

# Effects of 8-week Aerobic Exercise and Polyphenol Intake on Cardiovascular Response and Vascular Endothelial Function in Pre-hypertensive Men at Rest and during Exercise

Yeon-Chae Kim<sup>1</sup>, Kyung-Ae Kim<sup>2</sup> and Man-Gyoon Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Kyung Hee University

<sup>2</sup>Human IT Solution

## Article Info

Received 2022.02.11.

Revised 2022.03.14.

Accepted 2022.04.29.

## Correspondence\*

Man-Gyoon Lee

mlee@khu.ac.kr

## Key Words

Aerobic exercise,  
Polyphenol,  
Prehypertension,  
Cardiovascular response

**PURPOSE** The purpose of this study was to investigate the effects of 8-week aerobic exercise and polyphenol intake on body composition, cardiovascular response, vascular endothelial function, and physical fitness at rest and during exercise in pre-hypertensive men. **METHODS** The study included twenty-eight males in their 20-30 years of age with prehypertension. Participants in the aerobic exercise + polyphenol intake group (EX + PP;  $n = 14$ ) performed aerobic exercise three sessions/week, 30 min/session, at 65% of the heart rate reserve, and consumed polyphenol (grape seed extract 300 mg) for 8 weeks. Participants in the aerobic exercise + placebo intake group (EX + PL;  $n = 14$ ) performed the same aerobic exercise; however, they consumed placebo instead of polyphenol. All independent variables were measured at pre-test and post-test, and the data were analyzed. **RESULTS** The main results of the study were as follows: 1) SBP and MAP at rest decreased significantly in EX + PP, while MAP decreased significantly in EX + PL group. 2) In the EX + PP group, CO increased significantly, whereas DBP, MAP, and TPR decreased significantly during the hand grip exercise. In contrast, CO decreased significantly, while DBP and TPR increased significantly in the EX + PL group during the hand grip exercise. 3) Regarding vascular endothelial function, % FMD increased significantly in EX + PP group. 4) Sit-up increased significantly in both EX + PP and EX + PL groups; however, sit-and-reach in EX + PP group was significantly higher than that in EX + PL group at post-test. **CONCLUSIONS** The findings of this study showed that the 8-week aerobic exercise would have positive effects on body composition, cardiovascular response, and physical fitness at rest and during exercise in hypertensive men. Additionally, polyphenol intake would contribute more towards reduction of blood pressure at rest and during exercise and improvement of vascular endothelial function.

## 서론

세계적으로 심혈관질환(cardiovascular disease: CVD)으로 인한 사망자는 전체 사망자의 1/3을 차지하고, 사망원인 중 1위이며(Roth et al., 2020), 국내에서도 암에 이어 사망원인 2위이다

(Statistics Korea, 2020). 혈관내피세포기능 장애 및 동맥경화증과 같은 심혈관질환은 고혈압과 같은 위험 요인과도 밀접하게 연관되어 있다(Petrie et al., 2018). 경계성 고혈압은 수축기 혈압(systolic blood pressure: SBP) 120~139mmHg 또는 이완기 혈압(diastolic blood pressure: DBP) 80~89mmHg으로서(Chobanian et al., 2003) 고혈압의 초기 단계에 해당하지만, 고혈압의 위험에 대한 인식이 낮고, 고혈압으로의 전환율이 정상 혈압자에 비해 약 2배 높기 때문에(Vasan et al., 2002) 경계성 고혈압자에 대한 적극적인 관리가 요구된다.

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

유산소운동은 누구나 실천하기 쉽고, 심혈관기능의 향상과 혈압 조절에 매우 효과적인 운동방법으로서 주 3회 이상, 회당 30분 이상의 중강도 유산소운동이 권장된다(Alpsoy, 2020). 경계성 고혈압자를 대상으로 4주간 주 3회, 회당 30분, 최고산소섭취량(peak oxygen consumption:  $VO_{2peak}$ )의 65% 강도로 유산소운동을 실시한 결과 SBP 3.3%, DBP 3.9%, 평균동맥압(mean arterial pressure: MAP) 3.1%, 그리고 심박수(heart rate: HR) 6.9%의 감소가 나타났고(Collier et al., 2008), 유산소운동이 혈압에 미치는 영향에 대한 68개의 연구를 메타 분석한 결과 주 3~5회, 회당 30~50분의 유산소운동을 통하여 SBP와 DBP가 각각 3.4mmHg와 2.4mmHg 감소되었다(Nystrorriak & Bhatnagar, 2018).

그러나 운동이 고혈압자에게 무조건 긍정적으로 작용하지만은 않는다. 운동은 운동중 교감신경의 활성도를 증가시켜 HR, MAP, 그리고 심박출량(cardiac output: CO)을 일시적으로 증가시킨다(Shepherd et al., 1981). 정상 혈압자는 운동중 CO가 증가되는데 무리가 없지만, 경계성 고혈압자는 높아진 혈관경직도로 인한 말초혈관저항(total peripheral resistance: TPR)의 증가에 기인하여 혈압이 과도하게 올라가기 때문에 경계성 고혈압자의 운동중 과도한 혈압 상승은 운동의 안전성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Choi et al., 2013). 이와 같이 경계성 고혈압자와 고혈압자의 경우 운동중 과도한 혈압 상승과 심혈관질환 발생의 가능성이 높기 때문에(Pimenta & Oparil, 2010) 이와 같은 문제점을 개선하기 위한 노력이 필요하다.

혈압을 감소시키는데 효과적이라고 알려진 폴리페놀(polyphenol)의 섭취(Zhang et al., 2016)는 고혈압자에게서 나타날 수 있는 운동중 과도한 혈압 상승을 예방하고, 운동을 통한 고혈압자의 혈압 감소 효과에 도움이 될 것으로 기대된다. 폴리페놀 화합물은 단일 페놀 구조의 집합체로서 수천 개의 서로 다른 화합물을 포함하며, 대표적으로 카테킨(catechin)과 프로안토시아니딘(proanthocyanidins) 등이 있다(Perron & Brumaghim, 2009). 특히, 포도씨에 함유된 폴리페놀의 68%를 차지하는 프로안토시아니딘은 비타민 C보다 약 50배 높은 강력한 항산화 효과를 갖고 있어 산화 스트레스를 제거하고, 혈관을 보호하며, 심혈관질환의 발생 가능성을 낮춘다(Bagchi et al., 2003). 아울러 폴리페놀 섭취는 혈관내피세포의 AKt/PI3 키나제 신호 전달 경로(kinase signaling pathway)를 활성화하여 혈관내피세포기능의 개선에 도움을 주고, eNOS의 활성도를 높여 산화질소(nitric oxide: NO)의 생성을 촉진시키며(Schini-Kerth et al., 2010), 이와 같은 과정을 통하여 증가된 NO는 혈관 평활근세포에 작용하여 혈관 이완을 유도함으로써(Ahmad et al., 2018) 혈압을 감소시킨다.

폴리페놀 섭취와 관련된 선행연구를 살펴보면, 포도씨로부터 추출한 폴리페놀 150 mg가 포함된 음료를 6주간 1일 2회씩 섭취한 결과 경계성 고혈압자의 SBP와 DBP가 각각 6.4%와 4.9% 감소되었고(Park et al., 2016), 포도씨 추출물이 혈압에 미치는 영향에 대한 16개의 연구를 메타 분석한 결과에서도 혈압의 유의한 감소가 보고되었다(Zhang et al., 2016). 또한 폴리페놀 섭취 결과 NO의 생성이 증가되고, 산화 스트레스로부터 혈관내피세포를 보호하는 항산화 효과로 인하여 혈관내피세포기능이 개선되는 효과가 나타났으며(Oak et al., 2018), 2주간의 포도씨 추출 폴리페놀 섭취가 경계성 고혈압자의 혈관내피세포기능을 향상시켰다(Joen et al., 2018).

