



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

최 승 욱 교수 지도
석사학위 청구논문

운동부하심초음파 검사 중 혈역학적
반응에 따른 운동 능력 및 심장기능
비교연구

2023

성신여자대학교 대학원
체육학과
이진주

운동부하심초음파 검사 중 혈역학적
반응에 따른 운동 능력 및 심장기능
비교연구

최 승 욱 교수 지도

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2022년 11월

성신여자대학교 대학원

체육학과

이 진 주

인 준 서

이진주의 석사학위 논문으로 인준함

2022년 11월

심사위원장 최 철 순



심사위원 김 우 식



심사위원 최 승 욱



성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구는 2017년 7월 ~ 2022년 6월까지 S시 K대학병원 심장내과에 내원하여 운동부하심초음파검사를 시행한 운동고혈압군(n=24), 정상혈압군(n=30), 본태성 고혈압군(n=20)을 대상으로 인구학적 특성, 운동능력, 안정 및 운동 시 혈역학적 반응과 심장기능을 비교·분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인구학적 특성을 비교·분석한 결과, 연령($p<.05$) 및 체질량지수($p<.001$) 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 안정 시 수축기 혈압, 이완기 혈압 및 심박수는 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 운동 능력을 비교·분석한 결과, 최대 운동대사당량은 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 총 운동시간 및 최대심박수 도달률은 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3. 운동 중 혈역학반응을 비교·분석한 결과 운동 중 최대 수축기 혈압($p<.001$) 및 최대심박수($p<.01$)는 운동고혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다. 운동 중 최대 이완기 혈압은 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

4. 회복기 혈역학반응을 비교·분석한 결과 회복기 수축기 혈압($p<.01$) 및 이완기 혈압($p<.05$)은 운동고혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타

났다. 회복기 심박수 및 심박수 회복률은 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

5. 안정 시 심초음파 결과를 비교·분석한 결과, 좌심실 직경은 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 큰 것으로 나타났으며($p<.01$), 이완기말 심실 종격 두께($p<.01$) 및 좌심실 후벽 두께($p<.01$)는 운동고혈압군이 가장 유의하게 두꺼운 것으로 나타났다. 좌심실질량지수는 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 컸으며($p<.05$). 안정 시 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도는 정상혈압군이 운동고혈압군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.001$). 안정 시 E/A($p<.001$) 및 Septal e' ($p<.01$)는 정상혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다. Septal s' 는 본태성 고혈압군이 가장 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 좌심실 이완기말 내경, 좌심실 수축기말 내경, 안정 시 후기 이완기 승모판 유입혈류 속도(A), 안정 시 DT, Septal a' 및 안정 시 E/e' 는 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

6. 운동부하심초음파 결과를 비교·분석한 결과 운동 직후 최대 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도는 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났으며($p<.01$), 최대 E/A는 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 최대 Septal e' 은 정상혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.01$). 최대 Septal s' 는 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 최대 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도, 최대 DT, 최대 Septal a' 및 최대 E/e' 는 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

7. 본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 운동부하검사 종료 후 회복기 심초음파 결과를 비교·분석한 결과 모든 항목에서 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

본 연구 결과를 종합해봤을 때, 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 연령대가 높고 비만한 것으로 나타났으며, 정상혈압군에 비해 운동 능력, 안정 시, 운동 직후 및 회복기 심장이완기능은 저하된 것으로 나타났다. 특히 운동 직후 심장이완기능은 현저한 저하를 보였다. 운동고혈압군과 정상혈압군의 안정 시 심장수축 기능은 차이가 없었으나, 운동 직후 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 심장수축기능이 저하되는 것으로 나타났다. 또한, 적절히 치료를 받지 못하여 오히려 본 연구의 본태성 고혈압군에 비해 안정 시 혈압이 높고 심박수 회복률이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 운동 중 발생하는 고혈압 반응이 있는 환자는 안정 시 혈압이 정상임에도 불구하고 향후 심혈관 사건 발생 및 심혈관질환 이환 위험이 높아 운동을 통해 비만도를 낮추고 저하된 운동능력, 심박수 회복률, 심장이완기능 및 심장수축기능의 개선이 필요하므로 향후 다양한 운동프로그램을 적용한 운동처방 연구의 진행이 필수적인 것으로 사료된다.

목 차

논문개요

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구 목적	4
3. 연구 가설	4
4. 연구의 제한점	5
5. 용어 정리	6
II. 이론적 배경	9
1. 혈압	9
1) 고혈압	11
2) 운동 중 발생하는 고혈압 반응	11
2. 운동부하심초음파	13
3. 운동 중 발생하는 고혈압 반응과 심장기능	15
4. 운동 중 발생하는 고혈압 반응과 비만	17
III. 연구 방법	19
1. 연구 대상	19
2. 연구 기간 및 절차	21

3. 연구 설계	22
4. 측정장비	23
5. 측정항목 및 방법	25
6. 자료처리	28
IV. 연구 결과	29
1. 대상자의 인구학적 특성 결과	30
2. 대상자의 운동부하 검사 결과 분석	33
1) 운동 능력 분석	33
2) 운동 중 혈역학반응 분석	36
3) 회복기 혈역학반응 분석	38
3. 대상자의 운동부하심초음파 결과 분석	41
1) 안정 시 심장기능 분석	41
2) 운동 직후 심장기능 분석	48
3) 회복기 심장기능 분석	52
V. 논의	56
VI. 결론	64

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

<표 1> 미국심장협회의 혈압 분류 기준	11
<표 2> 운동부하심초음파 검사 절차	13
<표 3> 대상자의 병리학적 특성	20
<표 4> 연구 기간 및 절차	21
<표 5> 측정 장비	23
<표 6> 인구학적 특성	29
<표 7> 운동 능력	33
<표 8> 운동 중 혈역학반응	36
<표 9> 회복기 혈역학반응	38
<표 10> 안정 시 심장기능 분석	41
<표 11> 운동부하검사 직후 심장기능 분석	48
<표 12> 회복기 심장기능 분석	52

그림 목 차

<그림 1> 연구 설계	22
<그림 2> 대상자의 연령	31
<그림 3> 대상자의 신장	31
<그림 4> 대상자의 체중	31
<그림 5> 대상자의 체질량 지수	31
<그림 6> 대상자의 안정 시 수축기 혈압	32
<그림 7> 대상자의 안정 시 이완기 혈압	32
<그림 8> 대상자의 안정 시 심박수	32
<그림 9> 대상자의 총 운동 시간	35
<그림 10> 대상자의 최대 운동대사당량	35
<그림 11> 대상자의 최대심박수 도달율	35
<그림 12> 대상자의 운동 중 최대 수축기 혈압	37
<그림 13> 대상자의 운동 중 최대 이완기 혈압	37
<그림 14> 대상자의 운동 중 최대심박수	37
<그림 15> 대상자의 회복기 수축기 혈압	40
<그림 16> 대상자의 회복기 이완기 혈압	40
<그림 17> 대상자의 회복기 심박수	40
<그림 18> 대상자의 심박수 회복률	40
<그림 19> 대상자의 안정 시 좌심실 직경	44
<그림 20> 대상자의 안정 시 이완기말 중격 두께	44
<그림 21> 대상자의 안정 시 좌심실 후벽 두께	44
<그림 22> 대상자의 안정 시 이완기 말 좌심실 내경	45

<그림 23> 대상자의 안정 시 수축기 말 좌심실 내경	45
<그림 24> 대상자의 안정 시 좌심실 박출률	45
<그림 25> 대상자의 안정 시 좌심실질량지수	45
<그림 26> 대상자의 안정 시 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도 ...	46
<그림 27> 대상자의 안정 시 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도 ...	46
<그림 28> 대상자의 안정 시 E/A	46
<그림 29> 대상자의 안정 시 DT	46
<그림 30> 대상자의 안정 시 Septal e'	47
<그림 31> 대상자의 안정 시 Septal a'	47
<그림 32> 대상자의 안정 시 Septal s	47
<그림 33> 대상자의 안정 시 E/e'	47
<그림 34> 대상자의 운동 직후 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도	50
<그림 35> 대상자의 운동 직후 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도	50
<그림 36> 대상자의 운동 직후 E/A	50
<그림 37> 대상자의 운동 직후 DT	50
<그림 38> 대상자의 운동 직후 Septal e'	51
<그림 39> 대상자의 운동 직후 Septal a'	51
<그림 40> 대상자의 운동 직후 Septal s	51
<그림 41> 대상자의 운동 직후 E/e'	51
<그림 42> 대상자의 회복기 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도	54
<그림 43> 대상자의 회복기 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도	54
<그림 44> 대상자의 회복기 E/A	54
<그림 45> 대상자의 회복기 DT	54
<그림 46> 대상자의 회복기 Septal e'	55
<그림 47> 대상자의 회복기 Septal a'	55

<그림 48> 대상자의 회복기 Septal s	55
<그림 49> 대상자의 회복기 E/e'	55

I. 서론

1. 연구의 필요성

2021년 국내 사망원인 2위는 순환기계통 질환으로 그 중 심장질환, 뇌혈관질환, 고혈압성 질환이 대부분을 차지하고 있다(통계청, 2022). 혈압 115/75 mmHg을 기준으로 20/10 mmHg가 증가할 때마다 심혈관질환 발병률은 두 배로 증가하며(Prospective Studies Collaboration. 2002; 도형우, 2013), 심장질환, 뇌졸중, 심부전 발병 및 관상동맥질환, 뇌혈관질환으로 인한 사망의 50% 이상이 고혈압으로 인한 것으로 보고되었다(Levy et al., 1996; Forouzanfar et al., 2017; Whelton et al 2017; Campbell et al., 2019). 심혈관질환의 주요 위험요소인 고혈압(Stanaway et al., 2018)은 진단을 받으면 평생 약물 및 비약물적 치료를 병행해야 하는 질병이기 때문에 예방이 필수적이며(박은정, 2003; Conde T. G. et al., 2017), 조기에 발견하여 치료를 시작하게 될 경우, 혈압 감소 효과가 유의하게 큰 것으로 알려져(Julius et al., 2004) 조기 진단이 중요하다. 그러나 혈압의 상승은 병적인 상태가 될 때까지 자각증상이 없기 때문에 고혈압이 있는 성인의 46%는 자신이 고혈압이 있다는 사실조차 인지하지 못 하는 것으로 나타났다(박은정, 2003; Heba Kandi et al., 2020; WHO, 2021).

고혈압의 예방 및 조기 진단을 위해 연구되고 있는 다양한 방법 중 하나로 심혈관질환, 특히 관상동맥질환 평가에 사용되는 운동부하검사가 있다. 운동부하검사는 일반적으로 트레드밀을 통해 수행되며, 점진적으로 증가하는 대사요구에 대한 생리적 반응을 관찰하여 허혈성심장질환을 평가하는 검

사로(ACSM, 2018) 운동부하검사 과정 중 혈압은 필수 측정항목이며 (Pinkstaff et al., 2010; Luan et al., 2019), 동적 혈압 측정이 안정 시 혈압 측정보다 일상적인 활동 중 혈압을 반영하는 데 있어 우수하다고 제시되고 있다(Pickering et al., 1982; Franz et al., 1983; Loaldi et al., 1983; Thomas et al., 1999).

운동 중 혈압이 상승하는 것은 생리학적 기전에 의한 것으로 운동부하검사 중 혈압의 상승은 자연스러운 현상이나 종종 수축기 혈압의 과도한 상승으로 인해 검사를 중단하는 경우가 발생하는데(장혁재, 2003; 박은정, 2003), 이를 운동 중 발생하는 고혈압 반응(Hypertensive response to exercise; HRE)이라고 한다. HRE란 최대 운동 중 수축기 혈압이 남성은 $SBP \geq 210\text{mmHg}$, 여성은 $SBP \geq 190\text{mmHg}$ 로 운동 중 수축기 혈압이 과도하게 상승한 것을 의미한다(Lauer et al., 1995; Allison et al., 1999; Shim et al., 2008; Schultz et al., 2013; AHA, 2013; Percuku, et al., 2019). HRE 환자들은 심혈관 위험인자가 없고 임상적으로 안정 시 측정된 혈압이 정상임에도 불구하고 일상생활 또는 신체활동 중 심혈관계에 부담이 발생하게 되며(Allison et al., 1999), 빈도가 잦아질 경우 심장의 구조 및 기능적 이상으로 이어진다. 이로 인해 향후 5-10년 이내 고혈압, 뇌졸중, 심부전과 같은 심혈관계 질병 이환율 및 관련 심혈관 사건으로 인한 사망률이 증가하여 HRE는 심혈관질환 발생의 예측인자로서 사용된다.(Kohl et al 1996; Mundal et al., 1996; Allison et al., 1999, Kjeldsen et al., 2001; Kurl et al., 2001; Vriend et al., 2004; Laukkanen et al., 2006; Lewis et al., 2008; Weiss et al., 2010; Skretteberg et al., 2013; Schultz et al., 2013; 박순철, 2013).

Lima 등(2013) 등은 3.5년의 추적 관찰 기간동안 운동고혈압군이 정상혈압군보다 고혈압 발생률이 2.4배 높은 것으로 보고하였으며, 심혈관질환이 없

는 46,314명을 대상으로 진행된 12개 연구를 메타 분석한 연구에서 15년의 추적 관찰 기간 동안 운동고혈압군이 정상혈압군보다 심혈관 사건 및 사망 위험이 1.4배 더 높은 것으로 나타났다(Schultz et al., 2013; Karsten et al., 2017). 또한 Takamura 등(2008)은 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 초기 이완형 속도(E')가 유의하게 낮고 초기 확장기 승모판 유입 속도 (E/E') 비율은 유의하게 높은 것으로 나타나 HRE 환자의 심장이완기능의 저하를 보고하였다. Hemati 등(2020)의 연구에서도 심장비대 지표인 좌심실질량지수가 운동고혈압군 $127.45 \pm 13.01 \text{g/m}^2$, 정상혈압군 $79.8 \pm 15.75 \text{g/m}^2$ 로 운동고혈압군이 정상혈압군보다 좌심실질량지수가 유의하게 높은 것으로 나타났고($p < .05$), 심장이완기능 평가 지표인 E/A Ratio 또한 운동고혈압군 $6.81 \pm 18.27 \text{cm/s}$, 정상혈압군 $1.08 \pm 0.17 \text{cm/s}$ 로 운동고혈압군이 정상혈압군보다 심장이완기능이 유의하게 저하되어 있음을 보고하였다($p < .01$).

이와 같이 최근 많은 선행 연구들에서 운동 중 발생하는 고혈압 반응이 심혈관 건강의 악화와 밀접한 관련이 있음을 보고하였고 운동 중 과도한 수축기 혈압의 상승이 향후 심혈관질환 발생 예측 인자임을 알 수 있다. 하지만 아직까지 안정 시 혈압 측정만으로 심혈관 건강을 판단하는 것은 한계가 있으며, 운동 전, 운동 직후, 회복기 심장기능을 비교·분석한 연구는 미비한 실정이므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

2. 연구의 목적

본 연구는 본태성 고혈압 유무와 운동 중 혈압 반응에 따라 인구학적 특성, 운동 능력, 운동부하검사 전, 검사 직후, 회복기의 심장기능을 비교·분석함으로써 운동 중 발생하는 고혈압의 위험요인을 규명하고 심혈관질환의 예방 및 관리, 향후 운동처방 연구에 기초자료를 제공하는 것에 목적이 있다.

3. 연구의 가설

1) 본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따라 인구학적 특성에 차이가 있을 것이다.

2) 본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따라 운동 능력, 운동 중, 회복기 혈역학반응에 차이가 있을 것이다.

3) 본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따라 안정 시, 운동부하검사 직후, 회복기 심장기능에 차이가 있을 것이다.

4. 연구의 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 1) 본 연구는 S시 K 대학병원의 심장내과를 내원한 환자들로만 진행하였다.
- 2) 본 연구 참여자의 유전적·환경적 및 심리적 요인을 통제하지 못하였다.

5. 용어 정리

본 연구에 사용한 용어 정의는 다음과 같다.

1) 혈압(Blood pressure, BP)

심장의 펌프 작용으로 혈관에 미치는 혈액의 압력으로써 혈압계에 의해 mmHg 단위로 측정되며, 수축기 혈압(Systolic Blood Pressure; SBP), 이완기 혈압(Diastolic Blood pressure; DBP)으로 분류된다.

2) 운동 중 정상 혈압 반응(Normotensive Response to Exercise)

운동 중 정상 혈압 반응이란, 운동 중 수축기 혈압이 증가하되, 남성은 210mmHg 미만, 여성은 190mmHg 미만으로 유지되어야 하며, 이완기 혈압은 안정 시 측정된 혈압에서 유지되거나 약간 감소하는 것을 의미한다.

3) 운동 중 발생하는 고혈압 반응(Hypertensive response to exercise, HRE)

운동 중 발생하는 고혈압 반응이란 운동의 반응으로 수축기 혈압이 과도하게 증가하는 것으로, 일반적인 기준은 운동부하검사 시 자동혈압계를 통해 측정된 최고 수축기 혈압이 남성의 경우 210mmHg 이상, 여성의 경우 190mmHg 이상을 의미한다.

4) 본태성 고혈압(Hypertension)

본태성 고혈압이란, 원인이 되는 질환이 발견되지 않아 혈압 상승의 원인이 명확하지 않은 고혈압을 뜻하며, 전체 고혈압 환자의 95%는 본태성 고혈압 환자이다.

5) 운동부하검사(Treadmil exercise stress test)

운동부하검사란 12개의 리드 심전도를 부착하고 트레드밀에서 단계적으로 운동의 강도를 증가시키며, 점진적 부하 증가에 따른 심전도 변화와 혈류역학적 반응 관찰을 통해 부정맥이나 관상동맥질환으로 인한 심근허혈 유무를 진단하고 운동과 관련된 비정상적인 증상 또는 징후를 평가하는 검사이다.

6) 심장초음파(Echocardiography)

심장초음파는 심장의 움직임, 혈류의 흐름, 판막 이상 유무, 심장 내 종양, 혈전 등을 영상화하여 분석이 가능하기 때문에 심장질환을 진단하고 평가하는데 가장 기본적이고 유용한 비침습적 검사이다. 심장 초음파검사는 크게 M-mode 심장 초음파 검사, 이면성 심장 초음파 검사, 도플러 심장 초음파 검사, 부하 심장 초음파 검사로 분류할 수 있다.

7) 운동부하심초음파(Exercise stress echocardiography)

운동부하검사 중단 직후 즉시 침대에 누워 심장초음파로 심장의 상태를 진단하는 검사이다.

8) 심장수축이완기능(Systolic/Diastolic function)

심장의 수축 기능이란 심근의 수축으로 심실에서 혈액을 대동맥으로 박출하는 기능으로 수축 기능에 이상이 있는 경우 혈액 박출률이 감소하고 심비대가 발견된다.

심장의 이완 기능이 정상일 경우, 안정 시와 운동 시, 심방의 압력증가 없이 심실이 적절히 채워진다. 그러나 이완 기능에 이상이 있는 경우 심장의 총만압이 증가하고 높은 압력에 대한 작용의 결과로 심장의 변형이 발생하게 된다.

9) 혈역학적 반응(Hemodynamic response)

혈역학적 반응이란, 혈액을 전신으로 펌프질하여 내보내는 심장의 기능과 관련된 혈압, 심박수 등의 변화를 모두 포괄하는 단어이다.

II. 이론적 배경

1. 혈압

혈압이란 심장의 펌프 작용으로 혈관에 미치는 혈액의 압력을 의미한다. 혈압계에 의해 mmHg 단위로 측정되며, 수축기 혈압(Systolic Blood Pressure; SBP), 이완기 혈압(Diastolic Blood pressure; DBP)으로 분류된다.

수축기 혈압은 심장이 수축하면서 혈액을 내보낼 때 동맥 벽에 가하는 압력이며, 이완기 혈압은 심장이 이완하면서 피를 받아들일 때 동맥 벽에 가하는 압력이다(AHA, 2016). 혈압은 측정 환경, 측정 부위, 임상 상황에 따라 변동성이 크기 때문에 여러 번 측정해야 하며, 표준 방법으로 측정해야 한다(대한고혈압학회, 2019). 혈압은 측정 방법에 따라 진료실 혈압, 가정 혈압, 활동혈압으로 구분된다. 혈압의 상승은 연령 증가에 따른 노화로 인해 발생하는 혈관의 구조적 및 기능적 변화에 기인한다(Denker et al., 2013). 1976년부터 2017년까지 12개 국가의 12-79세 인구 526,336명의 국가건강검진결과를 분석한 결과, 연령이 증가함에 따라 수축기 혈압 또한 평생 지속적으로 증가하여 노년기에 최고점에 도달하는 것으로 나타났다(Zhou et al., 2019; Suvila et al., 2020).

