명치부위에 위치시킨 후 모니터에 보여지는 안정시 심박수를 측정하였다. 그 후 실험참가자가 안정을 충분히 취한 후에 숙련된 측정자가 청진기와 수는 혈압계를 이용하여 혈압을 측정하였다. 실험 후 혈압 측정은 모든 운동을 끝마친 후 실험자가 의자에 앉으면 사전측정 방법 마찬가지로 숙련자가 청진기와 수는 혈압계를 이용하여 혈압을 측정하였고 운동 후 60분 동안 안정을 취한 후 다시 혈압을 측정 하였다.

### 2.3.4 채혈

혈액분석 시 변인들이 다른 환경적인 영향을 최소로 받기 위하여 최소한 8시간의 공복 상태를 실시 한 후 혈액채혈을 실시하였다. 실험참가자들이 실험 전 실험실에 미리 도착하여 충분한 안정을 취한 후 첫 번째 채혈을 실시하였는데 팔오금중간정맥에서 혈액(10ml)을 1회용 주사기를 이용하여 채혈하였다. 두 번째 채혈은 동일한

방법으로 모든 운동을 마친 후 채혈되었고 세 번째 채혈은 운동 후 60분 동안 안정을 취한 후 다시 채혈을 실시하였다. 채혈한 혈액은 5분간 원심분리기에서 3000rpm으로 원심분리를 한 후 혈청만 -70~-80℃ 온도에 동결 보관 되었고 그 후에 성분분석은 임상센터에 의뢰하였다.

### 2.3.5 혈액성분분석

성분 분석 중 혈중 지질(총 콜레스테롤(total cholesterol(TC)), 고밀도 지단백 콜레스테롤(high density lipoprotein(HDL)))은 혈액분석기(VITROS DT 60 II, Johnson & Hohnson Co. USA)를 이용하여 분석하였고, tPA와 PAI-1의 분석은 효소결합 면역흡수 분석법(ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Assay으로 kit (Asserachrom tPA; American Diagnostica, Greenwich, CT, USA)와 Kit (Immubind PAI-1; American Diagnostica, Greenwich, CT, USA))로 분석하였다.

### 2.4 자료처리

모든 자료의 분석은 통계프로그램(SPSS version 21.0)을 사용하여 분석하였다. 운동 프로그램 사전 측정값의 동질성 분석을 One-way ANOVA(Analysis of variance)를 이용하였다. 운동프로그램 (저·중·고강도) 간에 동질성이 확보되었을 시에 Two-way repeated measures Analysis of variance를 이용하여 상호작용(interaction: 운동프로그램 (3) x 시기(3))을 분석하였다. 사후 검증방법은 One-way ANOVA와 대비검증방법(contrast)방법을 이용하였다. 모든 자료는 평균과 표준편차로 표현되었고 자료 분석시 유의 수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다. 효과크기(effect size (ES))는 공식에 대입되어서 계산 되었다[18]. 효과크기 공식: (사전값 - 사후값)/(사전값의 표준편차).

## 3. 연구결과

### 3.1 혈압의 변화

저·중·고강도의 단순 일회성 유산소 운동을 실시한 결과 수축기와 이완기 혈압의 변화는 다음 <Table 3>과 같다. 수축기 혈압의 변화 중 상호작용(interaction) 분석 결과는  $F(4, 20) = 1.157, p = 0.178$ 로 통계적으로 유의하지 않았다. 대비검증 결과에 의하면 LI 집단이 시기간