이상에서 살펴본 바와 같이, 지금까지 경계성 고혈압자를 대상으로 유산소운동 또는 폴리페놀 섭취를 단일 처치하여 심혈관반응과 혈관내피기능에 미치는 영향을 검증한 연구는 있었지만, 유산소운동과 폴

**Table 1.** Physical characteristics of participants (mean±SD)

Variables	Groups	EX+Polyphenol (n=14)	EX+Placebo (n=14)	<i>p</i>
Age (yrs)		26.93±3.53	26.56±3.40	.875
Height (cm)		176.07±5.81	175.94±4.38	.233
Weight (kg)		79.31±10.20	81.74±14.36	.189
Fat mass (kg)		18.38±5.29	20.63±9.43	.058
SBP (mmHg)		127.13±3.22	127.12±6.10	.781
DBP (mmHg)		78.73±4.67	78.88±4.90	.178

리페놀 섭취의 복합 처치의 효과를 검증한 연구는 매우 부족하였다. 특히, 운동중 과도한 심혈관반응으로 인한 안전성의 문제가 정상 혈압자에 비해 더 심각할 수 있는 경계성 고혈압자를 대상으로 그 효과를 검증하는 연구는 의미가 크다고 사료된다. 따라서 이 연구에서는 8주간의 유산소운동과 폴리페놀 섭취가 경계성 고혈압자의 안정시와 운동중 심혈관반응과 혈관내피기능에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

## 연구 방법

### 연구 대상자

이 연구의 대상자는 G도 S시에 거주하는 20~30대 남성으로, 경계성 고혈압자(SBP 120~139mmHg 또는 DBP 80~89mmHg)를 선정하였다. 최근 6개월 내에 체계적인 운동 트레이닝에 참여한 자, 각종 질환으로 인하여 약을 복용하는 자, 그리고 검사와 처치에 참가할 수 없는 자는 대상자에서 제외하였다. G\*power 3.1 프로그램을 이용하여(Faul et al., 2007), 효과크기 .4, 유의수준 .05, 그리고 검정력 .80%를 적용한 결과 이 연구에 필요한 대상자 수가 각 집단당 12명으로 산출되었으며, 탈락률을 고려하여 30명을 모집하여 유산소운동+폴리페놀 섭취 집단(EX+Polyphenol 집단)과 유산소운동+위약섭취 집단(EX+Placebo 집단)에 각각 15명씩 무선할당(random assignment)하였다. 처치 과정에서 각 집단당 1명씩 탈락하여 총 28명의 데이터를 최종 분석에 포함시켰다.

이 연구는 K대학교 생명윤리위원회로부터 승인을 받았다(승인번호: KHGIRB-21-273). 연구의 목적과 절차를 이해하고 자발적으로 참여하고자 하는 자로부터 검사동의서를 받고 연구에 참여하도록 하였다. 이 연구에 참여한 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

### 측정 항목과 방법

각 대상자에게 사전검사 24시간 전부터 음주, 흡연, 카페인 섭취, 그리고 고강도 운동을 금하도록 한 후, 실험 당일 오전 8시에 실험실에 방문하도록 하였다. 실험실 도착 후 30분간 안정을 취하도록 한 후 체격, 신체구성, 안정시 심혈관기능, 혈관내피기능, 운동중 심혈관기능, 그리고 체력 순으로 측정을 실시하였다. 사전검사와 사후검사는 동일한 방법으로 실시하였으며, 구체적인 측정 항목과 방법은 다음과 같다.

### 1. 체격과 신체구성

신장(height)은 신장계(YM-1, KDS, 한국)로 측정하였고, 생체전 기저항법에 따른 측정기(X-scan plus II, Jawon Medical, 한국)로 체중(weight), 체지방량(fat mass: FM), 체지방률(percent body fat: %BF), 그리고 체지방량(fat free mass: FFM)을 측정하였다. 체질량지수( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )는 체중(kg)을 신장의 제곱( $\text{m}^2$ )으로 나누어 산출하였다.

### 2. 최대약력

최대약력(maximal voluntary contraction: MVC) 측정은 악력계(TKK05001, Takei, 일본)를 이용하여 측정하였다. 주사용 팔을 사용하여 2회 측정하였고, 높은 값을 0.1kg 단위로 기록하였다.

### 3. 심혈관 기능

#### 1) 안정시 혈압

수은혈압계(HM-1101, Kenzmedico, 일본)를 이용하여 왼쪽 팔의 상완동맥에서 안정시 SBP와 DBP를 측정하였다. 2회 측정하여 낮은 값을 기록하였으며, 다음의 공식을 이용하여 MAP를 산출하였다(Lee et al., 2015).

$$\text{MAP} = (\text{SBP} - \text{DBP}) / 3 + \text{DBP}$$

#### 2) 안정시와 핸드그립 운동중 심혈관반응

안정시와 운동중 심혈관반응을 측정하기 위해 Physioflow(PF-05, Manatec biomedical, 프랑스)를 이용하였다. 대상자의 심장 부위와 경동맥에 6개의 전극을 부착한 후 안정시 HR, SV, 그리고 CO를 5분간 측정하였다. 이후 미리 설정한 MVC의 50% 강도로 3분간 초당 1회의 속도로 핸드그립 운동을 실시하였고(Joen et al., 2018), 운동중 HR, SV, 그리고 CO를 측정하였다. MAP를 CO로 나누어 TPR을 산출하였다.

#### 3) 안정시와 핸드그립 운동중 혈관직경 및 혈류량

안정시와 핸드그립 운동중 혈관내피기능 검사를 위하여 Pulse wave doppler(Clear Vue 550, 미국)를 이용하여 혈류량과 혈류직경을 측정하였다. 안정시에는 대상자가 누운 상태로 5분간 휴식을 취하도록 한 다음, 4~12MHz의 선형 탐촉자(liner transducer)를 이용하여 오른쪽 팔의 주관절 2~3cm 상부에 probe를 댄 후, B-mode 영상에서 기준점 60° 각도로 혈관 내막 층이 깨끗하게 보이는 곳을 기준으로 측정하였다. 핸드그립 운동중에는 운동 종료 30초 전에 동일한 방법으로 상완동맥의 혈관직경과 혈류속도를 측정하였다(Joen et al., 2018). 측정된 평균 혈류속도(time average mean velocity: TAMV)를 다음 공식에 대입하여 혈류량을 산출하였다.

$$\text{혈류량} = \text{TAMV} \times \text{혈관 반지름}^2 \times 60$$

### 4. 혈관내피기능

안정시 혈관내피기능을 평가하기 위하여 Pulse wave doppler(Clear Vue 550, 미국)로 혈류매개이완 검사(flow-mediated dilation: FMD)를 실시하였다. 대상자가 누운 상태에서 왼쪽 팔의 상완동맥에 커프를 채우고 200mmHg의 압력을 급속하게 가압하여 5분 동안 혈류를 폐색시킨 다음, 커프를 제거한 직후부터 2분 동안 10초 간격으

로 상완동맥의 혈관직경과 혈류속도를 측정하였다(Joen et al., 2018). FMD(%)는 측정된 혈관직경을 다음의 공식에 대입하여 산출하였다(Bots et al., 2005).

$$\text{FMD}(\%) = (\text{최고 혈관직경} - \text{안정시 혈관직경}) / \text{안정시 혈관직경} \times 100$$

### 5. 체력

근력을 측정하기 위하여 악력계(TKK05001, Takei, 일본)를 이용하여 악력 검사를 실시하였으며, 주사용 팔로 총 2회 측정하여 높은 값을 0.1kg 단위로 기록하였다. 근지구력을 측정하기 위하여 윗몸 일으키기를 실시하였으며, 1분간 반복한 횟수를 기록하였다. 유연성을 측정하기 위하여 좌전굴계(FT-7300, Donghwa, 한국)를 이용하여 앉아윗몸앞으로굽히기를 실시하였으며, 2회 실시하여 높은 값을 0.1cm 단위로 기록하였다.