최근 연구에 따르면, 40세에서 89세 인구에서 수축기 혈압이 20mmHg 또는 이완기 혈압 10mmHg 증가할 때마다 허혈성 심장질환 및 뇌졸중으로 인한 사망 위험이 두 배로 증가하는 것으로 보고되었다(AHA, 2022).

1) 고혈압

고혈압이란 5회 이상 측정한 혈압의 평균치가 140/90mmHg이상인 경우를 뜻하며(H. Stern, R., 2013), 이 중 원인 질환이 발견되지 않은 경우를 본태성 고혈압, 내분비 기능 장애와 같이 원인 질환에 의한 경우를 이차성 고혈압이라 한다. 본태성 고혈압은 전체 고혈압의 90-95%로 발병의 근본적인 원인은 명확하지 않으나 심박출량의 증가, 말초혈관저항의 증가에 의한 것으로 추정되고 있다(Bakris et al., 2002). 고혈압과 관련된 위험인자는 음주, 흡연, 고령, 신체활동 부족, 비만, 과한 염분 섭취, 스트레스 등 환경적, 심리적 요인이 있다(Williams et al., 1991; 안지희, 2011). 2003년 미국고혈압합동위원회(Joint National Committee on Detection; JNC)의 제 7차 보고서에서 발표한 고혈압 분류 기준에 따르면 정상혈압을 120/80mmHg 이하로 하고, 이전까지 높은 정상 혈압 범위였던 수축기 혈압이 130-139mmHg 또는 이완기 혈압이 80-89mmHg를 고혈압 전단계로 분류하였다. 그러나 최근 미국심장협회(American Heart Association; AHA)는 고혈압 환자의 효과적인 혈압관리와 조기 치료를 위해 기존의 혈압 분류 기준을 변경하였다. 안정 시 수축기 및 이완기 혈압 모두 120mmHg와 80mmHg 미만일 때를 심뇌혈관 질환의 발병위험이 가장 낮은 최적혈압인 '정상혈압' 으로 분류하며, 기존 높은 정상 혈압 범위인 수축기 혈압이 120-129mmHg이면서 이완기혈압 80mmHg 미만을 주의 혈압, 수축기 혈압이 130-139mmHg 또는 이완기 혈압 80-89mmHg 이상부터 고혈압으로 분류하였다.

표 1. 미국심장협회의 혈압분류기준

혈압분류	수축기혈압 (mmHg)		확장기혈압 (mmHg)	
정상혈압	<120		그리고	<80
주의혈압	120~129		그리고	<80
고혈압	1기	130~139	또는	80~89
	2기	≤140	또는	≤90
수축기단독고혈압	≥140		그리고	<90

American Heart Association, 2017

고혈압의 치료는 혈압의 감소를 목표로 하며, 약물치료와 비약물적 치료로 나뉜다. 약물적 치료에는 주로 이뇨제, 베타차단제, 칼슘통로차단제, 안지오텐신 수용체 차단제, 안지오텐신전환효소 억제제 등의 혈압 강하제 사용이 있으며, 비약물적 치료에는 규칙적인 운동, 식이요법, 금주, 금연 등의 생활습관 교정이 있다(Verma, N. et al., 2021).

고혈압은 인구고령화의 영향으로 유병인구가 지속적으로 증가하는 국가 보건문제이므로 고혈압의 예방 및 조기 발견에 대한 다양한 연구가 필요하다.

2) 운동 중 발생하는 고혈압 반응(Hypertensive Response to Exercise)

운동 중 발생하는 고혈압 반응(Hypertensive Response to Exercise, HRE)이란, 운동 중 수축기 혈압이 과도하게 상승하는 것을 의미하며, 최대 운동 중 수축기 혈압이 남성의 경우 210mmHg 이상, 여성의 경우 190mmHg 이상으로 과도하게 상승한 경우를 말한다(Lauer et al., 1995;

Allison et al., 1999; Shim et al., 2008; Schultz et al., 2013; AHA, 2013; Percuku et al., 2019). 운동부하검사에서 최대 운동 뿐만 아니라 최대하 운동에서의 혈압 반응 또한 심혈관질환 예측 인자로서 가치가 있으며, 최대하 운동의 강도가 일상적인 신체활동의 강도와 유사하기 때문에 환자가 일상적으로 노출되는 활동 혈압을 반영한다고 보고하였다(Lewis et al., 2008).

HRE에 영향을 미치는 요인으로는 노화가 있다. Trinity 등(2018)은 연령에 따라 청년(18-28세), 중년(35-59세), 노인(60-80세) 세 그룹으로 나누어 운동 중 혈압 반응을 관찰한 결과, 연령이 증가할수록 HRE 유병률이 증가하였다. 또한, 부모가 고혈압 병력이 있거나 흡연자인 경우 10세 이상 아동 및 청소년에서 대조군에 비해 유의하게 HRE를 보이는 것으로 나타났다(Claudia et al., 2015; Gokmen et al. 2020).

심혈관 위험인자는 내피기능장애와 연관된다. Tzemos 등(2015)의 연구에서 내피 의존성 확장 기능이 HRE 환자는 $2.81 \pm 2.29\%$, 정상혈압자는 $7.77 \pm 5.14\%$ 로 유의하게 저하되어있는 것으로 나타났으며($p < 0.05$), HRE 환자는 정상혈압자에 비해 운동 중 안지오텐신 II가 과도하게 증가하는 것으로 나타나(Shim et al. 2008; Tzemos et al. 2015) 내피기능손상, 운동 중 과도한 안지오텐신 및 저하된 NO 활성도가 HRE와 관련있다고 보고하였다(Chang et al., 2004).

2. 운동부하심초음파

운동부하심초음파 검사란 운동을 통해 심장의 산소요구량을 높이는 부하를 주었을 때 심장의 대응 능력을 평가하는 심초음파로 운동부하검사 종료 직후 심장초음파 검사를 진행한다. 안정 상태와 운동 중의 심장기능, 혈압 반응을 측정함으로써 심장 순환계의 기능, 판막질환 등의 심장 질환 정도를 진단하고 치료에 대한 효과를 평가한다(서울아산병원, 2022). 운동부하심초음파는 트레드밀이나 에르고미터를 사용하여 수행할 수 있다. 운동의 강도는 점진적으로 증가하며 가능한 한 환자의 최대치까지 운동을 진행한다. 트레드밀 검사는 Bruce 프로토콜이 가장 많이 사용되며 환자의 운동 능력에 따라 Modified Bruce 프로토콜이나 Naughton 프로토콜을 적용할 수 있다. 에르고미터의 경우 25W에서 시작하여 2~3분마다 25W씩 증가한다(Pellikka et al., 2007; Quah et al., 2019).

운동부하심초음파 검사의 절차는 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 운동부하심초음파 검사 절차

운동부하심초음파 검사의 절차
안정된 상태에서 일반 심장 초음파 검사를 시행한다.
심전도, 혈압계, 산소 포화도 측정기, 마스크를 몸에 착용한다.
검사 진행 중 운동 강도는 점진적으로 증가시키며, 개인이 운동을 할 수 있는 최대치까지 진행한다.
운동 중 심전도 변화를 관찰하고 운동을 중단한 즉시 침대에 누워 심장 초음파 검사를 진행한다.
검사 후 환자의 심장 기능이 안정되도록 5분 정도의 휴식 시간을 가진 뒤 검사를 종료한다.

서울아산병원, 2022; 경희의료원, 2022

운동 중에 심초음파 측정은 불가능하므로 운동 직후 가능한 빠르게 심초음파를 측정하는 것이 중요하며, 특히 운동 중단 후 국소 벽 운동 이상 (Regional Wall Motion Abnormality, RWMA)의 회복이 매우 빠르므로 운동 중단 후 60초 이내에 심초음파 검사를 진행해야 한다(Sicari et al., 2008). 운동부하심초음파 검사는 수 많은 선행 연구를 통해 정확도가 검증되었으며 최대 97%의 정확도를 보인다(Armstrong et al., 1987; Crouse et al., 1991; Marwick et al., 1992; Quinones et al., 1992; Hecht et al., 1993; Roger et al., 1994; Beleslin et al., 1994; Roger et al., 1995; Marwick et al., 1995; Luotolahti et al., 1996; Roger et al., 1997; Baruddin et al., 1999). 운동부하 검사의 한계를 보완한 운동부하 심초음파 검사는 관상동맥 질환 평가, 향후 심장 질환 발생 및 고혈압과 당뇨병을 포함한 다양한 임상 질환의 강력한 예측인자이다(Olmos et al., 1998; McCully et al., 1998; Marwick et al., 2001; Armstrong et al., 2005).

3. 운동 중 발생하는 고혈압과 심장기능

심장의 수축 및 이완기능이란 심근의 수축과 이완으로 좌심실에서 혈액이 박출되고 충만되는 것을 의미한다. 심장의 수축기능은 주로 좌심실 박출률 (Left Ventricular Ejection Fraction; LVEF)과 좌심실 이완기말 내경 (Left Ventricular end Diastolic diameter; LVEDD)와 좌심실 수축기말 내경 (Left Ventricular end Systolic diameter; LVESD)로 평가한다. 심장의 이완기능은 조직 도플러 심초음파(pulsed-wave Doppler echocardiography)를 이용하여 측정된 조기 이완기 승모판 유입혈류 속도 (Early diastolic mitral inflow velocity; E)와 조기 이완기 승모판륜 중격 측 조직속도(e')의 비율, E와 심방 수축으로 인한 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도(Late diastolic mitral inflow velocity; A)의 비율, E의 속도 감 속시간(Deceleration Time; DT), 승모판륜 이완말기 속도(a') 좌심실질량 지수(Left ventricular mass index; LVMI) 등의 지표를 종합하여 평가할 수 있다(Kim 2016; Choi et al., 2017; 이미란, 2017).

고혈압은 혈관에 가해지는 압력이 높은 것으로 이러한 상태가 지속되면 좌심실에 과도한 압력 부하가 가해져 심실형태학적 장애를 유발하고 결국 심부전으로 이환될 위험이 증가한다(Milad et al. 2017). 압력 부하란 심근이 정상보다 큰 압력에 대해 수축해야만 하는 상태로, 이에 대한 보상작용으로 인해 심근이 굵어지고 내벽이 두꺼워지는 동심성 비대가 일어난다 (SIM 통합과학 3: 순환기, 정담, 2013).

선행 연구 결과에 따르면 HRE 환자의 심장은 구조적 기능적 변형 및 손상이 있는 것으로 나타났다. Polonia 등(1992)은 운동고혈압군이 정상혈압 군에 비해 좌심실기능장애지수, 좌심실질량지수가 유의하게 높은 것으로 보고하였으며, 이와 마찬가지로 Sharman 등(2011)은 HRE 환자 72명 중

42명(58%)이 고혈압이 있으며, 좌심실 비대가 있음을 보고하였다.

혈압의 상승은 심혈관질환으로 이환되거나 합병증이 발생하기 전까지 자각증상이 없기 때문에 이를 인지하는데 어려움이 있으므로, 정기적인 운동부하검사를 통한 동적 혈압의 측정으로 HRE의 유무를 관찰하여 심혈관 건강을 예측하고 심혈관질환을 예방 및 관리하는 것이 필요하다.

4. 운동 중 발생하는 고혈압과 비만

비만이란 지방이 정상보다 더 많이 축적된 상태로, 체질량지수(Body Mass Index, BMI)가 $25\text{kg}/\text{m}^2$ 이상을 비만으로 진단한다(대한비만학회, 2020). 비만할수록 고혈압의 유병 위험은 증가하는데, 이는 비만에 의한 고인슐린혈증이 교감 신경 활동을 과도하게 증가시켜 말초 혈관의 저항 증가로 이어지기 때문이다(Litwin & Kurlaga, 2021). 또한 비만에 의해 증가한 혈중 렙틴은 교감신경계를 과활성화하여 혈압을 증가시킨다(Rowe et al., 1981; Hausberg et al., 1995; Landsberg et al., 2012). 미국 국립보건통계센터의 연구 결과에 따르면 BMI가 $25\text{kg}/\text{m}^2$ 미만인 사람의 고혈압 유병률은 15.3%, BMI가 $25-29.9\text{kg}/\text{m}^2$ 인 사람의 고혈압 유병률은 27.8%, BMI가 $30\text{kg}/\text{m}^2$ 이상인 사람의 고혈압 유병률은 42.5%로 BMI가 증가함에 따라 고혈압 유병률 또한 증가하는 것을 보고하였다(Wang & Wang, 2004; Landsberg et al., 2012).

비만한 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 고혈압 발병 위험이 약 5배 정도 증가하며, 체지방이 10% 증가하면 수축기 혈압은 8mmHg, 이완기 혈압은 4mmHg 정도 증가하는 것으로 보고되었다(대한고혈압학회, 2019).

고혈압 발병 예측 인자인 HRE를 보이는 환자 또한 운동 중 정상적인 수축기 혈압 상승을 보이는 사람에 비해 비만한 것으로 보고되었다. Scott 등(2008)에 의하면 운동고혈압군의 체중이 91 ± 19 kg, 정상혈압군의 체중이 77 ± 13 kg로 HRE 대상자의 체중이 유의하게 높은 것으로 나타났으며 ($p < .001$), Cote 등(2019)의 연구는 HRE 발생의 요인 분석 결과, 체질량지수와 허리둘레가 HRE 발생의 독립적 기여 요인임을 보고하였다. Huang 등(2021)의 연구에 따르면 비만하고 체력이 낮을수록 운동 중 수축기 혈압이 과도하게 증가하는 것으로 보고되었다. 즉, 비만은 혈압 상승의 독립적인

주요 원인으로 대한고혈압학회는 혈압 관리 수칙으로써 체중감소와 주 3회 하루 30분 이상의 적절한 신체활동 및 식이요법을 권장하고 있다(대한고혈압학회 2022). 그러나 HRE의 경우 예방, 치료 및 관리에 대한 연구가 미비한 실정으로 이에 대한 향후 연구가 필요하다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2021년 12월 ~ 2022년 11월까지 진행되었으며, 연구 대상자는 2017년 7월 ~ 2022년 6월까지 S시 K대학병원 심장내과에 내원하여 운동부하심초음파를 시행하였다. 연구 대상자는 운동 시 과도한 수축기 혈압 상승을 보인 운동고혈압군(N=24), 운동 중 정상적인 수축기 혈압 상승을 보인 정상혈압군(N=30), 본태성 고혈압을 진단받아 혈압 강하 약물을 복용 중인 환자이면서 운동 시 정상적인 수축기 혈압 상승을 보인 본태성 고혈압군(N=20)으로 선정하였다.

대상자 중 운동부하심초음파를 처방받고 시행하지 않은 자, 심장초음파 측정데이터가 없는 자, 운동부하테스트 회복기 심박수 데이터가 없는 자, 운동부하테스트에서 허혈반응을 보인 자, 당뇨병 환자, 최대심박수 도달율이 85% 미만인 자, 심방세동, 심부전, 울혈성 심장병이 있는 자는 제외되었다.

연구 대상자의 병리학적 특성은 <표 3>과 같다.

표 3. 연구 대상자의 병리학적 특성

구분		정상혈압군 (N=30)	운동고혈압군 (N=24)	본태성고혈압군 (N=20)
Age	55세 미만	16(53.3)	11(45.8)	4(20)
	55세 이상	14(46.7)	13(54.2)	16(80)
Sex	Male	22(73.3)	14(58.3)	16(80)
	Female	8(26.7)	10(41.7)	4(20)
Smoke	Never	20(66.7)	18(75)	17(85.0)
	Ex	4(13.3)	1(4.2)	1(5.0)
	Smoker	6(20)	5(20.8)	2(10.0)
Dyslipidemia	있음	24(80)	19(79.2)	7(35.0)
	없음	6(20)	5(20.8)	13(65.0)

2. 연구 기간 및 절차

본 연구의 기간 및 절차는 <표 4>와 같다.

표 4. 연구 기간 및 절차

연구절차	기간
문헌조사 및 주제선정	2021. 12 - 2022. 02
연구설계	2022. 03 - 2022. 04
데이터 추출 및 코딩	2022. 05 - 2022. 06
자료처리	2022. 07 - 2022. 08
논문 작성	2022. 09 - 2022. 11

3. 연구 설계

본 연구의 설계는 다음과 같다.

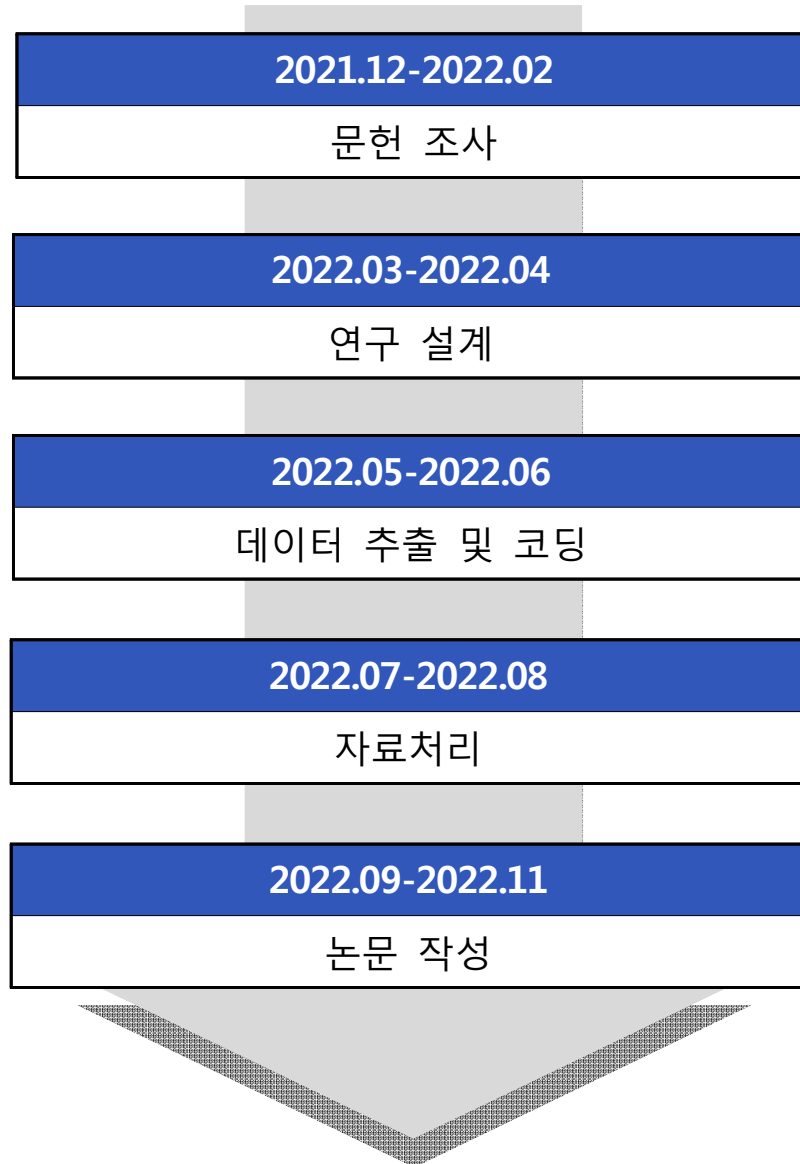


그림 1. 연구 설계

4. 측정장비

본 연구에서 사용된 측정 장비는 <표 5>와 같다.