분석 결과에서 사전측정과 사후 측정에 수축기 혈압이 유의( $p = 0.013$ )하게 증가 하였고 사후측정과 사후 60분 후 측정시 유의( $p = 0.012$ )하게 감소하였다. 하지만 MI 집단과 HI 집단 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 집단간 분석결과에서 사후측정시와 사후 60분 측정시 집단간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 통계적으로 유의 하지는 않았으나 효과 크기로 분석하였을 시 MI 집단과 HI집단은 사후 60분 측정시 수축기 혈압의 효과 크기가 각각 -1.33와 -1.23으로 상당히 큰 효과를 보이며 낮아졌다. 그리고 이완기 혈압의 변화 중 상호작용(interaction) 분석 결과는  $F(4, 20) = 1.159, p = 0.358$ 로, 통계적으로 유의하지 않았다. 대비검증 결과에 의하면 LI 집단이 시기간 분석 결과에서 사전측정과 사후 측정에 이완기 혈압이 유의( $p = 0.027$ )하게 증가 하였다, 하지만 MI 집단과 HI 집단 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 집단간 분석결과에서 사후측정 시와 사후 60분 측정 시 집단 간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 통계적으로 유의 하지는 않았으나 효과 크기로 분석하였을 시 LI집단은 사후 60분 측정 시 이완기 혈압이 효과 크기가 .77로 상당히 큰 효과를 보이며 높아졌다.

### 3.2 혈중지질의 변화

저·중·고강도의 단순 일회성 유산소 운동을 실시한 결과 TC와 HDL의 변화는 다음 <Table 4>와 같다. TC의 변화 중 상호작용(interaction) 분석 결과는  $F(4, 20) = 4.118, p = 0.014$ 로 통계적으로 유의하였다. 대비검증 결과에 의하면 HI 집단이 시기간 분석 결과에서 TC가 사전측정과 사후 측정( $p = 0.048$ )과 사후측정과 사후 60분 후 측정시( $p = 0.014$ )로 유의 하게 증가, 하였지만 LI 집단과 MI 집단은 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 집단간 분석결과에서 사후측정시와 사후 60분 측정시 집단 간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 그리고 HDL의 변화 중 상호작용(interaction) 분석 결과는  $F(4, 20) = 0.606, p = 0.663$ 로, 통계적으로 유의하지 않았다. 대비검증 결과에 의하면 MI 집단( $p = 0.003$ )과 HI 집단( $p = 0.002$ )이 시기간 분석 결과에서 사전측정과 사후 측정에 HDL-C가 유의 하게 증가 하였다, 하지만 LI 집단은 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 집단간 분석 결과에서 사후 측정시와 사후 60분 측정시 집단 간의 유의한 차이는 보이지 않았다.

**Table 3.** Blood Pressure Responses

Variables	Systolic Blood Pressure (mmHg)			Diastolic Blood Pressure (mmHg)		
	LI (n = 6)	MI (n = 6)	HI (n = 6)	LI (n = 6)	MI (n = 6)	HI (n = 6)
PREa	132.00±3.58	137.00±8.92	132.33±11.62	82.33±8.89	81.33±9.75	78.33±8.64
POSTb	140.00±1.79	130.67±19.37	130.83±19.97	87.17±10.74	82.67±12.64	78.50±10.84
60POSTc	130.83±5.00	125.17±12.97	118.00±7.80	89.17±9.00	79.17±8.04	74.67±2.25
Post-hoc	a<b,c; a,b>c			a<b,c		
ES (a-b)	2.23	-0.71	-0.13	0.54	0.14	0.02
ES (a-c)	-0.33	-1.33	-1.23	0.77	-0.22	-0.42

**Table 4.** Blood Lipids Responses

Variables	TC (mg/dl)			HDL-C (mg/dl)		
	LI (n = 6)	MI (n = 6)	HI (n = 6)	LI (n = 6)	MI (n = 6)	HI (n = 6)
PREa	172.83±30.37	173.83±29.47	174.50±29.49	47.83±10.07	48.83±12.38	48.83±10.57
POSTb	173.83±29.47	174.00±25.35	184.00±28.40	50.00±10.60	51.00±12.68	50.50±10.52
60POSTc	174.50±29.49	174.17±28.76	186.50±29.08	49.50±9.85	51.00±11.93	50.83±10.53
Post-hoc	a<bc			a<c,b		
ES (a-b)	0.03	0.01	0.32	0.22	0.18	0.16
ES (a-c)	0.05	0.01	0.41	0.17	0.18	0.19