심폐지구력을 측정하기 위하여 YMCA 스텝테스트를 실시하였다. 이 검사는 최대산소섭취량(maximal oxygen consumption:  $\text{VO}_{2\text{max}}$ )을 직접 측정하는 최대운동부하검사와 .80의 R값의 관계를 보여 타당도가 높다고 보고되었다(Van Kieu et al., 2020). 높이 31cm의 스텝 박스에 분당 96bpm의 박자에 따라 3분간 오르내리게 한 뒤, 운동을 마친 직후부터 1분간 측정된 HR을 다음의 식에 대입하여  $\text{VO}_{2\text{max}}$ 를 산출하였다.

$$\text{VO}_{2\text{max}} = 70.597 - (0.246 \times \text{나이}) + (0.077 \times \text{신장}) - (0.222 \times \text{체중}) - (0.147 \times \text{심박수})$$

### 치치 방법

EX+Polyphenol 집단의 대상자는 8주간 주 3회, 회당 30분, 예비 심박수(heart rate reserve: HRR)의 65% 강도로 트레드밀에서 유산소운동을 실시하였다(Collier et al., 2008). 전문 운동 트레이너가 지도하였고, 매 운동 시마다 Polar Heart Rate Analyzer(Polar Electro OY, 핀란드)를 이용하여 목표 심박수를 확인하였다. 처치 기간 동안 MegaNature®-BP(미국) 사가 제조한 폴리페놀이 90% 함유된 캡슐 형태의 포도씨 추출물 300mg을 매일 오전 1회씩 섭취하도록 하였으며, 위약은 동일 제조사에서 폴리페놀 성분을 제외하고 모양과 색깔을 동일하게 제조한 캡슐을 사용하였다(Park et al., 2016). 사전검사를 받은 당일부터 사후검사 전날까지 섭취시켰으며, 사전검사 당일에 8주 분량을 일괄 지급한 후 문자를 통해 섭취 여부를 매일 확인하였다.

EX+Placebo 집단의 대상자는 EX+Polyphenol 집단과 동일하게 운동을 실시하였고, 폴리페놀 대신 위약(placebo)을 섭취하도록 하였다. 위약은 폴리페놀과 외관상 동일하게 조제하였으며, cellulose 성분을 포함하였다. 모든 대상자에게 처치 기간 중 평소의 식습관을 그대로 유지하도록 하였고, 특히 폴리페놀이 풍부한 다크 초콜릿, 적포도주 및 포도 주스 등의 섭취를 제한하였다(Neveu et al., 2010).

### 자료처리 방법

이 연구를 통해 얻은 결과는 SPSS PC<sup>+</sup> for Windows(version 23.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 두 집단의 각 종속변인별

기술통계량을 제시하기 위하여 평균(mean)과 표준편차(standard deviation: *SD*)를 산출하였다. 두 집단 간 평균 차이와 두 시기 간 평균 차이를 동시에 분석하기 위하여 반복 이원변량분석(repeated two-way ANOVA)을 실시하였다. 집단과 시기의 상호작용이 유의할 경우, 각 집단 내 두 시기 간의 평균 차이는 종속 t-검증으로, 그리고 각 시기 내 두 집단 간 평균 차이는 독립 t-검증으로 분석하였다. 모든 통계 분석의 유의 수준( $\alpha$ )을 .05로 설정하였다.

## 연구 결과

신체구성과 관련하여 체중에서 시기의 주효과가 유의하게 나타났다(Table 2).

안정 시 심혈관반응과 관련하여 SBP에서 시기의 주효과 및 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났고, MAP에서 시기의 주효과가 유의하게 나타났고, EX+Polyphenol 집단의 SBP가 유의하게 감소되었다(Table 3).

안정 시 혈관직경과 혈류량의 경우 유의한 변화가 나타나지 않았다(Table 4).

핸드그립 운동중 심혈관반응과 관련하여 CO, DBP, MAP, 그리고 TPR에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났고, SBP와 MAP에서 시기의 주효과가 유의하게 나타났고, EX+Polyphenol 집단의 CO가 유의하게 증가되었고, DBP, MAP, 그리고 TPR이 유의하게 감소되었으며, EX+Placebo 집단의 CO가 유의하게 감소되고, DBP와 TPR이 유의하게 증가되었다(Table 5).

핸드그립 운동중 혈관직경과 혈류량에서 집단의 주효과가 유의하게 나타났고(Table 6).

혈관내피기능과 관련하여 %FMD에서 집단의 주효과와 시기의 주효과가 유의하게 나타났고(Table 7).

체력과 관련하여 악력과 윗몸일으키기에서 집단의 주효과가 유의

하게 나타났고, 윗몸일으키기와 앉아윗몸앞으로굽히기에서 시기의 주효과가 유의하게 나타났고(Table 8).

## 논의

### 신체구성의 변화

체질량지수, 체지방량, 그리고 골격근량 등 신체구성은 고혈압을 예측하는 중요한 지표이며, 높은 체질량지수와 체지방률은 향후 경계성 고혈압 또는 고혈압으로 이환될 위험도를 증가시키기 때문에 지속적인 체중 관리가 요구된다(Ye et al., 2018). 이 연구에서 8주간의 유산소운동과 폴리페놀 섭취에 따른 신체구성의 변화를 알아보았다. 체질량지수, 체지방량, 그리고 체지방률에서 통계적으로 유의한 변화가 나타나지는 않았지만, EX+Polyphenol 집단은 체질량지수가 1.6%, 체지방률이 1.8%, 그리고 체지방량이 3.4% 감소되었고, EX+Placebo 집단은 체질량지수가 1.2%, 체지방률이 3.4%, 그리고 체지방량이 3.5% 감소되어 시기의 주효과가 나타나는 경향을 보임으로써( $p=.054\sim.077$ ) 8주간의 유산소운동이 신체구성의 개선 가능성을 시사하였다. 또한 EX+Polyphenol 집단의 체중이 EX+Placebo 집단에 비하여 유의하게 낮아졌다. 이는 폴리페놀의 섭취가 에너지 섭취량의 감소로 인하여 체중 관리에 효과적일 수 있다는 선행 연구로 미루어보아 체중 감소에 영향을 미쳤을 것으로 해석된다(Vogels et al., 2004).