표 5. 측정 장비

구분	측정 항목	장비	
Pysique	Height (cm)	DS-102 (JENIX, KOREA)	
	Body weight (kg)		
Body composition	BMI (kg/m ²)	Body weight (kg)/ Height (m ²)	
Exercise stress test	Exercise Duration (min)		
	Max METs		
	Max age predicted HR (%)		CASE (GE Healthcare, USA)
	Resting	Blood Pressure (mmHg)	
		Heart Rate (bpm)	Tango M2 (SunTech Medical, USA)
	Peak	Blood Pressure (mmHg)	
		Heart Rate (bpm)	
	Recovery	Blood Pressure (mmHg)	
		Heart Rate (bpm)	

		LAD(mm)	
		IVSd(mm)	
		LVEDD(mm)	
		PWd(mm)	
		LVESD(mm)	
		LVEF(mm)	
		LVMI(g/m ²)	
		E velocity (cm/s)	
		A velocity (cm/s)	
		E/A Ratio (cm/s)	
	Base line	DT (m/s)	
		Sepatal e' (cm/s)	
		Sepatal a' (cm/s)	
		Sepatal s' (cm/s)	Vivid E95
		E/e' Ratio (cm/s)	(GE
Echocardiography		E velocity (cm/s)	Vingmed
		A velocity (cm/s)	Ultrasound
		E/A Ratio (cm/s)	AS,
	Peak	DT (m/s)	Norway)
		Sepatal e' (cm/s)	
		Sepatal a' (cm/s)	
		Sepatal s' (cm/s)	
		E/e' Ratio (cm/s)	
		E velocity (cm/s)	
		A velocity (cm/s)	
		E/A Ratio (cm/s)	
		DT (m/s)	
	Recovery	Sepatal e' (cm/s)	
		Sepatal a' (cm/s)	
		Sepatal s' (cm/s)	
		E/e' Ratio (cm/s)	

5. 측정 항목 및 방법

본 연구의 측정 항목은 인구학적 특성으로서 체격을 측정하여 체질량지수를 계산하였으며, 운동부하심초음파 검사를 통해, 안정 시 혈압과 심박수, 총 운동 시간, 운동대사당량, 최대심박수 도달률, 운동 중 최대 혈압, 운동 중 최대 심박수, 회복기 혈압 및 심박수를 측정하였다. 심장기능을 비교·분석하기 위해 안정 시, 운동 직후, 운동 종료 후 회복기에 심장 초음파를 측정하였다.

1) 체격 측정

신장은 디지털 신장계 DS-102(JENIX, KOREA)를 이용하여 대상자의 눈과 턱이 수평위치를 유지하며 직립 자세를 취하게 한 후, 발바닥에서 두 정점까지의 수직거리를 측정하였다. 또한, 체중은 탈의한 후 체중계의 중앙에 서도록 하고, 기록은 소수점 한자리까지 하였으며, 단위는 kg로 하였다.

2) 체질량지수

체질량지수는 체격 측정을 통해 얻은 신장과 체중의 값을 이용하여 체중(kg)/신장(m^2)를 계산하였으며, 단위는 kg/m^2 으로 하였다.

3) 운동부하검사

운동부하검사는 트레드밀로 진행되었으며 Bruce 프로토콜을 진행하였다. 운동 중단 시점은 대상자가 호흡곤란, 다리 피로, 흉통, 어지러움 등의 이상

중세 및 허혈반응이 나타날 경우 중단하였으며, 가능한 대상자의 최대치까지 운동할 수 있도록 하였다.

운동부하검사 중 심전도는 운동부하 심전도 검사기 CASE(GE Healthcare, USA)를 사용하여 측정되었다. 대상자에게 상의를 탈의하도록 한 후 심전도 12 리드를 몸에 부착하여 측정하였다.

혈압은 자동혈압계 Tango M2(SunTech Medical, USA)를 사용하여 운동부하검사 전 안정 시, 운동 중, 회복기에 측정되었다. 운동 전 혈압은 앉은 자세로 대상자가 안정된 상태에서 측정되었다. 운동 중 및 회복기 혈압은 Bruce 프로토콜을 이용하여 각 단계 2분마다 자동적으로 혈압이 측정되도록 하였다.

최대심박수 도달률은 최대심박수 공식인 $220 - \text{연령}$ 을 계산하여 구한 최대심박수에 도달한 비율 값을 사용하였으며, 일반적으로 최대심박수 도달율이 85% 미만인 경우, 대상자가 충분한 운동을 진행하지 못한 것으로 판단하여 운동부하검사 결과를 신뢰할 수 없다. 만약, 최대 운동을 했음에도 최대심박수 85%에 도달하지 못한 경우는 심박변동기능부전(Chronotropic incompetence)이 있는 것으로 판단되어 추가적인 검사가 필요하다.

심박수 회복률은 운동 중 최대 심박수에서 운동 종료 1분 후 심박수를 빼 값을 계산하여 사용하였다.

3) 운동부하심초음파

심장초음파는 운동부하검사 전 안정 시, 운동 직후, 운동 종료 5분 후 총 3회 측정하여 이미지를 얻었다.

운동부하검사 종료 60초 이내 심장초음파를 측정하여 운동 중 심장 이미지를 얻었으며, 심장기능이 회복된 운동부하 검사 종료 5분 이후 심장초음

파를 측정하여 회복기 심장 이미지를 얻었다.

6. 자료처리

모든 자료 처리는 SPSS win (version 29.0) 통계 프로그램을 이용하였으며, 구체적인 분석 내용은 다음과 같다.

1) 각 집단별 연령대, 성별 비율, 흡연 여부, 이상지질혈증 유무 정도를 알아보기 위해 빈도분석(Frequency Analysis)을 실시하였다.

2) 각 집단별 각 변인의 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였으며, 집단 간 차이를 보기 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

3) 각 집단 간 비모수 변인은 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다.

4) 통계학적 유의확률은 $p < .05$ 로 설정하였다.

IV. 연구결과

1. 인구학적 특성 분석 결과

1) 그룹별 인구학적 특성

본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 인구학적 특성을 비교·분석한 결과는 <표 6>, <그림 2-8>과 같다.

표 6. 인구학적 특성

구분	정상혈압군	운동고혈압군	본태성고혈압군	p
	(N=30) m±SD	(N=24) m±SD	(N=20) m±SD	
Age (yr)	50.7±14.6 ^c	53±13.2	60.7±9.6 ^a	.042*
Height (cm)	167.7±8.2	165.7±10.6	164.8±7.7	.34
BW (kg)	66.8±9.8	67.7±10.9	71.8±11.1	.25
BMI (kg/m ²)	23.6±2. ^c	24.5±1.7 ^c	26.3±2.7 ^{ab}	<.001***
SBP (mmHg)	116.2±19.9	128.4±21.6	114.2±22.2	.05
DBP (mmHg)	69.8±14.4	74.6±17.2	68.1±18.9	.39
HR (bpm)	75.5±14.4	78.3±13	71.9±11.4	.28

*p<.05, **p<.01, ***p<.001.

a=정상혈압군, b=운동고혈압군, c=본태성고혈압군

각 그룹의 연령은 정상혈압군 50.7 ± 14.6 세, 운동고혈압군 53 ± 13.2 세, 본태성 고혈압군 60.7 ± 9.6 세로 본태성 고혈압군이 정상혈압군보다 유의하게 연령이 높은 것으로 나타났다($p < .05$). 신장은 정상혈압군 167.7 ± 8.2 cm, 운동고혈압군 165.7 ± 10.6 cm, 본태성 고혈압군 164.8 ± 7.7 cm로 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 체중은 정상혈압군이 66.8 ± 9.8 kg, 운동고혈압군이 67.7 ± 10.9 kg, 본태성 고혈압군이 71.8 ± 11.18 kg로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 체질량지수는 정상혈압군 23.64 ± 2 kg/m², 운동고혈압군 24.5 ± 1.7 kg/m², 본태성 고혈압군 26.3 ± 2.7 kg/m²로, 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 높았으며, 본태성 고혈압군의 체질량지수가 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다($p < .001$). 안정 시 수축기 혈압은 정상혈압군 116.2 ± 19.9 mmHg, 운동고혈압군 128.4 ± 21.6 mmHg, 본태성 고혈압군 114.2 ± 22.2 mmHg이며, 운동고혈압군의 혈압이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 안정 시 이완기 혈압은 정상혈압군 69.8 ± 14.4 mmHg, 운동고혈압군 74.6 ± 17.2 mmHg, 본태성 고혈압군 68.1 ± 18.9 mmHg이며, 운동고혈압군의 혈압이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 안정 시 심박수는 정상혈압군 75.5 ± 14.4 회/분, 운동고혈압군 78.3 ± 13 회/분, 본태성 고혈압군 71.9 ± 11.4 회/분이며 운동고혈압군의 안정 시 심박수가 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

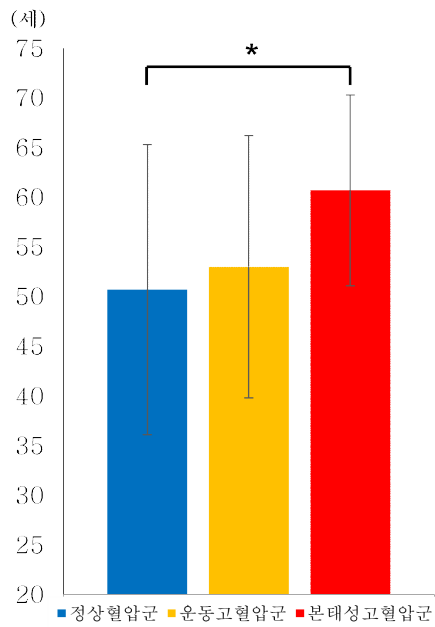


그림 2. 연령

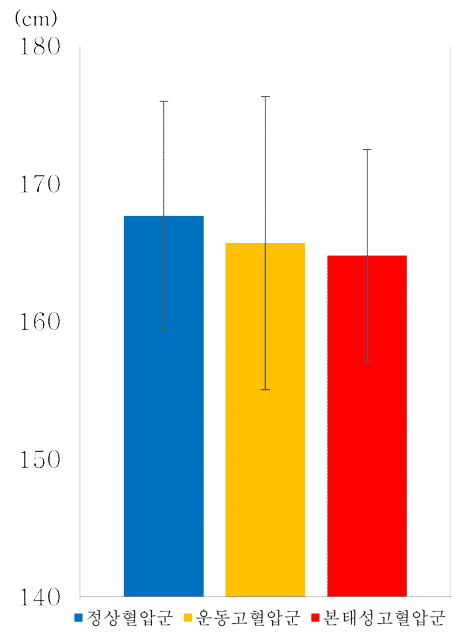


그림 3. 신장

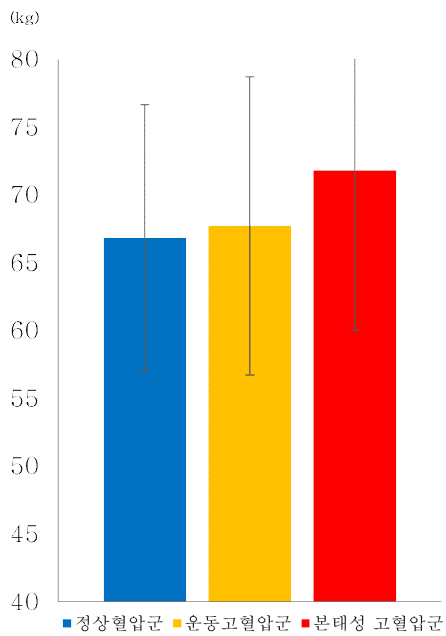


그림 4. 체중

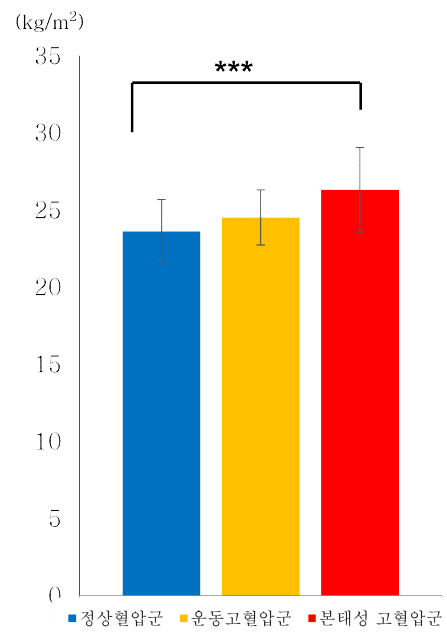


그림 5. 체질량지수

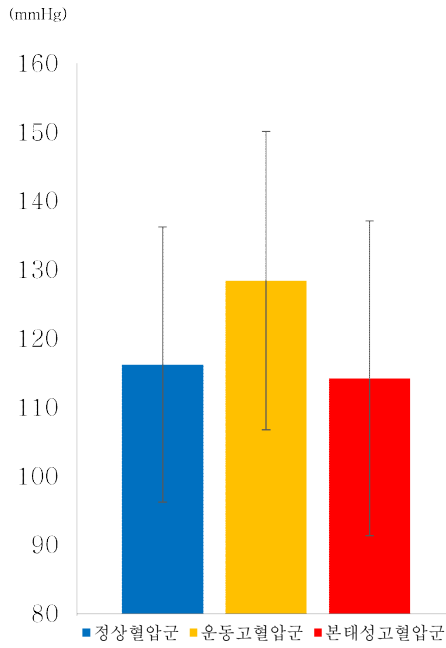


그림 6. 안정 시 수축기 혈압

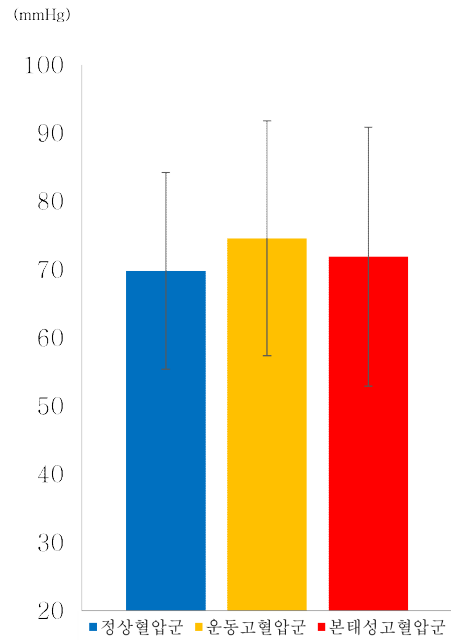


그림 7. 안정 시 이완기 혈압

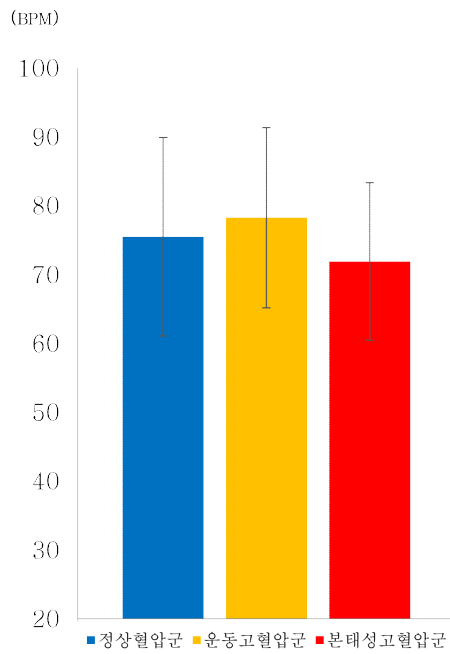


그림 8. 안정 시 심박수

2. 운동부하 검사 분석 결과

1) 그룹별 운동 능력 분석

본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 운동 능력을 비교·분석한 결과는 <표 7>, 그림<9-11>과 같다.

표 7. 운동 능력

구분	정상혈압군 (N=30)	운동고혈압군 (N=24)	본태성고혈압군 (N=20)	p
	m±SD	m±SD	m±SD	
Exercise Duration(min)	9.8±1.7	9.5±1.6	8.6±2	.05
Max METs	11.7±1.8 ^c	11.2±1.7	10.3±2 ^a	.038*
Max age predicted HR(%)	99.6±10.5	103.2±8.3	95.3±13.8	.06

*p<.05, **p<.01, ***p<.001.

a=정상혈압군, b=운동고혈압군, c=본태성고혈압군

각 그룹의 총 운동시간은 정상혈압군 9.8±1.7분, 운동고혈압군 9.5±1.6분, 본태성 고혈압군 8.6±2분으로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 총 운동시간이 짧았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 최대 운동대사당량은 정상혈압군 11.7±1.8METs, 운동고혈압군 11.2±1.7METs, 본태성 고혈압군 10.3±2METs로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 낮았으며, 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다(p<.05). 최대심박수 도달율은 정상혈압

군 $99.6 \pm 10.5\%$, 운동고혈압군 $103.2 \pm 8.3\%$, 본태성 고혈압군 $95.3 \pm 13.8\%$ 로 본태성 고혈압군이 가장 낮았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

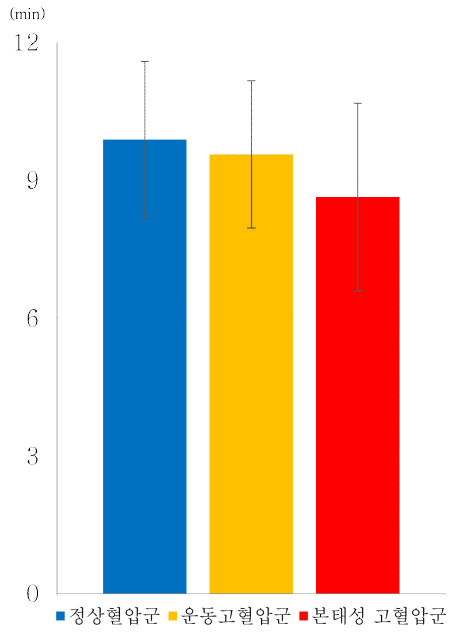


그림 9. 총 운동 시간

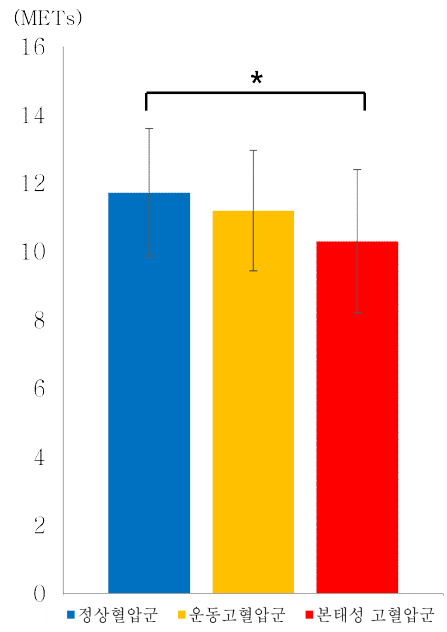


그림 10. 최대 운동대사당량

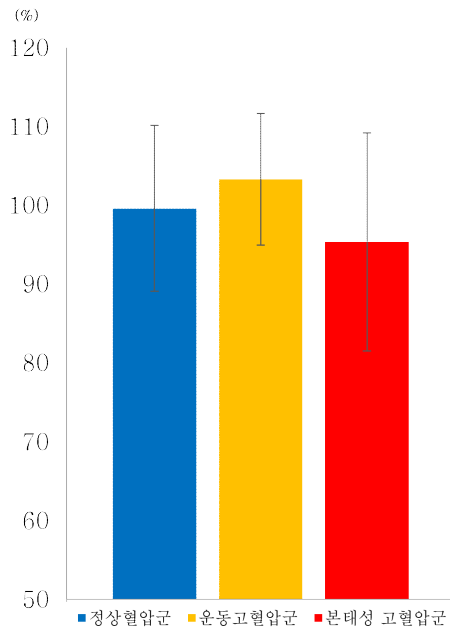


그림 11. 최대 심박수 도달율

2) 그룹별 운동 중 혈역학반응 분석

본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 운동 중 혈역학반응 비교·분석한 결과는 <표 8>, 그림<12-14>와 같다.

표 8. 운동 중 혈역학반응

구분	정상혈압군 (N=30)	운동고혈압군 (N=24)	본태성고혈압군 (N=20)	<i>p</i>
	m±SD	m±SD	m±SD	
Max SBP (mmHg)	172.5±21 ^b	213.9±12.4 ^{ac}	169.7±20.7 ^b	<.000***
Max DBP (mmHg)	77.9±16	81±18.9	77.3±12.7	.69
Max HR (bpm)	167.9±21.5 ^c	173.5±16.1 ^c	152.±23.4 ^{ab}	.004**

p*<.05, *p*<.01, ****p*<.001.

a=정상혈압군, b=운동고혈압군, c=본태성고혈압군

각 그룹의 운동 중 최대 수축기 혈압은 정상혈압군 172.5±21mmHg, 운동고혈압군 213.9±12.4mmHg, 본태성 고혈압군 169.7±20.7mmHg로 운동고혈압군의 수축기 혈압이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다(*p*<.001). 운동 중 최대 이완기 혈압은 정상혈압군 77.9±16mmHg, 운동고혈압군 81±18.9mmHg, 본태성 고혈압군 77.3±12.7mmHg로 운동고혈압군의 운동 중 이완기 혈압이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 운동 중 최대 심박수는 정상혈압군 167.9±21.5회/분, 운동고혈압군 173.5±16.1회/분, 본태성 고혈압군 152.6±23.4회/분으로 운동고혈압군, 정상혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 운동 중 최대 심박수가 유의하게 높은 것으로 나타났다(*p*<.01).