**Table 5.** Inflammatory Marker Responses

Variables	tPA (ng/ml)			PAI-1 (ng/ml)		
	LI (n = 6)	MI (n = 6)	HI (n = 6)	LI (n = 6)	MI (n = 6)	HI (n = 6)
PREa	1.67±2.27	1.60±2.26	1.66±2.37	23.57±15.91	21.35±10.52	21.42±3.86
POSTb	2.00±2.68	2.70±2.29	3.36±2.57	12.25±5.92	18.73±10.24	17.00±13.22
60POSTc	1.81±2.43	1.73±2.15	1.83±2.32	17.37±8.64	16.02±6.37	14.20±6.70
Post-hoc	a<b,c; a,b>c		a<b, c			
ES (a-b)	0.15	0.46	0.72	-0.71	-0.25	-1.15

### 3.3 염증인자의 변화

저·중·고강도의 단순 일회성 유산소 운동을 실시한 결과 t-PA와 PAI의 변화는 다음 <Table 5>와 같다. t-PA의 변화 중 상호작용(interaction) 분석 결과는  $F(4, 20) = 6.114, p = 0.002$ 로 통계적으로 유의하였다. 대비검증 결과에 의하면 MI 집단이 시기간 분석 결과에서 t-PA가 사전측정과 사후 측정간 유의( $p = 0.021$ )하게 증가 하였고 사후측정과 사후 60분 후 측정간 유의( $p = 0.029$ )하게 감소하였다. 또한 HI 집단은 사전측정과 사후 측정간 유의( $p = 0.042$ )하게 증가 하지만 LI 집단은 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 집단간 분석결과에서 사후 측정시와 사후 60분 측정시 집단간의 유의한 차이는 보이지 않았다. 그리고 PAI-1의 변화 중 상호작용(interaction) 분석 결과는  $F(4, 20) = 0.730, p = 0.582$ 로, 통계적으로 유의하지 않았다. 대비검증 결과에 의하면 LI집단, MI 집단과 HI 집단 모두 시기간 및 집단간 분석결과에서 PAI-1이 유의한 차이를 보이지 않았다. 통계적으로 유의 하지는 않았으나 효과 크기(ES)로 분석하였을 시 모든 집단이 사후 측정시와 사후 60분 측정시 PAI-1에 효과 크기가 상당히 큰 효과를 보이며 낮아졌다.

### 4. 논의

본 연구는 단순 일회성 유산소 운동을 저·중·고강도로 실시하여 혈압, 혈중지질, 혈중섬유 용해 인자들에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 알아보고 이를 유산소 운동 훈련 프로그램 설계 시 가장 효과적인 강도인지를 권장하기 위한 연구라고 볼 수 있다. 이를 위하여 고혈압 전 단계 대학생들을 대상으로 단순 일회성 유산소운동을 다른 강도로 실시하여 혈압이나 혈중 지질, 혈중 섬유소 용해 인자들을 운동 전, 운동 후, 그리고 운동 후 60분에 측정을 실시하였다. 본 연구의 효과는 LI 그룹에서 SBP가 운동 후 유의하게 증가하였다가 운동 60분 후에 유의하게 감소하여 평상시 상태로 되돌아왔고 DBP가 운동 후 유의하게 증가하였다. 그리하여 저강도 운동은 고혈압 전 단계 대학생들에게 부정적인 영향을 주었다. 하지만 통계적으로 유의 하지는 않았으나 효과크기로 분석시 MI와 HI 그룹의 운동 후 60분에 SBP가 -1.33과 -1.22로 큰 효과를 보이며 낮아져서 운동 후 안정시에 저혈압 상태를 나타내어 긍정적인 효과를 보였다. 선행연구에서 고혈압을 가지고 있는 중장년 비만 남자를 대상으로 최