관련 선행연구에 의하면, 좌식생활을 하는 비만 대학생을 대상으로 12주간 주 3회, 회당 60분, HRR의 40~50% 운동 강도로 유산소운동을 실시한 결과 신체구성의 유의한 개선이 나타난 반면(Chiu et al., 2017), 경계성 고혈압자를 대상으로 4주간 주 3회, 회당 30분,  $VO_{2peak}$ 의 65% 운동 강도로 유산소운동을 실시한 결과 체중과 신체구성의 유의한 변화가 나타나지 않아(Collier et al., 2008) 유산소

**Table 2.** Changes in physique and body composition in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		$\Delta\%$		<i>p</i>
		Pre-test	Post-test			
Height (cm)	EX+PP	176.0±5.8	176.2±5.9	0.11	Group	.865
	EX+PL	175.9±4.3	175.8±3.7	-0.06	Time	.876
					Group×Time	.591
Weight (kg)	EX+PP	79.3±10.2	78.4±10.3	-1.15	Group	.582
	EX+PL	81.7±14.3	81.1±14.7	-0.74	Time	.005
					Group×Time	.672
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	EX+PP	25.5±2.7	25.1±2.8	-1.59	Group	.500
	EX+PL	26.4±4.6	26.1±4.5	-1.15	Time	.054
					Group×Time	.716
Percent body fat (%)	EX+PP	22.8±4.6	22.4±4.6	-1.79	Group	.614
	EX+PL	24.1±7.4	23.3±7.2	-3.43	Time	.077
					Group×Time	.536
Fat mass (kg)	EX+PP	18.3±5.2	17.7±5.3	-3.39	Group	.417
	EX+PL	20.6±9.4	19.9±9.0	-3.52	Time	.054
					Group×Time	.963

EX+PP: Exercise+Polyphenol, EX+PL: Exercise+Placebo.

\* $p<.05$ : Significant main effect or interaction.

운동을 통한 신체구성의 개선 효과가 대상자에 따라 다르게 나타난 것을 알 수 있었다. 혈압의 감소를 위한 유산소운동은 주 3~5회, 회당 20~60분,  $VO_{2max}$ 의 40~70%로 실시하는 것이 효과적이며, 체중 또는 체지방의 변화 없이도 혈압 감소가 나타나기 때문에(Wallace, 2003) 목적에 따라 유산소운동의 강도, 빈도, 그리고 시간을 적절하게 설정할 필요가 있다고 사료된다.

#### 안정시 심혈관반응 및 혈관직경과 혈류량의 변화

이 연구에서 20~30대 경계성 고혈압 남성을 대상으로 8주간의 유산소운동과 폴리페놀 섭취에 따른 안정시 HR, SV, CO, SBP, DBP, MAP, TPR, 그리고 혈관 직경 및 혈류량의 변화를 살펴본 결과,

EX+Polyphenol 집단에서 안정시 SBP에서 유의한 감소가 나타났다. Park et al.(2016)은 중년 경계성 고혈압자를 대상으로 6주간 300 mg의 폴리페놀이 함유된 주스를 섭취시킨 결과 SBP가 유의하게 감소되었다고 보고하여 이 연구의 결과와 일치하였다. 이는 포도씨 추출물에 다량 함유된 폴리페놀 섭취가 혈관내피세포에서 eNoS의 발현 수준을 증가시킴으로써 NO의 형성을 증가시키고, 그 결과 혈관내피의 긴장도를 개선시켜 경계성 고혈압자 및 고혈압자의 혈압을 감소시킨다고 보고한 Schini-Kerth et al.(2010)의 연구 결과에 의해 해석된다.

한편, 이 연구의 EX+Placebo 집단에서는 SBP가 1.27% 감소되었지만, 통계적으로 유의한 변화는 아니었다. 관련 선행 연구에서, Molmen-Hansen et al.(2012)은 50대 고혈압자를 대상으로 12주

**Table 3.** Changes in cardiovascular response at rest in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%		p
		Pre-test	Post-test			
HR (beats/min)	EX+PP	61.1±6.3	63.9±9.4	4.38	Group	.393
	EX+PL	65.2±6.6	64.0±7.0	-1.88	Time	.512
Stroke volume (ml)	EX+PP	79.6±11.7	76.9±8.9	-3.51	Group×Time	.110
	EX+PL	81.2±12.2	80.0±11.6	-1.50	Group	.543
Cardiac output (L/min)	EX+PP	4.8±0.6	4.9±0.7	2.04	Time	.113
	EX+PL	5.2±0.8	5.0±0.6	-4.0	Group×Time	.510
Systolic blood pressure (mmHg)	EX+PP	127.1±3.2	122.0±3.0	+ 4.18	Group	.282
	EX+PL	127.1±6.1	125.5±5.6	-1.27	Time	.000
Diastolic blood pressure (mmHg)	EX+PP	78.7±4.6	77.7±4.3	-1.29	Group×Time	.008
	EX+PL	78.8±4.8	77.1±5.2	-2.20	Group	.879
Mean arterial pressure (mmHg)	EX+PP	94.8±3.8	92.4±3.4	-2.60	Time	.153
	EX+PL	94.9±4.2	93.2±4.8	-1.82	Group×Time	.702
Total peripheral resistance (mmHg/L/min)	EX+PP	19.9±2.9	19.3±3.0	-3.11	Group	.752
	EX+PL	18.3±2.6	18.5±2.3	1.08	Time	.002
					Group×Time	.574
					Group	.210
					Time	.583
					Group×Time	.277

EX+PP: Exercise+Polyphenol, EX+PL: Exercise+Placebo.

\*\*  $p<.01$ , \*\*\*  $p<.001$ : Significant main effect or interaction. †  $p<.05$ : Significant difference between pre-test and post-test.

**Table 4.** Changes in blood vessel diameter and blood flow volume at rest in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%		p
		Pre-test	Post-test			
Blood vessel diameter (cm)	EX+PP	0.384±0.045	0.379±0.048	-1.32	Group	.255
	EX+PL	0.372±0.033	0.358±0.037	-3.91	Time	.122
Blood flow volume (l/min)	EX+PP	0.041±0.029	0.046±0.023	10.87	Group×Time	.268
	EX+PL	0.041±0.023	0.039±0.026	-5.13	Group	.401
					Time	.471
					Group×Time	.901

EX+PP: Exercise+Polyphenol, EX+PL: Exercise+Placebo.

**Table 5.** Changes in cardiovascular response during exercise in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%		p
		Pre-test	Post-test			
HR (beats/min)	EX+PP	72.6±9.4	73.7±9.8	1.49	Group	.171
	EX+PL	78.5±8.1	75.5±6.8	-3.97	Time	.510
Stroke volume (ml)	EX+PP	73.5±14.8	75.5±9.9	2.65	Group×Time	.159
	EX+PL	75.8±13.2	74.5±11.5	-1.74	Group	.879
Cardiac output (L/min)	EX+PP	5.2±0.7	5.5±0.7	+	Time	.824
	EX+PL	5.9±1.3	5.6±1.0	+	Group×Time	.347
Systolic blood pressure (mmHg)	EX+PP	141.6±6.8	134.7±4.5	-5.12	Group	.247
	EX+PL	148.0±13.4	146.3±13.8	-1.16	Time	.770
Diastolic blood pressure (mmHg)	EX+PP	87.3±3.5	83.2±2.0 <sup>#</sup>	-4.93	Group×Time	.010
	EX+PL	88.7±5.7	91.3±5.5	+	Group	.017
Mean arterial pressure (mmHg)	EX+PP	105.4±3.4	100.4±2.4 <sup>###</sup>	+++	Time	.005
	EX+PL	108.5±7.0	109.7±7.5	1.09	Group×Time	.068
Total peripheral resistance (mmHg/L/min)	EX+PP	20.4±3.2	18.5±2.7	+++	Group	.002
	EX+PL	18.8±3.5	19.9±2.8	+	Time	.400