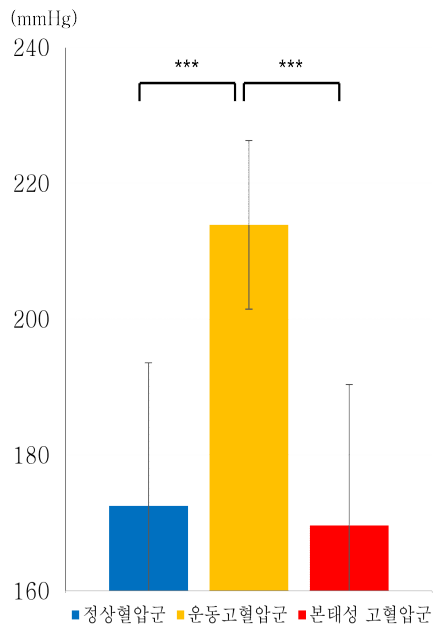


그림 12. 운동 중 최대 수축기 혈압

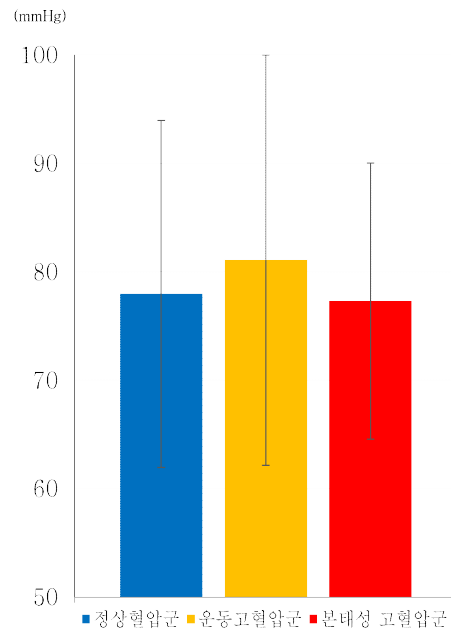


그림 13. 운동 중 최대 이완기 혈압

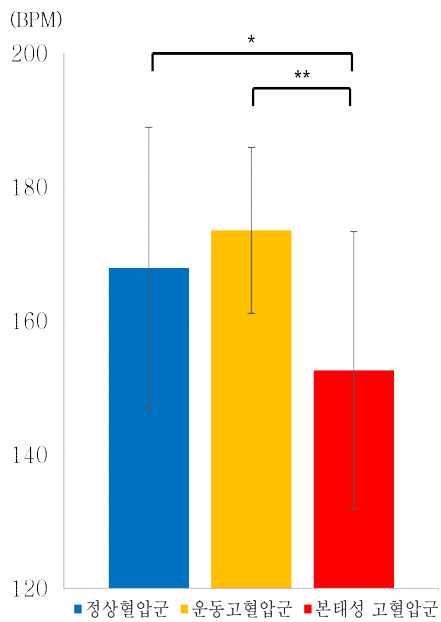


그림 14. 최대 심박수

3) 그룹별 회복기 혈역학반응 분석

본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 회복기 혈역학반응을 비교·분석결과는 <표 9>, 그림<15-18>과 같다.

표 9. 회복기 혈역학반응

구분	정상혈압군 (N=30)	운동고혈압군 (N=24)	본태성고혈압군 (N=20)	p
	m±SD	m±SD	m±SD	
Recovery SBP (mmHg)	117.6±17 ^b	137.7±18.2 ^a	129.8±23.2	<.001**
Recovery DBP (mmHg)	62.8±9.5 ^b	72.5±13.3 ^a	68.8±12.8	.013*
Recovery HR (bpm)	89.7±14.2	95.3±13.7	86.8±15.3	.075
심박수 회복률 (bpm)	42.9±14.6	37.5±9.9	40.2±13.1	.323

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$.

a=정상혈압군, b=운동고혈압군, c=본태성고혈압군

각 그룹의 회복기 수축기 혈압은 정상혈압군 117.6±17mmHg, 운동고혈압군 137.7±18.2mmHg, 본태성 고혈압군 129.8±23.2mmHg로 운동고혈압군이 다른 그룹보다 수축기 혈압이 각각 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.001$). 회복기 이완기 혈압은 정상혈압군 62.8±9.5mmHg, 운동고혈압군 72.5±13.3mmHg, 본태성 고혈압군 68.8±12.8mmHg로 운동고혈압군이 다른 그룹보다 회복기 이완기 혈압이 각각 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.05$). 회복기 심박수는 정상혈압군 89.7±14.2회/분, 운동고혈압군 95.3±13.7회/분, 본태성 고혈압군 86.8±15.3회/분으로 운동고혈압군이

회복기 심박수가 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 심박수 회복률은 정상혈압군 42.9 ± 14.6 회/분, 운동고혈압군, 37.5 ± 9.9 회/분, 본태성 고혈압군 40.2 ± 13.1 회/분으로 운동고혈압군이 가장 낮았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

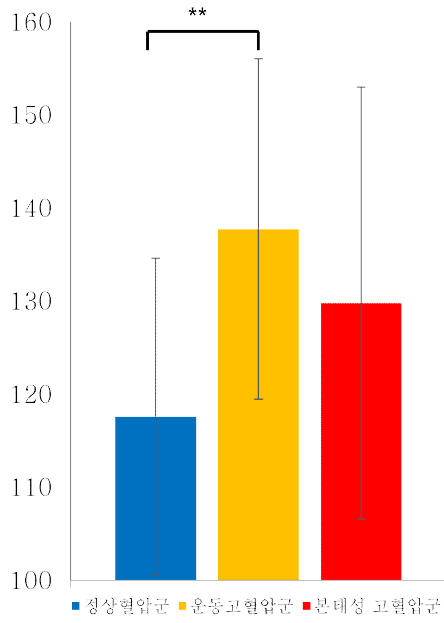


그림 15. 회복기 수축기 혈압

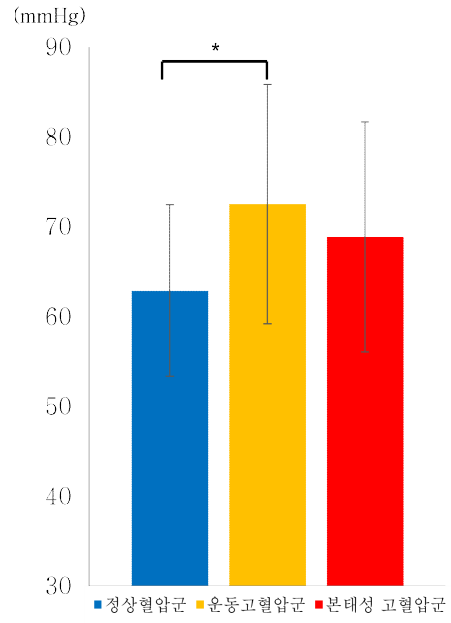


그림 16. 회복기 이완기 혈압

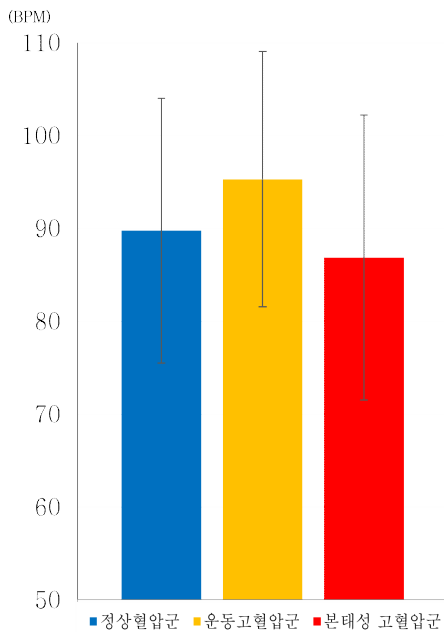


그림 17. 회복기 심박수

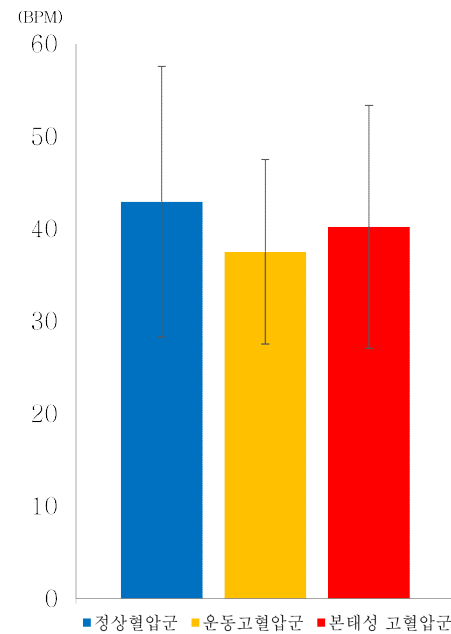


그림 18. 심박수 회복률

3. 운동부하심장초음파 분석 결과

1) 그룹별 안정 시 심장기능 분석

본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 안정 시 심장기능을 비교·분석 결과는 <표 10>, 그림<19-33>과 같다.

표 10. 안정 시 심장기능 분석

구분	정상혈압군 (N=30)	운동고혈압군 (N=24)	본태성고혈압군 (N=20)	<i>p</i>
	<i>m</i> ± SD	<i>m</i> ± SD	<i>m</i> ± SD	
LAD(mm)	33.1 ± 4 ^c	35. ± 3.5	37.5 ± 5.1 ^a	.003**
IVSd(mm)	7.77 ± 1.66 ^b	9.19 ± 1.5 ^a	8.34 ± 1.81	.01*
PWd(mm)	8.2 ± 1.2 ^b	9.5 ± 1.1 ^a	9 ± 1.8	.006**
LVEDD(mm)	48.4 ± 3.9	48.7 ± 4.4	50.4 ± 4.9	.28
LVESD(mm)	29.5 ± 3.3	31.6 ± 3.5	30.7 ± 3.8	.1
LVEF(%)	64.6 ± 5	62.4 ± 5	62.2 ± 3.7	.13
LVMI(g/m ²)	74.2 ± 15.6 ^b	91 ± 19.2 ^a	88.1 ± 30.1	.01*

E(cm/s)	69.4 ± 15.8 ^b	55.5 ± 9.1 ^a	61.6 ± 11.1	<.001 ^{***}
A(cm/s)	61.5 ± 11.2	66 ± 11.4	68.3 ± 15	.15
E/A	1.1 ± 0.4 ^{bc}	0.8 ± 0.1 ^a	0.9 ± 0.2 ^a	<.001 ^{***}
DT(m/s)	189 ± 55.4	187.1 ± 44.5	188.3 ± 37.1	.98
septal e' (cm/s)	9 ± 2.8 ^{bc}	7.3 ± 2.1 ^a	7.1 ± 1.8 ^a	.01 [*]
septal a' (cm/s)	8.6 ± 1.8	9.5 ± 1.5	8.7 ± 1.7	.13
septal s' (cm/s)	7.3 ± 1.5 ^c	7.3 ± 1.9 ^c	6.1 ± 1.2 ^{ac}	.02 [*]
E/e'	8.2 ± 2.4	8.1 ± 2.2	9 ± 2.4	.45

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

a=정상혈압군, b=운동고혈압군, c=본태성고혈압군

각 그룹의 안정 시 좌심실 직경은 정상혈압군 $33.1 \pm 4\text{mm}$, 운동고혈압군 $35 \pm 3.5\text{mm}$, 본태성 고혈압군 $37 \pm 5.1\text{mm}$ 로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 컸으며, 본태성 고혈압군이 정상혈압군보다 좌심실 직경 크기가 유의하게 큰 것으로 나타났다($p < .01$). 이완기말 심실 중격 두께는 정상혈압군 $7.7 \pm 1.6\text{mm}$, 운동고혈압군 $9.1 \pm 1.5\text{mm}$, 본태성 고혈압군 $8.3 \pm 1.8\text{mm}$ 로 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로 두꺼웠으며, 운동고혈압군이 정상혈압군보다 유의하게 두꺼운 것으로 나타났다

($p<.05$). 좌심실 후벽 두께는 정상혈압군 $8.2\pm 1.2\text{mm}$, 운동고혈압군 $9.5\pm 1.1\text{mm}$, 본태성 고혈압군 $9\pm 1.8\text{mm}$ 로 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로 두꺼웠으며, 운동고혈압군이 정상혈압군보다 유의하게 두꺼운 것으로 나타났다($p<.01$). 이완기말 좌심실 내경은 정상혈압군 $48.4\pm 3.9\text{mm}$, 운동고혈압군 $48.7\pm 4.4\text{mm}$, 본태성 고혈압군 $50.4\pm 4.9\text{mm}$ 로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 컸으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 수축기말 좌심실 내경은 정상혈압군 $29.5\pm 3.3\text{mm}$, 운동고혈압군 $31.6\pm 3.5\text{mm}$, 본태성 고혈압군 $30.7\pm 3.8\text{mm}$ 로 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로 컸으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 좌심실 박출률은 정상혈압군 $64.6\pm 5\%$, 운동고혈압군 $62.4\pm 5\%$, 본태성 고혈압군 $62.2\pm 3.7\%$ 로 정상혈압군, 운동고혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 컸으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 좌심실질량지수는 정상혈압군 $74.2\pm 15.6\text{g/m}^2$, 운동고혈압군 $91\pm 19.2\text{g/m}^2$, 본태성 고혈압군 $88.1\pm 30.1\text{g/m}^2$ 로 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로 컸으며, 운동고혈압군이 정상혈압군보다 좌심실질량지수가 유의하게 큰 것으로 나타났다($p<.05$). 안정 시 조기 이완기 승모판 유입혈류 속도는 정상혈압군 $69.4\pm 15.8\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $55.5\pm 9.1\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $61.6\pm 11.1\text{cm/s}$ 로 정상혈압군, 본태성 고혈압군, 운동고혈압군 순으로 높았으며, 정상혈압군이 운동고혈압군보다 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.001$). 안정 시 후기 이완기 승모판 유입혈류 속도는 정상혈압군 $61.5\pm 11.2\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $66\pm 11.4\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $68.3\pm 15\text{cm/s}$ 로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 안정 시 E/A는 정상혈압군 1.1 ± 0.4 , 운동고혈압군 0.8 ± 0.1 , 본태성 고혈압군 0.9 ± 0.2 로 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로

낮았으며, 운동고혈압군, 본태성고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.001$). 안정 시 DT는 정상혈압군 $189\pm55.4\text{m/s}$, 운동고혈압군 $187.1\pm44.5\text{m/s}$, 본태성 고혈압군 $188.3\pm37.1\text{m/s}$ 로 정상혈압군, 본태성 고혈압군, 운동고혈압군 순으로 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. Septal e' 은 정상혈압군 $9\pm2.8\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $7.3\pm2.1\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $7.1\pm1.8\text{cm/s}$ 로 정상혈압군, 운동고혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 높았으며, 정상혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.01$). Septal a' 은 정상혈압군 $8.6\pm1.8\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $9.5\pm1.5\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $8.7\pm1.7\text{cm/s}$ 으로 운동고혈압군이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. Septal s' 은 정상혈압군 $7.3\pm1.5\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $7.3\pm1.9\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $6.1\pm1.2\text{cm/s}$ 로 본태성 고혈압군 정상혈압군, 운동고혈압군 순으로 낮았으며, 본태성 고혈압군이 가장 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 안정 시 E/e' 은 정상혈압군 8.2 ± 2.4 , 운동고혈압군 8.1 ± 2.2 , 본태성 고혈압군 9 ± 2.4 로 본태성 고혈압군이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