대산소섭취량의 70%의 강도로 45분의 달리기 운동을 처치한 결과 SBP와 DBP가 운동 후 운동을 하지 않은 통제 세션 보다 저하되었다[19]. 다른 연구에서는 일반인 젊은 남성들을 대상으로 30%, 50%, 그리고 75%  $\dot{V}O_{2peak}$  강도로 일회성 자전거 에르고미터 운동(45분) 하여서 50%와 75%  $\dot{V}O_{2peak}$  강도에서 SBP와 DBP가 운동 후 30 - 90 분 동안 저하되었다고 보고 하였고 이러한 이유는 강도가 높은 운동일수록 운동 후 혈압이 오랫동안 더 낮게 형성되는데 이는 고강도 운동 일수록 운동 후 안정시에 1회 심박출량(SV)이 더욱 감소하고 심박수(HR)는 증가하기 때문이라고 보고하였다[17]. 또한 고혈압 전단계와 고혈압인 중년남성을 대상으로 40%와 60%  $\dot{V}O_{2max}$ 의 강도로 일회성 자전거 에르고미터 운동(30분) 하여 두 강도(40%와 60%  $\dot{V}O_{2max}$ ) 모두 운동 후 45분 까지 SBP가 저혈압 상태를 보였는데 강도가 더 강한 60%  $\dot{V}O_{2max}$ 가 더 낮은 저혈압 상태를 보였고 모든 집단이 운동 후 5시간 동안 평균 SBP가 높아졌는데 그 중 60%  $\dot{V}O_{2max}$ 가 40%  $\dot{V}O_{2max}$  집단에 비하여 낮은 상승을 보였다[20]. 또 다른 연구를 보면 고혈압 전단계와 고혈압인 중년남자들을 대상으로 40%, 60%, (30분) 그리고 100%  $\dot{V}O_{2peak}$  강도의 자전거 에르고미터 운동을 실시하여 40%와 60%  $\dot{V}O_{2peak}$  강도는 SBP가 운동 후 45분까지 혈압이 낮아졌고 60%  $\dot{V}O_{2peak}$  강도가 40%  $\dot{V}O_{2peak}$ 보다 더 낮게 혈압이 형성되었다. 하지만 운동 후 9시간 동안 평균 SBP가 상승 했는데 강도가 높을수록 더 낮은 혈압의 상승을(100% < 60% < 40%) 보였다[16]. 이 연구에서 100%  $\dot{V}O_{2max}$  강도는 운동 후 저혈압 상태가 보이지 않았는데 그 이유는 강도가 너무 높아서 운동시간이 매우 짧기 때문이라고 하였고 운동 후 9시간 동안 SBP에 변화는 가장 긍정적인 결과를 보였다[16]. 기존의 선행연구들을 기반으로 보면 본 연구와 마찬가지로 강도가 높을수록 운동 후 휴식기에 혈압에 더욱 긍정적인 영향을 주었다. 이러한 이유는 운동을 하면 강화된 전단응력(shear stress)이 내피세포(endothelium)를 자극 하여 산화질소(nitric oxide(NO))를 생산하고 이 NO가 평활근(smooth muscle)을 이완시키고 평상시 상태를 유지시켜서 혈관성저항(vascular resistance)에 강한 영향을 주는데[21] 운동의 강도가 강할수록 NO가 더 많이 생성되기 때문이다[22]. 그리하여 강도가 높을수록 혈압에 긍정적인 효과를 미친다.