EX+PP: Exercise+Polyphenol, EX+PL: Exercise+Placebo. \**p*<.05, \*\**p*<.01, \*\*\**p*<.001: Significant main effect or interaction.<sup>+</sup>*p*<.05, <sup>+++</sup>*p*<.001: Significant difference between pre-test and post-test.<sup>#</sup>*p*<.05, <sup>###</sup>*p*<.001: Significant difference between two groups.**Table 6.** Changes in blood vessel diameter and blood flow volume during exercise in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%		p
		Pre-test	Post-test			
Blood vessel diameter (cm)	EX+PP	0.396±0.045	0.403±0.056	1.74	Group	.034
	EX+PL	0.351±0.060	0.364±0.062	3.57	Time	.222
Blood flow volume (l/min)	EX+PP	0.107±0.065	0.112±0.053	4.46	Group×Time	.693
	EX+PL	0.095±0.033	0.097±0.047	2.06	Group	.043

EX+PP: Exercise+Polyphenol, EX+PL: Exercise+Placebo.

\**p*<.01: Significant main effect or interaction.

간 주 3회, 회당 47분, VO<sub>2max</sub>의 60% 강도로 유산소운동을 실시한 결과 SBP가 평균 4.5mmHg 감소되었다고 보고하여 이 연구의 결과와 다소 차이를 보였다. 이 연구에서는 다른 특별한 질환이 없는 20~30대의 젊은 남성을 대상으로 하여, 다소 짧은 기간 운동을 한 것이 SBP의 유의한 변화를 끌어내지 못한 이유 중 하나라고 해석된다.

한편, 이 연구에서는 유산소운동과 폴리페놀 섭취의 복합 처치가 안정시 혈관직경과 혈류량의 변화에 유의한 영향을 미치지 못하였다. 이는 경계성 고혈압에 해당하는 40~60세 남성과 여성을 대상으로 유산소운동을 4주간 주 3회, 회당 30분, VO<sub>2peak</sub>의 65% 강도로

운동을 한 결과 안정시 혈압의 유의한 감소는 나타났지만 혈류속도의 유의한 변화가 나타나지 않았다고 보고한 Collier et al.(2011)의 연구, 그리고 성인 50명을 대상으로 포도씨 추출물 1,300mg을 4주간 매일 섭취시킨 결과 혈류속도 및 혈관직경의 유의한 변화가 나타나지 않았다고 보고한 Odai et al.(2019)의 연구와 일치한다. 이 연구의 대상자는 경계성 고혈압이지만 20~30대 신체 건강한 남성을 대상으로 진행했다는 점에서 안정 시 혈관직경과 혈류량에서 유의한 개선이 나타나지 않았다고 판단되며, 향후 높은 연령층을 대상으로 처치기간과 폴리페놀 섭취량을 증가시켜 처치하여 안정시 심혈관기능에 미치는 영향을 규명하는 후속 연구가 요청된다.

**Table 7.** Changes in vascular endothelial function in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%		p
		Pre-test	Post-test			
Blood vessel diameter (cm)	EX+PP	0.435±0.046	0.439±0.052	0.91	Group	.089
	EX+PL	0.399±0.044	0.389±0.048	-2.57	Time	.555
					Group×Time	.136
Blood flow volume (l/min)	EX+PP	0.014±0.108	0.179±0.127	92.18	Group	.121
	EX+PL	0.112±0.056	0.119±0.060	5.88	Time	.218
					Group×Time	.401
%FMD (%)	EX+PP	11.9±4.7	16.1±5.8	26.08	Group	.000
	EX+PL	6.9±4.0	8.4±4.8	17.86	Time	.000
					Group×Time	.075

EX+PP: Exercise+Polyphenol, EX+PL: Exercise+Placebo.

\*\*\**p*<.001: Significant main effect or interaction.**Table 8.** Changes in physical fitness in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Tests		Δ%		p
		Pre	Post			
Grip strength (kg)	EX+PP	47.8±7.6	47.3±5.7	-1.06	Group	.016
	EX+PL	41.3±7.0	41.9±6.0	1.43	Time	.959
					Group×Time	.365
Sit-up (times)	EX+PP	31.5±10.8	34.2±8.4	7.89	Group	.014
	EX+PL	29.5±9.9	31.7±10.3	6.94	Time	.015
					Group×Time	.812
Sit-and-reach (cm)	EX+PP	4.5±11.0	6.2±10.1	27.4	Group	.147
	EX+PL	-0.5±8.4	1.1±8.7	145.45	Time	.016
					Group×Time	.998
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	EX+PP	43.9±3.46	44.2±2.96	0.68	Group	.257
	EX+PL	43.5±4.82	44.5±4.3	2.25	Time	.088
					Group×Time	.226

EX+PP: Exercise+Polyphenol, EX+PL: Exercise+Placebo.

\**p*<.05: Significant main effect or interaction.

### 핸드그립 운동중 심혈관반응 및 혈관직경과 혈류량의 변화

운동은 교감신경을 활성화시켜 운동중 HR, MAP, 그리고 CO를 일시적으로 증가시킨다(Shepherd et al., 1981). 정상 혈압자는 운동중 CO가 증가되는데 무리가 없지만, 경계성 고혈압자는 혈관직경도의 악화에 기인하여 TPR의 상승으로 인한 과도한 혈압 상승이 나타나 운동의 안전성을 해칠 수 있기 때문에(Choi et al., 2013) 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 노력이 필요하다.

이 연구에서 20~30대 경계성 고혈압 남성을 대상으로 유산소운동과 폴리페놀 섭취가 핸드그립 운동중 심혈관반응에 미치는 영향을 살펴본 결과 핸드그립 운동중 EX+Polyphenol 집단의 CO가 유의하게 증가되었고, DBP, MAP, 그리고 TPR이 유의하게 감소되었다. 아울러 EX+Placebo 집단의 CO가 유의하게 감소되었고, DBP와 TPR이 유의하게 증가되었다. 이 결과는 8주간의 폴리페놀 섭취를 통하여 경계성 고혈압자가 운동을 할 때 과도한 혈압 상승을 막을 수 있다는 것을 의미하며, 이는 전술한 바와 같이 폴리페놀 섭취가 혈관내피세포에서 eNoS의 발현 수준을 증가시킴으로써 NO의

농도를 높이고, 그 결과 혈관내피의 긴장도를 개선시켜 경계성 고혈압자 및 고혈압자의 혈압을 감소시킨다고 보고한 Schini-Kerth et al.(2010)의 연구 결과에 의해 해석된다. 이 연구에서 검사 중 전신 운동이 아닌 핸드그립 운동이라는 국부 운동을 실시했다는 제한점이 있지만, 장기간의 폴리페놀 섭취가 경계성 고혈압자의 운동중 과도한 혈압 상승을 예방하는데 도움이 된다는 것은 임상적으로 큰 의미가 있다고 판단된다.