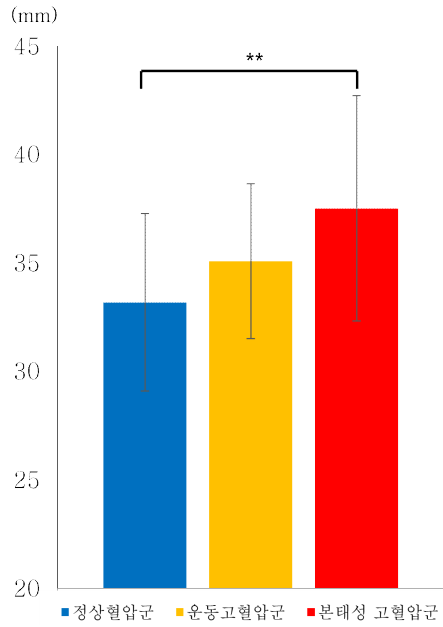


그림 19. 안정 시 좌심실 직경

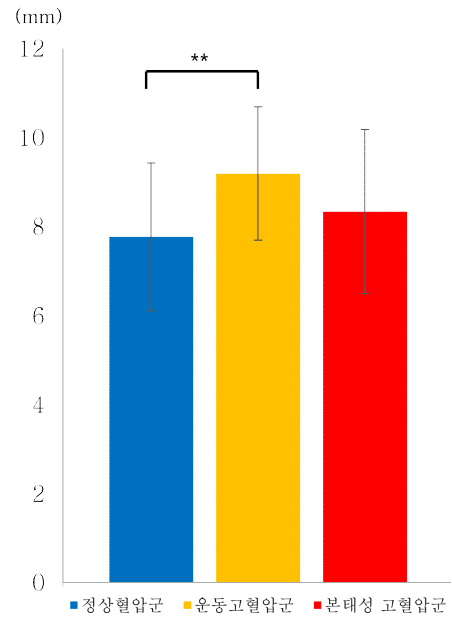


그림 20. 안정 시 이완기말 중격 두께

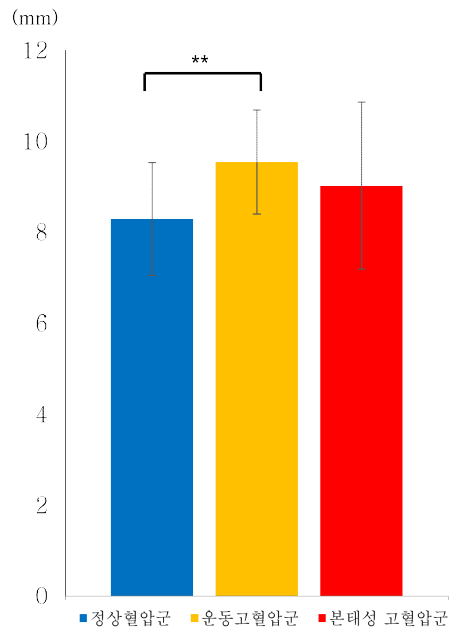


그림 21. 안정 시 좌심실 후벽 두께

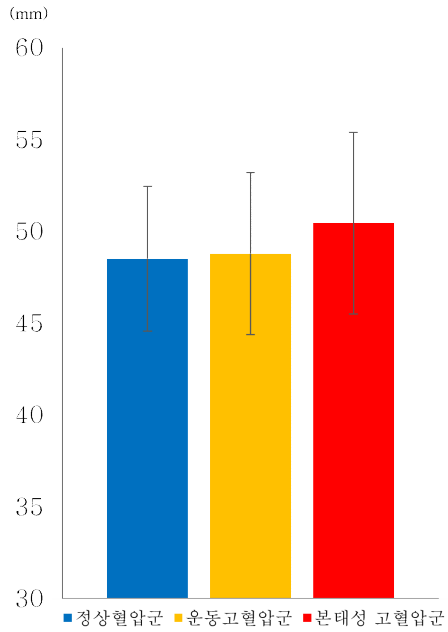


그림 22. 안정 시 이완기 말 좌심실 내경

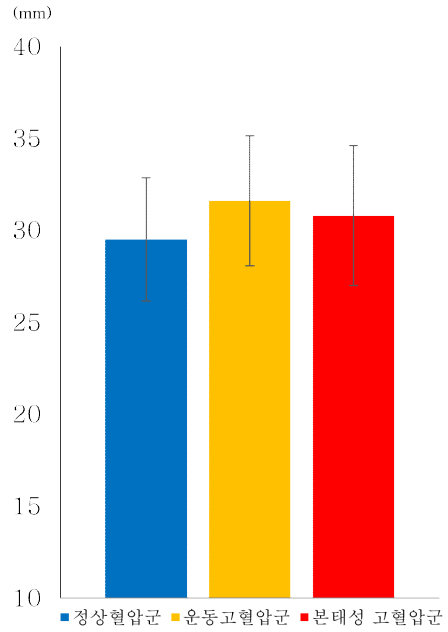


그림 23. 안정 시 수축기 말 내경

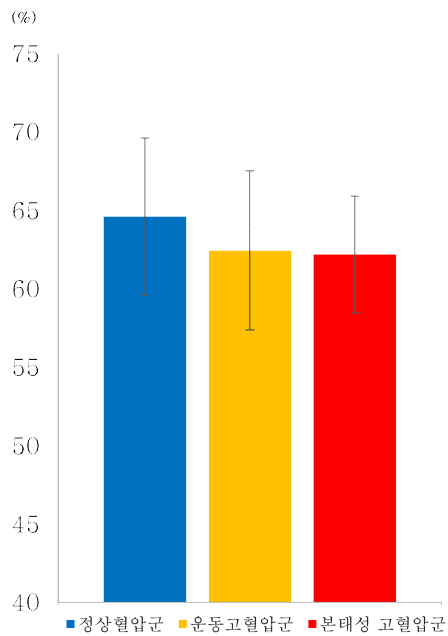


그림 24 . 안정 시 좌심실 박출률

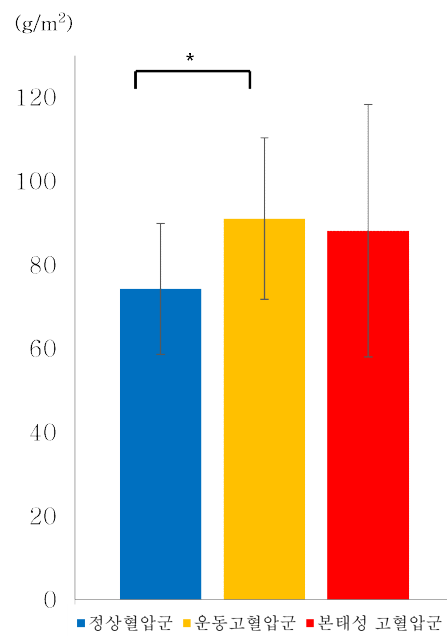


그림 25. 안정 시 좌심실질량지수

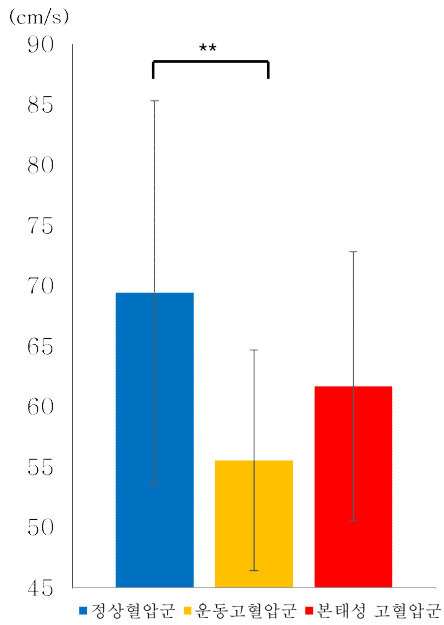


그림 27. 안정 시 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도

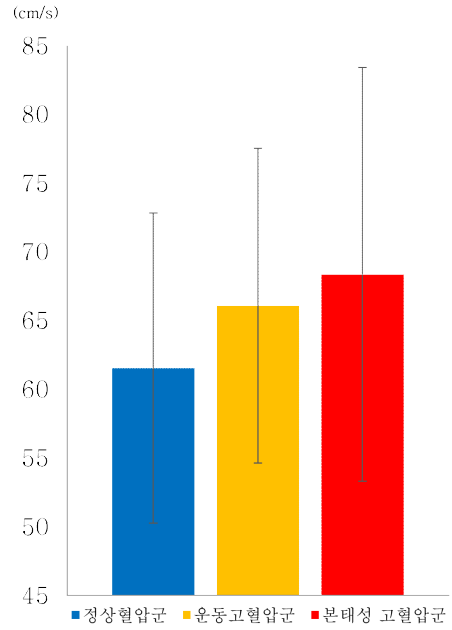


그림 26. 안정 시 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도

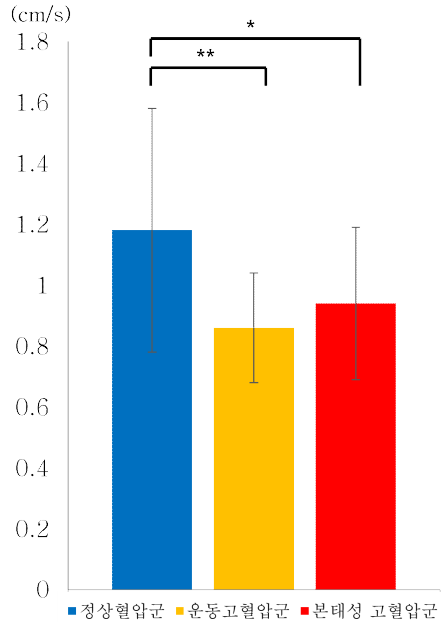


그림 29. 안정 시 E/A

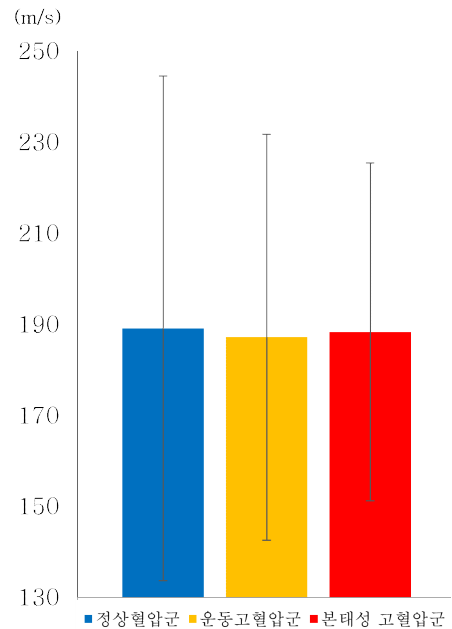


그림 28. 안정 시 DT

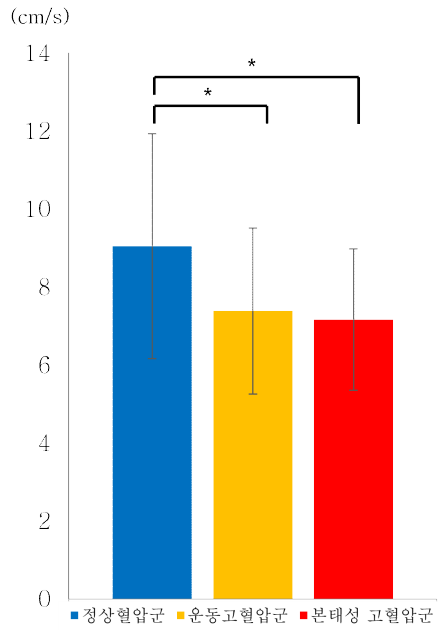


그림 30. 안정 시 Septal e'

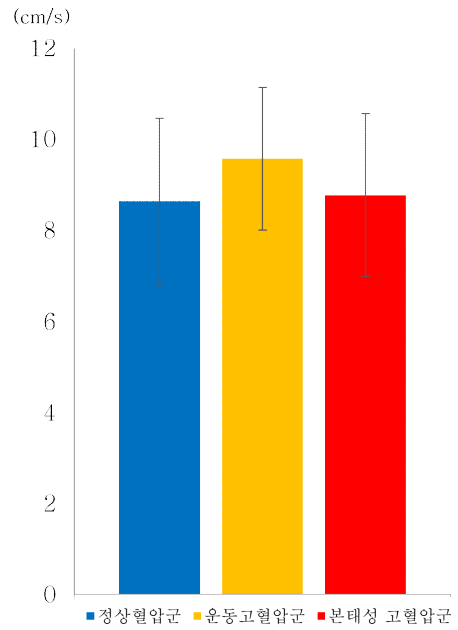


그림 31. 안정 시 Septal a'

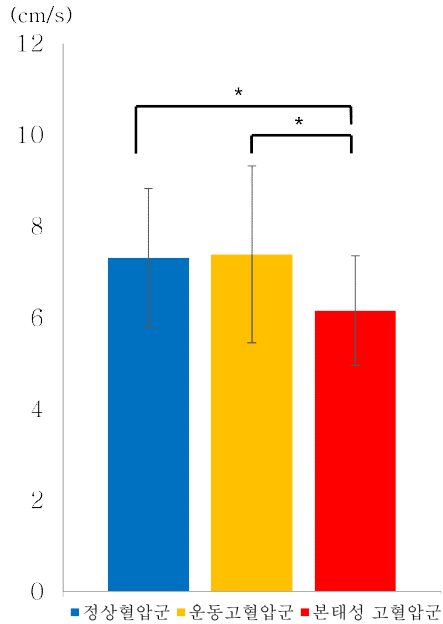


그림 32. 안정 시 Septal s'

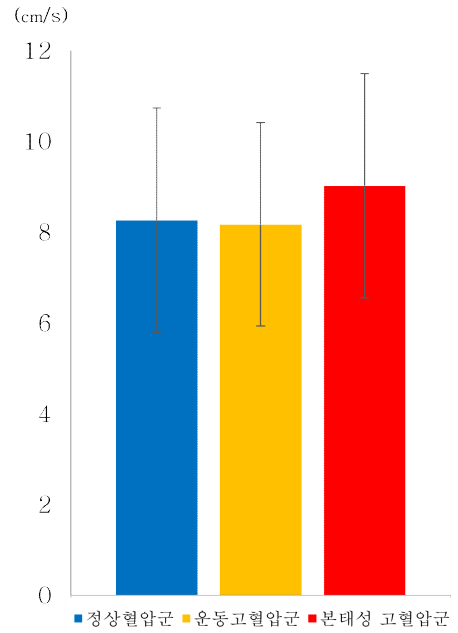


그림 33. 안정 시 E/e'

2) 그룹 별 운동부하검사 직후 심장기능 분석

본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 운동부하검사 직후 심장기능을 비교·분석 결과는 <표 11>, 그림<34-41>과 같다.

표 11. 운동부하검사 직후 심장기능 분석

구분	정상혈압군 (N=30)	운동고혈압군 (N=24)	본태성고혈압군 (N=20)	p
	m±SD	m±SD	m±SD	
E(cm/s)	104.6±23.9 ^b	88±14.4 ^a	91.9±17.7	.007**
A(cm/s)	105±24.8	110.8±16.2	102±21	.30
E/A	1±0.3 ^b	0.8±0.1 ^a	0.9±0.2	.035*
DT(m/s)	137.9±33.8	136.1±35.5	134.5±34.2	.94
septal e' (cm/s)	11.8±3.5 ^{bc}	9.1±2.8 ^a	9.4±2 ^a	.005**
septal a' (cm/s)	13±3.6	15.4±3.1	12.7±4.5	.03*
septal s' (cm/s)	13.1±2.8 ^c	12.9±2.6	11±3.3 ^a	.03*
E/e'	9.1±2.2	9.7±2.5	10±2.5	.38

*p<.05, **p<.01, ***p<.001.

a=정상혈압군, b=운동고혈압군, c=본태성고혈압군

각 그룹의 최대 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도는 정상혈압군 104.6±23.9cm/s, 운동고혈압군 88±14.4cm/s, 본태성 고혈압군 91.9±17.7cm/s로 정상혈압군, 본태성 고혈압군, 운동고혈압군 순으로 높

은 것으로 나타났으며, 정상혈압군이 운동고혈압군보다 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.01$). 최대 후기 이완기 승모판 혈류 유입 속도는 정상혈압군 $105\pm 24.8\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $110.8\pm 16.2\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $102\pm 21\text{cm/s}$ 로 운동고혈압군, 정상혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 최대 E/A는 정상혈압군 1 ± 0.3 , 운동고혈압군 0.8 ± 0.1 , 본태성 고혈압군 0.9 ± 0.2 로 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로 낮았으며, 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 최대 DT는 정상혈압군 $137.9\pm 33.8\text{m/s}$, 운동고혈압군 $136.1\pm 35.5\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $134.5\pm 34.2\text{m/s}$ 로 정상혈압군, 운동고혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 최대 Septal e' 은 정상혈압군 $11.8\pm 3.5\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $9.1\pm 2.8\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $9.4\pm 2\text{cm/s}$ 로 운동고혈압군, 본태성고혈압군, 정상혈압군 순으로 낮았으며, 운동고혈압군, 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.01$). 최대 Septal a' 은 정상혈압군 $13\pm 3.6\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $15.4\pm 3.1\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $12.7\pm 4.5\text{cm/s}$ 로 운동고혈압군이 가장 높았으나 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 최대 Septal s' 은 정상혈압군 $13.1\pm 2.8\text{cm/s}$, 운동고혈압군 $12.9\pm 2.6\text{cm/s}$, 본태성 고혈압군 $11\pm 3.3\text{cm/s}$ 로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 낮았으며, 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 최대 E/e' 은 정상혈압군 9.1 ± 2.2 , 운동고혈압군 9.7 ± 2.5 , 본태성 고혈압군 10 ± 2.5 로 본태성 고혈압군이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

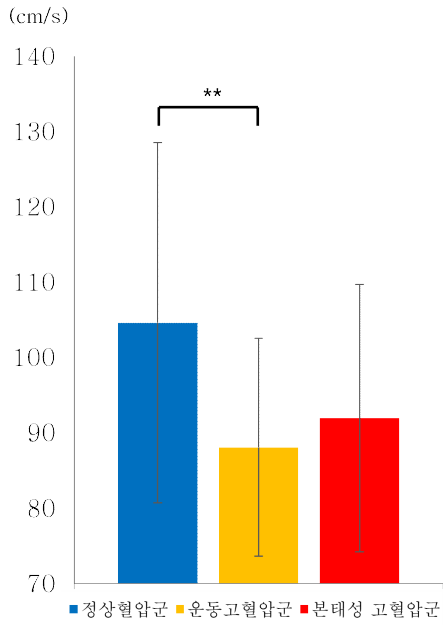


그림 34. 운동 직후 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도

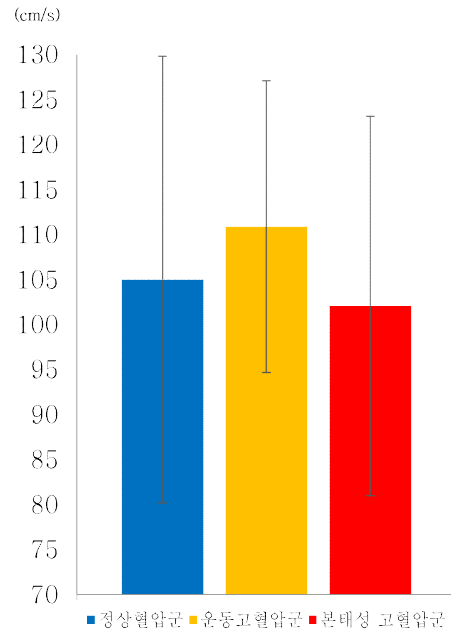


그림 35. 운동 직후 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도

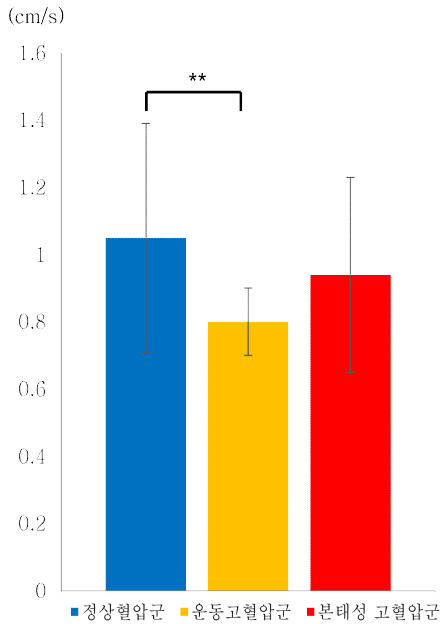


그림 36. 운동 직후 E/A

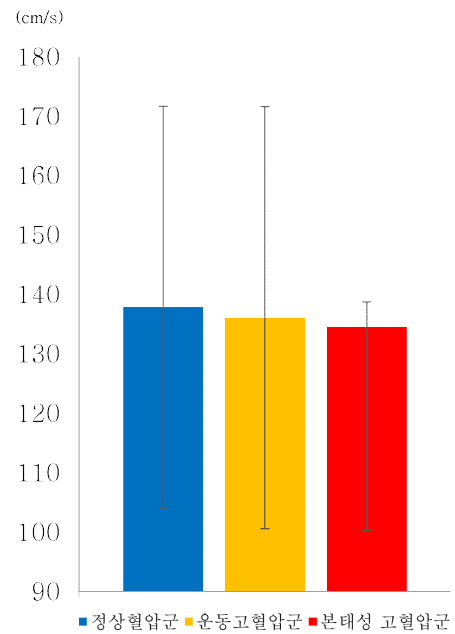


그림 37. 운동 직후 DT

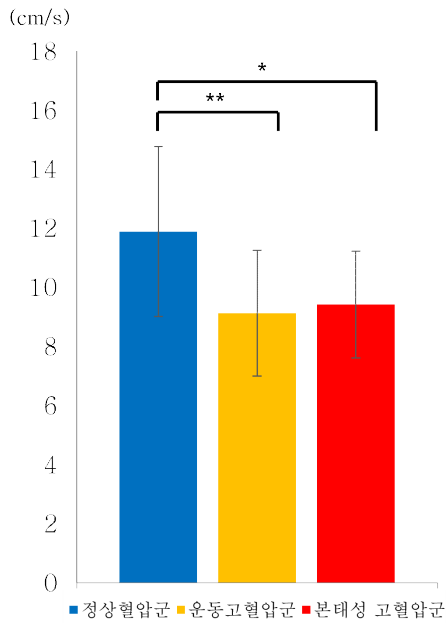


그림 38. 운동 직후 Septal e'

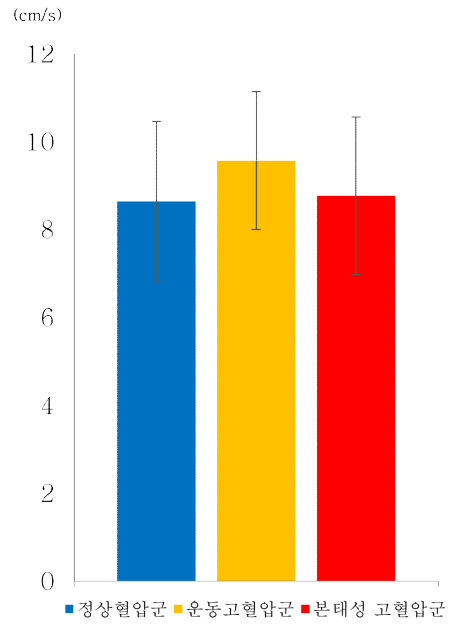


그림 39. 운동 직후 Septal a'

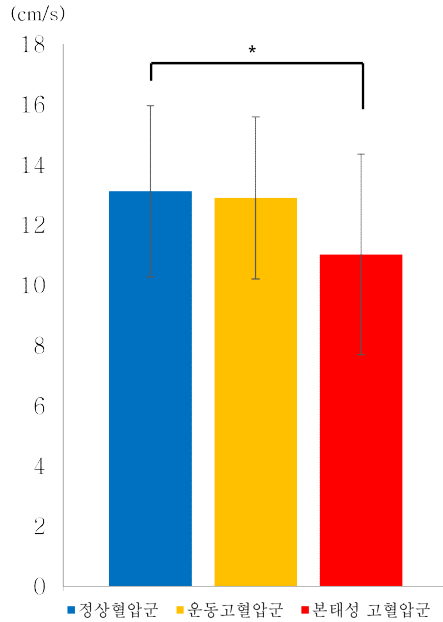


그림 40. 운동 직후 Septal s'

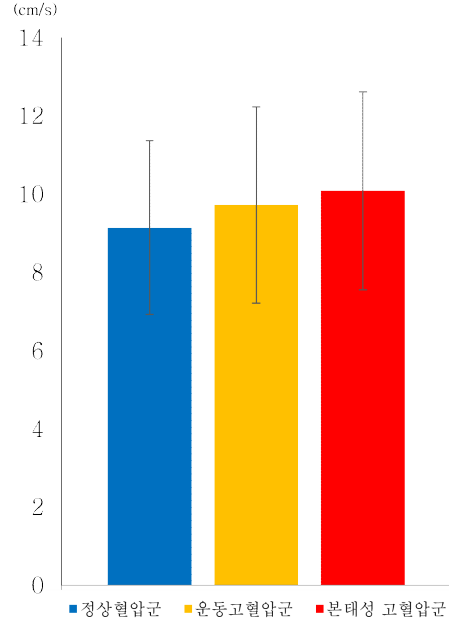


그림 41. 운동 직후 E/e'

3) 그룹 별 회복기 심장기능 분석

본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압 반응에 따른 회복기 심장기능을 비교·분석한 결과는 다음 <표 12>, 그림<42-49>와 같다.