본 연구에서 TC는 HI 그룹만 운동 후와 운동 후 60

분에 유의하게 증가하였고 HDL-C는 MI와 HI 그룹에서 운동 후 60분에 유의하게 증가하였다. 선행연구를 보면 20대 남자를 대상으로 최대심박수에 50%(141.33±14.05 minutes)와 85%(78.67±7.53 minutes) 강도로 트레드밀에서 운동을 하여 운동 후 50% 강도는 TC가 통계적으로 유의하게 감소하였고 85% 강도는 통계적으로 유의하지는 않았지만 증가하였다, 그리고 HDL-C는 통계적으로 유의하지는 않았지만 두 집단 모두 증가하였다[23]. 또한 젊은 남자 달리기 선수를 대상으로 최대심박수의 65% ± 6의 강도에 단순 일회성 달리기 운동(90분) 후 TC는 유의하게 증가하였고 HDL-C 유의하지 않지만 증가하였다[24]. 또한 남자 대학생들을 대상으로 최대심박수의 ~50%-90%의 운동 강도로 일회성 자전거 에르고미터 운동(300kcal 소비, ~25 - ~40분) 운동 후 HDL-C는 거의 모든 집단이 감소하였다가 휴식기 30분과 90분에는 운동 전 수준이나 그 이상으로 증가하였다, 그러나 TC는 모든 집단이 운동 후 감소하였다가 휴식기에 운동 전 수준으로 회복이 되었다[25]. 하지만 한 선행연구에서 젊은 여자 대학생들을 대상으로 60-70%  $\dot{V}O_{2max}$ 의 45분간 달리기 후에 TC와 HDL-C는 유의하지 않게 감소하였다[26]. 기존의 연구들 중에서 여자를 대상으로 한 연구를 제외하면 HDL-C의 반응은 본 연구와 비슷하게 모든 강도의 훈련 후 증가 되는 추세를 보였다. 이러한 일회성 운동 후 증가된 HDL-C가 장기간 훈련으로 이어져 반복적으로 일어나서 적응이 되면 HDL-C의 증가 폭을 넓힐 것이다[25].

본 연구에서 tPA는 MI와 HI 그룹에서 운동 후에 유의하게 증가되었고 PAI-1은 통계적으로 유의하지는 않았지만 모든 그룹이 큰 효과크기를 보이며 운동 후와 운동 후 60분에 감소하였다. 선행연구에서 젊은 남성들을 대상으로 젖산 역치점 이상과 이하(75.7±9.4%(>LT) 혹은 41.3%±9.1%(<LT))의 강도로 일회성 자전거 에르고미터 운동을 한 후 두 집단 모두 tPA가 운동 직후 유의하게 상승 하였지만 젖산역치 이상 강도 집단이 젖산역치 이하 강도 집단보다 유의하게 높았고 운동 후 60분에는 두 집단 모두 다시 운동 전 상태로 돌아왔다. 그리고 PAI-1은 두 집단 모두 운동 후와 운동 후 60분에 유의하지 않지만 감소를 하였다[27]. 그리고 과체중이나 비만 중년 여성을 대상으로 70% $\dot{V}O_{2peak}$ 에 강도로 일회성 달리기 운동(30분)을 한 후 tPA는 유의하게 증가하였고 PAI-1은 유의하지는 않았지만 조금 감소하였다[28]. 또

한 젊은 남자 대학생들을 대상으로 점증최대부하운동(graded maximal exercise test)을 트레드밀에서 실시 한 후 2분 간격으로 10분 동안 채혈하여 tPA와 PAI-1을 분석하였는데 tPA 10분 동안 유의하게 높았고 PAI-1은 10분 동안 유의하게 낮았다[29]. 젊은 남자들을 대상으로 68±4%와 83±5%VO<sub>2</sub>max의 강도로 달리기 운동 후 두 집단 모두 유의하게 증가하였다. 그 중 강도가 높은 집단이 낮은 집단 보다 더 많이 증가였고 운동 후 60분 후에는 두 집단 모두 운동 전 상태로 돌아왔다[30]. 선행연구들의 결과와 본 연구 결과와 비슷한 형태를 보였는데, 운동 직후 증가한 tPA는 휴식기가 지나면 다시 운동전 상태로 돌아가는데 그 이유는 tPA가 빠른 혈류를 타고 간(liver)으로 가서 분해가 된다고 하였다[29]. tPA는 섬유소 용해 능력을 향상시키는데 tPA의 증가로 인하여 프라즈미노겐(plasminogen)을 프라즈민(plasmin)으로 변화시키고 PAI-1도 낮추는 역할을 한다[27]. 이러한 이유로 중강도 이상의 운동은 tPA의 향상을 이끌어내어 혈액응고를 저하 시키고 섬유소 용해를 향상시켜 심혈관 질환의 위험성을 낮출 수 있을 것이다.