이 연구의 운동중 HR과 SV에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 이는 검사 중 실시한 핸드그립 운동의 강도가 전신 운동에 비해 낮았고, 소근육(small muscle)만을 사용하여 상대적으로 낮은 심혈관반응을 보였기 때문이라고 사료된다(Stebbins et al., 2002). 이 연구의 운동중 CO는 EX+Polyphenol 집단에서 유의하게 증가된 반면 EX+Placebo 집단에서는 유의하게 감소되었다. 이는 경계성 고혈압자를 대상으로 600mg의 폴리페놀을 섭취시킨 결과 CO가 위약을 섭취하였을 때보다 유의하게 증가되었다는 Choi et al.(2016)의 연구 결과와 일치한다. 그러나 CO가 HR, 심근의 수축력, 심장 수축 전의 심근 팽창 정도, 그리고 후부하 등 다양한 요인에 의하여 복

합적으로 결정되기 때문에(Vincent, 2008) 폴리페놀 섭취와 CO 증가의 관계를 설명하는데 제한점이 있다.

한편, 이 연구의 핸드그립 운동 중 혈관직경과 혈류량에서 유의한 변화가 나타나지 않았지만, 사후검사 시점에서 EX+Polyphenol 집단의 혈관직경과 혈류량이 EX+Placebo 집단에 비하여 유의하게 높았다. 이는 40~64세 경계성 고혈압자를 대상으로 400mg의 포도씨 추출물을 12주간 섭취시킨 결과 혈관 직경이 유의하게 증가되었다고 보고한 Odai et al.(2019)과 유사하다. 폴리페놀의 섭취는 NO의 농도를 증가시켜 혈관의 이완, 혈압의 감소, 그리고 혈관내피기능의 개선을 유도하며, 그 결과 혈관직경과 혈류량의 증가에 공헌하는 것으로 해석된다.

### 혈관내피기능의 변화

혈관내피는 각종 혈관의 내벽을 덮는 혈관 내의 구조로서, 혈관의 이완과 수축 정도를 능동적으로 제어하고 혈액순환의 항상성을 유지하는데 핵심적인 역할을 한다(Kruger-Genge et al., 2019). 혈관내피세포에 의해 방출되는 NO는 혈관조직의 이완에 기여하며, 포도씨 추출물에 다량으로 함유된 폴리페놀이 합성효소인 eNOS 활성화를 유도하여 NO의 생성을 증가시키는 것으로 나타났다(Schini-Kerth et al., 2010). 경계성 고혈압자의 경우 정상 혈압자에 비하여 혈관의 긴장도가 높아 혈관내피세포기능이 떨어지는 것으로 보고되어(Higashi & Yoshizumi, 2004) 개선이 필요하다.

이 연구에서 20~30대 경계성 고혈압 남성을 대상으로 8주간 처치한 결과 혈관직경, 혈류량, 그리고 %FMD에서 유의한 변화가 나타나지 않았으며, EX+Polyphenol 집단의 %FMD가 유의하게 증가된 것으로 나타났다. 이는 유산소운동과 폴리페놀 섭취의 복합 처치가 혈관내피기능의 개선에 기인하여 해석할 수 있다. 관련 선행 연구를 살펴보면, 30~70세의 대사증후군 남성에게 포도에서 추출한 폴리페놀 분말을 30일간 섭취시킨 결과 혈관내피기능이 개선되었다고 보고하였고(Barona et al., 2012), Joen et al.(2018)은 20대 경계성 고혈압 남성에게 2주간 포도씨 추출물을 섭취시킨 결과 혈관내피기능이 30% 개선되었다고 보고하여 이 연구의 결과를 뒷받침한다. 이와 같은 결과는 폴리페놀 섭취가 NO의 생산량과 생체 이용률을 증가시켜 혈관내피기능을 개선시킨다고 한 Yamagata(2021)의 설명에 의해 해석될 수 있다.

한편, 이 연구에서 8주간 운동 처치와 위약 처치를 한 EX+Placebo 집단에서도 %FMD가 통계적으로 유의한 변화를 보이지는 못했지만 17.86% 증가된 것으로 나타났다. 이 결과를 통하여 8주간의 유산소운동 자체도 혈관내피기능의 개선에 일부 공헌했다고 할 수 있다. 이는 성인을 대상으로 6개월간 주 3회, 회당 60분,  $VO_{2max}$ 의 50~65%의 강도로 유산소운동을 실시한 결과 %FMD가 유의하게 증가되었다고 보고한 Fearheller et al.(2014)의 연구 결과와 일치한다. 이상의 내용을 정리하면, 경계성 고혈압자를 대상으로 실시하는 유산소운동 트레이닝은 혈관내피기능의 개선에 도움이 되며, 처치 기간 중 폴리페놀을 추가로 섭취하는 것은 혈관내피기능의 보다 큰 개선에 공헌한다고 할 수 있다.

### 체력의 변화

악력은 전반적인 근력을 평가하기 쉬운 지표로서 건강 상태를 평가

하는 데 유용하게 활용되며, 고혈압자의 악력이 정상 혈압자에 비하여 낮은 것으로 나타났다(Mainous III et al., 2015). 선행 연구(Seong et al., 2020)에서는 유산소운동과 악력의 연관성은 높으며, 최소 주당 2시간 30분 이상의 중강도 유산소운동 또는 1시간 15분 이상의 고강도 유산소운동을 격렬한 신체활동을 시켰을 때 악력의 향상이 나타났다고 보고되었다. 이 연구에서는 8주간 주 3일, 회당 30분의 중강도 유산소운동 실시하여 악력의 유의한 향상을 보이지 못했던 것으로 판단된다.

윗몸일으키기는 근지구력을 평가하는 지표이다. 이 연구에서는 유산소운동을 실시한 두 집단 모두에서 집단의 주효과와 시기의 주효과가 유의하게 나타났다. 이는 4주간 주 4회, 회당 30분, HRR의 40~80% 강도로 트레드밀에서 유산소운동을 실시한 집단의 근지구력이 유의하게 향상되었다는 Maniazhagu et al.(2011)의 연구 결과와 일치한다. 앉아윗몸앞으로굽히기는 유연성을 평가할 수 있는 지표이다. 이 연구의 두 집단 모두에서 유의한 시기의 주효과가 나타났다. 이는 20대 남성을 대상으로 6주간 주 4회, 고강도의 유산소운동을 실시한 결과 근지구력이 유의하게 향상되었다고 보고한 Ko(2020)의 연구 결과와 일치한다. 이 연구에서 8주간 실시한 유산소운동이 근지구력과 유연성의 향상을 유도하였으나, 폴리페놀의 섭취에 따른 추가적인 향상은 나타나지 않았다.

심폐지구력은 지속적으로 운동할 수 있는 능력으로서 이 연구에서는 YMCA 스텝테스트를 통하여  $VO_{2max}$ 를 간접 측정하였다. 규칙적인 유산소운동은  $VO_{2max}$ 를 향상시킨다는 Isleyen & Daglioglu(2020)의 연구 결과와 포도씨 추출물에 다량으로 함유된 폴리페놀이 갖는 NO 합성 촉진 효과와 강력한 항산화 효과가 심장에 긍정적 영향을 준다는 Gupta et al.(2020)의 연구 결과를 토대로 이 연구에서도 향상이 나타날 것으로 기대되었다. 그러나 이 연구의 두 집단에서  $VO_{2max}$ 가 향상되는 경향만 나타났을 뿐 집단의 주효과, 시기의 주효과 및 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타나지 않아 유의한 향상이 없었다고 정리할 수 있다. 향후 보다 처치의 기간, 운동의 강도와 시간, 그리고 폴리페놀 섭취량을 증가시켜 처치하여 체력에 대한 효과를 규명하는 후속 연구가 요청된다.