표 12. 회복기 심장기능

구분	정상혈압군 (N=30)	운동고혈압군 (N=24)	본태성고혈압군 (N=20)	p
	m±SD	m±SD	m±SD	
E(cm/s)	78.4±19.6	68.7±15.3	75.2±15.5	.13
A(cm/s)	78.9±14.8	83.1±15.7	84.1±16.9	.46
E/A	1±0.3	0.8±0.1	0.9±0.2	.10
DT(m/s)	155.4±33.8	154.1±32.2	165.4±29.2	.45
septal e' (cm/s)	10±2.5	9±2.2	8.6±2.1	.08
septal a' (cm/s)	10.3±2.7	11.4±2.1	10.1±2	.14
septal s' (cm/s)	9.8±2.3	9.5±2.5	8.7±2.1	.23
E/e'	7.9±2.1	7.7±1.5	9.1±2.5	.07

*p<.05, **p<.01, ***p<.001.

a=정상혈압군, b=운동고혈압군, c=본태성고혈압군

각 그룹의 회복기 조기 이완기 승모판 유입 혈류속도는 정상혈압군 78.4±19.6cm/s, 운동고혈압군 68.7±15.3cm/s, 본태성 고혈압군 75.2±15.5cm/s로 운동고혈압군이 가장 낮았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도는 정상혈압군

$78.9 \pm 14.8 \text{ cm/s}$, 운동고혈압군 $83.1 \pm 15.7 \text{ cm/s}$, 본태성 고혈압군 $84.1 \pm 16.9 \text{ cm/s}$ 로 정상혈압군이 가장 낮았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 E/A는 정상혈압군 1 ± 0.3 , 운동고혈압군 0.8 ± 0.1 , 본태성 고혈압군 0.9 ± 0.2 로 운동고혈압군이 가장 낮았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 DT는 정상혈압군 $155.4 \pm 33.8 \text{ m/s}$, 운동고혈압군 $154.1 \pm 32.2 \text{ m/s}$, 본태성 고혈압군 $165.4 \pm 29.2 \text{ m/s}$ 로 본태성 고혈압군이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 Septal e'은 정상혈압군 $10 \pm 2.5 \text{ cm/s}$, 운동고혈압군 $9 \pm 2.2 \text{ cm/s}$, 본태성 고혈압군 $8.6 \pm 2.1 \text{ cm/s}$ 로 정상혈압군이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 Septal a'은 정상혈압군 $10.3 \pm 2.7 \text{ cm/s}$, 운동고혈압군 $11.4 \pm 2.1 \text{ cm/s}$, 본태성 고혈압군 $10.1 \pm 2 \text{ cm/s}$ 로 운동고혈압군이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 Septal s'은 정상혈압군 $9.8 \pm 2.3 \text{ cm/s}$, 운동고혈압군 $9.5 \pm 2.5 \text{ cm/s}$, 본태성 고혈압군 $8.7 \pm 2.1 \text{ cm/s}$ 로 본태성 고혈압군이 가장 낮았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 E/e'은 정상혈압군 7.9 ± 2.1 , 운동고혈압군 7.7 ± 1.5 , 본태성 고혈압군 9.1 ± 2.5 로 본태성 고혈압군이 가장 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

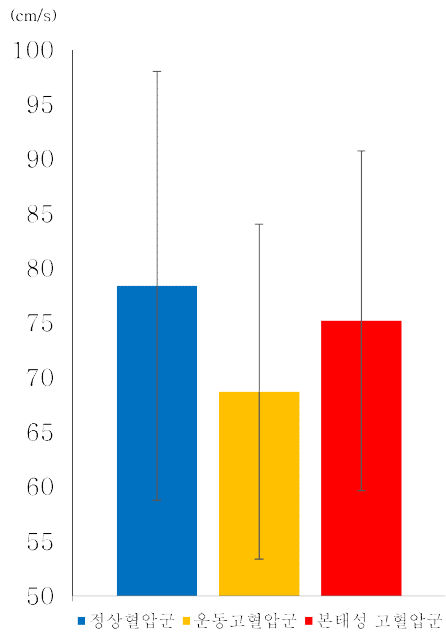


그림 42. 회복기 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도

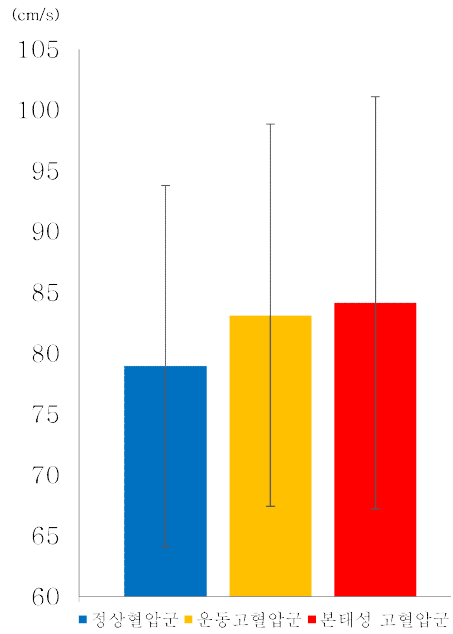


그림 43. 회복기 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도

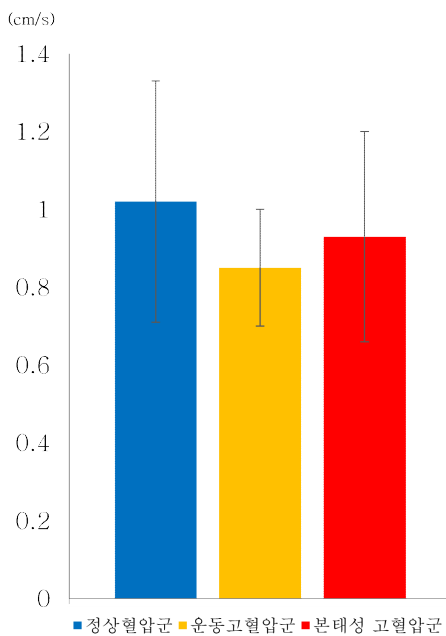


그림 44. 회복기 E/A

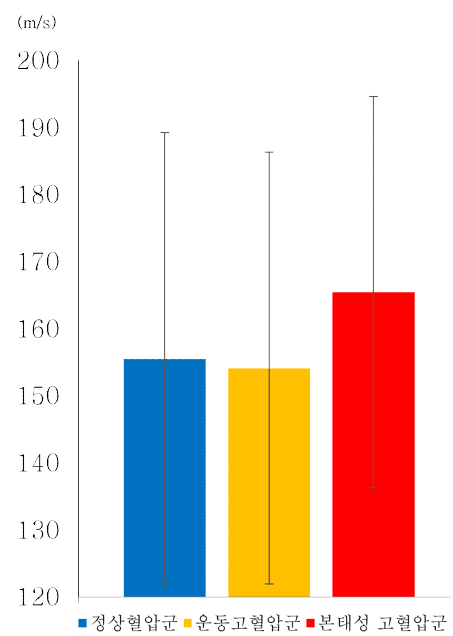


그림 45. 회복기 DT

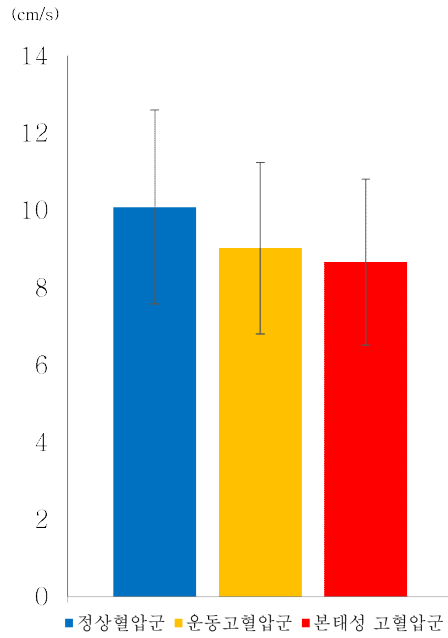


그림 46. 회복기 Septal e'

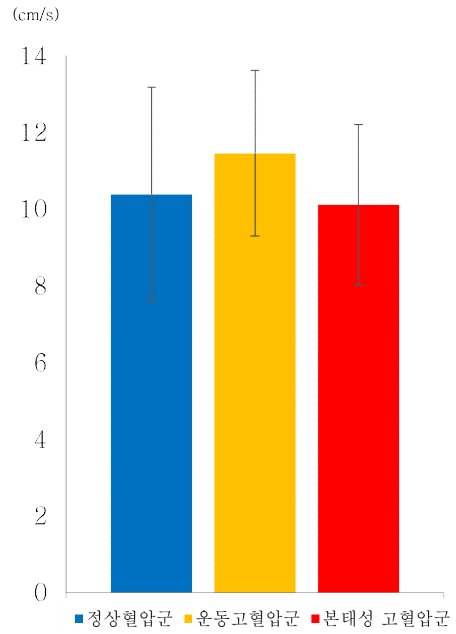


그림 47. 회복기 Septal a'

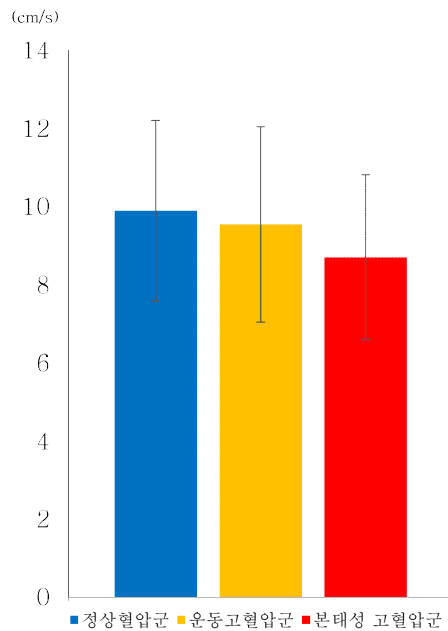


그림 48. 회복기 Septal s'

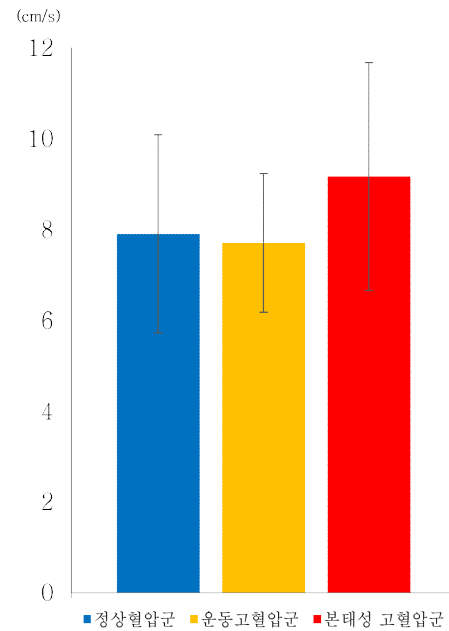


그림 49. 회복기 E/e'

V. 논의

1. 인구학적 특성 분석 결과

1) 연령

본 연구에서의 본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압반응에 따라 인구학적 특성을 비교·분석한 결과 정상혈압군, 운동고혈압군, 본태성 고혈압군의 나이는 각각 50.7 ± 14.6 세, 53 ± 13.2 세, 60.7 ± 9.6 세로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 높은 것으로 나타났다. 이는 심혈관질환이 없고 신체활동 수준이 비슷한 젊은 성인과 노인을 대상으로 연령과 HRE에 대한 연구를 진행한 결과, 운동 중 최대혈압이 노인 여성은 179 ± 6 mmHg, 젊은 여성은 145 ± 4 mmHg로 유의한 차이가 나타나 연령의 증가가 HRE 발생의 위험 요인임을 보고한 연구 결과와 일치한다(Trinity et al., 2018).

혈압은 연령의 증가와 함께 평생 증가하며(Zhou et al., 2019), 특히 35세에서 79세까지 고혈압의 위험이 지속적으로 증가한다(Cheng et al., 2022). 따라서 본 연구의 결과는 연령의 증가에 따른 혈관의 노화로 인한 기능의 저하로 HRE가 발생한다는 선행연구들을 뒷받침한다.

2) 체중 및 체질량지수

본 연구에서 대상자의 체중과 체질량지수를 분석한 결과 체중은 정상혈압군 66.8 ± 9.8 kg, 운동고혈압군 67.7 ± 10.9 kg, 본태성 고혈압군 71.8 ± 11.1 kg로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 체중이

높은 것으로 나타났으나, 각 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 체질량지수는 정상혈압군 $23.6 \pm 2 \text{kg/m}^2$, 운동고혈압군 $24.5 \pm 1.7 \text{kg/m}^2$, HTN군 $26.3 \pm 2.7 \text{kg/m}^2$ 로 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 체질량지수가 높은 것으로 나타났으며, 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이는 심혈관질환이 없는 건강한 성인을 대상으로 운동 중 혈압반응에 영향을 미치는 요인 분석 결과, 성별과 관계없이 큰 허리둘레가 HRE 발생의 독립적인 위험 요인($p < .0001$)인 것으로 보고한 연구(Huot et al., 2011)와 HRE 환자의 체질량지수 및 체지방률이 정상혈압군보다 유의하게 높게 나타난 연구(Cote et al., 2019)와 같은 결과를 나타내었다. 또한 고도 비만 환자 60명의 운동 중 혈압반응을 측정한 결과 62%가 HRE가 있었으며, 비만 대사 수술을 통해 내장 지방을 개선하여 6개월 후 재측정한 결과 HRE 환자의 39%가 운동 중 혈압 반응이 정상화 되어, 비만이 HRE 발생 요인임을 보고한 연구(Senechal et al., 2021)의 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

비만은 교감신경계의 과잉 활동을 촉진하여 혈압 조절 기능 이상을 유발하고 이는 혈압의 상승으로 이어진다. 따라서 체중이 3% 또는 5kg 이상 감소하여 비만을 개선하면 혈압이 감소하는 것으로 나타났다(Tanaka, 2020). 일본 국민영양조사에 따르면 비만 환자는 그렇지 않은 사람에 비해 고혈압 발생률이 2-3배 더 높은 것으로 나타났다. 전체 국민의 고혈압 유병률의 증가는 체질량지수 증가와 연관이 있는 것으로 나타났으며, 체질량지수가 1kg/m^2 증가할 때 고혈압 유병률도 1.23배 증가하는 것으로 보고되었다(The ministry of Welfare, Japan, 1992; Kuwabara et al., 2018; Tanaka et al., 2020). 따라서 본 연구의 결과는 비만이 운동 중 발생하는 고혈압 반응 발생 및 혈압 상승의 위험요인임을 보고한 선행연구결과를 뒷받침한다.

3) 안정 시 혈압 및 심박수

본 연구에서 대상자의 안정 시 혈압 및 심박수를 비교 분석한 결과, 안정 시 수축기 혈압, 이완기 혈압 및 심박수는 운동고혈압군이 다른 그룹보다 높은 것으로 나타났으나 그룹 간 유의한 차이는 없었다. 이는 심혈관질환이 없는 남성을 대상으로 HRE 유무에 따라 안정 시 혈압을 비교 분석한 결과 운동고혈압군이 정상혈압군보다 안정 시 수축기 혈압이 유의하게 높은 것으로 보고한 Bassett 등(1998)의 연구 결과와 일치한다. 한편, 운동고혈압군의 안정 시 수축기 혈압이 본태성 고혈압군의 안정 시 수축기 혈압보다 유의하게 높은 것으로 나타난 본 연구 결과는 본태성 고혈압군을 고혈압 치료를 받지 않은 본태성 고혈압 환자로 설정한 선행연구와는 달리 본 연구의 본태성 고혈압군은 약물 치료 중인 본태성 고혈압 환자로 구성되었기 때문에 본태성 고혈압군이 복용하는 약물의 혈압 강하 효과 때문에 나타난 결과로 생각된다.

2. 운동부하 검사 결과 분석

1) 운동 능력

본 연구에서의 HRE 및 안정 시 고혈압 유무에 따른 운동 능력 비교·분석 결과, 총 운동시간은 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 짧은 것으로 나타났으나 그룹 간 유의한 차이는 없었다. 최대 운동대사당량은 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 낮은 것으로 나타났으며, 본태성 고혈압군의 최대 운동 대사당량이 정상혈압 군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이는 안정 시 정상혈압인 여성 84명을 대상으로 HRE 유무에 따라 지구성 운동 능력 지표인 최대산소섭취량을 비교 분석한 결과 운동고혈압군의 최대산소섭취량이 정상혈압군의 최대산소섭취량보다 유의하게 낮은 것으로 보고한 Michishita 등(2016)의 연구결과와 안정 시 심장이완기능이 정상인 105명을 대상으로 운동 중 심장이완기능 장애 발생 유무에 따라 운동대사당량과 평균 운동 지속시간을 비교 분석한 결과 안정 시에는 심장이완기능이 정상이지만, 운동 중 심장이완기능장애가 발생하는 대상자가 운동 중 정상 심장이완기능을 가진 사람보다 운동 대사당량과 평균 운동 지속시간이 유의하게 낮은 것으로 보고한 Nasim 등(2013)의 연구결과와 일치한다고 볼 수 있다.

최적의 운동 능력은 심박수, 심실 기능, 혈관 확장 기능, 혈관내피 기능 등의 적절한 상호작용을 필요로 한다(Borlaug et al., 2010). 그러나 노화, 비만, 고혈압, 당뇨 등의 심혈관질환 위험요인으로 인한 체내 염증 증가는 내피 기능 손상, 좌심실 수축이완기능이상 및 심박수 변동기능장애와 같은 심혈관 기능장애와 모세혈관 밀도 감소 및 미토콘드리아 기능 저하 등의 골격근 혈류 장애로 인한 NO 생체이용률감소로 운동 능력 저하를 유발한다(Borlaug et

al., 2011; Haykowsky et al 2015; Kitzman et al 2017; Marc et al., 2019). Chrysohoou 등(2017)은 심혈관질환 위험 요인인 비만, 당뇨, 고혈압, 흡연의 유무에 따른 그룹 간 운동 능력, 안정 시, 운동 중 혈액학적 반응을 비교 분석한 결과, 최대 운동대사당량은 비만 환자와 고혈압 환자가 그렇지 않은 사람보다 유의하게 낮으며 고혈압 환자는 안정 시 정상 혈압인 사람에 비해 총 운동 시간 또한 유의하게 낮은 것으로 보고하였다. 또한 좌심실이 완기능장애 환자는 좌심실이완기능이 정상인 사람에 비해 최고산소섭취량 및 운동대사당량이 유의하게 낮은 것으로 보고되었다(Dekleva et al., 2007). 따라서 본 연구의 결과는 본태성 고혈압군, 운동고혈압군, 정상혈압군 순으로 비만도가 높고 혈관기능 및 심장기능이 저하됨에 따라 운동 능력 또한 낮게 나타난 것으로 생각된다.

운동 중 최대심박수 도달율은 운동고혈압군, 정상혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 높게 나타났으나, 그룹 간 유의한 차이는 없었다. 이는 운동고혈압군의 높은 운동 중 수축기 혈압에 따른 높은 운동 중 심박수 때문에 운동 중 최대 심박수 도달율 또한 높게 나타난 것이라 볼 수 있다.

2) 운동 중 혈액학 반응

본 연구에서 대상자의 운동 중 혈압 및 심박수를 비교 분석한 결과, 운동 중 수축기 혈압과 심박수는 운동고혈압군, 정상혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 운동고혈압군이 다른 두 그룹에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 운동 중 이완기 혈압은 운동고혈압군이 다른 두 그룹에 비해 높은 경향을 보였으나 그룹 간 유의한 차이는 없었다. 이는 운동고혈압군이 정상혈압군보다 운동 중 수축기 혈압, 운동 중 이완기 혈압 및 운동 중 심박수가 유의하게 높은 것으로 보고한 Cote 등(2019)의 연구 결과와 일치한다.