이와 같은 긍정적인 변화 결과를 보면, 중강도와 고강도 일회성 운동 후 저혈압의 상태의 발현과 혈중지질 중 HDL-C의 증가 섬유소 용해 인자(tPA)의 긍정적인 변화를 확인할 수 있었다. 그리하여 운동 후 혈압의 상승을 가져온 저강도 운동 보다는 중강도 이상의 운동이 고혈압 전단계의 사람들에게 유익하다는 것으로 사료되지만 앞으로 강도의 적정 역치를 찾는 추후 연구가 필요하다고 생각된다.

## 5. 결론 및 제언

본 연구는 고혈압 전 단계 남자 대학생들에게 강도가 다른 달리기 운동을 처치하여 혈압, 혈중지질, 섬유소 용해 인자에 어떠한 영향을 주는지에 대해 알아보기 위하여 수행 되었다. 이를 위하여 실험 참가자들은 다른 운동 강도[(저강도 50-60% heart rate reserve(HRR), 중강도(60 - 70% HRR), 고강도(70-80% HRR)]로 단순 일회성 달리기 운동을 실시하여 혈압(SBP와 DBP), 혈중지질(TC와 HDL-C) 그리고 섬유소 용해 인자(tPA와 PAI-1)을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 중강도와 고강도 운동 후 SBP가 휴식시에 저혈압 상태

를 유지하였고, HDL-C가 상승하고, tPA가 상승하여 고혈압 전 단계 대상의 남자 대학생들은 중강도와 고강도 운동이 적절한 효과를 이끌어내어 추후 지속적으로 운동을 실시한다면 긍정적으로 변화된 인자들이 더욱 자극이 되어 혈압의 정상화와 심혈관 질환의 위험성을 낮출 수 있을 것으로 사료된다. 그리하여 본 연구의 결과는 추후 젊은 남성 고혈압 전 단계 또는 고혈압 환자들의 운동 프로그램 설계 시 알맞은 운동 강도를 권고 하겠다고 판단된다.

## References

- [1] Whelton, S. P., Chin, A., Xin, X., & He, J., Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Annals of Internal Medicine*, vol. 136, no. 7, pp. 493-503, 2002. DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-136-7-200204020-00006>
- [2] Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn, S, Murray CJ, Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet* 360 (9343) p. 1347-1360, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11403-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11403-6)
- [3] Ciolac, E. G, High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *American Journal of Cardiovascular Disease*, vol. 2, no. 2, pp. 102-110, 2012.
- [4] Halperin, R. O., Sesso, H. D., Ma, J., Buring, J. E, Stampfer, M. J., Gaziano, J. M, Dyslipidemia and the risk of incident hypertension in men. *Hypertension*, vol. 47 no. 1, pp. 45-50, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000196306.42418.0e>
- [5] Hu, G., Barengo, N. C., Tuomilehto, J., Lakka, T. A., Nissinen, A., Jousilahti, P, Relationship of physical activity and body mass index to the risk of hypertension: a prospective study in Finland. *Hypertension*, vol. 43, no. 1, pp. 25-30, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000107400.72456.19>
- [6] Liu, S., Goodman, J., Nolan, R., Lacombe, S., Thomas, S. G., Blood pressure responses to acute and chronic exercise are related in prehypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 44, no. 9, pp. 1644-1652, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31825408fb>
- [7] Fagard, R. H., Cornelissen, V. A., Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, vol. 14, no. 1, pp. 12-17, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e3180128bbb>
- [8] Prospective Studies C, Lewington S, Whitlock G, Clarke R, Sherliker P, Emberson J, Halsey J, Qizilbash N, Peto R, Collins R. Blood cholesterol and vascular mortality by age, sex, and blood pressure: a meta-analysis of individual data from 61 prospective studies with 55,000 vascular deaths. *Lancet* 370 (9602) p. 1829-1839.