## 결론

이 연구에서는 8주간의 유산소운동과 폴리페놀 섭취가 경계성 고혈압자의 신체구성, 안정성과 운동중 심혈관반응, 혈관내피기능, 그리고 체력에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 운동 처치와 폴리페놀 섭취를 병행한 EX+Polyphenol 집단과 운동 처치와 위약섭취를 한 EX+Placebo 집단에서 얻은 결과를 요약하여 제시하면 다음과 같다.

- 1) 안정시 EX+Polyphenol 집단의 SBP가 유의하게 감소되었다.
- 2) 핸드그립 운동중 EX+Polyphenol 집단의 CO가 유의하게 증가되었고, DBP, MAP, 그리고 TPR이 유의하게 감소되었다. 핸드그립 운동중 EX+Placebo 집단의 CO가 유의하게 감소되었고, DBP와 TPR이 유의하게 증가되었다.
- 3) 혈관내피기능과 관련하여 EX+Polyphenol 집단의 %FMD가 유의하게 증가되었다.
- 4) EX+Polyphenol 집단과 EX+Placebo 집단의 윗몸일으키기가 유의하게 증가되었고, EX+Polyphenol 집단의 앉아윗몸앞



로굽히기 기록이 사후검사 시점에서 EX+Placebo 집단에 비하여 유의하게 높았다.

이상의 결과를 통하여 8주간 실시한 유산소운동이 20~30대 남성 경계성 고혈압자의 신체구성, 안정시와 운동중 심혈관반응, 그리고 체력에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 유산소운동과 병행하여 처치한 폴리페놀 섭취가 안정시와 운동중 혈압 감소, 그리고 혈관내피기능의 향상에 더 크게 공헌했다고 결론지을 수 있다. 향후 경계성 고혈압자를 대상으로 다양한 유형의 운동과 동시에 다양한 섭취량과 섭취 기간을 적용한 폴리페놀 처치를 병행한 후속 연구가 요청된다.

## 참고문헌

- Ahmad, A., Dempsey, S. K., Daneva, Z., Azam, M., Li, N., Li, P. L., & Ritter, J. K. (2018). Role of nitric oxide in the cardiovascular and renal systems. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(9), 2605. doi: 10.3390/ijms19-9092605
- Alpsoy, S. (2020). Exercise and hypertension. *Physical Exercise for Human Health*, 1228, 153-167.
- Bagchi, D., Sen, C. K., Ray, S. D., Das, D. K., Bagchi, M., Preuss, H. G., & Vinson, J. A. (2003). Molecular mechanisms of cardioprotection by a novel grape seed proanthocyanidin extract. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 523-524, 87-97.
- Barona, J., Aristizabal, J. C., Blesso, C. N., Volek, J. S., & Fernandez, M. L. (2012). Grape polyphenols reduce blood pressure and increase flow-mediated vasodilation in men with metabolic syndrome. *The Journal of Nutrition*, 142(9), 1626-1632.
- Bots, M. L., Westerink, J., Rabelink, T. J., & de Koning, E. J. (2005). Assessment of flow-mediated vasodilatation (FMD) of the brachial artery: Effects of technical aspects of the FMD measurement on the FMD response. *European Heart Journal*, 26(4), 363-368.
- Chiu, C. H., Ko, M. C., Wu, L. S., Yeh, D. P., Kan, N. W., Lee, P. F., ... & Ho, C. C. (2017). Benefits of different intensity of aerobic exercise in modulating body composition among obese young adults: A pilot randomized controlled trial. *Health and Quality of Life Outcomes*, 15(1), 168.
- Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo Jr, J. L., ... & Roccella, E. J. (2003). The seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: The JNC 7 report. *The Journal of The American Medical Association*, 289(19), 2560-2571.
- Choi, H. M., Kim, K. A., Doh, H. W., Nho, H., Park, S. K., Yang, S. W., & Kim, J. K. (2016). Effects of Acute Dietary Polyphenols Supplementation on Hemodynamic Responses to Dynamic Exercise in Young Prehypertensive Men. *The FASEB Journal*, 30(S1), 731.7.
- Choi, H. M., Stebbins, C. L., Lee, O. T., Nho, H. S., Lee, J. H., Chun, J. M., & Kim, J. K. (2013). Augmentation of the exercise pressor reflex in prehypertension: Roles of the muscle metaboreflex and mechanoreflex. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(2), 209-215.
- Collier, S. R., Frechette, V., Sandberg, K., Schafer, P., Ji, H., Smulyan, H., & Fernhall, B. (2011). Sex differences in resting hemodynamics and arterial stiffness following 4 weeks of resistance versus aerobic exercise training in individuals with prehypertension to stage 1 hypertension. *Biology of Sex Differences*, 2, 9.
- Collier, S. R., Kanaley, J. A., Carhart, R., Frechette, V., Tobin, M. M., Hall, A. K., & Fernhall, B. (2008). Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre-and stage-1 hypertensives. *Journal of Human Hypertension*, 22, 678-686.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191.
- Fearheller, D. L., Diaz, K. M., Kashem, M. A., Thakkar, S. R., Veerabhadrapa, P., Sturgeon, K. M., & Brown, M. D. (2014). Effects of moderate aerobic exercise training on vascular health and blood pressure in African Americans. *The Journal of Clinical Hypertension*, 16(7), 504-510.
- Gupta, M., Dey, S., Marbaniang, D., Pal, P., Ray, S., & Mazumder, B. (2020). Grape seed extract: Having a potential health benefits. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 1205-1215.
- Higashi, Y., & Yoshizumi, M. (2004). Exercise and endothelial function: Role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients. *Pharmacology and Therapeutics*, 102(1), 87-96.
- Isleyen, G., & Daglioglu, Ö. (2020). The effect of aerobic exercise on pulmonary function and aerobic capacity in sedentary men. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences*, 6(3), 80-87.
- Joen, S. M., Kim, K. A., & Lee, M. G. (2018). Effects of grape seed extract on cardiovascular response and vascular endothelial cell function in the prehypertensive individuals. *The Korea Journal of Sports Science*, 27(2), 1027-1039.
- Ko, M. K. (2020). Effects of interval training and aerobic exercise on body composition and physical fitness in young obese males. *Journal of Korea Society of Computer Information*, 25(11), 187-193.
- Kruger-Genge, A., Blocki, A., Franke, R. P., & Jung, F. (2019). Vascular endothelial cell biology: An update. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18), 4411.
- Mainous III, A. G., Tanner, R. J., Anton, S. D., & Jo, A. (2015). Grip strength as a marker of hypertension and diabetes in healthy weight adults. *American Journal of Preventive Medicine*, 49(6), 850-858.
- Maniazhagu, D., Alexander, C. R., & Sha, S. (2011). Effects of aerobic training and circuit training on muscular strength and muscular endurance. *International Journal of Physical Education*, 4(2), 132-134.
- Molmen-Hansen, H. E., Stolen, T., Tjonna, A. E., Aamot, I. L., Ekeberg, I. S., Tyldum, G. A., ... & Stoylen, A. (2012). Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *European Journal of Preventive Cardiology*, 19(2), 151-160.
- Neveu, V., Perez-Jiménez, J., Vos, F., Crespy, V., du Chaffaut, L., Mennen, L., ... & Scalbert, A. (2010). Phenol-explorer: An online comprehensive database on polyphenol contents in foods. *The Journal of Biological Database and Curation*, 2010,