운동하는 동안 신체의 생리적 반응은 심장과 전신 혈관에서 교감신경이 활성화되는 반면, 부교감 신경은 억제된다. 대부분의 조직에서는 혈관 수축이 발생하지만 말초저항의 감소로 운동 중 확장기 혈압은 유지되거나 오히려 약간 감소하게 된다(Shepherd, 1987; Kim et al., 2001). 운동 중 수축기 혈압의 상승은 심박출량 증가에 의한 것으로 초기에는 심박출량에 의한 것이고 후기에는 심박수 증가에 의해 일어난다. 정상적인 사람에서도 운동 중 과도한 수축기 혈압 반응을 보이는 경우, 추적 관찰을 한 결과 고혈압 발생 위험이 높은 것으로 보고되었다(Jackson et al., 1983; 김학진 등 2001). 또한 고혈압 환자에서 운동 중 과도한 혈압 반응은 안정 시 혈압과는 무관하게 장기 손상을 초래한다고 알려져 있다(Palatini P., 1998). 따라서 운동고혈압군이 정상 혈압군에 비해 운동 중 수축기 혈압 및 심박수가 유의하게 높은 것으로 나타난 본 연구의 결과는 기존 선행연구와 일치한다고 볼 수 있다. 한 편, 본태성 고혈압군의 운동 중 수축기 혈압과 심박수가 운동고혈압군보다 낮게 나타난 것은 본 연구의 본태성 고혈압군이 본태성 고혈압 치료를 위해 복용하는 혈압 강하 약물의 효과 때문인 것으로 사료된다.

3) 회복기 혈역학 반응

본 연구에서 대상자의 회복기 혈압 및 심박수를 비교 분석한 결과, 회복기의 수축기 및 이완기 혈압은 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로 높았으며, 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 회복기 심박수는 운동고혈압군, 정상혈압군, 본태성 고혈압군 순으로 높았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 회복기 심박수 회복률은 운동고혈압군, 본태성 고혈압군, 정상혈압군 순으로 낮았으나, 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이는 고혈압 환자와 정상 혈압자의 심박수 회복률을 비교한 결과, 고혈압군의 심박수 회복률이 유의하게 낮았음을 보고한 연구 Best 등(2014)와 고혈압전단계 환자와 정상혈압자의 심박수 회복률을 비교한 결과 고혈압전단계 환자의 심박수 회복률이 정상혈압자에 비해 유의하게 낮았으며 대사기능장애 및 표적기관 손상이 존재함을 보고한 연구 Jung 등(2018)의 결과와 일치한다.

심박수 회복률 감소는 자율 신경계 기능의 저하를 의미하며, 대사질환자가 그렇지 않은 사람에 비해 유의하게 심박수 회복률이 낮은 것으로 나타났으며 (Alihanoglu et al., 2015), 심박수 회복 지연을 보인 환자는 6년의 추적 관찰 기간 동안 높은 사망률을 보이는 것으로 보고되었다(Cole et al., 1999). 본 연구의 결과는 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 자율신경계 기능이 저하되어 있어 심박수 회복률이 낮게 나타난 것으로 사료되며 기존의 선행연구 결과와 일치한다고 볼 수 있다. 운동고혈압군이 본태성 고혈압군보다 심박수 회복률이 낮게 나타난 것은 본태성 고혈압군은 약물 치료를 받고 있기 때문인 것으로 생각된다.

3. 운동부하심장초음파 검사 결과 분석

본 연구에서 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 안정 시 좌심실질량지수는 유의하게 증가되어 있고($p<.05$), 심장이완기능은 저하되어 있는 것으로 나타났다. 이러한 운동고혈압군의 심장이완기능 장애는 안정 시 뿐만아니라 운동 중, 운동 후 5분까지 지속되는 것이 관찰되었다. 또한 운동고혈압군의 안정 시 심장수축기능은 정상혈압군과 유사하였으나 운동 중 심장수축기능은 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 저하되는 것으로 나타났다.

좌심실 비대는 대사 질환자에서 흔히 발견되며, 고혈압 환자는 높은 혈압으로 인한 압력 과부하로 인해 심장 벽이 두꺼워지는 동심성 비대가 발생하고, 비만 및 만성 신장질환자는 용적 과부하로 인해 심장이 늘어나는 편심성 비대가 발생한다(Messerli, 1982; Messerli et al., 2017).

운동 중 수축기 혈압의 과도한 상승은 좌심실 이완 및 좌심실 충만에 부정적인 영향을 미치며, 좌심실 이완기 말 압력을 증가시켜 운동 내성 감소로 이어지게 된다(Kato et al., 2008). Kieu 등(2018)은 운동부하 검사 중 수축기 혈압의 과도한 상승은 좌심실 이완기 기능장애와 관련이 있다고 보고하였으며, HA 등(2002)은 운동부하심초음파 검사를 진행한 결과, 운동고혈압군 132명 중 108명이 심장허혈반응을 보였고, 좌심실 벽 운동 이상 발생 비율은 운동고혈압군의 63%, 정상혈압군의 36%인 것으로 나타나, 운동고혈압군의 심장기능 이상을 보고하였다. 따라서 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 심기능이 저하되어 있는 것을 관찰한 본 연구의 결과는 기존 선행연구와 일치하는 것으로 볼 수 있다. 한편, 좌심실질량지수의 증가 및 이완기능의 감소는 본태성 고혈압군에서 더욱 심각할 것으로 예상했으나 본 연구의 본태성 고혈압군은 약물 치료를 받고 있기 때문에 이러한 양상을 관찰할 수 없었다.

VI. 결론

본 연구는 S시 K 병원 심장내과에 내원하여 운동부하심초음파 검사를 시행한 환자를 대상으로 본태성 고혈압 유무 및 운동 중 발생하는 고혈압 반응 유무에 따라 세 그룹으로 분류하여 인구학적 특성, 운동 능력, 안정 및 운동 시 혈역학적 반응과 심장기능을 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인구학적 특성을 비교·분석한 결과, 연령($p<.05$) 및 체질량지수($p<.001$) 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 안정 시 수축기 혈압, 이완기 혈압 및 심박수는 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 운동능력을 비교·분석한 결과, 최대 운동대사당량은 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 총 운동시간 및 최대심박수 도달율은 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3. 운동 중 혈역학반응을 비교·분석한 결과 운동 중 최대 수축기 혈압($p<.001$) 및 최대 심박수($p<.01$)는 운동고혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다. 운동 중 최대 이완기 혈압은 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

4. 회복기 혈역학반응을 비교·분석한 결과 회복기 수축기 혈압($p<.01$) 및 이완기 혈압($p<.05$)은 운동고혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다. 회복기 심박수 및 심박수 회복률은 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

5. 안정 시 심초음파 결과를 비교·분석한 결과, 좌심실 직경은 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 큰 것으로 나타났으며($p<.01$), 이완기말 심실 중격 두께($p<.01$) 및 좌심실 후벽 두께($p<.01$)는 운동고혈압군이 가장 유의하게 두꺼운 것으로 나타났다. 좌심실질량지수는 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 컸으며($p<.05$). 안정 시 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도는 정상혈압군이 운동고혈압군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.001$). 안정 시 E/A($p<.001$) 및 Septal e' ($p<.01$)는 정상혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다. Septal s' 은 본태성 고혈압군이 가장 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 좌심실 이완기말 내경, 좌심실 수축기말 내경, 안정 시 후기 이완기 승모판 유입혈류 속도(A), 안정 시 DT, Septal a' 및 안정 시 E/e' 는 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

6. 운동부하심초음파 결과를 비교·분석한 결과 운동 직후 최대 조기 이완기 승모판 유입 혈류 속도는 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났으며($p<.01$), 최대 E/A는 운동고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 최대 Septal e' 은 정상혈압군이 가장 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.01$). 최대 Septal s' 은 본태성 고혈압군이 정상혈압군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<.05$). 최대 후기 이완기 승모판 유입 혈류 속도, 최대 DT, 최대 Septal a' 및 최대 E/e' 는 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

7. 본태성 고혈압 유무 및 운동 중 혈압반응에 따른 운동부하검사 종료 후 회복기 심초음파 결과를 비교·분석한 결과 모든 항목에서 그룹 간 유의

한 차이가 나타나지 않았다.

이와 같은 결과를 종합해볼 때, 운동고혈압군은 안정 시 정상혈압이고 심혈관질환이 없음에도 불구하고 정상혈압군보다 운동능력, 심장기능이 저하되어있었으며, 적절한 치료를 받지 못했기 때문에 오히려 본 연구의 본태성 고혈압군보다 안정 시 혈압이 높고 심박수 회복률이 낮은 것으로 나타났다. 현재 전세계 사망의 기여요인 1위로 꼽히는 고혈압은 유병인구가 지속적으로 증가하는 실정이므로 이러한 고혈압의 예측인자인 운동 중 발생하는 고혈압 반응의 예방과 관리의 중요성이 더욱 강조되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 운동 중 발생하는 고혈압 반응이 있는 환자는 안정 시 혈압이 정상임에도 심혈관사건 발생 및 심혈관질환 이환 위험이 높으므로 이에 대한 예방 및 관리를 위해서는 운동을 통한 전반적인 생활 습관 및 체질 개선으로 비만도를 낮추고 저하된 운동 능력, 심박수 회복률, 심장이완기능 및 심장수축기능을 향상시켜야 한다. 따라서 향후 운동 중 발생하는 고혈압 반응 환자를 대상으로 다양한 운동프로그램을 적용한 운동처방 연구 진행이 필수적인 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 건강보험심사평가원 (2021). 2017~2021국내 연도별 고혈압 환자 수 추이
경희의료원, 2022
- 대한고혈압학회, 고혈압 표준 슬라이드, 2019.
- 대한비만학회(2022). 비만의 진단과 평가. <http://general.kosso.or.kr/html/?pmode=obesityDiagnosis>
- 도형우(2013). 경계성고혈압자의 운동 시 혈압 반응과 H2 수용기 역할. 석사학위논문. 경희대학교 대학원.
- 박순철(2013). 운동유발성 고혈압 마라톤주자의 심전도상 좌심실 비대와 QT 분산에 관한 연구. 석사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 박은정(2003). 운동고혈압(Exercise-induced hypertension)의 관련요인 분석. 석사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 박주연(2021). 고혈압 환자의 고혈압 약제 사용과 암 발생 위험도 분석. 박사학위논문. 고려대학교 대학원.
- 서울아산병원(2022). 건강정보-검사/시술/수술정보. <https://www.amc.seoul.kr/asan/healthinfo/management/managementDetail.do?managementId=518>
- 안지희(2010). 고혈압 예방 및 개선을 위한 운동처방의 실증적 연구. 박사학위논문. 성신여자대학교 대학원.
- 이미란 (2017). 체질량지수, 허리둘레/키 비와 심장초음파로 측정된 좌심실 이완기능 지표의 관련성. 석사학위논문. 고려대학교 의용과학대학원.
- 장혁재(2003). 운동부하 검사중 과도한 수축기 혈압상승을 보이는 환자에서 Nitric oxide/cyclic-GMP경로를 통한 내피세포의 기능장애.

석사학위논문. 아주대학교 대학원.

통계청(2021) 국내 사망원인순위, 2022

정남식.(2018) 해부 병태생리로 이해하는 SIM 통합내과학 3: 순환기.(2018).정답

ACSM,(김완수 역), ACSM's 운동검사 운동처방지침(한미의학, 2018).

Alihanoglu, Y. I., Yildiz, B. S., Kilic, I. D., Uludag, B., Demirci, E. E., Zungur, M., ... & Kaftan, A. H. (2015). Impaired systolic blood pressure recovery and heart rate recovery after graded exercise in patients with metabolic syndrome. *Medicine*, 94(2).

Allison, T. G., Cordeiro, M. A., Miller, T. D., Daida, H., Squires, R. W., & Gau, G. T. (1999). Prognostic significance of exercise-induced systemic hypertension in healthy subjects. *The American journal of cardiology*, 83(3), 371-375.

American Heart Association (2016)<https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/the-facts-about-high-blood-pressure/what-is-high-blood-pressure>

Armstrong, W. F., O' donnell, J., Ryan, T., & Feigenbaum, H. (1987). Effect of prior myocardial infarction and extent and location of coronary disease on accuracy of exercise echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 10(3), 531-538.

Badruddin, S. M., Ahmad, A., Mickelson, J., Abukhalil, J., Winters, W. L., Nagueh, S. F., & Zoghbi, W. A. (1999). Supine

- bicycle versus post-treadmill exercise echocardiography in the detection of myocardial ischemia: a randomized single-blind crossover trial. *Journal of the American College of Cardiology*, 33(6), 1485–1490.
- Bakris, G., Ali, W., & Parati, G. (2019). ACC/AHA versus ESC/ESH on hypertension guidelines: JACC guideline comparison. *Journal of the American College of Cardiology*, 73(23), 3018–3026.
- Bakris, G. L., & Mensah, G. A. (2002). Pathogenesis and clinical physiology of hypertension. *Cardiology clinics*, 20(2), 195–206.
- Bassett, D. R., Duey, W. J., Walker, A. J., Torok, D. J., Howley, E. T., & Tanaka, H. (1998). Exaggerated blood pressure response to exercise: importance of resting blood pressure. *Clinical Physiology*, 18(5), 457–462.
- Beleslin, B. D., Ostojic, M., Stepanovic, J., Djordjevic-Dikic, A., Stojkovic, S., Nedeljkovic, M., ... & Vasiljevic-Pokrajcic, Z. (1994). Stress echocardiography in the detection of myocardial ischemia. Head-to-head comparison of exercise, dobutamine, and dipyridamole tests. *Circulation*, 90(3), 1168–1176.
- Best, S. A., Bivens, T. B., Dean Palmer, M., Boyd, K. N., Melyn Galbreath, M., Okada, Y., ... & Fu, Q. (2014). Heart rate recovery after maximal exercise is blunted in hypertensive seniors. *Journal of Applied Physiology*, 117(11),

1302–1307

- Bombelli, M., Facchetti, R., Carugo, S., Madotto, F., Arenare, F., Quarti-Trevano, F., ... & Mancia, G. (2009). Left ventricular hypertrophy increases cardiovascular risk independently of in-office and out-of-office blood pressure values. *Journal of hypertension*, 27(12), 2458–2464.
- Borlaug , B. A., & Paulus , W. J. (2011). Heart failure with preserved ejection fraction : pathophysiology , diagnosis , and treatment . *European heart journal*, 32(6), 670–679.
- Borlaug, B. A., Olson, T. P., Lam, C. S., Flood, K. S., Lerman, A., Johnson, B. D., & Redfield, M. M. (2010). Global cardiovascular reserve dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction. *Journal of the American College of Cardiology*, 56(11), 845–854.
- Brignole, M., Auricchio, A., Baron-Esquivias, G., Bordachar, P., Boriani, G., ... & Wilson, C. M. (2013). 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *European heart journal*, 34(29), 2281–2329.
- Burke, A. P., Farb, A., Liang, Y. H., Smialek, J., & Virmani, R. (1996). Effect of hypertension and cardiac hypertrophy on

- coronary artery morphology in sudden cardiac death. *Circulation*, 94(12), 3138–3145.
- Campbell, N. R., Schutte, A. E., Varghese, C. V., Ordunez, P., Zhang, X. H., Khan, T., ... & Lackland, D. T. (2019). Sao Paulo call to action for the prevention and control of high blood pressure: 2020. *The Journal of Clinical Hypertension*, 21(12), 1744–1752.
- Castel, M. A., Magnani, S., Mont, L., Roig, E., Tamborero, D., Mendez–Zurita, F., ... & Brugada, J. (2010). Survival in New York Heart Association class IV heart failure patients treated with cardiac resynchronization therapy compared with patients on optimal pharmacological treatment. *Europace*, 12(8), 1136–1140.
- Chang, H. J., Chung, J., Choi, S. Y., Yoon, M. H., Hwang, G. S., Shin, J. H., ... & Choi, B. I. W. (2004). Endothelial dysfunction in patients with exaggerated blood pressure response during treadmill test. *Clinical cardiology*, 27(7), 421–425.
- Cheng, W., Du, Y., Zhang, Q., Wang, X., He, C., He, J., ... & Xu, Z. (2022). Age–related changes in the risk of high blood pressure. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 9.
- Choi, H., & Shin, M. S. (2017). Echocardiographic Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function. *The Korean Journal of Medicine*, 92(6), 521–525.
- Chrysohoou, C., Skoumas, J., Georgiopoulos, G., Lontou, C.,

- Vogiati, G., Tsioufis, K., ... & Tousoulis, D. (2017). Exercise capacity and haemodynamic response among 12,327 individuals with cardio-metabolic risk factors undergoing treadmill exercise. *European journal of preventive cardiology*, 24(15), 1627-1636.
- Cole, C. R., Blackstone, E. H., Pashkow, F. J., Snader, C. E., & Lauer, M. S. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *New England journal of medicine*, 341(18), 1351-1357.
- Conde, T. G., & Banegas, J. R. (2017). ¿ Monitorizacion ambulatoria de la presion arterial en el diagnostico de la hipertension arterial?. *Hipertension y Riesgo Vascular*, 34, 4-9. DOI: 10.1016/S1889-1837(18)30056-4
- Cote, C. E., Rheume, C., Poirier, P., Despres, J. P., & Almeras, N. (2019). Deteriorated cardiometabolic risk profile in individuals with excessive blood pressure response to submaximal exercise. *American Journal of Hypertension*, 32(10), 945-952.
- Crouse, L. J., Harbrecht, J. J., Vacek, J. L., Rosamond, T. L., & Kramer, P. H. (1991). Exercise echocardiography as a screening test for coronary artery disease and correlation with coronary arteriography. *The American journal of cardiology*, 67(15), 1213-1218.
- Dekleva, M., Celic, V., Kostic, N., Pencic, B., Ivanovic, A. M., & Caparevic, Z. (2007). Left ventricular diastolic dysfunction

- is related to oxidative stress and exercise capacity in hypertensive patients with preserved systolic function. *Cardiology*, 108(1), 62–70.
- Denker, M. G., & Cohen, D. L. (2013). What is an appropriate blood pressure goal for the elderly: review of recent studies and practical recommendations. *Clinical interventions in aging*, 8, 1505.
- Forouzanfar, M. H., Liu, P., Roth, G. A., Ng, M., Biryukov, S., Marczak, L., ... & Murray, C. J. (2017). Global burden of hypertension and systolic blood pressure of at least 110 to 115 mm Hg, 1990–2015. *Jama*, 317(2), 165–182.
- Fustinoni, O. (2003). Editorial comment—Left ventricular hypertrophy: An unseemly risk factor for stroke?. *Stroke*, 34(10), 2385–2386.
- GBD 2017 Risk Factor Collaborators. (2018). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* (London, England), 392(10159), 1923.
- Ghadieh, A. S., & Saab, B. (2015). Evidence for exercise training in the management of hypertension in adults. *Canadian Family Physician*, 61(3), 233–239.
- Giang, K. W., Hansson, P. O., Mandalenakis, Z., Persson, C. U.,

- Grimby, G., Svardsudd, K., ... & Ladenvall, P. (2021). Long-term risk of stroke and myocardial infarction in middle-aged men with a hypertensive response to exercise: a 44-year follow-up study. *Journal of Hypertension*, 39(3), 503. DOI:10.1097/HJH.0000000000002668
- H. Stern, R. (2013). The new hypertension guidelines. *The Journal of Clinical Hypertension*, 15(10), 748–751.
- Ha, J. W., Juracan, E. M., Mahoney, D. W., Oh, J. K., Shub, C., Seward, J. B., & Pellikka, P. A. (2002). Hypertensive response to exercise: a potential cause for new wall motion abnormality in the absence of coronary artery disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 39(2), 323–327.
- Hacke, C., & Weisser, B. (2015). Effects of parental smoking on exercise systolic blood pressure in adolescents. *Journal of the American Heart Association*, 4(5), e001936.
- Hasegawa, D., Hori, A., Okamura, Y., Baba, R., Suijo, K., Mizuno, M., ... & Hotta, N. (2021). Aging exaggerates blood pressure response to ischemic rhythmic handgrip exercise in humans. *Physiological Reports*, 9(22), e15125.
- Hausberg, M., Mark, A. L., Hoffman, R. P., Sinkey, C. A., & Anderson, E. A. (1995). Dissociation of sympathoexcitatory and vasodilator actions of modestly elevated plasma insulin levels. *Journal of hypertension*, 13(9), 1015–1021.