- [9] Kelley, G. A., Kelley, K. S., Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in men: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The journal of men's health & gender : the official Journal of the International Society for Men's Health & Gender*, vol. 3, no. 1, pp. 61-70, 2006. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(99\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(99)00141-7)
- [10] Kelley, G. A., Kelley, K. S., Franklin, B., Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in patients with cardiovascular disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, vol. 26, no. 3, pp. 131-139, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1097/00008483-200605000-00002>
- [11] Bodary, P. F., Yasuda, N., Watson, D. D., Brown, A. S., Davis, J. M., Pate, R. R., Effects of short-term exercise training on plasminogen activator inhibitor (PAI-1). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 35, no. 11, pp. 1853-1858, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000093751.82616.F0>
- [12] Francis, R. M., Romeyn, C. L., Coughlin, A. M., Nagelkirk, P. R., Womack, C. J., Lemmer, J. T., Age and aerobic training status effects on plasma and skeletal muscle tPA and PAI-1. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 114, no. 6, pp. 1229-1238, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2857-2>
- [13] Lowe, G. D., Danesh, J., Lewington, S., Walker, M., Lennon, L., Thomson, A., Rumley, A., Whincup, P. H., Tissue plasminogen activator antigen and coronary heart disease. Prospective study and meta-analysis. *European Heart Journal*, vol. 25, no. 3, pp. 252-259, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2003.11.004>
- [14] Smith, D. T., Hoetzer, G. L., Greiner, J. J., Stauffer, B. L., DeSouza, C. A., Effects of ageing and regular aerobic exercise on endothelial fibrinolytic capacity in humans. *The Journal of Physiology*, vol. 546, no. 1, pp. 289-298, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.027870>
- [15] Smith, D. T., Hoetzer, G. L., Greiner, J. J., Stauffer, B. L., DeSouza, C. A., Effects of ageing and regular aerobic exercise on endothelial fibrinolytic capacity in humans. *The Journal of Physiology*, vol. 546, no. 1, pp. 289-298, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.027870>
- [16] Eicher, J. D., Maresh, C. M., Tsongalis, G. J., Thompson, P. D., Pescatello, L. S., The additive blood pressure lowering effects of exercise intensity on post-exercise hypotension. *American Heart Journal*, vol. 160, no. 3, pp. 513-520, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2010.06.005>
- [17] Forjaz, C. L., Cardoso Jr, C. G., Rezk, C. C., Santaella, D. F., Tinucci, T., Postexercise hypotension and hemodynamics: the role of exercise intensity. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 44, no. 1, pp. 54-62, 2004.
- [18] Rhea, M. R., Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, vol. 18, no. 4, pp. 918-920, 2004.
- [19] Taylor-Tolbert, N. S., Dengel, D. R., Brown, M. D., McCole, S. D., Pratley, R. E., Ferrell, R. E., Hagberg, J. M., Ambulatory blood pressure after acute exercise in older men with essential hypertension. *American Journal of Hypertension*, vol. 13, no. 1, pp. 44-51, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(99\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(99)00141-7)
- [20] Pescatello, L. S., Guidry, M. A., Blanchard, B. E., Kerr, A., Taylor, A. L., Johnson, A. N., Maresh, C. M., Rodriguez, N., Thompson, P. D., Exercise intensity alters postexercise hypotension. *Journal of Hypertension*, vol. 22, no. 10, pp. 1881-1888, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1097/00004872-200410000-00009>
- [21] Baster-Brooks, C., Baster, T., Exercise and hypertension. *Australian family physician*, vol. 34, no. 6, pp. 419-424, 2005.
- [22] Santana, H. A., Moreira, S. R., Asano, R. Y., Sales, M. M., Cordova, C., Campbell, C. S., Espindola, F. S., Sposito, A. C., Nobrega, O. T., Simoes, H. G., Exercise intensity modulates nitric oxide and blood pressure responses in hypertensive older women. *Aging clinical and Experimental Research*, vol. 25, no. 1, pp. 43-48, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40520-013-0017-x>
- [23] S. H. Lee., H. S. Kang., Effects of two different intensities of acute exercise on insulin sensitivity. *Exercise science*, vol. 17, no. 4, pp. 391-400, 2008.
- [24] Hernandez-Torres, R. P., Ramos-Jimenez, A., Torres-Duran, P. V., Romero-Gonzalez, J., Mascher, D., Posadas-Romero, C., Juarez-Oropeza, M. A., Effects of single sessions of low-intensity continuous and moderate-intensity intermittent exercise on blood lipids in the same endurance runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 12, no. 2, pp. 323-331, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.12.002>
- [25] D. H. Park., Y. J. Kim., K. H. Kim., Seeking Optimal Acute Exercise Intensities Based on the Blood Lipid and Inflammation. *Korean Journal of Sport Science*, vol. 22, no. 2, pp. 1813-1824, 2011. DOI: <https://doi.org/10.24985/kjss.2011.22.2.1813>
- [26] H. C. Cho., D. J. Kim., The Changes of Acute Moderate Aerobic Exercise Time on Serum Lipid, Malondialdehyde and Superoxidedismustase in College Women. *Journal of Sport and Leisure Studies*, vol. 43, pp. 639-650, 2011.
- [27] Womack, C. J., Rasmussen, J. M., Vickers, D. G., Paton, C. M., Osmond, P. J., Davis, G. L., Changes in fibrinolysis following exercise above and below lactate threshold. *Thrombosis Research*, vol. 118, no. 2, pp. 263-268, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2005.06.016>
- [28] Lamprecht, M., Moussalli, H., Ledinski, G., Leschnik, B., Schlagenhaut, A., Koestenberger, M., Polt, G., Cvirn, G., Effects of a single bout of walking exercise on blood coagulation parameters in obese women. *Journal of Applied Physiology*, vol. 115, no. 1, pp. 57-63, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00187.2013>
- [29] Cooper, J. A., Nagelkirk, P. R., Coughlin, A. M., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Temporal changes in tPA and PAI-1 after maximal exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 36, no. 11, pp. 1884-1887, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000145447.61736.ED>
- [30] Weiss, C., Seitel, G., Bartsch, P., Coagulation and fibrinolysis after moderate and very heavy exercise in healthy male subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 30, no. 2, pp. 246-251, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-199802000-00012>