- bap024. doi: 10.1093/database/bap024
- Nystoriak, M. A., & Bhatnagar, A. (2018).** Cardiovascular effects and benefits of exercise. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *5*, 135. doi: 10.3389/fcvm.2018.00135
- Oak, M. H., Auger, C., Belcastro, E., Park, S. H., Lee, H. H., & Schini-Kerth, V. B. (2018).** Potential mechanisms underlying cardiovascular protection by polyphenols: Role of the endothelium. *Free Radical Biology and Medicine*, *122*, 161-170.
- Odai, T., Terauchi, M., Kato, K., Hirose, A., & Miyasaka, N. (2019).** Effects of grape seed proanthocyanidin extract on vascular endothelial function in participants with prehypertension: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Nutrients*, *11*(12), 2844.
- Park, E., Edirisinghe, I., Choy, Y. Y., Waterhouse, A., & Burton-Freeman, B. (2016).** Effects of grape seed extract beverage on blood pressure and metabolic indices in individuals with prehypertension: A randomised, double-blinded, two-arm, parallel, placebo-controlled trial. *British Journal of Nutrition*, *115*(2), 226-238.
- Perron, N. R., & Brumaghim, J. L. (2009).** A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochemistry and Biophysics*, *53*, 75-100.
- Petrie, J. R., Guzik, T. J., & Touyz, R. M. (2018).** Diabetes, hypertension, and cardiovascular disease: Clinical insights and vascular mechanisms. *Canadian Journal of Cardiology*, *34*(5), 575-584.
- Pimenta, E., & Oparil, S. (2010).** Prehypertension: Epidemiology, consequences and treatment. *Nature Reviews Nephrology*, *6*, 21-30.
- Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., ... & Fuster, V. (2020).** Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019: Update from the GBD 2019 study. *Journal of the American College of Cardiology*, *76*(25), 2982-3021.
- Schini-Kerth, V. B., Auger, C., Kim, J. H., Étienne-Selloum, N., & Chataigneau, T. (2010).** Nutritional improvement of the endothelial control of vascular tone by polyphenols: Role of NO and EDHF. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, *459*, 853-862.
- Seong, J. Y., Ahn, H., Park, Y., Shin, S., & Ha, I. H. (2020).** Association between aerobic exercise and handgrip strength in adults: a cross-sectional study based on data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2014–2017). *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, *24*, 619-626.
- Shepherd, J. T., Blomqvist, C. G., Lind, A. R., Mitchell, J. H., & Saltin, B. (1981).** Static (isometric) exercise: Retrospection and introspection. *Circulation Research*, *48*(6 II), I-179-I-188.
- Statistics Korea (2020).** *2019 Statistics on the Cause of Death in Korea*.
- Stebbins, C. L., Walser, B., & Jafarzadeh, M. (2002).** Cardiovascular responses to static and dynamic contraction during comparable workloads in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *283*(3), R568-R575.
- Van Kieu, N. T., Jung, S. J., Shin, S. W., Jung, H. W., Jung, E. S., Won, Y. H., ... & Chae, S. W. (2020).** The validity of the YMCA 3-minute step test for estimating maximal oxygen uptake in healthy Korean and Vietnamese adults. *Journal of Hifestyle Medicine*, *10*, 21-29.
- Vasan, R. S., Beiser, A., Seshadri, S., Larson, M. G., Kannel, W. B., D'Agostino, R. B., & Levy, D. (2002).** Residual lifetime risk for developing hypertension in middle-aged women and men. *Journal of the American Medical Association*, *287*(8), 1003-1010.
- Vincent, J. L. (2008).** Understanding cardiac output. *Critical Care*, *12*, 174.
- Vogels, N., Nijs, I. M. T., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2004).** The effect of grape-seed extract on 24 h energy intake in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*, *58*, 667-673.
- Wallace, J. P. (2003).** Exercise in hypertension. *Sports Medicine*, *33*, 585-598.
- Yamagata, K. (2021).** Prevention of vascular endothelial dysfunction by polyphenols: Role in cardiovascular disease prevention. *Phytopharmaceuticals: Potential Therapeutic Applications*, 223-246. doi: 10.1002/9781119682059/ch.11
- Ye, S., Zhu, C., Wei, C., Yang, M., Zheng, W., Gan, D., & Zhu, S. (2018).** Associations of body composition with blood pressure and hypertension. *Obesity*, *26*(10), 1644-1650.
- Zhang, H., Liu, S., Li, L., Liu, S., Liu, S., Mi, J., & Tian, G. (2016).** The impact of grape seed extract treatment on blood pressure changes: A meta-analysis of 16 randomized controlled trials. *Medicine*, *95*(33), e4247.

## 8주간의 유산소운동과 폴리페놀 섭취가 경계성 고혈압자의 안정시와 운동중 심혈관반응과 혈관내피기능에 미치는 영향

김연채<sup>1</sup>, 김경애<sup>2</sup>, 이만균<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경희대학교, 석사과정

<sup>2</sup>휴먼아이티솔루션, 연구원

<sup>3</sup>경희대학교, 교수

[목적] 이 연구의 목적은 8주간의 유산소운동과 폴리페놀 섭취가 경계성 고혈압자의 신체구성, 안정시와 운동중 심혈관반응, 혈관내피기능, 그리고 체력에 미치는 영향을 규명하는 것이다.

[방법] 20~30대 남성 경계성 고혈압자 28명을 유산소운동+폴리페놀 섭취 집단(EX+Polyphenol 집단)과 유산소운동+위약섭취 집단(EX+Placebo 집단)에 14명씩 무선 할당하였다. EX+Polyphenol 집단의 대상자는 8주간 주 3회, 회당 30분, 예비심박수의 65% 강도로 유산소운동을 실시하였고, 처치 기간 중 매일 오전 폴리페놀(포도씨 추출물 300mg)을 섭취하였다. EX+Placebo 집단의 대상자는 동일하게 유산소운동을 실시하였고, 폴리페놀 대신 위약을 섭취하였다. 사전검사와 사후검사에서 각 종속변인을 측정된 후 집단 간에, 그리고 시기 간에 비교 분석하였다.

[결과] 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 1) 안정시 EX+Polyphenol 집단의 SBP와 MAP가 유의하게 감소되었고, EX+Placebo 집단의 MAP도 유의하게 감소되었다. 2) 핸드그립 운동중 EX+Polyphenol 집단의 CO가 유의하게 증가되었고, DBP, MAP, 그리고 TPR이 유의하게 감소되었다. 핸드그립 운동중 EX+Placebo 집단의 CO가 유의하게 감소되었고, DBP와 TPR이 유의하게 증가되었다. 3) 혈관내피기능과 관련하여 EX+Polyphenol 집단의 %FMD가 유의하게 증가되었다. 4) EX+Polyphenol 집단과 EX+Placebo 집단의 뒀몸일으키기 기록이 유의하게 증가되었고, EX+Polyphenol 집단의 앞아뒀몸앞으로굽히기 기록이 사후검사 시점에서 EX+Placebo 집단에 비하여 유의하게 높았다.

[결론] 이상의 결과를 통하여 8주간 실시한 유산소운동이 20~30대 남성 경계성 고혈압자의 신체구성, 안정시와 운동중 심혈관반응, 그리고 체력에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 유산소운동과 병행하여 처치한 폴리페놀 섭취가 안정시와 운동중 혈압 감소, 그리고 혈관내피기능의 향상에 더 크게 공헌했다고 결론지을 수 있다.

### 주요어

유산소운동, 폴리페놀, 경계성 고혈압, 심혈관반응