- Haykowsky, M. J., Tomczak, C. R., Scott, J. M., Paterson, D. I., & Kitzman, D. W. (2015). Determinants of exercise intolerance in patients with heart failure and reduced or preserved ejection fraction. *Journal of applied physiology*, 119(6), 739–744.
- Hemati, M., Gholoobi, A., Eshraghi, A., Abadi, J. S. A., & Ghaderi, F. (2020). The Relationship between Left Ventricular Function Indices in Tissue Doppler Imaging and Exaggerated Blood Pressure Response During the Exercise Stress Test. *Galen Medical Journal*, 9, e1323.
- Hecht, H. S., DeBord, L., Shaw, R., Dunlap, R., Ryan, C., Stertz, S. H., & Myler, R. K. (1993). Digital supine bicycle stress echocardiography: a new technique for evaluating coronary artery disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 21(4), 950–956.
- Huot, M., Arsenault, B. J., Gaudreault, V., Poirier, P., Poirusse, L., Tremblay, A., ... & Rh aume, C. (2011). Insulin resistance, low cardiorespiratory fitness, and increased exercise blood pressure:
- Jackson A. S., Squires W. G., Grimes G., Beard E. F. (1983) Prediction of future resting hypertension from exercise blood pressure. *J Cardiac Rehab*, (3), 263–268.
- Julius, S., Kjeldsen, S. E., Weber, M., Brunner, H. R., Ekman, S., Hansson, L., ... & VALUE Trial Group. (2004). Outcomes in hypertensive patients at high cardiovascular risk treated

- with regimens based on valsartan or amlodipine: the VALUE randomised trial. *The Lancet*, 363(9426), 2022–2031.
- Jung, M. H., Ihm, S. H., Lee, D. H., Choi, Y., Chung, W. B., Jung, H. O., ... & Youn, H. J. (2018). Prehypertension is a comorbid state with autonomic and metabolic dysfunction. *The Journal of Clinical Hypertension*, 20(2), 273–279.
- Jackson A. S., Squires W. G., Grimes G., Beard E. F. (1983) Prediction of future resting hypertension from exercise blood pressure. *J Cardiac Rehab*, (3), 263–268.
- Julius, S., Kjeldsen, S. E., Weber, M., Brunner, H. R., Ekman, S., Hansson, L., ... & VALUE Trial Group. (2004). Outcomes in hypertensive patients at high cardiovascular risk treated with regimens based on valsartan or amlodipine: the VALUE randomised trial. *The Lancet*, 363(9426), 2022–2031.
- Kato, S., Onishi, K., Yamanaka, T., Takamura, T., Dohi, K., Yamada, N., ... & Ito, M. (2008). Exaggerated hypertensive response to exercise in patients with diastolic heart failure. *Hypertension Research*, 31(4), 679–684.
- Keller, K., Stelzer, K., Ostad, M. A., & Post, F. (2017). Impact of exaggerated blood pressure response in normotensive individuals on future hypertension and prognosis: systematic review according to PRISMA guideline. *Advances in medical sciences*, 62(2), 317–329.

- Kieu, A., Shaikh, A., Kaeppler, M., Miles, R. J., & Widlansky, M. E. (2018). Patients with hypertensive responses to exercise or dobutamine stress testing differ in resting hypertensive phenotype. *Journal of the American Society of Hypertension*, 12(2), 108–116.
- Kim, H. J., Lee, W. S., Song, Y. B., Ahn, J. H., Lee, S. Y., Kim, S. W., ... & Ryu, W. S. (2001). Relationship between exercise-induced blood pressure response and left ventricular hypertrophy in patients with hypertension. *Korean Circulation Journal*, 31(8), 809–814.
- Kim, Y. D. (2016). Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: Current Diagnostic and Therapeutic Approach. *The Korean Journal of Medicine*, 90(1), 20–25.
- Kitzman, D. W., Haykowsky, M. J., & Tomczak, C. R. (2017). Making the case for skeletal muscle myopathy and its contribution to exercise intolerance in heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation: Heart Failure*, 10(7), e004281.
- Kjeldsen, S. E., Mundal, R., Sandvik, L., Erikssen, G., Thaulow, E., & Erikssen, J. (2001). Supine and exercise systolic blood pressure predict cardiovascular death in middle-aged men. *Journal of hypertension*, 19(8), 1343–1348.
- Kohl III, H. W. (1993). Maximal exercise hemodynamics and risk of mortality in apparently healthy men and women. The University of Texas School of Public Health.

- Kurl, S., Laukkanen, J. A., Rauramaa, R., Lakka, T. A., Sivenius, J., & Salonen, J. T. (2001). Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke*, 32(9), 2036–2041.
- Kuwabara, M., Kuwabara, R., Niwa, K., Hisatome, I., Smits, G., Roncal-Jimenez, C. A., ... & Jalal, D. I. (2018). Different risk for hypertension, diabetes, dyslipidemia, and hyperuricemia according to level of body mass index in Japanese and American subjects. *Nutrients*, 10(8), 1011.
- Landsberg, L., Aronne, L. J., Beilin, L. J., Burke, V., Igel, L. I., Lloyd-Jones, D., & Sowers, J. (2013). Obesity-related hypertension: Pathogenesis, cardiovascular risk, and treatment—A position paper of the The Obesity Society and the American Society of Hypertension. *Obesity*, 21(1), 8–24.
- Lauer, M. S., Levy, D., Anderson, K. M., & Plehn, J. F. (1992). Is there a relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass? The Framingham Heart Study. *Annals of internal medicine*, 116(3), 203–210.
- Lauer, M. S., Pashkow, F. J., Harvey, S. A., Marwick, T. H., & Thomas, J. D. (1995). Angiographic and prognostic implications of an exaggerated exercise systolic blood pressure response and rest systolic blood pressure in adults undergoing evaluation for suspected coronary artery

disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 26(7), 1630–1636.

Laukkanen, J. A., Kurl, S., Rauramaa, R., Lakka, T. A., Ven  inen, J. M., & Salonen, J. T. (2006). Systolic blood pressure response to exercise testing is related to the risk of acute myocardial infarction in middle-aged men. *European Journal of Preventive Cardiology*, 13(3), 421–428.

Levy, D., Garrison, R. J., Savage, D. D., Kannel, W. B., & Castelli, W. P. (1990). Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *New England Journal of Medicine*, 322(22), 1561–1566.

Levy, D., Larson, M. G., Vasan, R. S., Kannel, W. B., & Ho, K. K. (1996). The progression from hypertension to congestive heart failure. *Jama*, 275(20), 1557–1562.

Lewis, G. D., Gona, P., Larson, M. G., Plehn, J. F., Benjamin, E. J., O'Donnell, C. J., ... & Wang, T. J. (2008). Exercise blood pressure and the risk of incident cardiovascular disease (from the Framingham Heart Study). *The American journal of cardiology*, 101(11), 1614–1620.

Lima, S. G., Albuquerque, M. F. P. M., Oliveira, J. R. M., Ayres, C. F. J., Cunha, J. E. G., Oliveira, D. F., ... & Silva, O. (2013). Exaggerated blood pressure response during the exercise treadmill test as a risk factor for hypertension. *Brazilian Journal of Medical and Biological*

Research,46, 368–347.

- Litwin, M., & Kułaga, Z. (2021). Obesity, metabolic syndrome, and primary hypertension. *Pediatric Nephrology*, 36(4), 825–837
- Luotolahti, M., Saraste, M., & Hartiala, J. (1996). Exercise echocardiography in the diagnosis of coronary artery disease. *Annals of medicine*, 28(1), 73–77.
- Marwick, T. H., Anderson, T., Williams, M. J., Haluska, B., Melin, J. A., Pashkow, F., & Thomas, J. D. (1995). Exercise echocardiography is an accurate and cost-efficient technique for detection of coronary artery disease in women. *Journal of the American College of Cardiology*, 26(2), 335–341.
- Marwick, T. H., Nemeč, J. J., Pashkow, F. J., Stewart, W. J., & Salcedo, E. E. (1992). Accuracy and limitations of exercise echocardiography in a routine clinical setting. *Journal of the American College of Cardiology*, 19(1), 74–81.
- Marwick, T. H., Torelli, J., Harjai, K., Haluska, B., Pashkow, F. J., Stewart, W. J., & Thomas, J. D. (1995). Influence of left ventricular hypertrophy on detection of coronary artery disease using exercise echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 26(5), 1180–1186.
- McMurray, J. J., Adamopoulos, S., Anker, S. D., Auricchio, A., & Bohm, M. (2012). Dickstein Ket al. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure

2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail*, 14, 803–69.

- Messerli , F. H. (1982). Cardiovascular effects of obesity and hypertension. *The Lancet*, 319(8282), 1165–1168.
- Messerli, F. H., Rimoldi, S. F., & Bangalore, S. (2017). The transition from hypertension to heart failure: contemporary update. *JACC: Heart Failure*, 5(8), 543–551.
- Michishita, R., Ohta, M., Ikeda, M., Jiang, Y., & Yamato, H. (2016). An exaggerated blood pressure response to exercise is associated with nitric oxide bioavailability and inflammatory markers in normotensive females. *Hypertension Research*, 39(11), 792–798.
- Mundal R, Kjeldsen SE, Sandvik L, Erikssen G, Thaulow E, Erikssen J: Exercise blood pressure predicts mortality from myocardial infarction. *Hypertension* 1996;27:324–329.
- Muntwyler, J., Abetel, G., Gruner, C., & Follath, F. (2002). One-year mortality among unselected outpatients with heart failure. *European heart journal*, 23(23), 1861–1866.
- Nasim, S., Nadeem, N., Zahidie, A., & Sharif, T. (2013). Relationship between exercise induced dyspnea and functional capacity with doppler-derived diastolic function' . *BMC Research Notes*, 6(1), 1–7.

- Palatini, P., Mormino, P., Santonastaso, M., Mos, L., Dal Follo, M., Zanata, G., & Pessina, A. C. (1998). Target organ damage in stage I hypertensive subjects with white coat and sustained of hypertension: results from the HARVEST study. *Hypertension*, 31(1), 57–63.
- Pellikka, P. A., Nagueh, S. F., Elhendy, A. A., Kuehl, C. A., & Sawada, S. G. (2007). American Society of Echocardiography recommendations for performance, interpretation, and application of stress echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 20(9), 1021–1041.
- Percuku, L., Bajraktari, G., Jashari, H., Bytyci, I., Ibrahim, P., & Henein, M. Y. (2019). Exaggerated systolic hypertensive response to exercise predicts cardiovascular events: a systematic review and meta-analysis. *Pol Arch Intern Med*, 129(12), 855–863.
- Pinkstaff, S., Peberdy, M. A., Kontos, M. C., Finucane, S., & Arena, R. (2010). Quantifying exertion level during exercise stress testing using percentage of age-predicted maximal heart rate, rate pressure product, and perceived exertion. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 85, No. 12, pp. 1095–1100).
- Prospective Studies Collaboration. (2002). Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *The Lancet*, 360(9349), 1903–1913.

- Quah, J. X., Greaves, K., Thomas, L., & Stanton, T. (2019). The clinical utility and enduring versatility of stress echocardiography. *Heart, Lung and Circulation*, 28(9), 1376–1383.
- Quinones, M. A., Verani, M. S., Haichin, R. M., Mahmarian, J. J., Suarez, J., & Zoghbi, W. A. (1992). Exercise echocardiography versus 201Tl single-photon emission computed tomography in evaluation of coronary artery disease. Analysis of 292 patients. *Circulation*, 85(3), 1026–1031.
- Roger, V. L., Pellikka, P. A., Bell, M. R., Chow, C. W., Bailey, K. R., & Seward, J. B. (1997). Sex and test verification bias: impact on the diagnostic value of exercise echocardiography. *Circulation*, 95(2), 405–410.
- Roger, V. L., Pellikka, P. A., Oh, J. K., Bailey, K. R., & Tajik, A. J. (1994). Identification of multivessel coronary artery disease by exercise echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 24(1), 109–114.
- Roger, V. L., Pellikka, P. A., Oh, J. K., Miller, F. A., Seward, J. B., & Tajik, A. J. (1995). Stress echocardiography. Part I. Exercise echocardiography: techniques, implementation, clinical applications, and correlations. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 70, No. 1, pp. 5–15).
- Rowe, J. W., Young, J. B., Minaker, K. L., Stevens, A. L., Pallotta, J., & Landsberg, L. (1981). Effect of insulin and glucose

- infusions on sympathetic nervous system activity in normal man. *Diabetes*, 30(3), 219–225.
- Schultz, M. G., & Sharman, J. E. (2013). Exercise hypertension. *Pulse*, 1(3–4), 161–176.
- Scott, J. A., Coombes, J. S., Prins, J. B., Leano, R. L., Marwick, T. H., & Sharman, J. E. (2008). Patients with type 2 diabetes have exaggerated brachial and central exercise blood pressure : relation to left ventricular relative wall thickness . *American journal of hypertension*, 21(6), 715–721.
- Senechal–Dumais, I., Auclair, A., Leclerc, J., & Poirier, P. (2021). Effect of bariatric surgery on blood pressure response to exercise in a severely obese population. *Blood Pressure Monitoring*, 26(5), 357–363.
- Sharman, J. E., Hare, J. L., Thomas, S., Davies, J. E., Leano, R., Jenkins, C., & Marwick, T. H. (2011). Association of masked hypertension and left ventricular remodeling with the hypertensive response to exercise. *American journal of hypertension*, 24(8), 898–903.
- Shepherd, J. T. (1987). Circulatory response to exercise in health. *Circulation*, 76(6 Pt 2), VI3–10.
- Shim, C. Y., Ha, J. W., Park, S., Choi, E. Y., Choi, D., Rim, S. J., & Chung, N. (2008). Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with augmented rise of angiotensin II during exercise. *Journal of the American College of*

Cardiology, 52(4), 287–292.

- Sicari, R., Nihoyannopoulos, P., Evangelista, A., Kasprzak, J., Lancellotti, P., Poldermans, D., ... & Zamorano, J. L. (2008). Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE)(a registered branch of the ESC). *European Journal of Echocardiography*, 9(4), 415–437.
- Skretteberg, P. T., Grundvold, I., Kjeldsen, S. E., Engeseth, K., Liestøl, K., Erikssen, G., ... & Bodegard, J. (2013). Seven-year increase in exercise systolic blood pressure at moderate workload predicts long-term risk of coronary heart disease and mortality in healthy middle-aged men. *Hypertension*, 61(5), 1134–1140.
- Stanaway, J. D., Afshin, A., Gakidou, E., Lim, S. S., Abate, D., Abate, K. H., ... & Bleyer, A. (2018). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 392(10159), 1923–1994.
- Suvila, K., Langen, V., Cheng, S., & Niiranen, T. J. (2020). Age of hypertension onset: overview of research and how to apply in practice. *Current Hypertension Reports*, 22(9), 1–8.
- Takamura, T., Onishi, K., Sugimoto, T., Kurita, T., Fujimoto, N., Dohi, K., ... & Ito, M. (2008). Patients with a hypertensive

- response to exercise have impaired left ventricular diastolic function. *Hypertension Research*, 31(2), 257–263.
- Tanaka, M. (2020). Improving obesity and blood pressure. *Hypertension Research*, 43(2), 79–89.
- The ministry of Welfare, Japan. Report of the National Nutrition Survey in 1990. Tokyo, Japan: Daiichi-Shuppan;1992, 121. Japanese.
- Trinity, J. D., Layec, G., Hart, C. R., & Richardson, R. S. (2018). Sex-specific impact of aging on the blood pressure response to exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 314(1), H95–H104.
- Tzemos, N., Lim, P. O., Mackenzie, I. S., & MacDonald, T. M. (2015). Exaggerated exercise blood pressure response and future cardiovascular disease. *The Journal of Clinical Hypertension*, 17(11), 837–844.
- Wang, Y., & Wang, Q. J. (2004). The prevalence of prehypertension and hypertension among US adults according to the new joint national committee guidelines: new challenges of the old problem. *Archives of internal medicine*, 164(19), 2126–2134.
- Weiss, S. A., Blumenthal, R. S., Sharrett, A. R., Redberg, R. F., & Mora, S. (2010). Exercise blood pressure and future cardiovascular death in asymptomatic individuals. *Circulation*, 121(19), 2109–2116.

- Whelton, P. K., & Carey, R. M. (2017). The 2017 clinical practice guideline for high blood pressure. *Jama*, 318(21), 2073–2074.
- World Health Organization (2021). Newsroom–Fact sheets <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- Yap, J., Lim, F. Y., Gao, F., Teo, L. L., Lam, C. S. P., & Yeo, K. K. (2015). Correlation of the New York Heart Association Classification and the 6-minute walk distance: a systematic review. *Clinical cardiology*, 38(10), 621–628.
- Zhou, B., Danaei, G., Stevens, G. A., Bixby, H., Taddei, C., Carrillo–Larco, R. M., ... & Ezzati, M. (2019). Long–term and recent trends in hypertension awareness, treatment, and control in 12 high–income countries: an analysis of 123 nationally representative surveys. *The Lancet*, 394(10199), 639–651.

ABSTRACT

Comparative study of exercise ability and cardiac function according to hemodynamic response during exercise stress echocardiography

Lee Jin-Joo
Dept. of Physical Education
Graduate School of
Sungshin University

This study compared and analyzed demographic characteristics, motor ability, stability, and hemodynamic response and heart function during exercise in the exercise hypertension group (n=24), normal blood pressure group (n=30), and essential hypertension group (n=20) who visited the cardiology department at K University Hospital in S from July 2017 to June 2022.

1. As a result of comparing and analyzing demographic characteristics, age ($p<.05$) and body mass index ($p<.001$) found that the essential hypertension group was significantly higher than that of the normal blood pressure group. There were no significant differences between groups in height, weight, systolic blood pressure at rest, diastolic blood pressure, and heart rate.

2. As a result of comparing and analyzing exercise ability, the maximum motor metabolic equivalent was found to be significantly lower in the essential hypertension group than in the normal blood pressure group

($p < .05$). There was no significant difference between the groups in the total exercise time and the maximum heart rate.

3. As a result of comparing and analyzing hemodynamic reactions during exercise, the maximum systolic blood pressure during exercise was found to be the most significantly higher in the motor hypertension group ($p < .001$). The maximum heart rate during exercise was found to be significantly higher in the exercise hypertension group than in the essential hypertension group ($p < .01$). There was no significant difference in maximum diastolic blood pressure between groups during exercise.

4. As a result of comparing and analyzing the hemodynamic response of the recovery period, the recovery period systolic blood pressure ($p < .01$) and the relaxation period blood pressure ($p < .05$) showed that the exercise hypertension group was significantly higher than that of the normal blood pressure group. There was no significant difference between groups in the recovery period heart rate and heart rate recovery rate.

5. As a result of comparing and analyzing the results of echocardiography at rest, the left ventricular diameter was significantly larger in the essential hypertension group than in the normal blood pressure group ($p < .01$), and the thickness of the ventricular septum at the end of the diastolic phase ($p < .05$), left ventricular posterior wall thickness ($p < .01$), and left ventricular mass index ($p < .05$) showed that the motor hypertension group was significantly thicker than the normal blood pressure group. Early diastolic mitral valve inflow blood flow rate ($p < .001$), at rest, E/A ($p < .001$), and Septale' ($p < .01$) showed significantly larger normal blood pressure groups than motor hypertension groups, and Septals' showed the least significantly smaller essential hypertension groups ($p < .05$). There were no significant differences between groups in the left ventricular diastolic end diameter, left ventricular systolic end diameter, late diastolic mitral valve inflow blood flow rate at rest, and DT, Septala' and

E/e' at rest.

6. As a result of comparing and analyzing the results of Treadmill echocardiography, it was found that the maximum early diastolic mitral valve inflow blood flow rate ($p<.01$) and maximum E/A ($p<.05$) immediately after exercise were significantly lower than the normal blood pressure group. The maximum septal e' was found to be the most significantly large in the normal blood pressure group ($p<.01$). The maximum Septal s' was found to be significantly lower in the essential hypertension group than in the normal blood pressure group ($p<.05$). There were no significant differences between groups in the maximum posterior diastolic mitral valve inflow blood flow rate, maximum DT, maximum septala' and maximum E/e'.

7. As a result of comparing and analyzing the results of the echocardiogram after the exercise load test, there was no significant difference between groups in all items.

Taken together, the results of this study showed that the exercise hypertension group was older and obese than the normal blood pressure group, and the cardiac relaxation function decreased during rest, immediately after exercise, and during recovery. In particular, heart relaxation function decreased significantly immediately after exercise. There was no difference in heart contraction function when the exercise hypertension group and the normal blood pressure group stabilized, but immediately after exercise, the exercise hypertension group showed lower heart contraction function than the normal blood pressure group. Therefore, patients with hypertension reactions, including high blood pressure, are at high risk of cardiovascular disease, so it is essential to conduct exercise prescription studies using various exercise programs in the future to reduce obesity and improve heart rate recovery, heart relaxation, and heart contraction.