**김 대 열(Daeyeol Kim)**

[종신회원]



- 2011년 7월 : Department of Health and Exercise Science at University of Oklahoma(운동생리학석사)
- 2015년 7월 : Department of Health and Exercise Science at University of Oklahoma(운동생리학박사)

• 2016년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 체육교육과 시간강사

<관심분야>  
운동생리학

**이 하 안(Hayan Lee)**

[정회원]



- 1998년 2월 : 전남대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2002년 8월 : 전남대학교 체육학과 (체육학박사)
- 2017년 7월 ~ 현재 : 전남대학교 생명·나노과학대학 생활체육과 스포츠의학연구소 연구교수

<관심분야>  
스포츠의학, 운동처방, 영양, 건강관리

**백 경 엽(Kyoungyeop Back)**

[정회원]



- 1985년 3월 ~ 현재 : 광주살레시오고등학교 체육교사

<관심분야>  
운동생리학

**김 동 희(Donghee Kim)**

[정회원]



- 1993년 2월 : 고려대학교 일반대학원 체육학과 (체육학박사)
- 1983년 5월 ~ 현재 : 전남대학교 사범대학 체육교육학과 교수

<관심분야>  
운동생리학, 스포츠의학

**박 혁(Hyeok Park)**

[종신회원]



- 2012년 8월 : 순천대학교 교육 대학원 체육학과(운동생리학석사)
- 2016년 8월 : 전남대학교 일반 대학원 체육학과(운동생리학박사)
- 2016년 8월 ~ 현재 : 전남대학교 운동생리학실험실 연구원

<관심분야>  
운동생리학